

Sinótica
Sensoriamento Remoto
BRAMS VCAN WRF Hidrologia
Mudanças Climáticas
TSM CTRM Terra-Gel
El Niño **Meteorologia** La Niña
Atmosfera Nordeste
Dinâmica **Climatologia** SWAT
Caatinga UFCG ZCIT Amazônia
Oceanografia UACA Precipitação
Ilha de Calor Balanço Hídrico
Agrometeorologia

METEOROLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Estudos Aplicados

Madson Tavares Silva

Carlos Antonio Costa dos Santos

(Organizadores)

METEOROLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Estudos Aplicados

METEOROLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Estudos Aplicados

Organizadores:

Madson Tavares Silva

Carlos Antonio Costa dos Santos



Campina Grande – PB

EDUFCG

2020

© Todos os direitos desta edição são reservados aos autores/organizadores

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M589 Meteorologia e recursos naturais: estudos aplicados [livro eletrônico] / Madson Tavares Silva, Carlos Antonio Costa dos Santos (organizadores). – Campina Grande: EDUFCG, 2020.
623 p. : il. color.

E-book (PDF)
ISBN 978-65-86302-05-9

1. Meteorologia. 2. Recursos Naturais do Semiárido. 3. Ciências Atmosféricas. 4. Estudos Ambientais. 5. Geociências. 6. Modelagem de Dados. I. Silva, Madson Tavares. II. Santos, Carlos Antonio Costa dos. III. Título.

CDU 551.5:553.3/9

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECARIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/225

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – EDUFCG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

editora@ufcg.edu.br

Prof. Dr. Vicemário Simões
Reitor

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias
Vice-Reitor

Prof. Dr. José Helder Pinheiro Alves
Diretor Administrativo da Editora da UFCG

Revisão ortográfica e Edição: Prof. Dr. Madson Tavares Silva (UFCG)
Capa e Projeto Gráfico do Miolo: Prof. Dr. Madson Tavares Silva (UFCG)

CONSELHO EDITORIAL:

Anubes Pereira de Castro (CFP)
Benedito Antônio Luciano (CEEI)
Erivaldo Moreira Barbosa (CCJS)
Janiro da Costa Rego (CTRN)
Marisa de Oliveira Apolinário (CES)
Marcelo Bezerra Grilo (CCT)
Naelza de Araújo Wanderley (CSTR)
Railene Hérica Carlos Rocha (CCTA)
Rogério Humberto Zeferino (CH)
Valéria Andrade (CDSA)

COMISSÃO CIENTÍFICO:

Bergson Guedes Bezerra (UFRN)
Bernardo Barbosa da Silva (UFCG)
Carlos Antonio Costa dos Santos (UFCG)
Célia Campos Braga (UFCG)
Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão (UFCG)
Enilson Palmeira Cavalcanti (UFCG)
Francisco de Assis Salviano de Sousa (UFCG)
Helber Barros Gomes (UFAL)
Hermes Alves de Almeida (UEPB)
Humberto Alves Barbosa (UFAL)
JoséIVALDO Barbosa de Brito (UFCG)

Josefina Moraes Arraut (UFCG)
Madson Tavares Silva (UFCG)
Magaly de Fatima Correia (UFCG)
Romero Thiago Sobrinho Wanzeler (UFCG)
Roni Valter Souza Guedes (APAC)
Sandra Isay Saad (UFCG)
Thomás Ferreira (UFCG)
Weber Andrade Gonçalves (UFRN)

Todos os direitos reservados aos organizadores: Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmados, fotográficos, fonográficos e videográficos. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer sistema de processamento de dados e a inclusão de qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético. Essas proibições aplicam-se também as características gráficas da obra e a sua editoração. Os capítulos são de inteira responsabilidade dos autores.

APRESENTAÇÃO

O I Workshop de Meteorologia e Recursos Naturais (I WMRN) teve como objetivo principal reunir e divulgar os conhecimentos científicos que orientem as futuras ações de pesquisa e desenvolvimento relacionadas às diversas áreas da meteorologia e dos recursos naturais, bem como comemorar os 40 anos da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da UFCG.

O I Workshop de Meteorologia e Recursos Naturais (I WMRN) foi realizado nos dias 09 e 10 de dezembro de 2019 em Campina Grande-PB no Auditório do Centro de Extensão José Farias da Nóbrega (UFCG). Foi discutido no WMRN o papel da meteorologia na sociedade, bem como estimular novas discussões. Juntamente a Conferência aconteceu vários eventos paralelos, como Palestras, Mesas Redondas, exposição técnica, apresentações de trabalhos técnicos no formato de Pôsteres. O evento foi promovido pela Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da UFCG juntamente com o Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da UFCG.

Público-alvo:

- Estudantes de graduação, cursos técnicos e pós-graduação;*
- Professores e pesquisadores;*
- Ambientalistas;*
- Gestores públicos;*
- Representantes de Organizações da Sociedade Civil.*

O objetivo desta publicação é divulgar os estudos teóricos, metodológicos e empíricos aplicados aos recursos naturais, que foram apresentados e debatidos durante (I WMRN).

Espera-se assim que o presente livro possa contribuir de forma significativa nas mais diversas pesquisas futuras sobre as mais diversas temáticas abordadas servindo como fonte de referência a comunidade científica e a sociedade em geral.

AGRADECIMENTOS

Os organizadores vêm expressar seus sinceros e calorosos agradecimentos a todos os participantes, palestrantes e comissão organizadora que contribuíram de forma significativa para realização I Workshop de Meteorologia e Recursos Naturais (I WMRN). Ainda enfatiza que graças às contribuições dos autores (professores, pesquisadores e estudantes) foi possível a confecção da presente publicação, que nada mais é o fruto do trabalho e empenho destinados para elaboração de cada um dos capítulos dessa obra, reconhecendo ainda o pouco tempo que lhes foi disponibilizado. Vem, em especial, agradecer a todos os patrocinadores pelo suporte financeiro (Sicredi e Atecel) e ainda aos órgãos institucionais pela divulgação (AESAs, INSA e Prefeitura Municipal de Campina Grande), pois sem os mesmos não teria sido possível a realização do evento e, por conseguinte a publicação deste livro.

SUMÁRIO

1. ACOPLAMENTO DOS JATOS DE ALTOS E BAIXOS NÍVEIS NO DESENVOLVIMENTO DE UMA TEMPESTADE TORNÁDICA NA CIDADE DE TAQUARITUBA, SÃO PAULO.....	23
<i>Dayana Rabelo Toledo, Magaly de Fátima Correia, Yasmany Guanche Palenzuela e Maria Regina da Silva Aragão</i>	
2. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA CIDADE DE ALHANDRA-PB	31
<i>Renato Francisco C. Lopes, Edgleidson L. Rodrigues, Rodolpho Luiz Barros de Medeiros, Ivana A. da Silva, Francisco de Assis Salviano de Sousa</i>	
3. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA VELOCIDADE DO VENTO EM DIFERENTES LOCALIDADES DO ESTADO DA PARAÍBA	39
<i>Amanda C. de Souza, Lorrynny Dias de Araújo, Welinagila Grangeiro de Sousa, Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão, Madson Tavares Silva</i>	
4. ANÁLISE DAS EMISSÕES DE CO ₂ EM SOLOS DO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO	49
<i>Thyago de A. Siveira, Francisco de Assis S. de Sousa, Frederico C. Pereira, Alexandre Fonseca D'Andrea, Gilcean Silva Alves</i>	
5. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO APLICADA À VARIABILIDADE DO VENTO NO ESTADO DA PARAÍBA	59
<i>Welinagila G. de Sousa, Madson T. Silva, Santana Lívia de Lima, Mariana da Silva de Siqueira, Antônia Silânia de Andrade</i>	
6. ANÁLISE DE PADRÕES DE SECA NA MICRORREGIÃO DO CARIRÍ OCIDENTAL NO ESTADO DA PARAÍBA	69
<i>Heitor Alves de S. Santos, Madson T. Silva, Santana Lívia de Lima, Emile Patrícia Barreto Rondon, Welinagila Grangeiro de Sousa</i>	
7. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS NO PROGNÓSTICO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA AS CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO	75
<i>Biancca C. de Medeiros, Daniele T. Rodrigues, Gabrielle Bezerra Oliveira, Pollyanne Evangelista da Silva, Paulo Sergio Lucio</i>	
8. ANÁLISE DO IVDN COM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO ESTADO DA PARAÍBA	85
<i>Bárbara Silva Souza, Caroline de Sá Soares, Célia Campos Braga</i>	
9. ANÁLISE DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS NO NORDESTE DO BRASIL	93
<i>Maria Leidinice da Silva, Cristiano Prestrelo de Oliveira, Pollyanne Evangelista da Silva, Jéssica Cristina Gabriel da Silva</i>	
10. ANÁLISE DOS QUANTIS APLICADO A VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA DOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE	103
<i>Kamila Souza Santos, Madson Tavares Silva, André Bezerra Oliveira</i>	
11. ANÁLISE FATORIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO DA MICRORREGIÃO DO CARIRI ORIENTAL DA PARAÍBA.....	113
<i>Antônia Silânia de Andrade, Madson T. Silva, Welinagila G. de Sousa, Mariana da Silva de Siqueira, Santana Lívia de Lima</i>	
12. ANÁLISE FENOLOGICA E O ÍNDICE DE CLOROFILA DO FEIJÃO GUANDU CULTIVADO NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO	123
<i>Sílvia Maria Dantas, Vicente de Paulo R. da Silva, Rafaela Ribeiro Barbosa, Eliton Sancler G. Sales, Geovergue Rodrigues de Medeiros</i>	
13. ANÁLISE SINÓTICA DE UM EVENTO DE CHUVA INTENSA NA REGIÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO	131
<i>Yasmany Guanche Palenzuela, Magaly de Fátima Correia, Dayana Rabelo Toledo</i>	
14. ANÁLISES DE CHUVA NO PRESENTE E DE PROJEÇÕES PERANTE O CENÁRIO RCP 8.5 DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	141
<i>Eduardo A. da Silva, Tiago Bentes Mandú, Herculano Lima Malheiros, Ingrid Paloma C. de Lima, Madson Tavares Silva</i>	
15. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TEMPO SEVERO EM COMUNIDADE DE SANTARÉM-PARÁ	149
<i>Gabriel Vidal Mota</i>	
16. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO CHIRPS SOBRE O NORDESTE DO BRASIL	165
<i>Ismael Guidson Farias de Freitas, Helber Barros Gomes, Thayna Silva Vila Nova, Matheus José Arruda Lyra, João Pedro Gonçalves Nobre</i>	
17. AVALIAÇÃO DO MODELO REGIONAL BRAMS PARA SIMULAÇÕES DO BALANÇO DE ENERGIA NO BIOMA CAATINGA	175
<i>Rosaria Rodrigues, Cláudio Moisés S. Silva, Bergson Bezerra, Demerval Moreira, João Medeiros, Keila Mendes, Suany Campos, Pedro Mutti, Thiago Marques</i>	
18. BALANÇO HÍDRICO PARA O MUNICÍPIO DE CRUZETA – RN COMO FERRAMENTA AO PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO	185
<i>Eliton Sancler G. Sales, Fabiano da Silva Araújo, Wendy Kaori Matsunaga, Manuel G. da Costa Júnior, Sílvia Maria Dantas</i>	
19. BARBALHA – CE, BRASIL, SUAS VARIAÇÕES NA UMIDADE RELATIVA DO AR	195
<i>Jaqueline Fernandes de M. Duarte, Hudson Ellen A. Menezes, Raimundo Mainar de Medeiros, Illo Atayde Macêdo Duarte, Vamberto de Lima Sousa</i>	
20. CABACEIRAS É OU NÃO A CIDADE MAIS SECA DO BRASIL?	205
<i>Hermes Alves de Almeida, Júlio César Gonçalves Pôrto, Gustavo Teotônio de Oliveira Cavalcante</i>	
21. CARACTERIZAÇÃO DO VENTO NO ESTADO DE ALAGOAS, BASEADA NA ANÁLISE DE CLUSTERS	213
<i>Pedro Henrique de A. Souza, Luana dos Santos Ferreira, José Francisco de O. Júnior, Dimas de Barros Santiago, Rosiberto Salustiano de Silva Júnior</i>	
22. CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS, PI, BRASIL	223
<i>Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Viera de França, Romildo Morant de Holanda</i>	

23. CLIMATOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB, QUANTO AO ELEMENTO METEOROLÓGICO PRECIPITAÇÃO	231
<i>Fabiana Terezinha Leal de Moraes, Daniele Ferreira de Melo, Sabrina Cordeiro de Lima, Adriana Maria dos Santos, Dermeval Araújo Furtado</i>	
24. COMPARAÇÃO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES SOFTWARES EM BARBALHA-CE	239
<i>Francisco Edson Paulo Ferrera, Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, José Ricardo Ferreira Lopes</i>	
25. COMPORTAMENTO DA SAÚDE VEGETATIVA DO CERRADO NORDESTINO BRASILEIRO.....	247
<i>Dimas de Barros Santiago, Washington Luiz Félix Correia Filho, José Francisco de Oliveira-Júnior, Matheus José Arruda Lyra, Thayna Silva Vila Nova</i>	
26. CONDIÇÕES DE TETO E PRECIPITAÇÃO NO AEROPORTO DE CAMPINA GRANDE: INFLUÊNCIAS EM ATRASOS E CANCELAMENTOS DE VÔO	248
<i>Diego Rhamon Reis da Silva, Magaly de Fatima Correia, Gemeson Alves da Silva, Maria Regina da Silva Aragão</i>	
27. CORRELAÇÃO CRUZADA ENTRE SÉRIES TEMPORAIS DE CHUVA E TSM DO PACÍFICO EQUATORIAL	267
<i>Adriana de Souza Costa, Célia Campos Braga, Wanessa Luana de Brito Costa</i>	
28. DADOS CLIMÁTICOS HORÁRIOS COMO FERRAMENTA PROJETUAL NA CONCEPÇÃO DE EDIFICAÇÕES ADEQUADAS AO CLIMA	275
<i>Mônica F. da Silva, Ana M. L. A. Nunes, Gianna M. Barbirato, Ricardo V. R. Barbosa</i>	
29. DETECÇÃO DE UM EVENTO DE NEVOEIRO ASSOCIADO À NUVENS STRATUS POR MEIO DE UM ESQUEMA PARAMÉTRICO DE IDENTIFICAÇÃO DE NÉVOA: UM ESTUDO DE CASO	285
<i>João Pedro Gonçalves Nobre, Helber Barros Gomes, Matheus José Arruda Lyra, Ismael Guidson Farias de Freitas</i>	
30. DETERMINAÇÃO DE REGIÕES HOMOGÊNEAS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DA PARAÍBA	293
<i>Caroline de Sá Soares, Madson Tavares Silva, Adriana de Souza Costa</i>	
31. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA A CRIAÇÃO DE SUÍNOS NO MUNICÍPIO DE BARBALHA – CE	303
<i>Nayanne Lopes Batista Dantas, Bruna Marques Felipe, Bonifácio Benicio de Souza, Nágela Maria Henrique Mascarenhas, Luanna Figueirêdo Batista</i>	
32. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DA ALFACE NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE – PB	313
<i>Daniele F. de Melo, Nágela Maria H. Mascarenhas, Rafaela Felix B. Guimarães, Adriana Maria dos Santos, Dermeval Araújo Furtado</i>	
33. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM SÃO LUÍS – MA	321
<i>Raimundo Calixto Martins Rodrigues, Gypson Dutra Junqueira Ayres, Raquel Dias O. Vieira, Demerval A. Furtado, Nágela Maria Henrique Mascarenhas</i>	
34. DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT	331
<i>Nágela Maria H. Mascarenhas, Hygor Cesar S. Rodrigues, Karoline C. Dornelas, Dermeval Araújo Furtado, Raimundo C. Martins Rodrigues</i>	
35. ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM MACEIÓ E PIRANHAS- AL	339
<i>Thayna Silva Vila Nova, Ismael Guidson Farias de Freitas, Djane Fonseca da Silva, Dimas de Barros Santiago, Iwldson Guilherme da Silva Santos</i>	
36. ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA O CERRADO NORDESTINO BRASILEIRO	349
<i>Carla Taciane B. dos Santos, Washington Luiz Félix Correia Filho, Bárbara Alves Batista, José Francisco de Oliveira-Júnior, Dimas de Barros Santiago</i>	
37. ESTIMATIVA DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO PARA AVICULTURA DE POSTURA NA MICRORREGIÃO DO CURIMATAÚ PARAIBANO	357
<i>Adriana Maria dos Santos, Daniele Ferreira de Melo, Fabiana Terezinha Leal de Moraes, Romulo Wilker Neri de Andrade, Dermeval Araújo Furtado</i>	
38. ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERENCIA NA AMAZÔNIA ORIENTAL	365
<i>Lorena Conceição Paiva de Ataíde, Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, Edivaldo Afonso de O. Serrão, Jéssica Sousa Dantas¹, Madson Tavares Silva</i>	
39. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E DA LA NIÑA NA PRECIPITAÇÃO DAS CIDADES DE ARACAJU/SE, NATAL/RN, SÃO LUÍS/MA E TERESINA/PI.....	375
<i>Clara Livia Câmara e Silva, Amanda Carolina da Silva Queiroz, Wellingson Farias de Oliveira, Hermínio Sabino de O. Júnior, Amanda Teotônio da Silva</i>	
40. ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO DO ESTADO DA BAHIA ATRAVÉS DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS	385
<i>Valneli da Silva Melo, Wanessa Luana de Brito Costa, Lourivaldo Mota Lima</i>	
41. ESTUDO DE MINIGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR: CAIXAS DE JUNÇÃO CENTRALIZADAS OU DISTRIBUÍDAS	395
<i>Guilherme Fernandes Gouvea, Fernando Augusto Battistini Pestana</i>	
42. ESTUDO EXPLORATÓRIO DO DESEMPENHO DA ZCIT COM ÍNDICES DE INSTABILIDADE E INIBIÇÃO CONVECTIVAS	411
<i>Wendy Kaori Matsunaga, Julia Amanda Nanini, Matheus José Arruda Lyra, Eliton Sancler Goes Sales, Josefina Moraes Arraut</i>	
43. ESTUDO TERMODINÂMICO DE UM VÓRTICE CICLÔNICO DE ALTOS NÍVEIS SOBRE O NORDESTE DO BRASIL	419
<i>Matheus José Arruda Lyra, Josefina Moraes Arraut, João Pedro Gonçalves Nobre, Ismael Guidson Farias de Freitas, Dimas de Barros Santiago</i>	
44. INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE A REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ	429
<i>Sherlly Teles de Oliveira, Djane Fonseca da Silva</i>	
45. INFLUÊNCIA DAS PRECIPITAÇÕES NA PRODUTIVIDADE DE MILHO NA MICRORREGIÃO DO CURIMATAÚ OCIDENTAL	437
<i>José Jurandez Buriti de Melo Júnior, Allef de Souza Silva, Alexandre Ferreira do Nascimento, Pércles de Farias Borges, Lázaro de Souto Araújo</i>	

46. INVESTIGAÇÃO BIOCLIMATOLÓGICA PARA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE EM IGUATU – CE	445
<i>Airton Gonçalves de Oliveira, Alícia Nayana dos S. Lima de Brito, Rafael T. do Nascimento, Nágela Maria H. Mascarenhas, Dermeval Araújo Furtado</i>	
47. NOVO MODELO DE DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR DIÁRIA NO BRASIL: RESULTADOS PRELIMINARES	453
<i>Bernardo Barbosa da Silva, Emile Patrícia Barreto Rondon, Heitor Alves de Souza Santos, Thomás Rocha Ferreira</i>	
48. O USO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL E O POTENCIAL ENERGÉTICO DO NORDESTE BRASILEIRO	461
<i>Ednaldo de Ceita Vicente de Almeida, Fernando Nazareno do Nascimento, Andresa Montenegro Lima</i>	
49. OSCILAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM BARBALHA – CE, BRASIL	469
<i>Hudson Ellen A. Menezes, Jaqueline Fernandes de M. Duarte, Raimundo M. de Medeiros, Rickson Ellen Alencar Menezes, Vamberto de Lima Sousa</i>	
50. PADRÕES ESPACIAIS DE EPISÓDIOS DE SECA EM MICRORREGIÕES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	479
<i>Santana Lívia de Lima, Madson Tavares Silva, Welinagila Grangeiro de Sousa, Mariana da Silva de Siqueira, Antônia Silânia de Andrade</i>	
51. PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA À SISTEMAS LINEARES NA REGIÃO AMAZÔNICA EM ANOS DE ENOS	47985
<i>Lorena Martina Trindade de Lima, Weber Andrade Gonçalves, Amanda Carolina da Silva Queiroz</i>	
52. PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA ÀS LINHAS DE INSTABILIDADE NO NORTE/NORDESTE DO BRASIL DE ACORDO COM O GRADIENTE DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DO ATLÂNTICO TROPICAL	499
<i>Amanda Carolina da Silva Queiroz, Weber Andrade Gonçalves, Lorena Martina Trindade de Lima</i>	
53. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO REGIME PLUVIAL DE POCINHOS, PARAÍBA, BRASIL	511
<i>Júlio César Gonçalves Pôrto, Gustavo Teotônio de Oliveira Cavalcante, Hermes Alves de Almeida</i>	
54. PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA EM UMA ÁREA DE CAATINGA EM CAMPINA GRANDE-PB.....	521
<i>Karlla Karem da Silva, Célia Campos Braga, Madson Tavares Silva, Wanessa Luana de Brito Costa</i>	
55. PROGNÓSTICO DA VELOCIDADE DO VENTO UTILIZANDO REDE NEURAL ARTIFICIAL	529
<i>Iwldson Guilherme da Silva Santos, Roberto Fernando da Fonseca Lyra, Ismael Guidson Farias de Freitas, Thayna Silva Vila Nova</i>	
56. REGIÕES HOMOGÊNEAS NO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE A CLIMATOLOGIA DO PAÍS	537
<i>Kalline Fabiana Silveira Marinho, Lara de Melo Barbosa de Andrade, Maria Helena Constantino Spyrides, Cláudio Moisés Santos e Silva</i>	
57. REGIONALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADA (SPI-3) NO NORDESTE BRASILEIRO	545
<i>Wanessa Luana de Brito Costa, Célia Campos Braga, Adriana de Souza Costa</i>	
58. USO DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA PARA ESTIMAR VOLUME ÚTIL DE AÇUDES POR MEIO DE ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS	555
<i>José Alberto Souza Paulino, Maria do Socorro Teixeira Paulino</i>	
59. USO DE GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO RIO PEDRA COMPRIDA, SUMÉ-PB	563
<i>Rafaela Ribeiro Barbosa, Sílvia Maria Dantas, Mariana da Silva de Siqueira, Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, George do Nascimento Ribeiro</i>	
60. USO DO MODELO LINEAR DE MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL NO RESERVATÓRIO BARRA DO JUÁ-PE	573
<i>Juarez Antonio da Silva Junior</i>	
61. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ENTORNO DO AÇUDE SUMÉ – PB NOS ANOS 2008 E 2019	583
<i>Emylle Adrielly Miranda de Lira, Juarez Antonio da Silva Junior, Vanessa Silva de Moraes</i>	
62. VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS-ARAGUAIA	593
<i>Lorranny Dias de Araújo, Amanda Cartaxo de Souza, Lorena Conceição Paiva de Ataíde, Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão, Madson Tavares Silva</i>	
63. VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO ESTADO DA PARAÍBA ENTRE OS ANOS DE 1994-2018	603
<i>Edgleidson Lima Rodrigues, Francisco de Assis Salviano de Sousa, Renato Francisco Cândido Lopes</i>	
64. VARIABILIDADE INTER-ENOS DO JATO DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL.....	613
<i>Ivana A. da Silva, Helber B. Gomes, Maria Cristina L. da Silva, Larissa Jessica S. dos Santos, Misael F. dos Santos, Renato Francisco Cândido Lopes</i>	

ACOPLAMENTO DOS JATOS DE ALTOS E BAIXOS NÍVEIS NO DESENVOLVIMENTO DE UMA TEMPESTADE TORNÁDICA NA CIDADE DE TAQUARITUBA, SÃO PAULO

Dayana Rabelo Toledo¹; Magaly de Fátima Correia²;
Yasmany Guanche Palenzuela¹; Maria Regina da Silva Aragão²

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a influência do acoplamento entre os jatos de baixos (JBN) e altos (JAN) níveis como um dos fatores que contribuiu para a evolução de um ambiente favorável e desenvolvimento da tempestade severa geradora do tornado que atingiu Taquarituba/SP no dia 22 de setembro de 2013. O tornado deslocou-se pela cidade no sentido sul-sudoeste para norte-nordeste, causando 66 feridos e duas vítimas fatais. Metade da cidade ficou sem energia elétrica e comunicação por telefone. O prefeito da cidade decretou estado de calamidade pública. Simulações numéricas de alta resolução com o WRF (Weather Research and Forecasting Model) foram realizadas com o objetivo de fazer um estudo detalhado e o mais próximo possível do horário de ocorrência do tornado. As simulações foram realizadas com duas grades aninhadas (36km e 12km), usando dados do Global Forecast System (GFS) com resolução horizontal de 0,5° como condições iniciais e de fronteira. O acoplamento entre o escoamento do JBN e do JAN foi avaliado analisando a variação temporal e espacial do ângulo formado entre os eixos dos dois jatos. Há atividade convectiva intensa para configuração quase ortogonal entre o eixo do JAN e do JBN, devido ao acoplamento dos jatos. Este mecanismo dinâmico foi um dos fatores que favoreceu a instabilidade convectiva em superfície e o consequente desenvolvimento da tempestade severa que gerou o tornado.

PALAVRAS-CHAVE: tornado; JBN; JAN; modelagem numérica.

Autor para correspondência: dayanaguanche89@gmail.com

¹Estudante de Doutorado em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba;

²Professora na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

COUPLING OF HIGH- AND LOW-LEVEL JETS IN THE TORNADIC STORM DEVELOPMENT IN THE CITY OF TAQUARITUBA, SÃO PAULO

ABSTRACT

The objective in this work was to evaluate the influence of coupling between lower (LLJ) and upper (ULJ) levels jets as one of the factors that contributed for a favorable environment evolution in the development of the severe storm that generated the tornado that hit Taquarituba / SP on September 22, 2013. The tornado crossed the city from south-southwest to north-northeast causing injuries in 66 persons and two fatalities. Half of the city was without electric power and telephone communication. The mayor of the city decreed state of public calamity. High resolution numerical simulations with the WRF (Weather Research and Forecasting Model) were made aiming at a detailed study as close as possible to the tornado time of occurrence. The simulations were performed with two nested grids (36km and 12km), using data of the GFS (Global Forecasting System), with horizontal resolution of 0.5° , as initial and boundary conditions. The coupling between the LLJ and ULJ was evaluated by analyzing the temporal variation and spatial distribution of the angle formed between the axis of both jets. There is intense convective activity for a near orthogonal configuration between the axes of the LLJ and ULJ, due to the coupling of the jets. This dynamic mechanism was one of the factors that favored the surface convective instability and the consequent development of the severe storm that generated the tornado.

KEY-WORDS: tornado; LLJ; ULJ; numerical modeling.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

No início da tarde do dia 22 de setembro de 2013 a cidade de Taquarituba/SP foi atingida por um tornado que se deslocou do setor sul-sudoeste para o norte-nordeste causando danos estruturais severos, 66 feridos e duas vítimas fatais. Metade da cidade ficou sem energia elétrica e telefone. A força dos ventos provocou a queda de um ônibus que transportava trabalhadores rurais causando a morte do motorista. O terminal rodoviário da cidade ficou totalmente destruído. Os silos de armazenagem de grãos também foram danificados. Os ventos fortes derrubaram a cobertura de um posto de combustíveis, arrancaram árvores e causaram vários acidentes de trânsito. Houve vazamento de combustível na zona industrial. Após todos os estragos provocados pelo tornado o prefeito da cidade decretou estado de calamidade pública. A Figura 1 ilustra alguns desses estragos através de fotos.



Figura 1. Danos causados pelo tornado na cidade de Taquarituba/SP, em 22/09/2013.

Fonte: g1.globo.com

No dia do evento o padrão sinótico mostrou-se favorável para o desenvolvimento de condições severas na Região Sudeste do Brasil, devido a uma frente fria muito intensa que se aproximou do estado do Paraná e de grande parte do sudeste do estado de São Paulo, gerando condições extremamente instáveis, desenvolvimento de convecção profunda e “overshooting” até 20 km (HELD et al., 2014). Havia um processo de ciclogênese sobre o estado do Paraná que ocasionou a formação de um jato de baixos níveis sobre a América do Sul, com ventos de até 20 m/s, favorecendo ainda mais a convecção profunda (SCHILD et al., 2014).

A formação de um tornado resulta de uma dinâmica complexa na qual estão envolvidos múltiplos processos e estruturas de microescala que são ativadas apenas em determinadas condições ambientais. Segundo Markowski e Richardson, (2010), para a ocorrência de um evento tornádico é necessário que haja umidade, instabilidade atmosférica, um mecanismo que provoque a ascensão das parcelas de ar e forte cisalhamento vertical do vento. O escoamento de quadrante norte em baixos níveis, no período quente do ano, é uma das condições atmosféricas mais significativas em escala sinótica que contribuem para a formação de tempestades severas (MARENGO et al., 2004). Este escoamento é responsável por advecção quente e úmida da região amazônica para o setor subtropical da América do Sul e, às vezes, é observado com um Jato de Baixos Níveis (JBN), contribuindo para um notável aporte de calor e umidade em baixos níveis, favorecendo o disparo da convecção profunda, que ocasionalmente é severa (NASCIMENTO, 2005). Por outro lado, eventualmente é observado um acoplamento entre o escoamento do JBN e do Jato de Altos Níveis (JAN), que representa um mecanismo dinâmico importante para o desenvolvimento de tempestades severas,



provocando forte instabilidade convectiva em superfície (UCCELLINI e JOHNSON, 1979; SATYAMURTY et al., 1998).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do acoplamento entre os jatos de altos e baixos níveis como um dos fatores que contribuiu para a evolução do ambiente favorável ao desenvolvimento da tempestade severa geradora do tornado que atingiu Taquarituba/SP no dia 22 de setembro de 2013.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Neste trabalho foram realizadas simulações com o modelo numérico Weather Research and Forecasting Model (WRF), com o objetivo de fazer um estudo detalhado, no tempo e no espaço, e o mais próximo possível do horário de ocorrência do tornado, para complementar as análises realizadas com dados observacionais (não mostradas). As condições iniciais e de fronteira usadas nas simulações foram obtidas do modelo *Global Forecasting System* (GFS), atualizadas a cada 6 horas, com resolução horizontal de 0,5° de latitude e longitude, e 35 níveis ao longo da vertical, distribuídos de forma não linear com a altura, com resolução maior na baixa troposfera. O período de simulação foi das 12UTC do dia 21/09/2013 às 00UTC do dia 23/09/2013. O Quadro 1 mostra as opções de parametrização usadas, escolhidas dentre aquelas disponíveis no WRF. Nas simulações foram usadas duas grades aninhadas: o domínio maior, com resolução horizontal de 36 km, abrange grande parte da América do Sul, e o domínio menor, com resolução horizontal de 12 km, abrange os estados das Regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil. No cálculo e visualização da distribuição espacial e temporal (horária) do ângulo formado entre os jatos de 850 hPa e 200 hPa foi usado o pacote de visualização *NCAR Command Language* (NCL), disponível gratuitamente na página eletrônica do National Center for Atmospheric Research (NCAR - NCL, 2019).

Foi calculado o ângulo entre os vetores do vento dos níveis de 200 hPa e 850 hPa, para cada ponto de grade. Primeiramente foi obtida a direção do vento em cada nível, a partir das respectivas componentes zonal (u) e componente meridional (v). A diferença entre as direções do vento de 850 hPa e de 200 hPa foi retida desde que os ventos de 850

hPa fossem do quarto quadrante (direções de oeste a norte) e os de 200 hPa do terceiro quadrante (direções de sul a oeste). A obtenção do valor desses ângulos possibilitou fazer a análise e visualização de sua variação temporal e distribuição espacial.

Quadro 1. Elenco de parametrizações adotadas nas simulações com o modelo WRF.

Parametrizações	Opções selecionadas
Camada superficial	Similaridade (MM5)
Camada limite planetaria	Yonsei University (YSU)
Convecção	Kain-Fritsch
Microfísica	WRF Single-Moment 3-class
Modelo de solo	Pleim-Xiu Land Surface Model
Radiação de onda longa	RRTM
Radiação de onda curta	Dudhia

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A Figura 2A mostra a variação horária do ângulo entre os jatos de 850 e 200 hPa, no dia 22 de setembro de 2013, na cidade de Taquarituba/SP. É possível observar que os valores estiveram, em geral, entre 78 e 20 graus. A curva mostra valores maiores até as 14 UTC; após esse horário os valores diminuíram consideravelmente, sendo que no horário mais próximo da tempestade (17 UTC) esteve próximo de 50 graus. Apesar de não ser um valor tão grande, este resultado caracteriza a existência de acoplamento entre os jatos nesse dia.

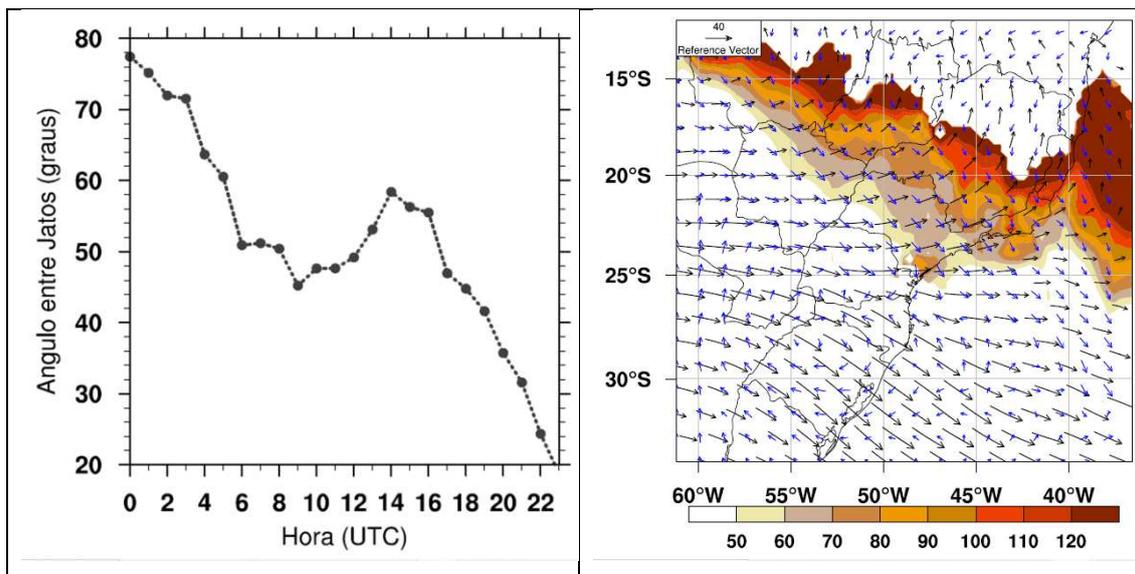


Figura 2: (A) Variação horária no dia 22 de setembro de 2013 na cidade de Taquarituba/SP, e (B) distribuição espacial no horário das 17 UTC, do ângulo entre os jatos de 850 hPa e 200 hPa. Valor do ângulo entre os jatos (colorido), direção do vento em 850 hPa (setas pretas) e direção do vento em 200 hPa (setas azuis).

A Figura 2B ilustra a distribuição espacial, no horário mais próximo da tempestade (17 UTC), dos vetores da direção do vento nos dois níveis isobáricos (850 hPa (setas pretas) e 200 hPa (setas azuis)), e do ângulo (colorido) formado pelos mesmos, o que possibilita observar que, de maneira geral, ele esteve entre 40 e 130 graus em toda a área. Dessa forma, é possível dizer que existia um acoplamento entre o escoamento do JBN e do JAN, que favoreceu a geração de forte instabilidade em superfície e o consequente desenvolvimento da tempestade e do tornado associado, nesse dia (UCCELLINI e JOHNSON, 1979; SATYAMURTY et al., 1998).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No presente trabalho foi feita uma avaliação para investigar o acoplamento entre o JBN e o JAN como um dos fatores que contribuiu para o desenvolvimento da tempestade severa que gerou o tornado que atingiu a cidade de Taquarituba/SP no dia 22 de setembro de 2013. A análise dos resultados das simulações numéricas evidenciou um acoplamento entre o escoamento do JBN e do JAN nesse dia. Esse mecanismo dinâmico foi um dos fatores que favoreceu e contribuiu para a geração de instabilidade convectiva



em superfície (não mostrado), e o desenvolvimento da tempestade severa que gerou o tornado registrado nesse dia.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudos para realização do doutorado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

HELD, G.; GOMES, J. L.; GOMES, A. M. Radar observations of a tornado-spawning storm complex in Southeast Brazil and Meso-Eta forecasts of this extreme event. In: EGU General Assembly, Geophysical Research Abstracts, vol. 16, EGU2014-11437, 2014. Disponível em: <<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-11437.pdf>> Acesso em: 4 ago. 2019.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalysis: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0442%282004%29017%3C2261%3ACOTLJE%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

MARKOWSKI, P.; RICHARDSON, Y. **Mesoscale Meteorology in Midlatitudes**. John Wiley & Sons, 2010. 430p.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; SILVA DIAS, P. L. South America. In: **Meteorology of the Southern Hemisphere**. American Meteorological Society- Meteorological Monographs, v.27, n.49, p. 119-139, 1998. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-935704-10-2_5>. Acesso em: 10 fev. 2016.

SCHILD, G. T.; MEIRELES, V. H. P.; GURJÃO, C. D. S.; HELD, G.; GOMES, A. M.; ZEPKA, G. S.; NACCARATO, K. P. Analysis of the development and structure of a severe storm leading to the spawning of a tornado in Southeast Brazil. 23rd International Lightning Detection Conference and 5th International Lightning Meteorological Conference, Tucson, Arizona, USA, 2014. Disponível em: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/Schild%20et%20al-Tornado%20Spawned%20In%20Brazil-2014-ILDC-ILMC.pdf> >. Acesso em: 30 jul. 2019.



UCCELLINI, L. W.; JOHNSON, D. R. The coupling of upper and lower tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective storms. **Monthly Weather Review**, v. 107, p. 682-703, 1979. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493\(1979\)107%3C0682:TCOUAL%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493(1979)107%3C0682:TCOUAL%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 10 fev. 2016.



ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA CIDADE DE ALHANDRA-PB

Renato Francisco Cândido Lopes¹; Edgleidson Lima Rodrigues²; Rodolpho Luiz Barros de Medeiros³; Ivana Amorim da Silva⁴; Francisco de Assis Salviano de Sousa⁵

RESUMO

A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas de maior relevância para a sociedade em decorrência de sua ação direta sobre vários aspectos e atividades associadas aos seres humanos. Na presente pesquisa foi analisado a variabilidade da precipitação pluvial, os dados pluviométricos utilizados foram obtidos através do banco de dados da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), entre um período de 1994 a 2018. As análises estatísticas foram realizadas a partir da planilha de cálculo Excel. Os anos de 1994, 2000 e 2011 apresentaram os maiores valores pluviométricos, e os menores valores foram observados nos anos de 1999 e 2000. O que mostra uma distribuição bastante irregular na precipitação do município de Alhandra.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Estatística; Variabilidade.

Autor para correspondência: renatomet2014.1@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2 Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3 Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4 Discente de Graduação na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 5 Professor, Dr. na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



ANÁLISIS OF PLUVIAL PRECIPITATION IN THE CITY OF ALHANDRA-PB

ABSTRACT

Rainfall is one of the most relevant meteorological variables for society due to its direct action on various aspects and activities associated with humans. In the present research we analyzed the variability of rainfall, the rainfall data obtained were obtained from the database of AESA (Executive Water Management Agency of the State of Paraíba), between a period from 1994 to 2018. Statistical analyzes were performed from the Excel spreadsheet. The years 1994, 2000 and 2011 presented the highest rainfall values, and the lowest values were observed in the years 1999 and 2000. This shows a very irregular distribution in the precipitation of the municipality of Alhandra.

KEY-WORDS: Precipitation; Statistic; Variability.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A precipitação pluvial tem sido bastante estudada em diferentes regiões do mundo, em face de sua importância no ciclo hidrológico e a manutenção dos seres vivos no planeta. As secas constituem sério problema para a sociedade humana e para os ecossistemas naturais (Dinpashoh et al., 2004). A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas de maior relevância para a sociedade em decorrência de sua ação direta sobre vários aspectos e atividades associadas aos seres humanos, como a agricultura, pecuária, etc. O excesso ou escassez de chuvas ocasionam danos econômicos e ambientais de grande magnitude. Uma importante ferramenta que auxilia na previsão desses eventos extremos é o monitoramento diário do regime pluviométrico sobre uma dada localidade (Vianello, 1991). A variação espacial da precipitação pluvial no Estado é provocada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam na costa Leste do Nordeste do Brasil. Roucou et al. (1996) observaram que a precipitação pluvial no Nordeste do Brasil também é associada aos movimentos verticais ascendentes de ar e à migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A precipitação pluviométrica no Nordeste também sofre a influência das ondas de Leste, que são áreas de instabilidade provenientes do continente africano que atravessam todo o Oceano Atlântico carregando umidade.



OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O referente trabalho tem como objetivo analisar a precipitação pluvial do município de Alhandra durante um período de 25 anos, utilizando o software surfer13 para identificar a área de estudo, e partir da planilha de cálculo Excel realizar análises estatísticas para o período, tais como: média, desvio padrão e coeficiente de variação.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O município de Alhandra está localizado na Microrregião Alhandra e na Mesorregião Mata Paraibana do Estado da Paraíba. Sua Área é de 183 km² representando 0.3236% do Estado. A sede do município tem uma altitude aproximada de 49 metros, e distando 36,4391 Km da capital. Alhandra, está inserida na unidade Geoambiental dos Tabuleiros Costeiros. O clima é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco. A vegetação é predominantemente do tipo Floresta Subperenifólia, com partes de Floresta Subcaducifólia e Cerrado/Floresta.

Na presente pesquisa foram usados os totais mensais da precipitação observados na estação da Embrapa, localizada no município de Campina Grande-PB (7°14'S, 35°54'W e 552 m), região Agreste paraibana. Para destacar onde se encontra Alhandra no mapa da Paraíba utilizou-se do software Surfer13 (**Figura1**).

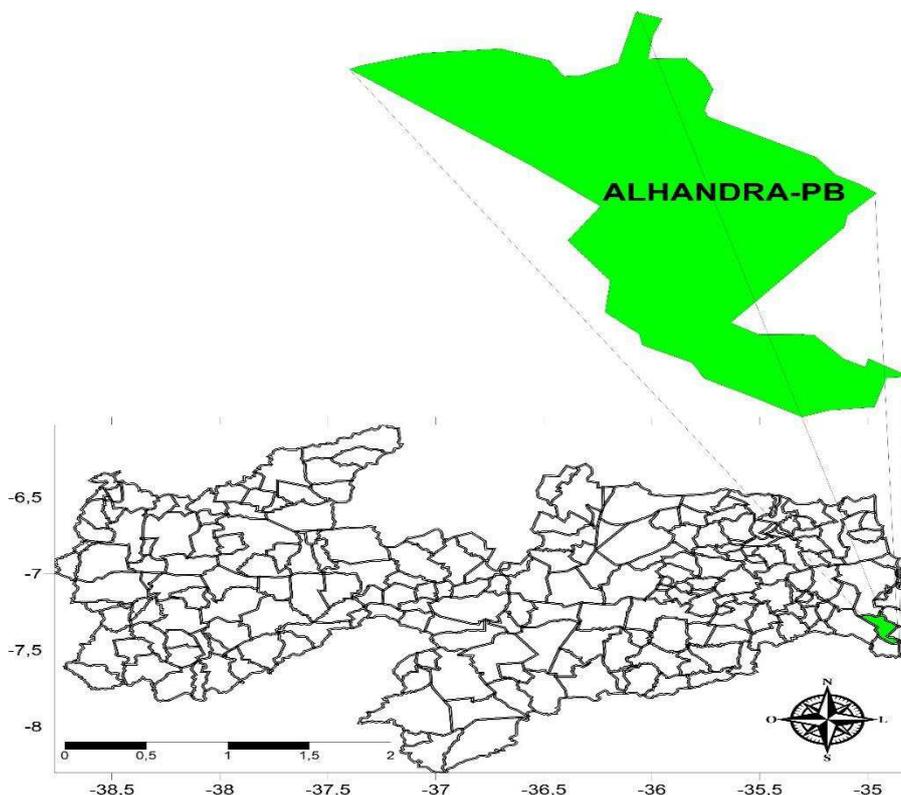


Figura 1. Localização geográfica da cidade de Alhandra– PB.

De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é do tipo As'-Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. Nesta região as chuvas são formadas pelas massas atlânticas originadas pelos ventos alísios de sudeste e a precipitação é de 1800 mm ano⁻¹ (FRANCISCO, 2010).

Os dados pluviométricos usados para esta pesquisa se encontram disponíveis na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), que está situada na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A série de dados apresenta período de registro entre os anos de 1994 e 2018. Dessa maneira, a análise da precipitação é indispensável para se estudar a disponibilidade de recursos hídricos de uma região. A chuva, embora seja um ciclo natural, apresenta uma distribuição muito irregular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A **Figura 1** apresenta o acumulado total de precipitação anual observado ao longo dos 25 anos na cidade de Alhandra. Os maiores valores de precipitação total anual foram verificados nos anos de 1994, 2000, e 2011, e os menores valores são observados nos

anos de 1999 e 2001. Acredita-se que esse comportamento bastante irregular é resultante da influência direta dos fenômenos meteorológicos atuantes na região de estudo. Essa distribuição também está ligada aos anos de fenômenos El Niño e La Niña e nas alterações do Dipolo do Atlântico, gerando, portanto, o aumento e a redução da precipitação na região.

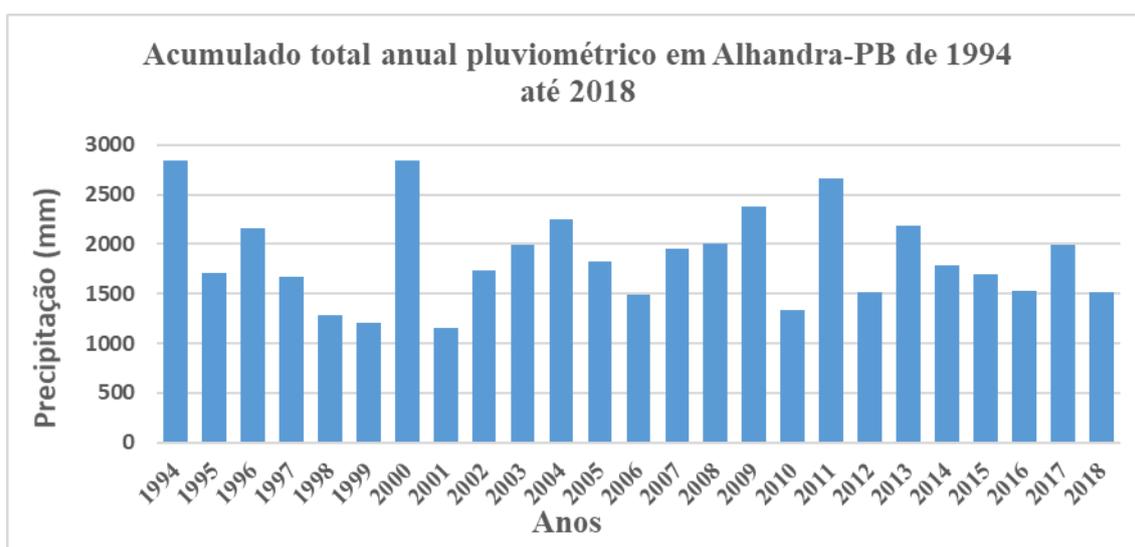


Figura 2. Acumulado total da precipitação pluviométrica para Alhandra.

A partir dos dados dos postos pluviométricos analisados, também foi possível estabelecer parâmetros estatísticos mensais dos anos de 1994 até 2018 como os exibidos na **Figura 3** e **Tabela 1**. A média mensal de precipitação aponta os meses de abril, maio, junho e julho como os mais chuvosos. Em contrapartida, os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro foram aqueles que apresentaram os menores totais de precipitação quando comparados aos demais meses analisados.



Figura 3. Médias mensais de precipitação pluviométrica em Alhandra.

O desvio padrão, por ser uma medida de dispersão, mostra a variação com valores mais próximos da média, tendo sido possível constatar que o mês de junho apresentou o maior desvio padrão em relação aos demais meses. Entre março a julho observa-se pouca diferença no coeficiente de variação (CV), pois é onde se concentra o período chuvoso, por outro lado, a partir de setembro nota-se um aumento no valor do CV devido a redução do volume precipitado.

Tabela1. Parâmetros estatísticos da precipitação média mensal (mm).

Mês	n	Média (mm)	D.P (mm)	CV (%)
Janeiro	25	91,88	71,35	77,65
Fevereiro	25	121,83	80,51	66,09
Março	25	170,34	79,38	46,60
Abril	25	225,30	124,84	55,41
Mai	25	278,53	137,94	49,53
Junho	25	359,98	160,00	44,45
Julho	25	359,02	106,03	40,93
Agosto	25	156,96	74,46	47,44
Setembro	25	85,84	74,24	86,49
Outubro	25	36,86	23,99	65,08
Novembro	25	26,28	23,18	88,21
Dezembro	25	55,72	59,11	106,08



CONCLUSÃO / CONCLUSION

A análise da precipitação pluvial para uma determinada região possibilita um melhor planejamento da agricultura, assim como de armazenamento de água de chuva, na região minimizando os impactos ocasionados tanto pela seca, quanto pelo excesso de chuvas, causando desastres naturais. A partir dos dados pluviométricos analisados têm-se que o maior índice pluviométrico do acumulado total anual do período foi observado no ano de 2000 com 2847,9 mm, e o ano que apresentou o menor valor de precipitação foi 2001 com 1159,4 mm. Os meses que apresentaram os maiores valores de precipitação do município foram de março a julho, e o que apresentou a maior ausência de chuvas durante os 25 anos analisados foi o mês de novembro. Percebe-se um alto nível de irregularidade na precipitação pluviométrica no município, enfatizando a importância do desenvolvimento de ações que objetivem a tomada de decisões para prevenção de desastres naturais.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Livro

VIANELLO, R. L. METEOROLOGIA BÁSICA E APLICAÇÕES. 1ª Ed. VIÇOSA: IMPRENSA UNIVERSITÁRIA, 1991. 449 p.

Reportagem de jornal com autoria

DINPASHOH, Y.; FAKHERI-FARD, A.; MOGHADDAM, M.; JAHANBAKHS, S.; MIRNIA, M. SELECTION OF VARIABLES FOR THE PURPOSE OF REGIONALIZATION OF IRAN'S PRECIPITATION CLIMATE USING MULTIVARIATE METHODS. JOURNAL OF HYDROLOGY, v.297, p.109-123, 2004.

ROUCOU, P.; ARAGÃO, J.O.R.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. VERTICAL MOTION, CHANGES TO NORTHEAST BRAZIL RAINFALL VARIABILITY: A GCM SIMULATION. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, WEST SUSSEX, v.16, n.1, p.879-891, 1996.

Homepage institucional

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 2010. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.





ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA VELOCIDADE DO VENTO EM DIFERENTES LOCALIDADES DO ESTADO DA PARAÍBA

Amanda Cartaxo de Souza¹; Lorranny Dias de Araújo¹; Welinagila Grangeiro de Sousa²; Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão³; Madson Tavares Silva⁴.

RESUMO

O vento é uma variável meteorológica de grande importância em inúmeras aplicações. Porém, é essencial uma compreensão detalhada do seu comportamento, a fim de entender os fatores que possam vir a interferir no seu padrão de variabilidade. Na presente pesquisa foram feitos os procedimentos de análise descritiva dos dados tomando-se como base porcentagens para as variáveis qualitativas com o objetivo de analisar o padrão de variabilidade da velocidade do vento em diferentes localidades do estado da Paraíba entre o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2010. Os dados utilizados para desenvolver o presente estudo foram dados observados provenientes do INMET. De acordo com o estudo observou-se que as maiores médias e variabilidades da velocidade do vento se deram em localidades inseridas no sertão (São Gonçalo e Patos), tendo em vista que fatores topográficos possam a vir a explicar o comportamento do vento nessas regiões.

PALAVRAS-CHAVE: padrão de variabilidade, análise descritiva, comportamento.

Autor para correspondência: amandacartaxo139@gmail.com.

1 Discente de Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2 Mestranda em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3 Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4 Professor Adjunto na Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil.



WIND SPEED VARIABILITY ANALYSIS IN DIFFERENT LOCATIONS IN THE STATE OF PARAÍBA

ABSTRACT

Wind is a weather variable of great importance in numerous applications. However, a detailed understanding of their behavior is essential in order to understand the factors that may have interfered with their variability pattern. In the present research, descriptive data analysis procedures were performed based on percentages for the qualitative variables in order to analyze the pattern of wind speed variability in different locations in the state of Paraíba from January 2000 to 2000. December 2010. The data used to develop the present study were observed data from INMET. According to the study it was observed that the highest averages and variability of wind velocity occurred in localities inserted in the interior (São Gonçalo and Patos), considering that topographic factors may explain the wind behavior in these regions.

KEY-WORDS: variability pattern, descriptive analysis, behavior.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Os ventos caracterizam-se por ser uma fonte de energia limpa, renovável e disponível, podendo defini-lo como o movimento do ar em decorrência da diferença de pressão, cujos padrões de variabilidade ocorrem em escalas tanto espaciais quanto temporais (MENDONÇA, 2017).

Cada localidade possui fatores próprios que intervêm diretamente na velocidade do vento, aumentando ou cessando o mesmo. Contudo, uma particularidade de grande relevância diz respeito a rugosidade do terreno, em virtude da perda de energia por atrito (PIRES et al., 2015).

Em algumas regiões, como a Nordeste, o vento possui sazonalidade complementar ao ciclo hídrico. Nos meses de maior precipitação os ventos são menos incidentes, em contrapartida nos meses de maior seca os ventos apontam maior intensidade (LIMA; CARVALHO, 2016). A Paraíba, por mais que não esteja entre os maiores geradores de energia eólica, é o maior em empreendimento motivado por fatores geográficos e sazonais (ABEEOLICA, 2016).



Mesmo onde o vento é mais constante, a exemplo da Paraíba, é essencial considerar as intempéries da natureza, sendo evidente a importância de estudos voltados à velocidade do vento para áreas nas quais a demanda e a oferta de energia vêm crescendo (FABRES, 2016).

Diante disso, surgiu interesse em estudos com pauta na análise da variabilidade do comportamento do vento no estado da Paraíba, caracterizando o vento para distintas regiões, possibilitando o conhecimento e compreensão da conduta do mesmo dentro do estado.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Investigar o padrão de variabilidade da velocidade do vento em algumas localidades do estado da Paraíba a partir de análises descritiva para o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2010, utilizando dados de observação.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Área de Estudo

O Estado da Paraíba localiza-se na região Nordeste do Brasil com uma área de 56.372 km², correspondente a 0,66% do território nacional, estando posicionada entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (IBGE, 2018). Na Figura 1 é retratada a localização da Paraíba juntamente com as estações utilizadas no estudo.

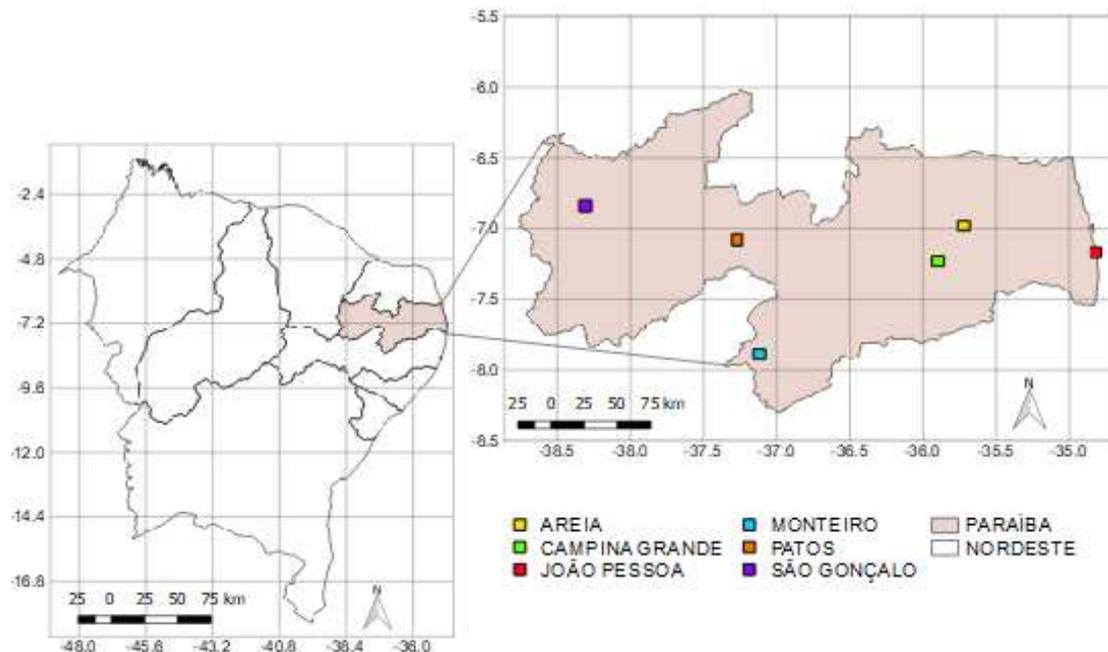


Figura 1 - Localização do Estado da Paraíba e as localidades estudadas.

Clima e Relevo

O relevo da Paraíba apresenta-se bastante diversificado em sua forma geral, os quais sofrem distintos processos, atuando sob climas diferentes e sobre rochas pouco ou muito desiguais (PARAIBA, 2006). As características altimétricas do estado foram obtidas por meio do projeto Brasil em Relevo, Figura 2, o qual fornece informações detalhadas do relevo e da topografia, acessível no site da Embrapa.

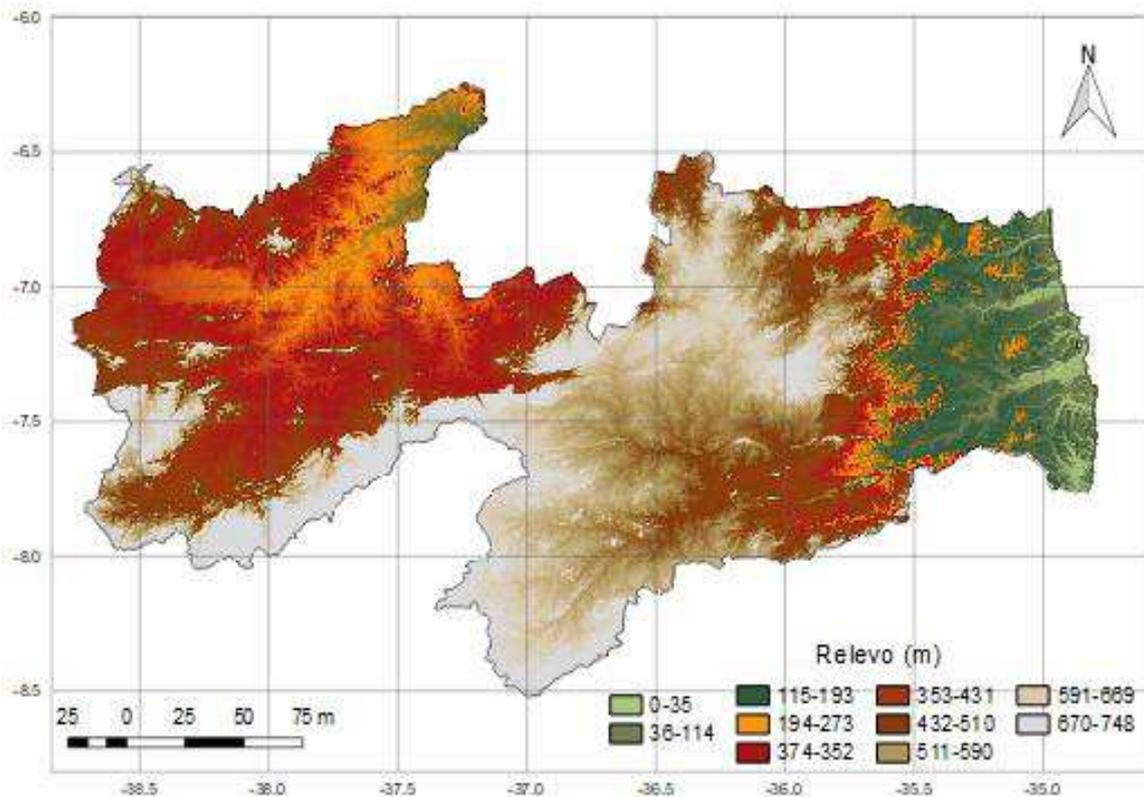


Figura 2. Relevo do Estado da Paraíba.

Situado próximo à linha do Equador, o Estado da Paraíba tem clima quente, com médias de temperatura que variam de 28°C no litoral, 22°C no Planalto da Borborema, chegando a 30°C no interior do Estado. Quanto à geomorfologia, encontram-se dois grupos compostos pelos tipos climáticos mais importantes do Estado: úmido, subúmido e semiárido. São eles: Setor Oriental úmido e subúmido e Setor Ocidental subúmido e semiárido (PARAÍBA, 2006).

Dados utilizados

Para o devido estudo fez-se uso de dados de velocidade do vento provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). No entanto no presente trabalho foi usado dados que compreendem o intervalo de tempo de janeiro 2000 até dezembro 2010, a 2m de altura para seis localidades distribuídas no estado paraibano, sendo elas, Areia, Campina Grande, Monteiro, João Pessoa, Patos e São Gonçalo.

Metodologia

Foram feitos os procedimentos de análise descritiva dos dados tomando-se como base porcentagens para as variáveis qualitativas. As quantitativas foram descritas por meio de tendência central (média, mediana), e dispersão (desvio padrão e percentis) e o coeficiente de variação (CV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Para se ter uma visão mais ampliada sobre a constância dos ventos ao longo do período estudado, as velocidades do vento, independentes de direção, serão analisadas através da caracterização de análise de frequência e densidade.

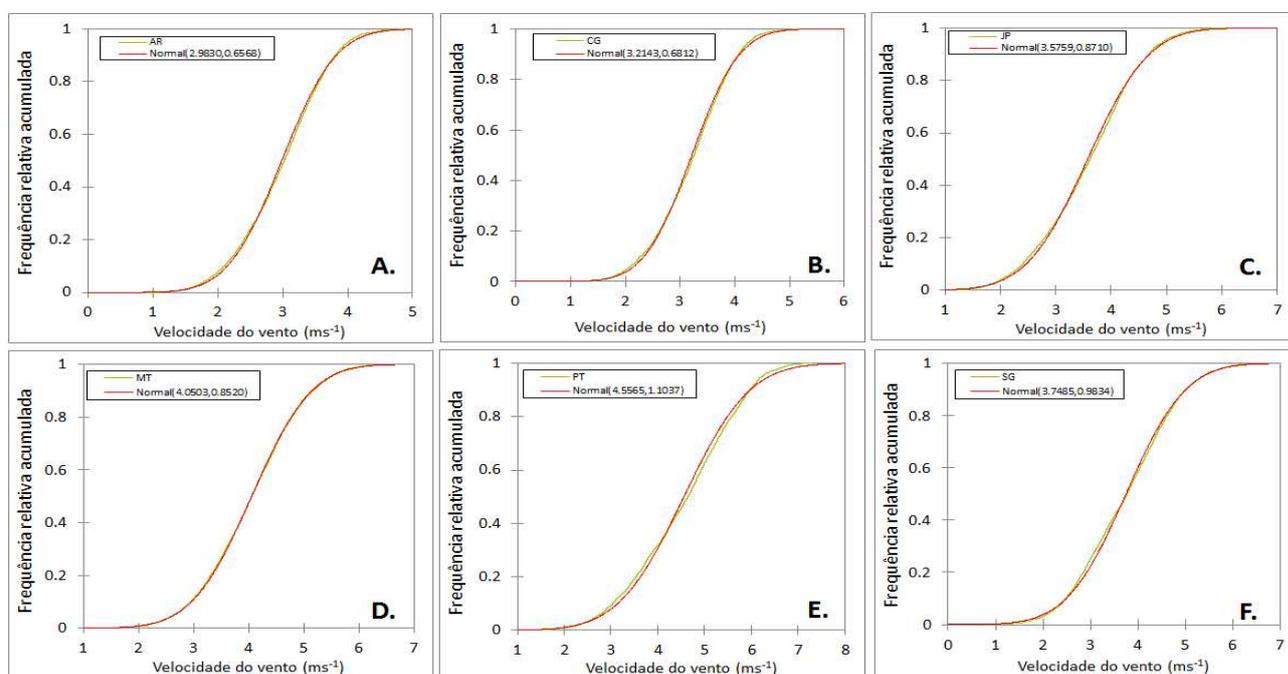


Figura 3. Distribuição das frequências da velocidade do vento para as localidades (A) Areia; (B) Campina Grande; (C) João Pessoa; (D) Monteiro; (E) Patos e (F) São Gonçalo, no estado da Paraíba no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

Na Figura 3 é possível observar o intervalo das velocidades do vento nos seis locais de estudo. Em Areia e Campina Grande o intervalo mais frequente de velocidade do vento foi em torno de 2 a 4 m.s⁻¹, com quase 96% de ocorrências das frequências acumuladas. Em ambas foram registradas médias de velocidade do vento inferiores a 1 m.s⁻¹. Em João Pessoa e Monteiro os intervalos mais frequentes da velocidade foram os de 3 e 5 m.s⁻¹, com aproximadamente 90% de ocorrências cada. Em São Gonçalo e Patos

foram registrados os maiores intervalos de velocidade do vento (entre 3 a 6 m.s^{-1}), com 94%. Além disso, foram verificadas médias de velocidade do vento inferiores a 1 m.s^{-1} .

Por meio da Figura 4 observa-se que as menores médias de velocidade do vento foram observadas em Areia e Campina Grande (3 m.s^{-1}), porém com maiores densidades de ocorrência e menores variabilidades da velocidade do vento. João Pessoa e Monteiro denotaram maiores densidades em torno das médias de 3.6 e 4.1 m.s^{-1} . Maiores variabilidade ao longo do período analisado foram observadas para as localidades de São Gonçalo e Patos, com maiores densidades entre as médias de 3.7 e 4.6 m.s^{-1} .

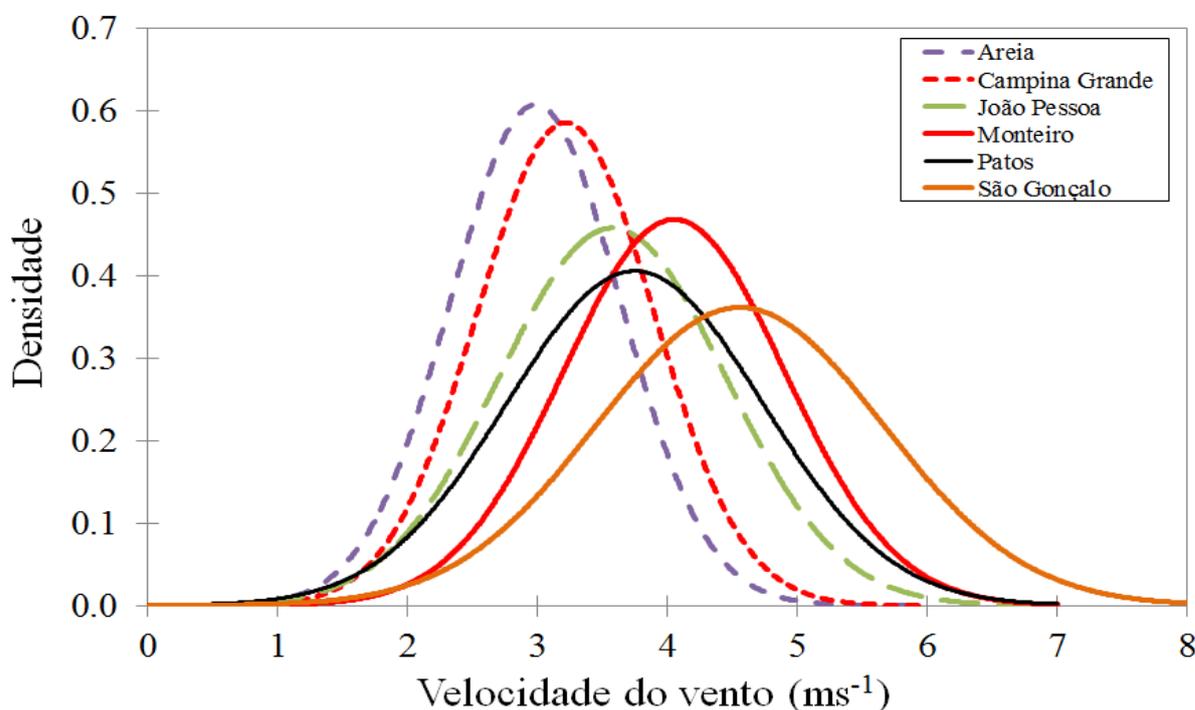


Figura 4. Distribuição das densidades da velocidade do vento no estado da Paraíba no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2010.

CONCLUSÕES

De acordo com o estudo observou-se que as maiores médias e variabilidades das velocidades do vento se deram em localidades inseridas no sertão (São Gonçalo e Patos), tendo em vista que fatores topográficos possam a vir a explicar o comportamento do vento nessas regiões.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-Brasil (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. Associação Brasileira de Energia Eólica. 2016. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>> Acesso em: 15 nov. 2019.

BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 211. Recife: Embrapa Solos, 32p, 2012.

FABRES, E. **Paraíba à Espera de Bons Ventos: Estado tem Produção Interna Inferior a 8%**. 2016. Disponível em :< <https://correiodaparaiba.com.br/geral/paraiba-geral/paraiba-a-espera-de-bons-ventos-estado-tem-producao-interna-inferior-a-8/>>.

Acesso em: 15jnov. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. Cidades e Estados. Disponível em :< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb.html> >. Acesso em: 16 nov. 2019.

LIMA, C. C.; CARVALHO, L. M. O. A Produção de Energia Elétrica, a Exaustão Ambiental da Fonte Hídrica e a Opção Proveniente da Base Eólica Renovável. **Energias Renováveis**, v.5, n.1 p. 65- 90, 2016.

MENDONÇA, I. M.; CASTRO, J. L.; FRACETTI, T. P. Estudos de Viabilidade via Análise Estatística da Velocidade dos Ventos. **Multiverso**, v.2, n.1, p.80-87, 2017.



PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF. 2006.

PIRES, L. B. M.; FISCH, G.; GIELOW, R.; SOUZA, L. F.; AVELAR, A. C.; PAULA, I. B.; GIRARDI, R. M. A Study of the Internal Boundary Layer Generated at the Alcântara Space Center. **American Journal of Environmental Engineering**, v. 5, p. 52-64, 2015.

SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização Ambiental das Áreas sob Influência do Reservatório de Bocaina (PI) com Base na Compartimentação Geomorfológica. **In: Carta CEPRO**, Teresina, v.18, n.1, p.149-161, 2000.





ANÁLISE DAS EMISSÕES DE CO₂ EM SOLOS DO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO

Thyago de Almeida Siveira¹, Francisco de Assis Salviano de Sousa², Frederico Campos Pereira³, Alexandre Fonseca D'Andrea⁴, Gilcean Silva Alves⁴

RESUMO

No município de Picuí, Semiárido Brasileiro (SAB) e Seridó Oriental Paraibano onde predomina o Bioma Caatinga, o processo de desertificação tem-se intensificado devido às ações antrópicas, sendo atingida severamente e alterada por corte de lenha, agricultura, queimadas, caça e ação contínua de rebanhos bovinos e caprinos, restando apenas uma pequena parcela preservada e protegida. Este trabalho teve por objetivo identificar alterações ambientais na dinâmica comportamental da qualidade do solo com base nas observações da emissão do fluxo de CO₂ em áreas degradadas do bioma Caatinga que estão passando por diferentes processos de sucessão ambiental na Paraíba. Para tanto, foi montado um experimento na Fazenda Agroecológica Gavião e Izidro, em três áreas, sendo elas degradada, restaurada e preservada, cuja metodologia consistiu em realizar análises da fertilidade do solo, e da respiração do solo (Efluxo de CO₂). Os resultados revelaram que os solos possuem uma fertilidade muito boa, e que é o processo da ciclagem de nutrientes da serrapilheira, advinda da vegetação local que contribui significativamente para tal. Já o Efluxos de CO₂ foram muito baixos, e ressalta-se a importância da identificação do fenômeno do Influxo de CO₂, que foi medido em condições semelhantes a de uma região desértica, evidenciando que se não houver intervenções nas áreas degradadas com condições semelhantes, esses processos tendem a se expandir para outras áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclagem Biogeoquímica; Respiração do Solo; Semiárido Brasileiro (SAB).



1Professor no IFPB, Cabedelo, Paraíba; 2Professor na UFCG, Campina Grande, Paraíba; 3Professor no IFPB, Pedras de Fogo, Paraíba; 4Professor no IFPB, João Pessoa, Paraíba.

CO₂ EMISSIONS ANALYSIS IN SOIL OF THE PARAÍBA EASTERN SERIDÓ

ABSTRACT

In Picuí municipality, Brazilian Semi-arid (SAB) and Seridó Oriental Paraibano, where the Caatinga Biome predominates, the process of environmental degradation has intensified due to the anthropic actions, being severely affected and altered by firewood cutting, agriculture, burned, hunting and continuous action of cattle and goats, leaving only a small preserved and protected portion. This work had for objective to identify environmental changes in the behavioral dynamics of soil quality based on the observations of CO₂ flux emission in degraded areas of the Caatinga biome that are undergoing different environmental succession processes in Paraíba. For this purpose, was realized an experiment was made at the Agroecological Farm Gavião and Izidro, in three areas, a Degraded, Restored and Preserved Areas, whose developed procedures associated soil fertility analyzes, and soil respiration measurements (Efflux de CO₂). The results showed that soil have a very good fertility, which is the cycling nutrients process from the litter, from the vegetation present in the areas, contributes significantly to this. The CO₂ fluxes measured were very low, and it is important to identify the CO₂ Influx phenomenon, which was measured in conditions similar a desert region, evidencing that if there aren't interventions in the degraded areas with similar conditions, they process trend to expand to another areas.

KEY-WORDS: Biogeochemical Cycling; Soil Respiration; Brazilian Semi-Arid (SAB).

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

No (SAB) onde predomina o Bioma Caatinga, o processo de desertificação tem-se intensificado e a paisagem vem sendo severamente alterada pelo corte de lenha, pela agricultura, pela mineração, por queimadas, por caça e pela ação contínua de rebanhos bovinos e caprinos (LEAL et. al, 2005; ALVES et. al., 2009), promovendo a diminuição da serrapilheira cuja decomposição é um dos processos mais importantes na biosfera, pois proporciona nutrientes importantes para o crescimento das plantas, bem como na transformação de energia e na emissão de CO₂ para a atmosfera (AERTS, 2006; AUSTIN E VIVANCO, 2006; BERG E MCCLAUGHERTY, 2008).

Dessa forma, o estudo da produção e decomposição da serrapilheira define a caracterização dos padrões de ciclagem de nutrientes (GOLLEY, 1983). Essa caracterização, associada aos padrões de emissão de CO₂, provenientes da respiração do

solo pode revelar padrões de distribuição e correlação para dar suporte a estratégias mais robustas de implantação de projetos de restauração de solos degradados na Caatinga, haja vista que, quanto mais preservada ou recuperada for a área, maior será a frequência simultânea de processos.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Comparar a dinâmica comportamental das características físico-químicas, em função das medições das emissões de CO₂ provenientes da respiração de solos no SAB.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Este trabalho foi desenvolvido na zona rural no município de Picuí no Seridó Oriental Paraibano e Semiárido Brasileiro. Segundo a EMBRAPA (2013) os solos do município de Picuí são classificados como Neossolos Litólicos Eutróficos e Neossolos Regolíticos Eutróficos. Já o seu clima foi delimitado com a classificação climática de Köppen como Bsh: semiárido quente e seco, com temperatura média anual por volta dos 23,5° precipitação pluviométrica média anual de 339 mm (SILVA, 2002), com os meses de janeiro a maio sendo os mais chuvosos, e outubro e novembro os mais secos (SANTOS et al., 2014).

Para a montagem do experimento foram delimitadas três áreas, uma área em melhor estágio de conservação (ÁREA I), uma área degradada em processo de restauração espontânea (ÁREA II), e uma área degradada que não sofreu nenhuma intervenção (ÁREA III).

Nas três áreas selecionadas, criadas três parcelas de 2x4 metros, cada um contendo duas parcelas experimentais de 2x2 metros, que foram subdivididas ainda em quatro de 1x1 metro, onde no centro de cada parcela foi instalado um colar de PVC de 10 cm para facilitar a captação do efluxo de CO₂ que emana do solo. O experimento foi montado na primeira semana do mês de fevereiro de 2016, e as coletas foram realizadas no sentido horário, a partir do quadrante mais ao noroeste, com avaliações realizadas nos dias 03/05/2016, 09/08/2016, 08/11/2016 e 08/02/2017.

Em cada quadrante foi coletada uma amostra de solo com o trado holandês, correspondentes à profundidade de 0-10 cm para caracterização química de fertilidade do

solo, realizadas seguindo os métodos descritos pela Embrapa (1997), e realizadas no laboratório de solos do IFPB, Campus de Sousa; juntamente com as medições de CO₂ e temperatura do solo foram realizadas utilizando um IRGA (Infra-red Gas Analyser) modelo ADC LCA-4, e os dados foram processados no programa SoilFluxPro 4.0, de distribuição gratuita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Na Tabela 01 são apresentados os valores de fertilidade do solo.

Tabela 01 - Fertilidades médias do solo.

DATA COLETA	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	V	MO	PST
	H ₂ O	mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³							%	g.kg ⁻¹	%	
ÁREA PRESERVADA													
03/05/2016	6,00	9,67	0,31	0,14	3,83	0,53	0,03	2,62	4,82	7,44	66,22	33,74	2,01
08/09/2016	5,98	8,25	0,33	0,12	7,72	0,98	0,07	1,95	9,15	11,09	83,34	35,42	1,10
08/11/2016	6,32	27,83	0,44	0,10	6,37	1,50	0,84	2,43	8,41	10,85	77,40	36,44	0,97
08/02/2017	6,35	25,06	0,62	0,10	7,50	1,13	0,34	0,67	9,36	10,03	92,27	30,84	1,04
MÉDIA	6,16	17,70	0,43	0,12	6,35	1,04	0,32	1,92	7,93	9,85	79,81	34,11	1,28
ÁREA RESTAURADA													
03/05/2016	7,12	12,16	0,60	0,05	5,93	0,83	0,00	0,20	7,42	7,62	96,99	20,99	0,68
08/09/2016	7,08	8,92	0,36	0,04	2,80	0,67	0,00	0,00	3,87	3,87	100,00	6,83	1,18
08/11/2016	6,90	17,04	0,49	0,06	2,27	0,83	0,00	0,83	3,65	4,48	82,58	6,79	1,37
08/02/2017	7,03	19,41	0,58	0,06	2,50	1,00	0,00	0,00	4,14	4,14	100,00	7,20	1,37
MÉDIA	7,03	14,38	0,51	0,05	3,38	0,83	0,00	0,26	4,77	5,03	94,89	10,45	1,15
ÁREA DEGRADADA													
03/05/2016	6,00	9,67	0,31	0,14	3,83	0,53	0,03	2,62	4,82	7,44	66,22	33,74	2,01
08/09/2016	7,17	11,36	0,77	0,06	4,40	0,97	0,00	0,08	6,20	6,27	98,64	19,29	0,95
08/11/2016	6,83	26,85	1,54	0,05	3,97	0,93	0,00	0,78	6,49	7,27	89,44	22,58	0,75
08/02/2017	6,78	27,68	1,46	0,06	4,23	1,17	0,00	0,45	6,92	7,37	93,85	20,79	0,84
MÉDIA	6,70	18,89	1,02	0,08	4,11	0,90	0,01	0,98	6,11	7,09	87,04	24,10	1,14

Fonte: Do autor, 2016.

Ao analisar a Tabela 01 percebe-se que os dados de fertilidade são bem semelhantes, em valores médios, aos encontrados em estudos diversificados na Paraíba relacionados a dinâmica solo-planta-vegetação, a exemplo Araújo (2012) e Alves (2012), e mais aproximados com o estudo desenvolvido por Pereira (2013) realizado em diferentes áreas degradadas, também, no município de Picuí.

Na Tabela 02 são mostradas as medições do Efluxo de CO₂ registradas juntamente com os valores de temperatura do solo.

Tabela 02 - Medições do Efluxo de CO₂.

DATA COLETA	ÁREA PRESERVADA		ÁREA RESTAURADA		ÁREA DEGRADADA	
	EFLUXO DE CO ₂	TEMP (°C)	EFLUXO DE CO ₂	TEMP (°C)	EFLUXO DE CO ₂	TEMP (°C)
03/05/2016	2,03	28,44	1,25	28,35	1,30	28,89
08/09/2016	0,37	35,36	0,26	38,34	-0,02	40,08
08/11/2016	0,40	35,02	0,29	32,61	0,16	30,00
08/02/2017	0,39	35,98	0,33	33,86	0,15	31,41
MÉDIA	0,80	33,70	0,53	33,29	0,40	32,59

Fonte: Do autor, 2016.

As medições do Efluxo de CO₂ no solo, comportaram-se sempre com valores muito baixos. Tais efeitos são de fato relativos a presença da cobertura vegetal, que regula a quantidade de processos que ocorre nessas áreas de Caatinga no SAB.

Torna-se evidente um valor negativo da medição do Efluxo de CO₂ na Área Degradada, que inicialmente pareceu ser um erro de registro do momento da leitura do equipamento em campo, mas, ao verificar os comportamentos no processamento dos dados percebeu-se que as leituras registradas estavam condizentes com o valor apresentado.

Percebeu-se, então, que o que ocorreu no momento desta medição foi o fenômeno do Influxo de CO₂, até então, nunca antes registrado para nenhuma área do SAB, onde predomina o Bioma Caatinga. Naquele momento não existia nenhum processo biológico

de ciclagem de nutrientes ocorrendo no solo, que pudesse favorecer o processo de respiração, do contrário, o CO₂ foi sugado para o interior do solo.

Ao longo dos anos, diversos estudos tem associado o processo de absorção do CO₂ (Influxo) em regiões desérticas, áridas e semiáridas, a temperaturas maiores que 30°C e solos alcalinos, cujo pH é maior que 7 (SCHIMEL et al., 2001; RETH et al. 2005; SCHLESINGER et al., 2009; WANG et al., 2010). Nessas situações o CO₂ ao invés de ser liberado do solo para a superfície através do processo orgânico de respiração, ele é absorvido, ou inspirado para o solo (GOMBERT, 2002; KOWALSKI et al., 2008).

Conforme foi descrito pelos autores acima, o Influxo medido na Área Degradada só foi registrado, por que a temperatura do solo estava muito alta (40,08°C), e o pH, calculado nas análises de fertilidade, estava em 7,17 (H₂O), se comportando naquele momento como alcalino. Esse evento, inédito, encontrado nesse trabalho vem completar parte de uma lacuna que ainda não tinha sido comprovada, em relação às áreas que estão passando por processos de desertificação.

Esse paradigma, agora pode de fato ser esclarecido, a partir desses resultados, que comprovam que em áreas severamente degradadas, há uma forte tendência para que essas áreas estejam de fato passando por processos de desertificação, e caso não sejam recuperadas pela inserção de projetos de restauração, elas não vão por si só se recuperar.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As condições de fertilidade dos solos mostraram que as Áreas Preservada e Degradada se sobressairam dos solos da Área Restaurada, apresentando melhores aportes de minerais e nutrientes. Entretanto, todos foram considerados solos férteis, característica que foi evidenciada pelos processos provenientes da decomposição da matéria orgânica depositada sobre o solo, ainda que, essas quantidades sejam diferenciadas nas três áreas do estudo.

Nas análises dos parâmetros medidos do Efluxo de CO₂ percebeu-se que todos os valores se comportaram baixos. Um fato inesperado, e único, que talvez tenha sido o mais importante, foi a medição do Influxo de CO₂, registrada nos 180 dias do experimento.

Por ser um fenômeno que só ocorre em regiões desérticas, e sob determinadas condições, esse registro vem confirmar que, realmente, existem áreas degradadas no SAB que estão



passando por um processo de desertificação, e que se nada for realizado para auxiliar essas áreas a se recuperarem, elas tendem em um curto intervalo de tempo, que a ocorrência desses processos sejam mais constantes. Pois, caso não seja realizado nenhuma intervenção, há uma tendência natural dos processos de influxo se propagarem.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao Pró-reitoria de Pesquisa e Extensão, ao Campus de Picuí, Cabedelo Centro e Cabedelo do IFPB. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas nos projetos de Pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- AERTS, R. The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. **Journal of Ecology**, 94: 713–724. 2006.
- ALVES, G. S. **Dinâmica da Serrapilheira em Áreas da Caatinga e Vulnerabilidades Socioeconômicas no Município de Várzea-PB.** (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, 2012.
- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A. e NASCIMENTO, S.S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**. 22 (3): 126–135. 2009.
- ARAÚJO, V. F. P. **Produção e Decomposição da Serrapilheira em um Ecossistema Semiárido do Nordeste Brasileiro: Variação Temporal e Espacial e Efeito da Fauna de Solo Sobre a Serrapilheira.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal da Paraíba, 2012.
- AUSTIN, A.T., VIVANCO, L. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. **Nature**, 442 (7102): 555–558. 2006.
- BERG, B., MCCLAUGHERTY, C.A., Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. **Berlin: Springer-Verlag Press**, 2nd Edition. 328 p. 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro, 1997. 212p.



- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013.
- GOMBERT P. 2002. Role of karstic dissolution in global carbon cycle. **Global and Planetary Change**, 33: 177–184.
- GOLLEY, F.B. **Tropical rain forest ecosystems: structure and function**. Amsterdam: Elsevier, 1983. 392p.
- LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. & LACHER, T.E. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, 19 (3): 701–706. 2005.
- KOWALSKI, A. S., SERRANO-ORTIZ ,P., JANSSENS, I. A., et al. 2008. Can flux tower research neglect geochemical CO₂ exchange? **Agricultural and Forest Meteorology**, 148: 1045–1054.
- PEREIRA, F. C. **Espécies xerófilas: Comportamento e fenologia em áreas degradadas do Semiárido brasileiro**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais. UFCG. 2013.
- RETH, S., REICHSTEIN, M., FALGE, E. 2005. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux—a modified model. **Plant and Soil**, 268: 21–33.
- SANTOS, R. F., SILVEIRA, T. A., ROSENDO, E. E. Q., VITAL. S. R. O., PEREIRA, F. C., FRANCISCO, P. R. M. **Análise Climatológica das Tendências de Precipitação Pluvial dos Municípios de Picuí e Cuité, Paraíba – PB**. Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica – CONNEPI, 2014.
- SCHLESINGER, W.H.; BELNAP, J.; MARION, G. On carbon sequestration in desert ecosystems. **Glob. Chang. Biol.** 2009, 15, 1488–1490.
- SCHIMMEL, D. S., HOUSE, J. I., HIBBARD, K. A., et al. 2001. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. **Nature**, 414: 169–172.
- SILVA, E. P. **Estudo da Vulnerabilidade Socioeconômico Ambiental e os Riscos a Desastre ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Município de Picuí - Paraíba: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2002.



WANG, X. H., PIAO, S. L., CIAIS, P., et al. 2010. Are ecological gradients in seasonal Q10 of soil respiration explained by climate or by vegetation seasonality? **Soil Biology & Biochemistry**, 42: 1728–1734.





ANÁLISE DE AGRUPAMENTO APLICADA À VARIABILIDADE DO VENTO NO ESTADO DA PARAÍBA

Welinagila Grangeiro de Sousa¹; Madson Tavares Silva²; Santana Livia de Lima³;
Mariana da Silva de Siqueira³; Antônia Silânia de Andrade⁴

RESUMO

O vento é uma variável meteorológica de suma importância em diversas aplicações. Contudo, se faz necessário uma compreensão detalhada do seu comportamento a fim de entender os fatores que possam interferir em sua variabilidade. A metodologia utilizada baseou-se na aplicação da técnica estatística multivariada a partir da análise de agrupamento (AA) com o objetivo de analisar a variabilidade da velocidade do vento nas microrregiões do Estado da Paraíba. Os dados utilizados para constituir o estudo foram de reanálises provenientes do CFSR para o período de janeiro 2000 a dezembro de 2010. De acordo com estudo, constatou-se que os ventos no interior do estado apresentam maiores intensidades quando comparadas as demais regiões

PALAVRAS-CHAVE: Identificação; Análise Multivariada; Clusters.

Autor para correspondência: welinagilagrangero@gmail.com

1 Bolsista de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2 Professor Doutor da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas-UACA na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; Bolsista de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4 Bolsista de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



GROUP ANALYSIS APPLIED TO WIND VARIABILITY IN THE STATE OF PARAÍBA

ABSTRACT

Wind is a weather variable of great importance in many applications. However, a detailed understanding of its behavior is necessary in order to understand the factors that may interfere with its variability. The methodology used was based on the application of multivariate statistical technique from cluster analysis (AA) with the objective of analyzing the wind speed variability in the Paraíba State microregions. The data used to constitute the study were from CFSR reanalysis for the period from January 2000 to December 2010. According to a study, it was found that the winds inside the state present higher intensities when compared to the other regions.

KEY-WORDS: Identification; Multivariate analysis; Clusters.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O conhecimento a respeito do vento é de grande importância para os mais diversos setores da sociedade, devido sua influência direta no tempo e no clima. Sendo uma das variáveis meteorológicas mais importantes, possuindo grande variação tanto em curto quanto em longo prazo (PAULA et al., 2017).

Os ventos são definidos como o movimento do ar em decorrência da diferença de pressão, caracterizando-se por ser uma fonte de energia limpa, renovável e disponível em todos os lugares, cujos padrões de variabilidade ocorrem em escalas espaciais e temporais (MENDONÇA, 2017).

Cada lugar dispõe de fatores próprios que interferem diretamente na velocidade vento, aumentando ou diminuindo o mesmo, onde uma peculiaridade de grande importância é a rugosidade do terreno, em decorrência da perda de energia por atrito (PIRES et al., 2015).

Um dos maiores obstáculos relacionados ao estudo de variabilidade do vento é a falta de dados observados. Um banco de dados longo e de qualidade é fundamental para estudos dessa natureza. Uma forma de amenizar esse problema é a utilização de dados



de reanálise devido à disponibilidade de informações, atendendo, assim, às necessidades da pesquisa (MARIANO et al., 2017).

Sabe-se que o vento é um elemento meteorológico que apresenta grande relevância para as atividades humanas, onde alterações em seu comportamento precisam ser compreendidas, principalmente em áreas nas quais a demanda de seu uso é crescente, a exemplo do estado da Paraíba. Contudo, nenhum estudo foi realizado com a finalidade de caracterizar o vento nas microrregiões paraibanas, auxiliando na identificação e compreensão de mecanismos físicos que influenciam em seu regime.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Esta pesquisa tenta prover a avaliação da variabilidade do vento nas microrregiões do estado da Paraíba por meio da aplicação da técnica estatística de análise multivariada (Análise de Agrupamento), com propósito de identificar regiões homogêneas de velocidade utilizando dados de reanálise.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O Estado da Paraíba localiza-se na região Nordeste do Brasil com uma área de 56.467 km², correspondente a 0,66% do território nacional, Figura 1 (IBGE, 2018). Foram utilizados na pesquisa dados em ponto de grade (38 km de distância) de velocidade do vento provenientes da reanálise Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) a 2m de altura, compreendendo o intervalo de tempo de janeiro 2000 até dezembro 2010.

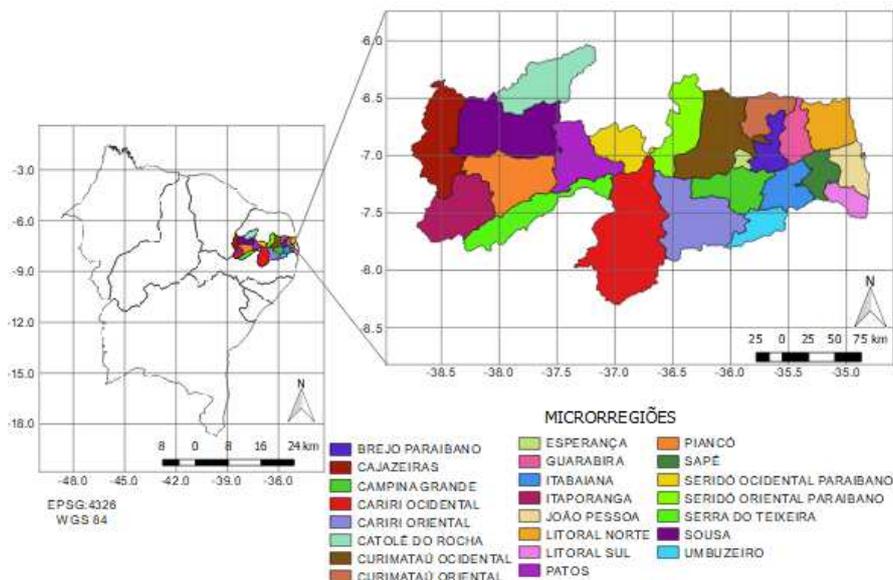


Figura 1 - Localização do Estado da Paraíba e suas microrregiões. (Fonte: Autor, 2019).

A análise da variabilidade do vento foi feita através do método hierárquico de agrupamento, aplicando-o à matriz de dados utilizando-se o método de Ward, cuja função de agrupamento foi a Distância Euclidiana que é a soma dos quadrados das diferenças, com o intuito de medir a distância entre dois pontos ou designar o quanto eles são semelhantes (HAIR et al., 2005; BEM et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Mediante a análise de agrupamento foi possível delimitar as microrregiões que apresentam padrões homogêneos no comportamento da velocidade do vento: Grupo 1 (Brejo Paraibano, Campina Grande, Litoral Sul e Sapé), Grupo 2 (Cajazeiras, Catolé do Rocha, Itaporanga, Piancó, Serra do Teixeira e Sousa), Grupo 3 (Cariri Ocidental, Curimataú Ocidental e Patos), Grupo 4 (Cariri Oriental, Curimataú Oriental, João Pessoa e Litoral Norte), Grupo 5 (Esperança e Guarabira), Grupo 6 (Itabaiana e Umbuzeiro) e Grupo 7 (Seridó Ocidental e Seridó Oriental).

Os grupos que mais se destacaram quanto às maiores velocidades do vento foram verificados na porção central e no oeste do estado (G2, G3, G4 e G7), mostrando que o interior da Paraíba apresenta os valores de velocidade do vento mais elevados. Os grupos que apresentam os menores valores médios de velocidade do vento (G1, G5 e G6) estão

inseridos em grande na parte na região sudeste. Sendo razoável supor que fatores ambientais, orografia e a topografia dessas localidades influenciam nas variações das velocidades (REBOITA et al., 2016; SHOAIIB et al., 2019).

Na Figura 2 é apresentada a distribuição espacial dos grupos no estado da Paraíba. Em alguns casos, as microrregiões estão agrupadas no mesmo grupo, mesmo estando em regiões distintas no estado, como exemplo do Grupo 4, que abrange boa parte do Litoral paraibano e Cariri Oriental. Segundo Araujo et al. (2013) essa constatação leva a supor que esses valores possuem diferença numérica, mas na análise multivariada dos valores formam conjuntos similares.

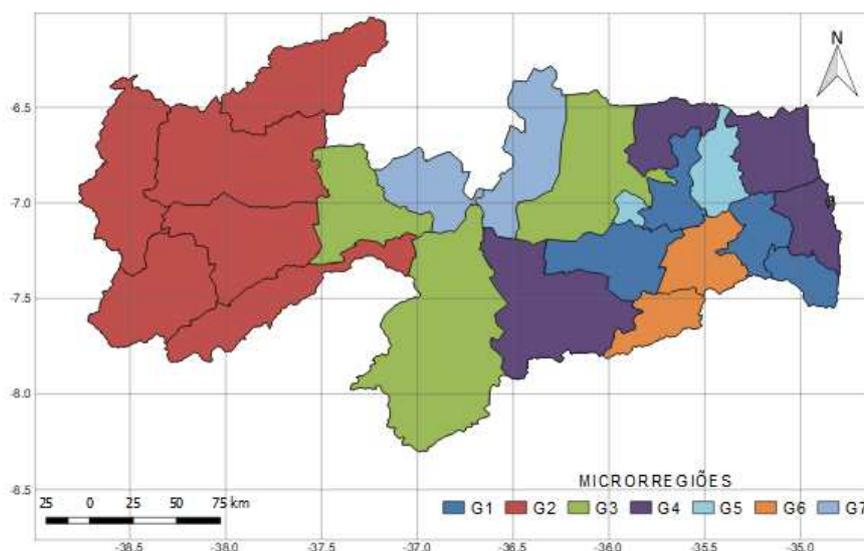


Figura 2. Distribuição espacial dos grupos com base na velocidade do vento na Paraíba. (Fonte: Autor, 2019).

A variabilidade das velocidades médias anuais de vento dos grupos para o período estudado é apresentada na Figura 3. A velocidade mínima varia de 2,64 m/s para o grupo G6 a 2,80 m/s para o G1, enquanto a máxima varia de 5,24 m/s para o G3 a 5,75 m/s para o G7. A variabilidade indicada pelo desvio padrão é maior para o G7 (0,71 m/s) o que indica que os ventos são mais variáveis entre os anos nessas regiões do que nas outras, e menor para o G6 (0,40 m/s) evidenciando que o padrão nesta região tem sido mais estável no decorrer do período analisado.

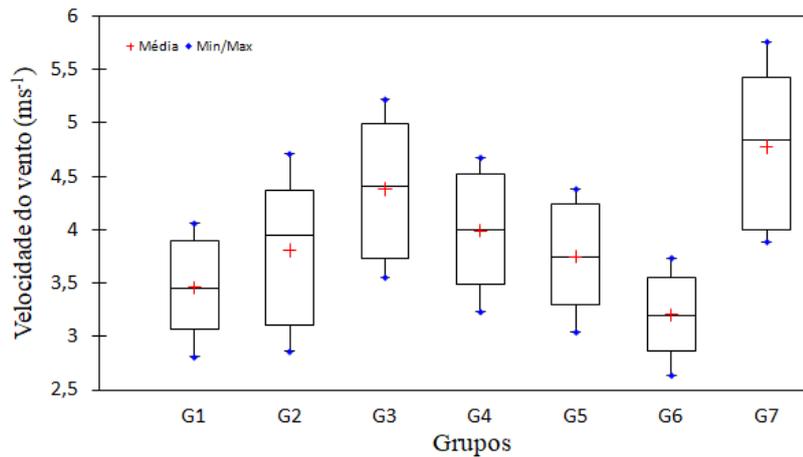


Figura 3. Variabilidade média anual da velocidade do vento no estado da Paraíba, advindos da análise de agrupamento. (Fonte: Autor, 2019).

A Figura 4 exibe a variabilidade das médias mensais da velocidade do vento para cada grupo. O intervalo que condiciona a primavera destaca-se por apresentar as maiores intensidades de vento para todos os grupos, essa é a estação seca na qual apresenta a maior radiação solar, conseqüentemente, um gradiente térmico mais elevado favorecendo os ventos nesse período.

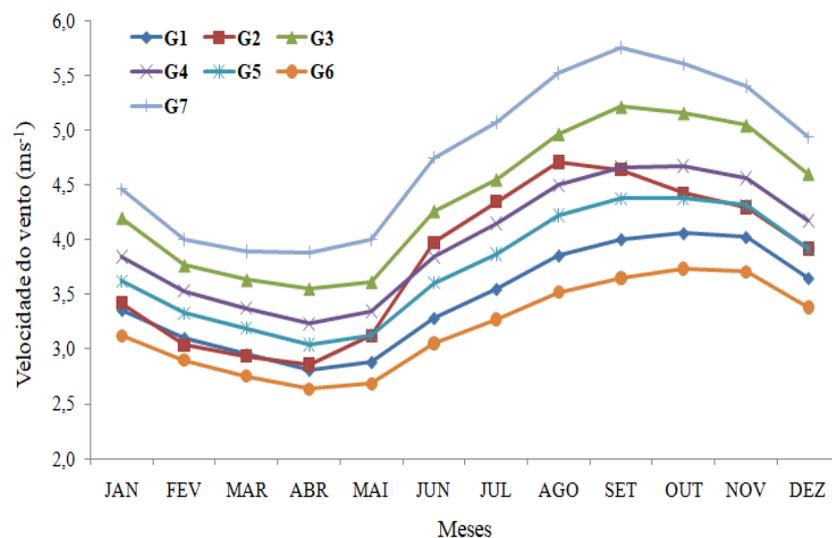


Figura 4. Variabilidade média mensal da velocidade do vento para os grupos. (Fonte: Autor, 2019).



O G2 tem configuração distinta dos demais grupos em alguns meses do ano, ressaltando que existe a ocorrência de períodos de estiagens durante a estação chuvosa, tendo em vista que o período chuvoso é normalmente de fevereiro-maio para a região na qual o grupo está inserido (sertão), podendo, em alguns anos, até não existir. Ferreira et al. (2017) afirmam que durante os anos que compreendem o período de 1991 a 2012, a região que abrange o Sertão da Paraíba apresentou a maior incidência de estiagens e secas do Estado. No entanto, juntamente com a magnitude mais elevada, favorecendo a intensidade do vento nessa região, esses podem ser fatores que venham a explicar esse aumento repentino da velocidade do vento diferentemente dos demais.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A aplicação da análise de agrupamento através do método de Ward e distância euclidiana resultou em sete grupos homogêneos, denotando que os ventos no interior do estado apresentam maiores intensidades quando comparadas as demais regiões. Ressalta-se que características topográficas ao longo do estado são influenciadoras na velocidade dessa variável climática.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação ao primeiro autor, e ao Grupo de Pesquisas em Geotecnologias e Modelagem de Risco Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande pelo apoio técnico e científico.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARAUJO, E. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A. Análise de Agrupamento da Variabilidade Espacial da Produtividade da Soja e Variáveis Agrometeorológicas na Região Oeste do Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.4, p.782-795, 2013. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162013000400018&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em:05 nov. 2019.



BEM, J. S.; GIACOMINI, N. M. R.; WAISMANN, M. Utilização da técnica da análise de Clusters ao Emprego da Indústria Criativa entre 2000 e 2010: Estudo da Região do Consinos, RS. **Interações**, Campo Grande, v. 16, n. 1, p. 27-41, 2015. Disponível em :< <http://www.scielo.br/pdf/inter/v16n1/1518-7012-inter-16-01-0027.pdf>>. Acesso em :09 nov. 2019.

FERREIRA; D. M.; OLIVEIRA; L. R.; SILVA, S. A. A Problemática da Semiáridade no Sertão Paraibano. **In: Anais III Workshop Internacional sobre água no Semiárido Brasileiro**, v. 1, 2017.

HAIR, J. J. F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L., BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados**, 5 ed. Porto Alegre, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. **Cidades e Estados**. Disponível em :< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb.html> >. Acesso em: 01 nov. 2019.

MARIANO, E. B.; CAVALCANTI, E. P.; BESERRA, E. A. Análise Comparativa da Velocidade do Vento Simulado Pelo BRAMS com Dados Observados e de Reanálises. **Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p.269-276, 2017.

MENDONÇA, I. M.; CASTRO, J. L.; FRACETTI, T. P. Estudos de Viabilidade via Análise Estatística da Velocidade dos Ventos. **Multiverso**, v.2, n.1, p.80-87, 2017.

PAULA, D. L. P.; CARDOSO, F. A. C.; CARDOSO, R. B. C.; CUNHA, G. P. Q.; VIEIRA, E. M. Modelagem espacial da velocidade do vento a 50, 75 e 100 metros de altura para o estado de Minas Gerais, Brasil, empregando geoestatística. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.4, p. 1281-1295, 2017. Disponível em:< <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/234048> >. Acesso em: 15 nov. 2019.

PIRES, L. B. M.; FISCH, G.; GIELOW, R.; SOUZA, L. F.; AVELAR, A. C.; PAULA, I. B.; GIRARDI, R. M. A Study of the Internal Boundary Layer Generated at the



Alcantara Space Center. **American Journal of Environmental Engineering**, v. 5, p. 52-64, 2015.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M; ARMANDO, R. P.; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da Semi-Aridez do Sertão Nordestino. **Brasileira de Climatologia**, v. 19, n. 12, 2016.

SHOAIB, M.; REHMAN, S.; KHAN, S.; ALHEMS, L. M. Assessment of Wind Energy Potential Using Wind Energy Conversion System. **Journal of Cleaner Production**, v. 216, p.346-360, 2019. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619301453> > Acesso em: 15 nov. 2019.





ANÁLISE DE PADRÕES DE SECA NA MICRORREGIÃO DO CARIRÍ OCIDENTAL NO ESTADO DA PARAÍBA

Heitor Alves de Souza Santos¹; Madson Tavares Silva²; Santana Livia de Lima³; Emile
Patrícia Barreto Rondon⁴ Welinagila Grangeiro de Sousa⁵

RESUMO

A seca é um fenômeno climático que se caracteriza pela baixa quantidade de chuva em uma determinada região e que afeta diretamente na qualidade de vida da população. O índice SPEI é determinado para diferentes escalas de tempo, com caráter escalar permitindo caracterizar condições secas ou úmidas em diferentes climas. O trabalho tem como finalidade analisar as condições de seca meteorológica com uma série temporal de dados 1951 a 2018 na microrregião do Cariri Ocidental, usando os valores do SPEI para 3 meses. (SPEI-3). Os resultados evidenciaram que a região durante esses 67 anos passou por todas as secas classificadas no SPEI e teve apenas 5 períodos úmidos.

PALAVRAS-CHAVE: seca; SPEI; variabilidade

Autor para correspondência: heitor.meteorufcg@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 5Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba;



ANALYSIS OF DROUGHT PATTERNS IN MICRO-REGION OF CARIRÍ WESTERN IN THE STATE OF PARAÍBA

ABSTRACT

Drought is a climatic phenomenon that is characterized by low rainfall in a given region and directly affects the quality of life of the population. The SPEI index is determined for different time scales, with scalar character allowing to characterize dry or wet conditions in different climates. The objective of this work is to analyze the weather conditions with a time series of data from 1951 to 2018 in the Western Cariri microregion, using SPEI values for 3 months. (SPEI-3). The results showed that the region during these 67 years went through all droughts classified in SPEI and had only 5 wet periods.

KEY-WORDS: SPEI; Drought; variability

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A seca é um fenômeno natural que ocorre em demasiadas áreas no mundo, com alteração do regime hidrometeorológico da região, afetando toda população em especial da região semiárida, criando situações de deficiência hídrica, alimentar e energética de uma região (Eakin et al. 2014).

Eventos de seca fazem parte da variabilidade do clima da região, que ocorreram no passado, estão ocorrendo e de acordo com as projeções de mudanças climáticas é provável que continuem no futuro. (Marengo et al. 2016).

A utilização de índices de seca, auxilia no monitoramento dos eventos de seca. Vicente-Serrano et al. (2010) propôs a utilização do índice SPEI (índice padronizado de precipitação e evapotranspiração), como alternativa para estimar em períodos de curtos e, longo prazo de seca, onde os períodos de curto prazo estão relacionados a umidade do solo e os períodos de longo prazo correspondem ao armazenamento de água subterrânea.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este trabalho tem como objetivo analisar as condições de seca meteorológica com uma série temporal de dados de março de 1951 a dezembro de 2018 para a microrregião do cariri ocidental, utilizando valores do SPEI para 3 meses (SPEI-3).

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Área de estudo

O trabalho foi realizado para a microrregião do Cariri Ocidental que está localizado no interior do Estado da Paraíba. Figura 1. Esta microrregião apresenta um dos menores índices pluviométricos de todo o Estado, não chegando a ultrapassar 800mm anuais. (SENA et al.,2012).

Para o seguinte trabalho foram utilizados dados de pontos de grade, obtidos de dados de reanálises do Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), com uma distância entre eles de aproximadamente 56 km e foram utilizadas séries temporais do período de 1951-2018.

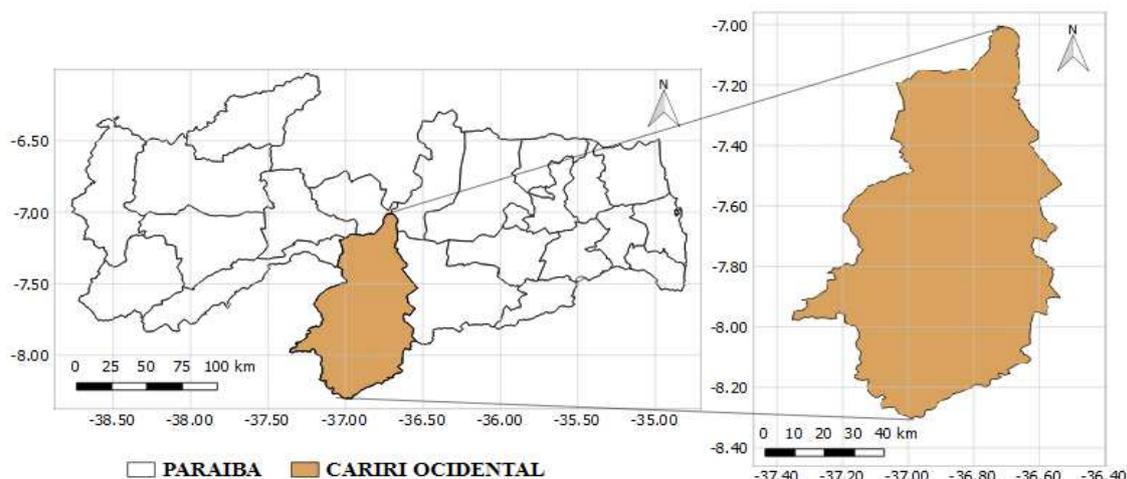


Figura 1: Localização da área de estudo (Fonte: Autor, 2019)

 ndice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração (SPEI)

Para o seguinte trabalho o  ndice padronizado de precipitação e evapotranspiração (SPEI, onde o mesmo se dá pela diferença entre a precipitação pluvial (P) e a evapotranspiração potencial (ETp)).

Os valores do  ndice são calculados e agregados em diferentes escalas de tempo para detecção de padrões temporais da seca Eq. (1). Sendo assim, os valores SPEI são calculados para as escalas mensal, trimestral, semestral e anual, especificados como SPEI-1, SPEI-3, SPEI-6 e SPEI-12, respectivamente.

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (1)$$

De acordo com o índice SPEI as secas são classificadas em cinco categorias (Mckee, 1993; Tan et al.,2015), como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1. Classificação da seca baseada a partir dos valores SPEI

Classificação da seca	SPEI
Sem seca	$\geq -0,5$
Seca suave	(-1,0 a -0,5)
Seca moderada	(-1,5 a -1,0)
Seca severa	(-2,0 a -1,5)
Seca extrema	$\leq -2,0$

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Através da Figura 2 é notória a presença de seca para toda a microrregião do Cariri Ocidental. É possível observar que ao longo de toda série temporal a microrregião apresentou seca, sendo em sua maioria eventos de seca suave, correspondendo a 25,3% dos episódios, a seca moderada também esteve presente com cerca de 19,4%, o SPEI também identificou casos de secas severas na região, com um total de 22,3%, como também eventos de seca extrema nessa localidade totalizando 12% do episódios.

É importante destacar que durante toda a série temporal que é de 67 anos, foram identificados apenas cinco períodos úmidos correspondentes aos anos de 1964, 1967, 1974, 1975 e 2014, com registros positivos.

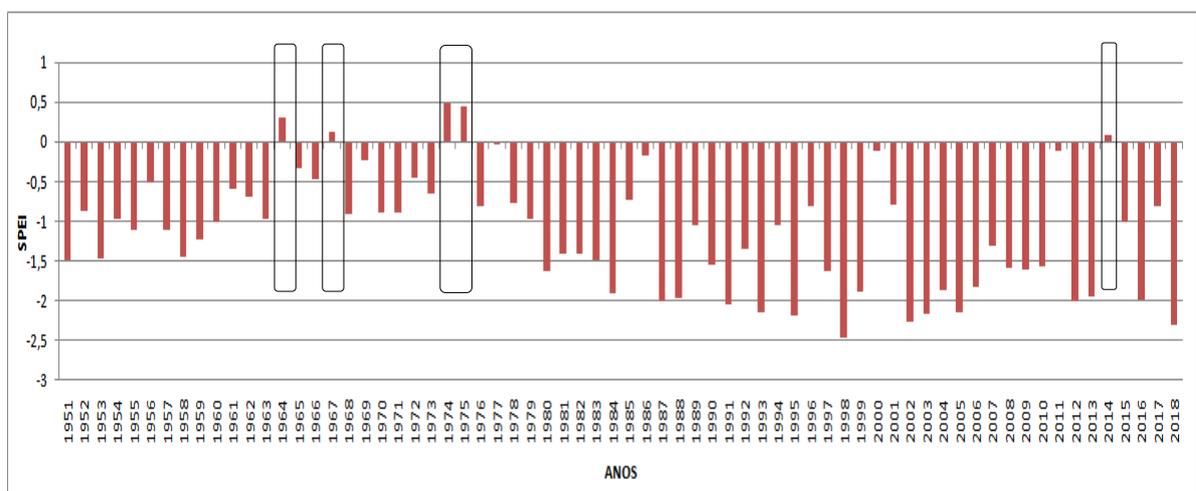


Figura 2: Índice SPEI-3 para a microrregião Cariri Ocidental no período de 1951 a 2018. (Fonte: Autor, 2019).



CONCLUSÃO / CONCLUSION

Ao analisar os resultados é possível observar qual o comportamento dos eventos de seca que se fizeram presente durante todo o período de estudo na microrregião do Cariri Ocidental. O índice SPEI para 3 meses teve êxito ao identificar e classificar os tipos de seca, pelo fato de ser multi-escalar, o que torna possível a quantificação de períodos secos e úmidos. No âmbito para gestão de risco de seca, informações contidas nesse trabalho são de suma relevância na tomada de decisão para mitigar os impactos da seca.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimentos ao Grupo de Pesquisas em Geotecnologias e modelagem de risco ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG pelo apoio técnico e científico.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Eakin HC, Lemos MC, Nelson DR. 2014. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change* 27:1-8.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **The relationship of drought frequency and duration of time scales.** In: 8ª CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, Anaheim, California, 1993.

Marengo JA, Alves LM, Soares WR, Rodriguez DA, Camargo H, Riveros MP, Pabló AD. 2013. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. *J Clim* 26:9137-9154.

SERRANO, V.; S.; M. BEGUERÍA, S.; MORENO, J.; I.; L A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 2010.



SENA, J. P. O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. S. Comparação entre dados de chuva derivados do Climate Prediction Center e observados para a região do cariri paraibano. Revista Brasileira de Geografia Física. [s.l.], v. 2, p. 412-420, 2012.



ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS NO PROGNÓSTICO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA AS CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO

Biancca Correia de Medeiros¹; Daniele Tôrres Rodrigues²; Gabrielle Bezerra Oliveira³;
Pollyanne Evangelista da Silva⁴; Paulo Sergio Lucio⁵

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar e modelar o comportamento mensal da precipitação para as capitais do Nordeste Brasileiro por meio da estatística descritiva e o modelo estatístico de séries temporais, SARIMA. Foram utilizados dados diários de precipitação obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1961 a 2011. A finalidade é utilizar o modelo ajustado para fazer previsões. A ideia do ajuste do modelo estatístico de séries temporais é usar a dependência entre valores “futuros” e “passados” para prever os valores futuros com certo grau de confiança. Os resultados obtidos mostraram que na capital de São Luiz e Fortaleza os maiores quantitativos de chuva ocorrem no período de fevereiro a maio e Teresina de janeiro a abril, coincidindo com os meses em que a Zona de Convergência Intertropical se encontra, climatologicamente, em sua posição mais ao sul do equador. Já as demais capitais, que se localizam mais na porção leste do Nordeste, apresentam os maiores acumulados de abril a julho, devido aos sistemas meteorológicos que atuam nesse período, como as Ondas de Leste e a intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Sobre o modelo SARIMA os resultados mostram que é possível investigar o comportamento e prever valores de acumulados de precipitação mensal para as capitais do Nordeste Brasileiro por meio da técnica de séries temporais.

PALAVRAS-CHAVE: SARIMA; Modelagem; Séries Temporais.

Autor para correspondência: biancca_medeiros@hotmail.com

1Discente de Doutorado na UFRN, Natal, RN; 2Professora na UFPI, Teresina, PI; 3Discente de Doutorado na UFCG, Campina Grande, PB. 4Discente de Pós-doutorado na UFRN, 5Professor na UFRN, Natal, RB.



TIME SERIES ANALYSIS IN MONTHLY PRECIPITATION PROGNOSIS FOR THE CAPITALS OF THE NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this study is analyze and model the monthly threat behavior for the capitals of Northeast Brazil using descriptive statistics and time series statistical model, SARIMA. Daily data selected from the National Institute of Meteorology (INMET) were used from 1961 to 2011. A use is used or the model adjusted to perform. The idea of adjusting the statistical time series model is use the dependence between "future" and "past" values to predict future values with a certain degree of confidence. The results obtained in the capital São Luiz and Fortaleza, the highest amounts rainfall occurred from February to May and Teresina to January to April, coinciding with the months in which the Intertropical Convergence Zone is in its most extreme position south the equator. As for other capitals, which is located more in the eastern portion of the Northeast, presents the highest accumulated from April to July, due to meteorological systems that act in this period, such as East Waves and intensification the South Atlantic Subtropical High. About the SARIMA model, the results show that it is possible to research the behavior and display monthly accumulated values for the capitals of Northeast Brazil, for the technical means of time series.

KEY-WORDS: SARIMA; Modeling; Time Series.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A precipitação pluvial é uma variável bastante estudada em diferentes regiões do mundo dada sua importância para o sistema climático global, bem como na caracterização das condições climáticas locais. Entender o comportamento temporal da precipitação é essencial para caracterizar e identificar períodos de estiagem ou chuvas extremas, buscando mitigar os efeitos desses extremos para a sociedade.

Um método estatístico que possibilita quantificar e prever a precipitação ao longo do tempo é a Análise de Séries Temporais. Segundo Anderson et al. (1999) e Greischar e Hastenrath (2000) o uso das técnicas estatístico-estocásticas como métodos de prognósticos apresentaram resultados com um melhor desempenho do que os advindos da modelagem dinâmica. Mais específico, para o Nordeste do Brasil (NEB), alguns estudos de modelagem estatístico-estocástica têm mostrado que esta tem melhor desempenho do que os resultados da modelagem dinâmica para a previsão de chuva sazonal nessa região.

A análise de séries temporais tem como objetivo elaborar um modelo estatístico que consiga descrever o comportamento da precipitação ao longo do tempo, de forma que



o modelo seja compatível com a amostra de dados observados nas séries temporais, sendo assim possível prever a evolução futura da série, a partir do ajuste do modelo à série temporal (ALBUQUERQUE, R. C., 2015).

Diante do exposto, este trabalho consiste em aplicar a análise de séries temporais aos totais mensais de precipitação para as capitais do Nordeste Brasileiro, utilizando dados diários de precipitação obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1961 a 2011 fazendo uso da função *auto.arima* que retorna o melhor modelo SARIMA em séries de tempo univariadas. Desse modo, a função realiza uma pesquisa sobre os possíveis modelos, dentro das limitações das ordens fornecidas, utilizando o algoritmo *Stepwise*.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste estudo é modelar séries de acumulados mensais de precipitação para as capitais do Nordeste Brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Neste trabalho foram utilizados totais diários de precipitação observados na estação climatológica principal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a região Nordeste do Brasil (NEB) que está situada entre os paralelos de $01^{\circ} 02' 30''$ de latitude norte e $18^{\circ} 20' 07''$ de latitude sul e entre os meridianos de $34^{\circ} 47' 30''$ e $48^{\circ} 45' 24''$ a oeste do meridiano de Greenwich no período de 1961 a 2011.

O programa estatístico utilizado para fazer as análises necessárias deste estudo foi o software R. O R é um software livre para computação estatística e construção de gráficos. Para começar, foi necessário realizar uma estatística descritiva dos dados. Depois, verificou-se o número de observações e em seguida, a estatística descritiva mensal e anual da série climatológica. Para a visualização do comportamento da variável precipitação pluviométrica, foram plotados gráficos do tipo *boxplot*, visando identificar o período chuvoso de cada cidade.

Para a modelagem dos dados da precipitação, foi utilizado o método: o Box-Jenkins SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)_s. A metodologia de Box e Jenkins (1970) para o processo de construção e de ajuste do modelo está firmado em um ciclo que consiste nas seguintes

etapas: (i) Identificação da ordem do modelo; (ii) estimação dos parâmetros; (iii) previsão. O método Box-Jenkins SARIMA (Modelo Autoregressivo Integrado de Médias Móveis Sazonal) utiliza o autorregressivo, a integração e a média móvel. É importante lembrar que este método é mais eficaz para um período curto e as melhores previsões são aquelas que apresentam um erro quadrático médio (EQM) mínimo.

Para a identificação do modelo foram usados correlogramas e, após encontrados os modelos, foi feito o diagnóstico. Caso os modelos encontrados não representassem bem os dados, os critérios de seleção adotados para definir a ordem do modelo SARIMA seriam o AIC (Critério de Informação de Akaike), AICc (Critério Corrigido de Informação de Akaike) e o BIC (Critério de Informação Bayesiano), através do comando *auto.arima* com definição do critério e dos valores máximos e mínimos dos autorregressores e médias móveis. Este comando fornece os melhores modelos de acordo com os critérios adotado, mas estes modelos podem ser bons ou não, o que só será possível identificar após o diagnóstico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A análise descritiva da série temporal para cada capital (Figura 1), nos permite observar que Recife, São Luiz, Salvador, João Pessoa e Maceió estão entre as capitais que apresentam maiores quantidades de precipitação média mensal, respectivamente, 194,23mm, 178,1mm, 165,80mm, 161,79mm e 153,56mm. Estas capitais, apresentaram precipitação acumulada acima de 112mm em 50% dos meses em estudo.

As menores quantidades de precipitação acumulada foram observadas em Teresina, com média mensal de 110,24mm e em 50% dos meses a capital apresentou um acumulado de até 58,3mm. Foi observado que São Luiz foi a capital que apresentou maior desvio padrão, com 185,16mm, ou seja, maior dispersão em relação à média de precipitação. Além disso, percebe-se que em São Luiz e Fortaleza os maiores quantitativos de chuva ocorrem no período de fevereiro a maio e Teresina de janeiro a abril, coincidindo com os meses em que a Zona de Convergência Intertropical se encontra, climatologicamente, em sua posição mais ao sul do equador. Já as demais capitais, que se localizam mais na porção leste do Nordeste, apresentam os maiores acumulados de abril a julho, devido aos sistemas meteorológicos que atuam nesse período, como as Ondas de



Leste e a intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Os grandes anos de chuva, 1985, 1974, 1964, 1967, 1986, 2009, 1989, 1988, 2004 e 1994 segundo Alves et. al. (2005) estão identificados como *outliers*.

A Figura 2 apresenta a série temporal observada (preto) para cada capital do Nordeste do Brasil, como também a previsão do modelo estatístico (azul) para os três anos seguintes ao período estudado. Nesta Figura, também é possível observar os intervalos de confiança referentes a previsão, a cor cinza claro representa 65% e a cor cinza escuro representa 80% de confiança.

De forma geral, a previsão feita pelo modelo ajustado, representada pela cor azul, possui comportamento semelhante aos dados observados, representado pela cor preta (Figura 2). Vale ressaltar que quando os valores dos intervalos de confiança, representados pela cor cinza, forem negativos, deve-se considerar a estimativa do limite inferior do intervalo de confiança como sendo igual a zero, ou seja, não haverá precipitação.

Figura 1: *Box plot* da precipitação por mês em cada capital do Nordeste Brasileiro.

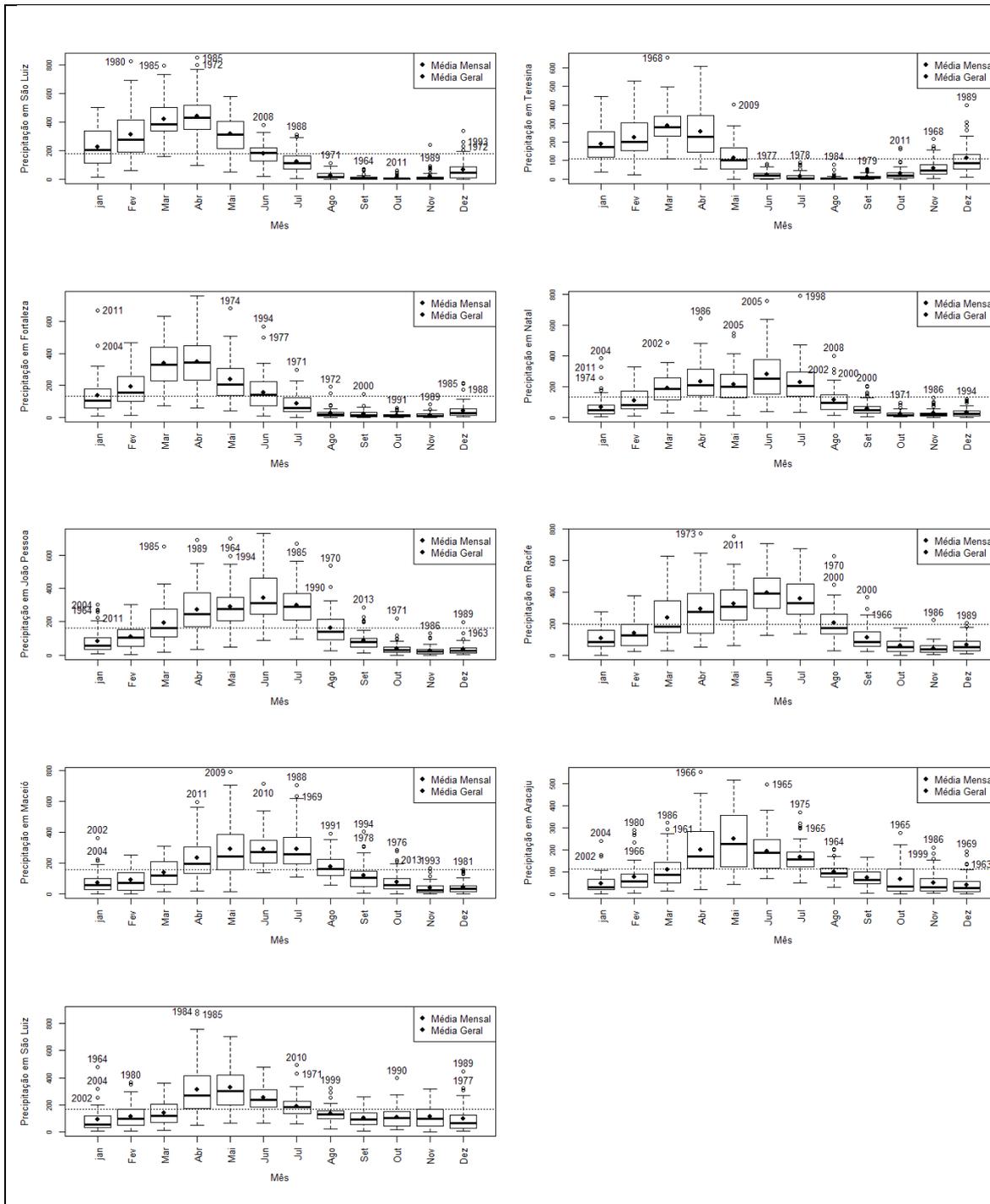
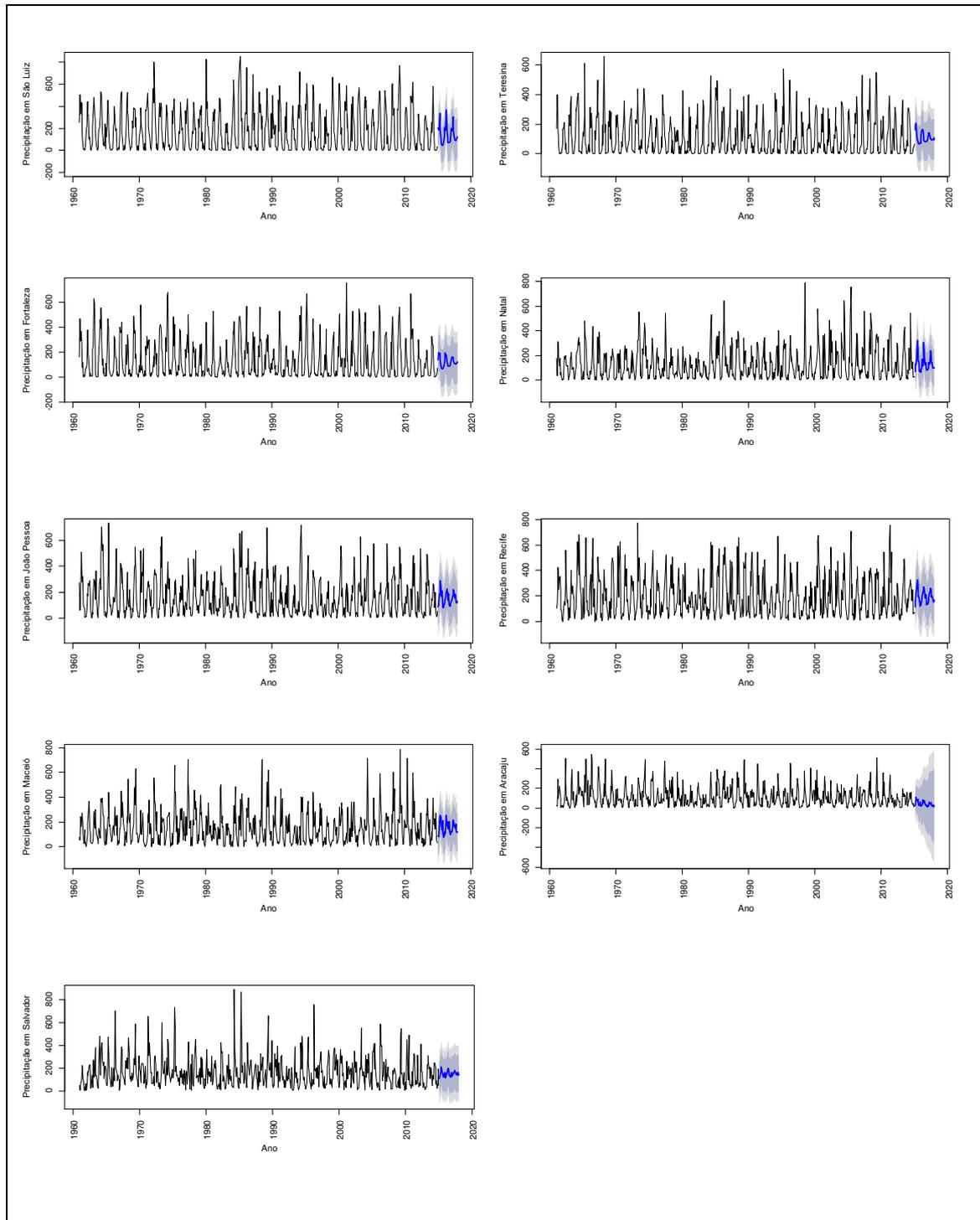


Figura 2: Gráfico da série temporal da precipitação acumulada mensal e previsões para 36 meses e seus respectivos intervalos de confiança por capital.





CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que é possível investigar o comportamento e prever valores de acumulados de precipitação mensal para as capitais do Nordeste Brasileiro por meio da técnica de séries temporais. Neste estudo foi utilizado os procedimentos automáticos da função auto. arima, o que não substitui a análise feita por um pesquisador, o modelo escolhido pode não ser o “melhor” modelo. Além disso, deve-se ser feita a análise de resíduos dos modelos escolhidos.

Segundo o critério AIC (não detalhado no trabalho) a capital que melhor se ajustou ao modelo foi Teresina, seguido de Aracaju.

Diante do exposto, este estudo se justifica à medida que vem contribuir com a formação de conhecimento científico para os órgãos responsáveis pelo planejamento municipal possam melhorar os planos de sistemas de abastecimento e escoamento de água dos municípios e executa-los com eficiência para que fenômenos climáticos causadores de calamidades não peguem a população despreparada para tais.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal de Campina Grande e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALBUQUERQUE, R. C. Modelagem de séries temporais aplicados a dados climatológicos no Sertão Paraibano. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba. 35 p. 2015.

ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J. N. B.; FERREIRA, F. F.; STUART, T. M. C. *As chuvas de janeiro/2004 no nordeste do Brasil, suas características atmosféricas e seus impactos nos recursos hídricos da região*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2005.

ANDERSON, J. H; Van den Dool; BARNSTON, A.; CHEN, W.; STERN, W.; PLOSHAY, J. Present –day capabilities of numerical and statistical models for atmospheric extratropical seasonal simulation and prediction. Bull. Amer. Meteor. Socie., v.80., p.1349-1361. 1999.



BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. Time Series Analysis, *Forecasting and Control*. Oakland, California.: Holden-Day, 1976.

GREISCHAR, L.; HASTENRATH, S. The rainy seasons of the 1990s in northeast Brazil: Real-time forecasts and verification. *J. Climate*, v.13, p.3821-3826. 2000.

LATORRE, M.R.D.O.; CARDOSO, M.R.A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.4, n.3, p.145-152, 2001.

R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2016. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>





ANÁLISE DO IVDN COM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO ESTADO DA PARAÍBA

Bárbara Silva Souza¹; Caroline de Sá Soares²; Célia Campos Braga³

RESUMO

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) obtido por imagens de satélite do sensor MODIS/Aqua foi utilizado para analisar o comportamento da vegetação no estado da Paraíba, localizado no Nordeste do Brasil, para anos secos e chuvosos. Utilizou-se o produto mensal do IVDN (MYD13A3) e dados de estações pluviométricas obtidos no site da AESA, realizando a média mensal entre anos extremos chuvosos (2005/2011) e secos (2016/2017) e analisando especialmente o trimestre mais chuvoso da região citada. O tratamento das imagens de satélite foi feito com o software ERDAS e espacialização do IVDN e dos dados pluviométricos com o QGIS. Os resultados mostraram que, o índice de vegetação é um indicador da resposta das chuvas, ou seja, no período seco/chuvoso ocasiona uma diminuição/aumento no IVDN, evidenciando assim, a importância da chuva na dinâmica da vegetação regional.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Vegetação; Espacialização; Chuva.

Autor para correspondência: barbarasouza3397@gmail.com

¹Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ²Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ³Orientadora na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



NDVI ANALYSIS PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE STATE OF PARAIBA

ABSTRACT

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained by satellite images from the MODIS/Aqua sensor was used to analyze the behavior of the vegetation in Paraíba state, located in northeastern Brazil, for dry and rainy years. The monthly IVDN product (MYD13A3) and rainfall data obtained from the EFSA website were used, averaging monthly between rainy (2005/2011) and dry (2016/2017) extreme years and especially analyzing the wettest quarter of the year. region cited. The satellite images were treated with the ERDAS software and spatialization of the IVDN and rainfall data with the QGIS. The results showed that the vegetation index is an indicator of the rain response, that is, in the dry/rainy season causes a decrease/increase in the NDVI, thus evidencing the importance of rain in the regional vegetation dynamics.

KEY-WORDS: Vegetation Index; Spatialization; Rain.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de grande importância em pesquisas direcionadas, não somente para estudar o comportamento dinâmico da vegetação, mas também para fins ambientais e climáticos. O estudo através de satélites meteorológicos e ambientais procura tornar mais operacional o sistema de monitoramento da vegetação, principalmente de extensas áreas, tendo como apoio informações coletadas de satélites tais como, LANDSAT/TM AVHRR/NOAA, MODIS, ASTER (SOUZA,2019). O índice de vegetação, IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é também, além do tratamento/contraste das imagens satelitais, elemento importante para o estudo de mudanças climáticas, pois utiliza a vegetação como índice de cálculo atribuindo a área estudada um determinado valor que dependerá do estado em que se encontra essa vegetação (seca, úmida, etc.) (LOPES, 2010).

Neste estudo, os dados foram obtidos do sistema de sensores de alta resolução espacial e temporal MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), instalados a bordo do satélite AQUA lançado na órbita da Terra em 2002 pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), que são capazes de fazer o monitoramento da resposta espectral da vegetação de uma determinada área geográfica. A resposta espectral detectada pelos sensores na banda do visível (VIS) e no infravermelho próximo (IV) fornece informações da refletância da superfície vegetada, o



que possibilita identificar e mapear áreas de cobertura vegetada no globo terrestre (PARKINSON, 1997). A partir da radiação refletida no infravermelho próximo e no visível, obtida através de dados do sistema do sensor MODIS do satélite AQUA, é possível fazer a distinção entre uma superfície vegetada e outros alvos da superfície, possibilitando assim definir o mapeamento da vegetação. Devido a pigmentação, a cor verde da vegetação sadia reflete mais no infravermelho próximo e menos no canal visível, o que ocasiona altos valores para o IVDN. Quando a folha começa a secar, ela perde a sua pigmentação verde, aumentando a refletância no visível e diminuindo no infravermelho próximo, produzindo valores menores de IVDN. Entretanto, esses valores ainda são maiores do que para os alvos da superfície ajudando, portanto, a distinguir vegetação verde e seca dos demais alvos da superfície (PARKINSON, 1997).

Dados multitemporais obtidos de sensoriamento remoto de diferentes satélites meteorológicos e ambientais tem sido amplamente utilizado com diferentes finalidades em todo o mundo. Destacam-se, os trabalhos desenvolvidos recentemente no Brasil por: Costa et al. (2017); Braga et al. (2018); da Silva, (2019), que utilizaram dados de sensores remotos para diversas finalidades.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste estudo, objetivou-se analisar o comportamento da vegetação através do IVDN com relação às chuvas no estado da Paraíba, localizado no Nordeste do Brasil, realizando a média mensal entre os anos extremos chuvosos (2005/2011) e secos (2016/2017) e analisando especialmente o trimestre mais chuvoso da região a fim de fazer uma análise das mudanças ocorridas entre esses anos extremos chuvosos e secos para o Estado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O satélite AQUA lançado em 2002 têm órbita, polar, circular e heliossíncrona e orbita a uma altitude de 912 km, carregando a bordo vários sensores e, entre eles, o sensor MODIS utilizado no presente estudo. Operando em 36 canais espectrais em comprimentos de onda que variam de 0,4 a 14,4 μm e resolução espacial de 250 a 1.000 metros. Além do satélite AQUA, o MODIS está a bordo do satélite TERRA (lançado em

1999) e juntos, os dois instrumentos conseguem adquirir imagens da Terra de 1 a 2 dias. As imagens do MODIS oferecem uma base sistemática de dados na elaboração de produtos sobre as interações entre atmosfera, terra e oceano. É utilizado na medição de propriedades das nuvens, fluxo de energia radiante, propriedades dos aerossóis, mudanças no uso e cobertura das terras, queimadas, atividades vulcânicas, entre outros. Utilizaram-se imagens do IVDN extraídas a partir do sensor MODIS/Aqua, especificamente do produto MYD13A3, para os anos chuvosos (2005/2011) e secos (2016/2017) realizando a média mensal entre estes anos para o estado da Paraíba. Esses dados são provenientes dos canais 1 e 2 (visível e infravermelho próximo) com resolução espacial de 1km, obtidas através do site: <https://search.earthdata.nasa.gov/search>. Tais produtos encontram-se no formato HDF (Hierarchical Data Format) e foram convertidos para o formato IMG. Estes se encontram arranjados em mosaicos denominados “tiles”, as imagens localizam-se nos tiles h13v09 e h14v09. Utilizou-se o software ERDAS para o tratamento das imagens e, posteriormente, o software QGIS para a confecção dos mapas temáticos mensais. Neste trabalho também foram utilizados dados mensais das precipitações distribuídas no Estado para auxiliar na análise do IVDN. Esses dados são de estações climatológicas e postos pluviométricos no estado da Paraíba e encontram-se disponíveis no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA.

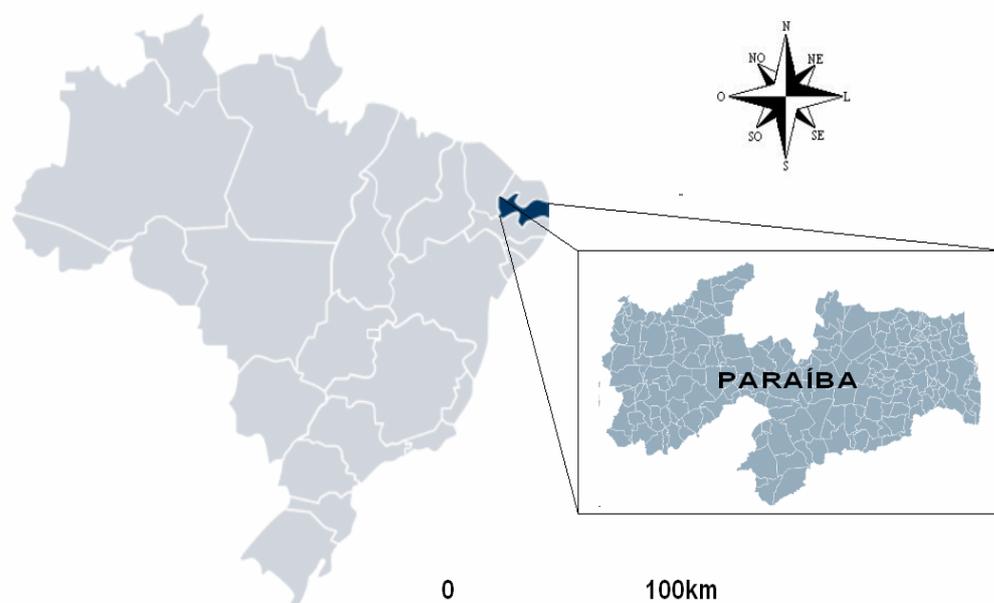


Figura 1: Mapa de localização geográfica do estado da Paraíba, área em estudo.



Como mencionado na introdução, o IVDN tem sido amplamente utilizado por originar um forte sinal da vegetação e oferecer um bom contraste com outros alvos da superfície (PARKINSON, 1997). O IVDN é determinado pela seguinte proporção:

$$IVDN = (VIS - IV) / (VIS + IV)$$

Em que IV e VIS são as medidas da refletância nas bandas espectrais do infravermelho próximo (0,725 – 1,10 μm) e do visível (0,58 – 0,68 μm). Os valores do IVDN variam de -1 a +1. Fizeram-se mapas da distribuição espacial da precipitação para melhor entender o comportamento da vegetação em relação às chuvas no Estado da Paraíba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão exibidos os mapas temáticos das médias mensais de IVDN e da precipitação pluvial para o estado da Paraíba, no período de quatro anos extremos, sendo dois chuvosos (2005/2011) e dois secos (2016/2017). As Análises dos mapas foram feitas com base na espacialização do índice de vegetação e das chuvas para o trimestre mais chuvoso da região (fevereiro, março e abril).

Variabilidade espacial das médias mensais da precipitação e do IVDN

Nas Figuras 2 (a, b, c) representam a variabilidade média mensal da precipitação e do IVDN de fevereiro, março e abril para os anos chuvosos de 2005 e 2011. Pode-se observar que para os anos chuvosos, a vegetação apresenta comportamento conforme o esperado, ou seja, no trimestre fevereiro, março e abril, a vegetação se desenvolve em virtude das chuvas no Litoral, Brejo e Zona da Mata, aumentando o índice de vegetação nos locais onde se verifica o maior volume de chuvas nestes meses e chegando ao máximo na região citada devido ao tipo de vegetação e por apresentarem chuvas mais regulares durante o ano, por ser áreas favorecidas pela influência dos sistemas meteorológicos de grande e pequena escala e pela orografia. O IVDN mais elevado para a região Central ocorre no trimestre de maio a julho, onde a chuva nesta área é mais intensa.

Para os anos considerados secos, como mostra as figuras 3 (d, e, f), a situação é bastante diferente dos anos anteriores (chuvosos), os mapas temáticos da variabilidade do IVDN neste trimestre mais chuvoso (fevereiro, março e abril) destes anos secos, mostraram que apenas no oeste da Paraíba e em pequenos núcleos no Litoral, o IVDN se apresenta entre 0,4 e 0,6, ocasionado pela baixa ocorrência de chuvas em quase todos o Estado. Na parte oeste e central, as chuvas foram muito escassas, principalmente no mês de fevereiro, onde se observam os menores valores do IVDN.

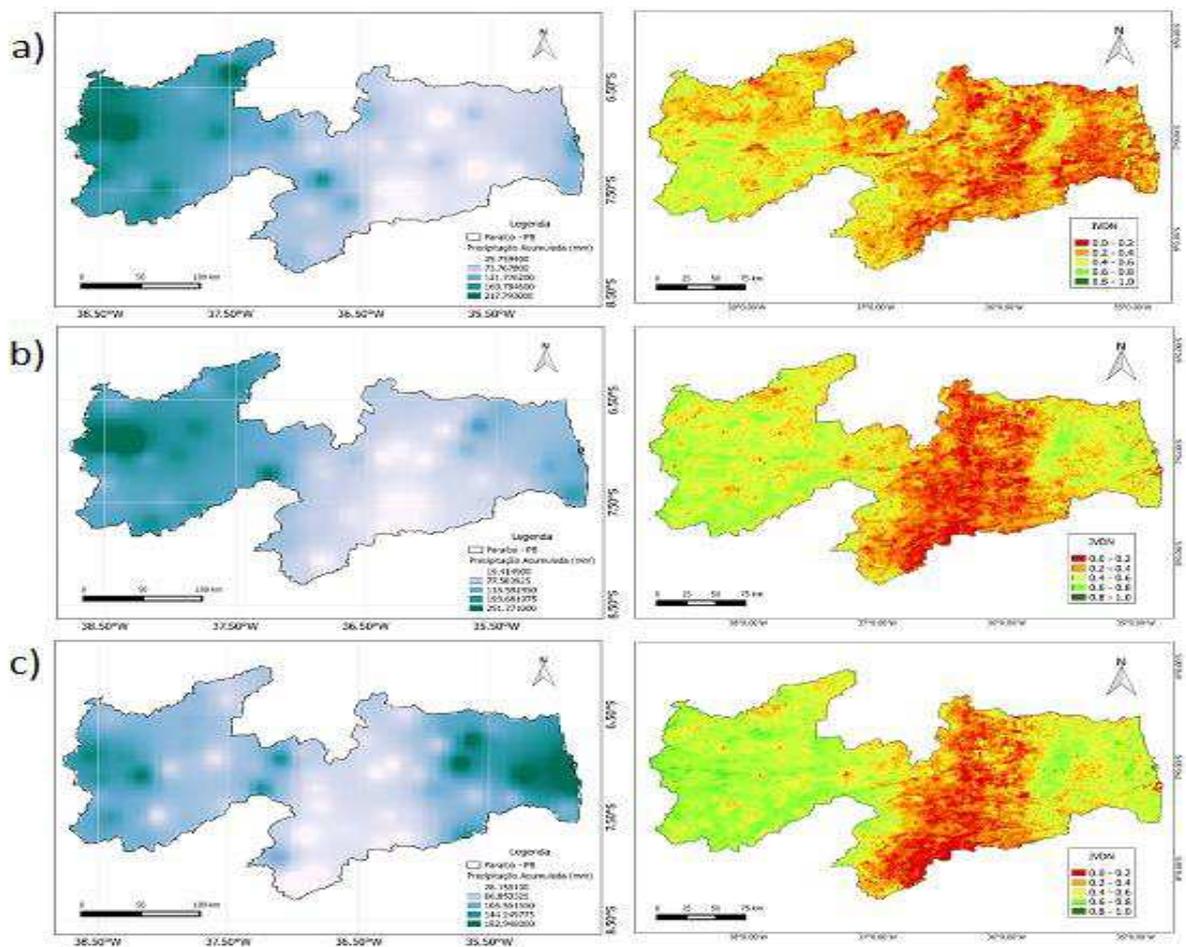


Figura 2: Distribuição espacial da chuva e do IVDN médio mensal nos estados da Paraíba (2005/2011); a) fevereiro; b) março; c) abril.

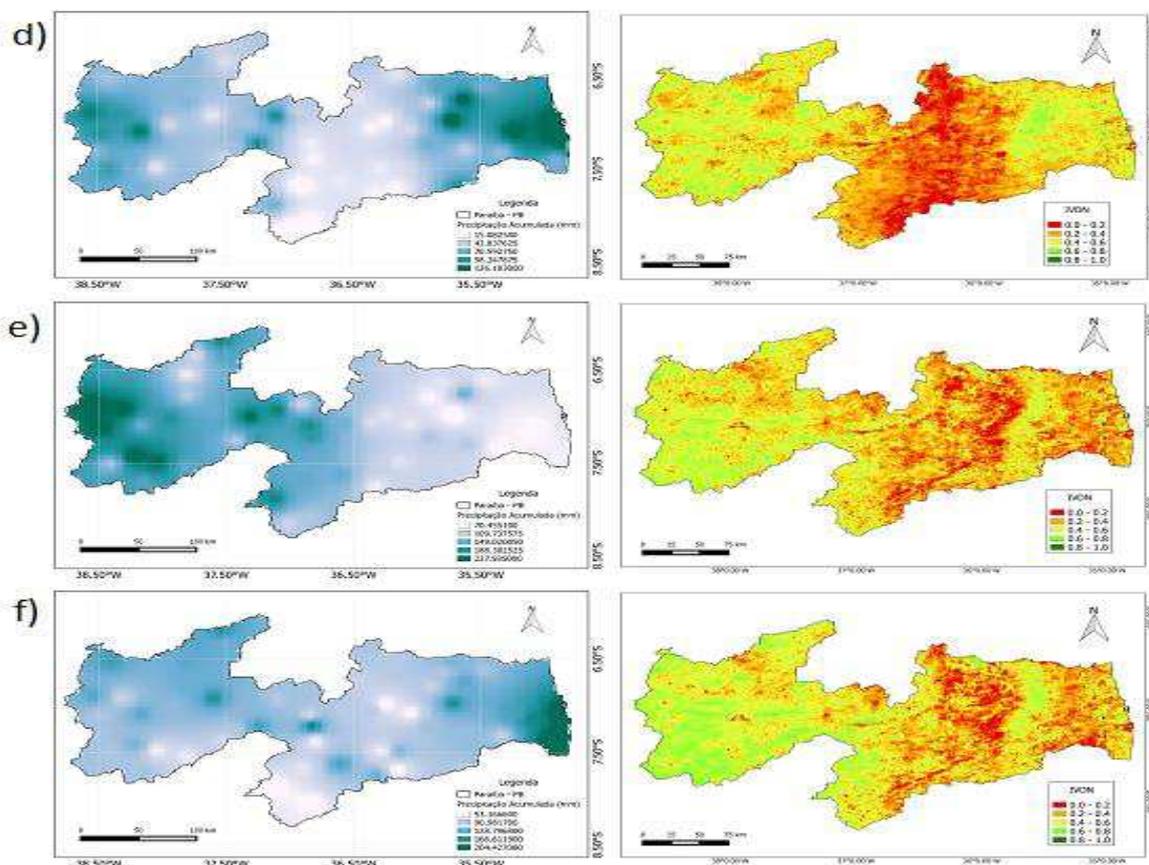


Figura 3: Distribuição espacial da chuva e do IVDN médio mensal nos estados da Paraíba (2016/2017); a) fevereiro; b) março; c) abril.

CONCLUSÃO

A análise espacial realizada do IVDN e da distribuição das chuvas no estado da Paraíba pode-se chegar as seguintes conclusões: a variabilidade espacial do IVDN no trimestre mais chuvoso do estado paraibano para anos extremos chuvosos e secos, assegura-se que o IVDN é bom indicador da presença de chuva de determinada área ou região geográfica. O IVDN nas regiões onde a vegetação predominante é a Caatinga estão diretamente relacionados com as chuvas, já na faixa Litoral, onde predomina os remanescentes da Mata Atlântica e pequenos núcleos na região do Brejo, a variabilidade do IVDN é menor devido ao tipo de vegetação, e também, onde o regime e precipitação pluviométrica é mais regular (Litoral, Zona da Mata e Brejo).



APOIO

O primeiro e último autor agradecem ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica-PIBIC que viabilizou a execução do projeto de monitoramento da vegetação e das chuvas no estado da Paraíba.

REFERÊNCIAS

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br>>. Acesso em: <20 de setembro de 2019>.

BRAGA, C.C; AMANAJÁS, J. C.; ALCÂNTARA, C. R.; DANTAS, M. P. **Evaluation of albedo different types of coverage of the Amapá savannah - Brazil with MODIS images**. TERRITORIUM (COIMBRA), v. 1, p. 129-134, 2018.

COSTA, W. L. B.; BRAGA, C. C ; ALCANTARA, C. R. ; COSTA, A. S. **Phenological Dynamics of Vegetation Using the Enhanced Vegetation Index (EVI) in Regions of Bahia State**. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. 7, p. 399-407, 2017.

DA SILVA, K. K.; BRAGA, C.C. **Avaliação da Produtividade Primária Bruta da Caatinga do Semiárido Paraibano**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Meteorologia). UFCG, Campina Grande, PB, 2019.

LOPES, Annelise da Silva et al. **Utilização de Imagens de Satélites e Dados Meteorológicos Visando Monitoramento de Mudanças Climáticas no Município de Orocó – PE**. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, PE, 2010.

NASA – **National Aeronautics and Space Administration**. Disponível em: <<https://search.earthdata.nasa.gov/search>>. Acesso em: 1 de setembro de 2018.

PARKINSON, C. L. **Earth From Above**. University Sciences Books, Sansalito. Land vegetation, p. 107-111, and 1997.

SOUZA, B. S. et al. **Monitoramento Espacial do IVDN em Três Estados do Nordeste Brasileiro Usando o Sensor MODIS/AQUA**. In: VIII Simpósio Internacional de Climatologia. Belém, PA, 2019.



ANÁLISE DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS NO NORDESTE DO BRASIL

Maria Leidinice da Silva¹; Cristiano Prestrelo de Oliveira²; Pollyanne Evangelista da Silva³; Jéssica Cristina Gabriel da Silva⁴.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as tendências dos índices de extremos climáticos de doze estações meteorológicas extraídas do conjunto de dados do Xavier para o NEB, utilizando as variáveis de temperaturas máxima e mínima e chuva diária como entrada no programa RCLimdex. Além disso, esses indicadores climáticos são verificados pela reanálise do ERAIN e pelo modelo climático de circulação global HadGEM2-ES do *Hadley Center*, são avaliadas para o no clima presente (1986-2005). As projeções das mudanças climáticas para o período de 2080-2099 (Futuro distante) com o cenário RCP85 do IPCC também são analisadas. As estações de Correntina-BA e Vale do Gurguéia-PI, mostraram uma tendência positiva de CDD no clima presente, enquanto a estação de Petrolina-PE apresentou tendências negativas de CDD. A análise da modelagem mostra para cenário futuro projeção de aumento generalizado do índice TXX de aproximadamente 5°C. O modelo, em especial, subestimou a observação, não apresentando boa representatividade.

PALAVRAS-CHAVE: RCLimdex. Extremos Climáticos. Precipitação.

Autor para correspondência: leidinicesilva@gmail.com

1Discente de Pós-graduação na Instituição Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte; 2Orientador na Instituição Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte; 3Discente de Pós-graduação na Instituição Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte; 4Discente de Graduação na Instituição Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte.



CLIMATE EXTREME INDEX ANALYSIS IN THE NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

This work aims to analyze the trends of climatic extremes indices of twelve weather stations extracted from the Xavier dataset at NEB, using the maximum and minimum temperature and daily rainfall variables as input to RCLimindex software. In addition, these climate indicators are verified by the ERAIN reanalysis and the Hadley Center's global circulation climate model HadGEM2-ES, and are evaluated for the present climate (1986-2005). The climate change projections for the period 2080-2099 (Far future) with the IPCC scenario RCP85 are also analyzed. Correntina-BA and Vale do Gurguéia-PI stations showed a positive trend of CDD in the present climate, while the Petrolina-PE station showed negative trends of CDD. The modeling analysis shows for the future scenario a projected generalized increase of the TXX index of approximately 5°C. The model, in particular, underestimated the observation, not presenting good representation.

KEY-WORDS: RCLimindex; Climatic Extremes; Precipitation.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Nos últimos anos, o tema mudança climática tem sido evidenciada tanto pela comunidade científica quanto pela população em geral. Isto porque, cada vez mais, eventos extremos de tempo e clima, direta ou indiretamente, têm afetado as relações sócio-econômico-ambientais, quer seja nas grandes áreas urbanas quer seja nas áreas rurais, conforme apresentado no *Fifth Assessment Report (AR5)* do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2013). Diante deste contexto, é de fundamental importância estudos sobre a vulnerabilidade da região Nordeste do Brasil (NEB), sobretudo, no que diz respeito a estratégias de mitigação e adaptação. A fim de facilitar a investigação das mudanças observadas nas séries históricas ou simuladas e projetadas pelos modelos de circulação global e regional, particularmente em condições extremas de precipitação e temperatura, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou uma Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (Do Inglês, WMO/CCI/ETCCDMI/CLIVAR), onde definiu um conjunto de 27 índices com foco identificar eventos extremos (Zhang et al., 2011). Esses índices são amplamente utilizados para servir de auxílio em identificar mudanças de eventos extremos em dados observados (Da Silva et al., 2019), bem como, em projeções climáticas futuras (Sillmann et al., 2013b).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este trabalho tem por objetivo avaliar as possíveis mudanças e a representação dos índices extremos climáticos para o conjunto de dados do Xavier (Xavier, 2016), reanálise do ERAIN no período de referência 1986-2005 e pelo modelo HadGEM2-ES na projeção 2080-2099 referente ao cenário de emissão RCP85 no NEB.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A região Nordeste do Brasil (NEB) se situa aproximadamente entre as latitudes de 1°S-18°S e longitudes de 34°W-48°W. O clima semiárido corresponde a 60% de sua área total com precipitação média variando entre 500 mm a 2000 mm em algumas localidades (Figura 1).

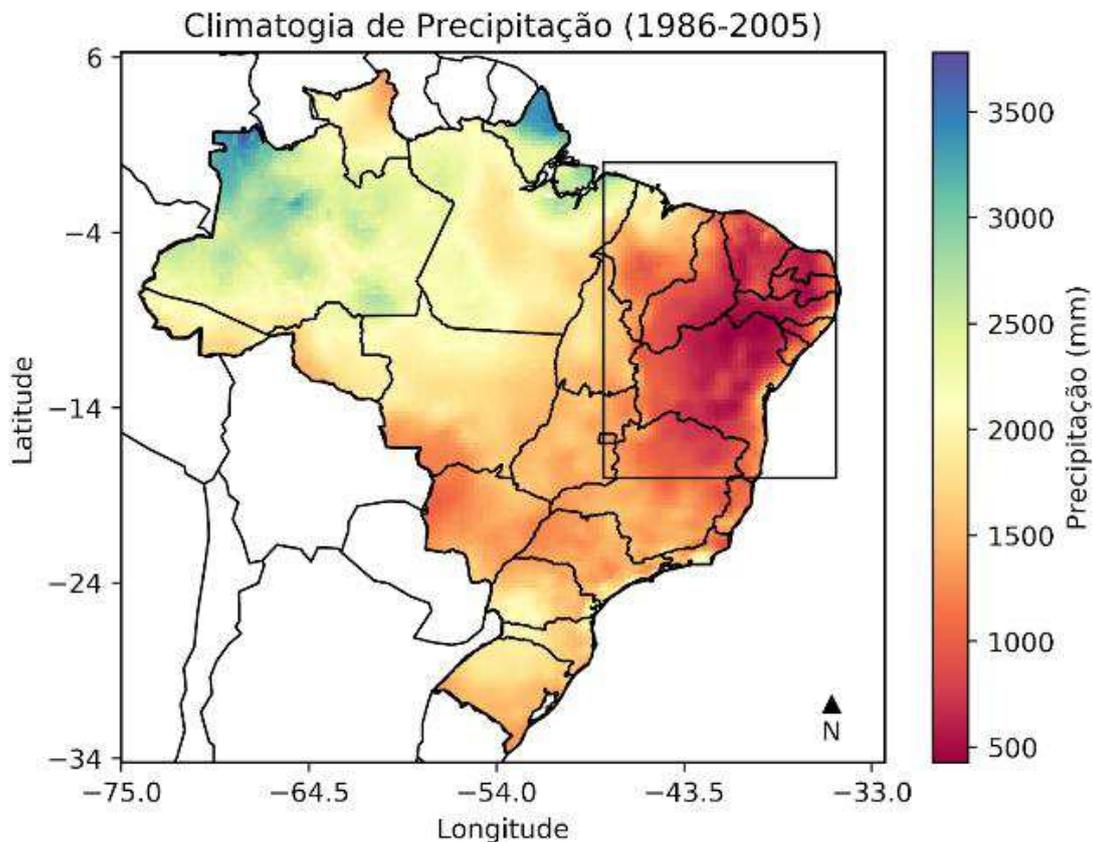


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo e climatologia de precipitação anual calculada do conjunto de dados do Xavier.

Neste estudo, foram utilizados os índices extremos climáticos apresentados no Quadro 1, que foram calculados para o modelo de circulação global da atmosfera HadGEM2-ES que participa da Fase 5 do Projeto de Intercomparação com Modelo Acoplado (Do Inglês, CMIP5). A seguir, é apresentada as estações selecionadas (Quadro 1) e uma breve descrição dos índices que utilizamos na produção deste trabalho (Quadro 2).

Quadro 1- Código, Nome e Coordenadas das estações selecionadas para o NEB.

ID	Nome	Lat	Lon	ID	Nome	Lat	Lon
1	Palmeira dos Índios - AL	9.44	- 36.7	7	Alto Parnaíba - MA	-9.1	-45.93
2	Correntina - BA	- 13.3	- 44.6	8	Caxias - MA	- 4.86	-43.35
3	Vitoria da Conquista - BA	- 14.8	- 40.7	9	Patos - PB	- 7.01	-37.26
4	Irece - BA	- 11.3	- 41.8	10	Petrolina - PE	9.36	-40.46
5	Guaramiranga - CE	4.28	- 39.0	11	Vale do Gurguéia - PI	8.41	-43.71
6	Imperatriz - MA	- 5.53	- 47.4	12	Aracaju - SE	- 10.9	-37.04

Quadro 2: Índices ETCCDI calculados através do conjunto de dados do Xavier e da saída do modelo HadGEM2-ES, preparados para o período histórico e a projeção do CMIP5.

Índice	Definição	Unidade
ALTCDD	Número máximo de dias consecutivos por ano com precipitação diária menor que 1 mm.	Dias
ALTCWD	Número máximo de dias consecutivos por ano com precipitação diária igual ou maior que 1 mm.	Dias
R95P	Precipitação total anual quando a precipitação diária excede o 95º percentil de precipitação em dias úmidos	mm
TXX	Máximo mensal / anual de temperatura mínima diária.	°C



RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A Tabela 2 apresenta a magnitude das tendências, desvio padrão das tendências e o p valor dos índices de CDD, CWD, R95P e TXX para cada uma das estações selecionadas, enquanto a Figura 2 apresenta espacialmente a tendência desses índices para o período de 1986 até 2005. A análise observacional detectou tendências climáticas no padrão de temperatura e precipitação consideráveis, em que é possível verificar tendência positivas no índice CDD para a maioria das estações encontradas na região semiárida do NEB, com destaque para a estação de Guaramiranga (3.16 dias), por outro lado, houve uma redução na tendência do índice CDD na estação de Petrolina-PE (-1.59 dias), que se encontra na região semiárida. Os resultados evidenciam que o índice de TXX está aumentando para o NEB como um todo, sendo que as estações de Guaramiranga-CE e Aracaju-SE são as únicas que apresentaram tendência negativa para esse índice, apesar do CDD mostrar uma tendência de aumento, seus valores são avaliados em -0.12 e -0.06, respectivamente.

Tabela 1: Tendência (T), Desvio Padrão (DP) da tendência e *p value* (*p*) para os índices extremos climáticos calculados do conjunto de dados do Xavier por estação (Quadro 1).

ID	CDD			CWD			R95P			TXX		
	T	DP	<i>p</i>									
1	0.87	1.05	0.42	-0.38	0.45	0.4	9.42	4.10	0.01	0.07	0.05	0.20
2	1.19	1.254	0.355	-0.29	0.308	0.349	-1.03	6.91	0.772	0.062	0.026	0.031
3	-0.65	1.961	0.743	0.098	0.132	0.468	-1.51	4.123	0.718	0.187	0.033	0.016
4	0.444	0.259	0.104	-0.42	0.251	0.106	12.2	5.695	0.547	0.111	0.027	0.688
5	3.16	1.224	0.019	-0.24	0.478	0.018	4.2	4.91	0.404	-0.12	0.063	0.074
6	-0.78	1.282	0.546	-0.22	0.432	0.608	3.478	4.109	0.033	0.066	0.025	0.017
7	-1.19	1.571	0.455	-0.85	0.365	0.031	6.717	3.702	0.086	0.12	0.073	0.119
8	0.718	1.072	0.512	0.053	0.221	0.815	-2.78	6.108	0.444	0.112	0.023	0
9	0.68	1.26	0.596	-0.00	0.267	0.989	5.522	3.464	0.076	0.169	0.055	0.006
10	-1.59	1.238	0.215	-0.02	0.149	0.897	2.04	3.416	0.558	0.126	0.036	0.003
11	0.956	1.021	0.362	-0.02	0.293	0.928	5.145	4.538	0.192	0.138	0.032	0
12	0.137	0.678	0.842	-0.27	0.307	0.378	1.1	7.689	0.082	-0.16	0.057	0.251

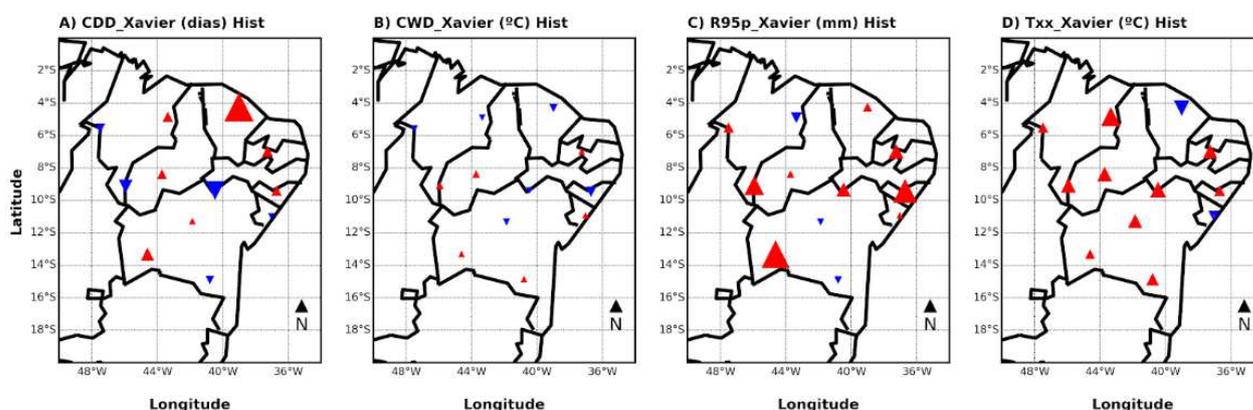


Figura 2: Tendências dos Índices Climáticos Extremos para o período de referência do conjunto de dados do Xavier: A) CDD, B) RCP85 e C) TXX.

De acordo com as Figuras 3 e 4, conclui-se que, as projeções do modelo HadGEM2-ES, cenário RCP85 do IPCC, sugerem que o da região de estudo deverá ficar mais quente até o final do século XXI apresentado nos mapas de diferença, seguindo o padrão que já está sendo observado no clima presente dos mapas de tendência. Projeta-se, principalmente, um aumento da maior temperatura máxima anual de aproximadamente 5°C, aumento (redução) na frequência de ocorrência de dias secos (úmidos) na maior parte da região. No que diz respeito à comparação entre a observação, reanálise e modelagem, no período de 1986-2005, observou-se que o modelo, em especial, tende a subestimar a climatologia dos índices CDD e CWD, não apresentando boa representatividade. Essa grande diferença pode estar associada ao fato do modelo de circulação global HadGEM2-ES não capturar com bom desempenho mudanças na circulação em escala sinótica, quanto como a circulação local devido ao efeito de ilha de calor urbana, por exemplo.

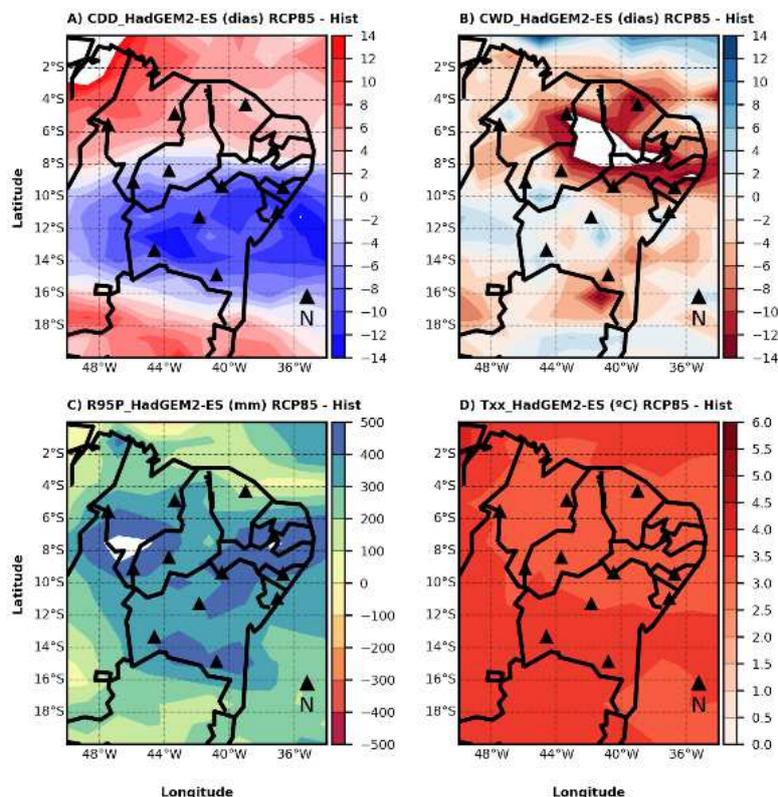


Figura 3: Diferença entre a projeção no futuro distante (2080-2099) para o RCP85 e o período de referência dos Índices Climáticos Extremos simulados pelo modelo HadGEM2-ES: A) CDD, B) CWD, C) RCP85 e D) TXX.

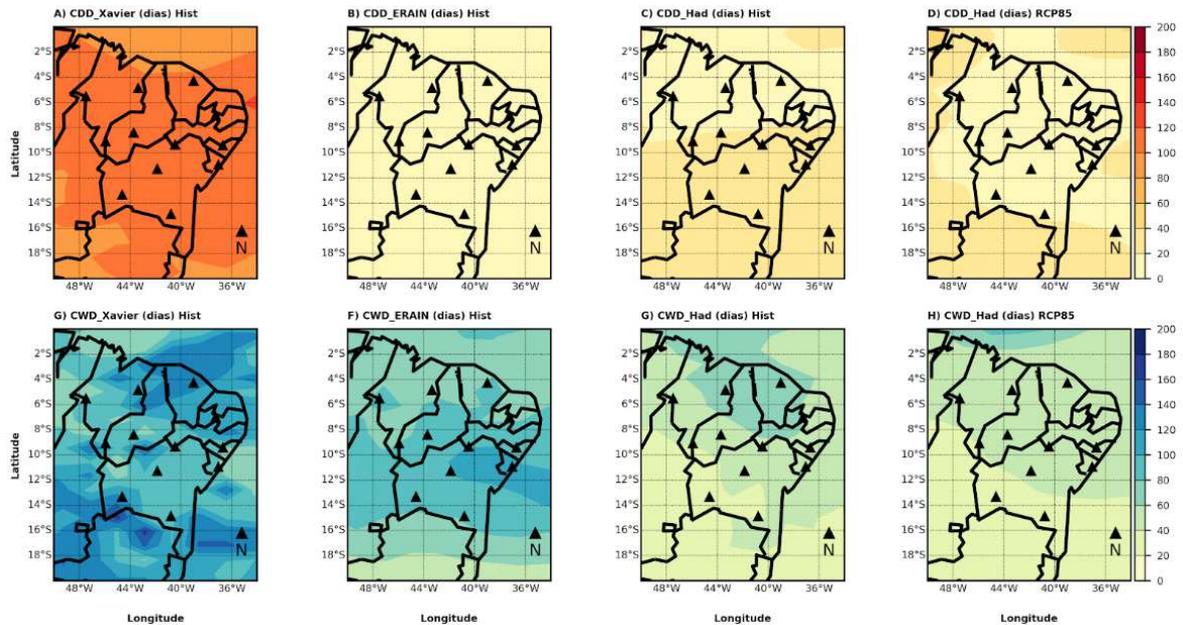


Figura 4: Comparação entre Xavier, ERAIN, simulação (1986-2005) e projeção no futuro distante (2080-2099) para o RCP85 e o período de referência dos Índices Climáticos Extremos simulados pelo modelo HadGEM2-ES: A) CDD, B) CWD, C) RCP85 e D) TXX.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Neste trabalho são analisadas as tendências de mudanças observadas e as projeções dos índices extremos climáticos calculados com base no conjunto de dados do Xavier, ERAIN e simuladas pelo HadGEM2-ES, onde CDD, CWD, R95P e TXX foram definidas pelo projeto WMO/CCI/ETCCDMI/CLIVAR através do software RCLimindex. De forma geral, verificaram-se tendências de aumento no que se refere à temperatura máxima nas estações situadas mais ao centro do NEB. Conclui-se que, as projeções do modelo HadGEM2-ES, cenário RCP85 do IPCC, sugerem que o clima no NEB deverá ficar mais quente até o final do século XXI (2080-2099), seguindo o padrão que já está sendo verificado pela observação. De forma geral, a reanálise e o modelo subestimam os índices de dias secos e úmidos. É importante ressaltar a necessidade da correção dos erros sistemáticos da modelagem, a fim de realizar trabalhos futuros.



APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Da Silva P. E., Santos e Silva C. M., Spyrides M. H. C. and Andrade L. M. B. Precipitation and air temperature extremes in the Amazon and northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, 39:579–595, 2019. <https://doi.org/10.1002/joc.5829>

IPCC (2014) Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bix, V. and Midgley, P. M. **Climate Change**, 2013. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York, NY: Cambridge University Press.

Santos, C. A. dos, Brito, J. I. B. Análise dos índices de índices de extremos para o Semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.1, 39-47, 2009.

Sillmann, J., Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X. and Bronaugh, D. 2013b: Climate extremes indices in the CMIP5 multi-model ensemble. Part 2: Future projections. **Journal of Geophysics Research**, 2013b. [doi:10.1002/jgrd.50188](https://doi.org/10.1002/jgrd.50188).

Xavier, A. C., King, C. W. and Scanlon, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, 2016.

Zhang, X., Yang, F. RCLimdex (1.0) User Guide. Climate Research Branch Environment Canada. **Downsview** (Ontario, Canada), 22P, 2004.



ANÁLISE DOS QUANTIS APLICADO A VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA DOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Kamila Souza Santos¹, Madson Tavares Silva² Andre Bezerra Oliveira³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a vulnerabilidade socioeconômica nos municípios do Estado do Rio Grande do Norte, a partir de variáveis descritoras de seis índices que compõem o Índice de Vulnerabilidade socioeconômico (IVS) e que estão divididos em: Extremo, alto, moderado, médio, baixo e inexistente. A metodologia tomou por base a aplicação de estatística multivariada a partir da técnica de análise fatorial (AF) e a categorização dos quantis. Os dados populacionais utilizados para os cálculos foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base em dados oriundos do Censo Demográfico de 2010. A partir da AF foi possível determinar o (IVS), sendo possível identificar 114 municípios classificados como alto, moderado e médio, com valores médios de aproximadamente 0,3; 0,3 e 0,4, respectivamente e 53 municípios classificados como extremo, baixo e inexistente, com valores de 0,2; 0,4 e 0,4-0,7, respectivamente. Assim, a lógica da vulnerabilidade socioeconômica no estado do Rio Grande do Norte foi definida por municípios que se encontram com um alto grau de vulnerabilidade, com destaque para a classe dos extremos, na qual se encontram os municípios de João Dias e São Bento do Norte, foram os que apresentaram os menores valores de todas as classes.

PALAVRAS-CHAVE: sociedade; desigualdade; índice.

Autor para correspondência: kamilasouza182@gmail.com

1Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais.

2Doutor, Professor Adjunto II, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB



ANALYSIS OF QUANTIS APPLIED TO THE SOCIO-ECONOMIC VULNERABILITY OF RIO GRANDE DO NORTE MUNICIPALITIES

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the socioeconomic vulnerability in the municipalities of the state of Rio Grande do Norte, based on descriptive variables of six indices that make up the Socioeconomic Vulnerability Index (SVI) and are divided into: Extreme, high, moderate, medium, low and nonexistent. The methodology was based on the application of multivariate statistics using the factor analysis (FA) technique and the categorization of quantiles. The population data used for the calculations were obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), based on data from the 2010 Demographic Census. From the AF it was possible to determine the (SVI), and it was possible to identify 114 municipalities classified as high, moderate and medium, with average values of approximately 0.3; 0.3 and 0.4, respectively and 53 municipalities classified as extreme, low and nonexistent, with values of 0.2; 0.4 and 0.4-0.7, respectively. Thus, the logic of socioeconomic vulnerability in the state of Rio Grande do Norte was defined by municipalities that have a high degree of vulnerability, especially the class of extremes, which include the municipalities of João Dias and São Bento do Norte, were the ones with the lowest values of all classes.

KEY-WORDS: society; inequality; index.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Oyama e Nobre (2004) observaram que há evidências observacionais de que o aumento da degradação ambiental no Nordeste do Brasil (NEB) ainda não pôde afetar o regime pluviométrico. No entanto, se as iniciativas de conservação reais não forem capazes de retardar ou reverter o processo de degradação ambiental, a diminuição da fertilidade do solo, produtividade primária e disponibilidade de recursos hídricos pode levar a uma grande escala antropogênica de desertificação no NEB.

De acordo com Geist et al. (2004) a desertificação é impulsionada por um conjunto limitado de variáveis, são fatores climáticos, fatores econômicos, instituições, políticas nacionais, crescimento populacional e influências remotas.

Schmidtlein et al. (2008) fizeram uma análise de sensibilidade do índice de vulnerabilidade social (IVS). Em Charleston; Los Angeles, e Nova Orleans. Utilizaram 54 variações do IVS, foram calculadas para cada área e avaliadas usando análise fatorial. O subconjunto de variáveis forneceu uma representação da vulnerabilidade com similaridade adequada àquela derivada usando o conjunto completo de variáveis sociais

empregadas no IVS, ambas as abordagens identificam um conjunto semelhante de unidade de estudo altamente vulneráveis.

O índice de vulnerabilidade socioeconômico aqui exposto tem a finalidade de indicar a ausência ou a insuficiência de alguns ‘ativos’ em áreas do território do estado do Rio Grande do Norte. Seis índices foram gerados para compor o IVS, assim refletem seis classes, da qual a retenção ou a privação vai determinar as condições das populações.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Utilizar o método estatístico multivariado de análise fatorial (AF) e a categorização dos quantis, para identificar as principais dimensões que agem sobre a dinâmica da vulnerabilidade socioeconômica nos municípios do estado do Rio grande do Norte.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Área de estudo

O Estado do Rio Grande do Norte está localizado na porção oriental da Região Nordeste do Brasil, na latitude $05^{\circ} 47' 42''$ S e longitude $35^{\circ} 12' 34''$ W. Divididos em 167 municípios. A população de 3.442.175 habitantes. O relevo é formado por planície litorânea. A vegetação apresenta áreas de mangue no litoral, faixa de floresta tropical e caatinga a oeste. O litoral e a porção oeste têm clima tropical; já o centro é semiárido (IBGE 2015).

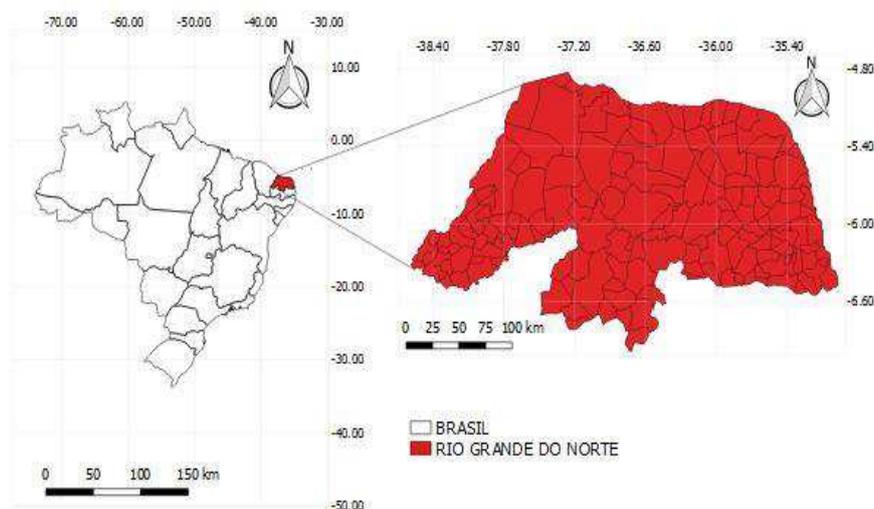


Figura 1. Localização da área de estudo. (Fonte: Autor, 2019)

Dados demográficos e socioeconômicos

Os dados populacionais utilizados para o cálculo dos Quantis foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base em dados oriundos do Censo Demográfico de 2010.

Análise Fatorial

A análise Fatorial (AF) foi utilizada para identificar as relações existentes entre o conjunto de variáveis observáveis, definidas como dependentes, e uma variável latente ou fator (CORRAR et al., 2007, HAIR et al., 2009). Tal técnica possibilitou identificar as dimensões isoladas da estrutura dos dados para então determinar o grau em que cada variável é explicada por cada dimensão ou fator (MANLY, 2008)

Índice de Vulnerabilidade a Socioeconômico (IVS)

O IVS foi definido como uma combinação linear dos escores fatoriais e a proporção da variância explicada por cada fator em relação à variância dos fatores comuns que descrevem as principais características socioeconômicas da área de estudo a partir da próxima equação. Para melhor detalhamento da metodologia, propõe-se consultar Bryman et al. (2001).

A estimativa do IVS foi obtida de acordo com a equação (1).

$$IVS = \sum_{j=1}^q \left(\frac{\lambda_j}{\sum_j \lambda_j} \times FP_{ij} \right), 0 \leq IVS \leq 1 \quad (1)$$

em que: λ_j representa a variância explicada por cada fator; $\sum_j \lambda_j$ é a soma total da variância explicada pelo conjunto de fatores comuns e FP_{ij} é o escore padronizado para se obter os valores positivos dos escores originais essenciais para hierarquizar os municípios.

O cálculo dos escores padronizados foi feito a partir da próxima primeira equação, quando a relação é positiva, e a próxima segunda equação, quando a relação é negativa, segundo Carvalho et al. (2007).

$$FP_{ij} = \left(\frac{F_i - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \right) \quad (2)$$

$$FP_{ij} = \left(\frac{F_{max} - F_i}{F_{max} - F_{min}} \right) \quad (3)$$

em que: F_{min} representa os valores mínimos observados para os escores fatoriais associados a vulnerabilidade socioeconômica nos municípios do estado do Rio Grande do Norte; F_{max} representa os valores máximos observados para os escores fatoriais associados a vulnerabilidade socioeconômica do Estado do Rio Grande do Norte.

A escala hierárquica de classificação dos municípios corresponde aos quantis estatísticos determinados pela frequência das observações: $IVS \geq 0,7000 =$ Vulnerabilidade Inexistente; $0,3800 \leq IVS \leq 0,4300 =$ Baixa Vulnerabilidade; $0,3500 \leq IVS \leq 0,3800 =$ Média Vulnerabilidade; $0,3100 \leq IVS \leq 0,3500 =$ Vulnerabilidade Moderada; $0,2500 \leq IVS \leq 0,3100 =$ Alta Vulnerabilidade; $0,2000 \leq IVS \leq 0,2500 =$ Vulnerabilidade Extrema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Observa-se que na classe dos extremos (Figura 2) a média esta deslocada da mediana, com intervalo de (0,20-0,25), exatamente porque dentro dos extremos ainda existem valores de aproximadamente 0,2. Observa-se um intervalo em torno de (0,2) e pode-se inferir que alguns municípios estão próximos a um alto grau de vulnerabilidade socioeconômica. Na classe alta, nota-se que a média esta deslocada da mediana, com intervalo em torno de (0,25-0,31), diferente da classe moderada, na qual a média intercepta a mediana, diferenciando-se assim da classe dos extremos, pois se observa um intervalo médio em torno de 0,2. A classe média foi a que apresentou a média mais próxima da mediana, depois da classe moderada, com valor em torno de (0,4), os municípios que se encontram nessa classe apresentam um grau mais baixo de vulnerabilidade socioeconômica, assim como a classe baixa, que apresenta o primeiro quartil de aproximadamente 0,39 e o terceiro quartil em torno de 0,41. A classe inexistente tem uma média em torno de (0,50), também estando deslocada da mediana, observa-se que o primeiro quartil é de aproximadamente 0,46 e o terceiro quartil em torno de 0,52, ou seja,



os municípios que foram classificados nesta classe são os que têm o menor risco de vulnerabilidade socioeconômica, sendo assim totaliza 16 municípios.

Tem-se 167 municípios, os mesmos compõem 6 classes, classe dos extremos (14 municípios), classe alta (38 municípios), classe moderada (39 municípios), classe média (37 municípios), classe baixa (23 municípios) e classe inexistente (16 municípios). Portanto as classes que mais somam municípios são a alta, moderado e médio e as que menos somam municípios são a classe dos extremos, inexistente e baixo.

Os municípios João Dias e São Bento do Norte apresentaram alto grau de vulnerabilidade, os mesmos estão inseridos na classe dos extremos, com valores de 0,2 na classificação do índice de vulnerabilidade socioeconômico. O contrario acontece com os municípios de Parnamirim e Natal, os mesmos classificaram-se como inexistente, em relação ao índice de vulnerabilidade socioeconômico, pois apresentaram valores de 0,7, isto é, esses dois municípios mostram que não estão vulneráveis socioeconomicamente.

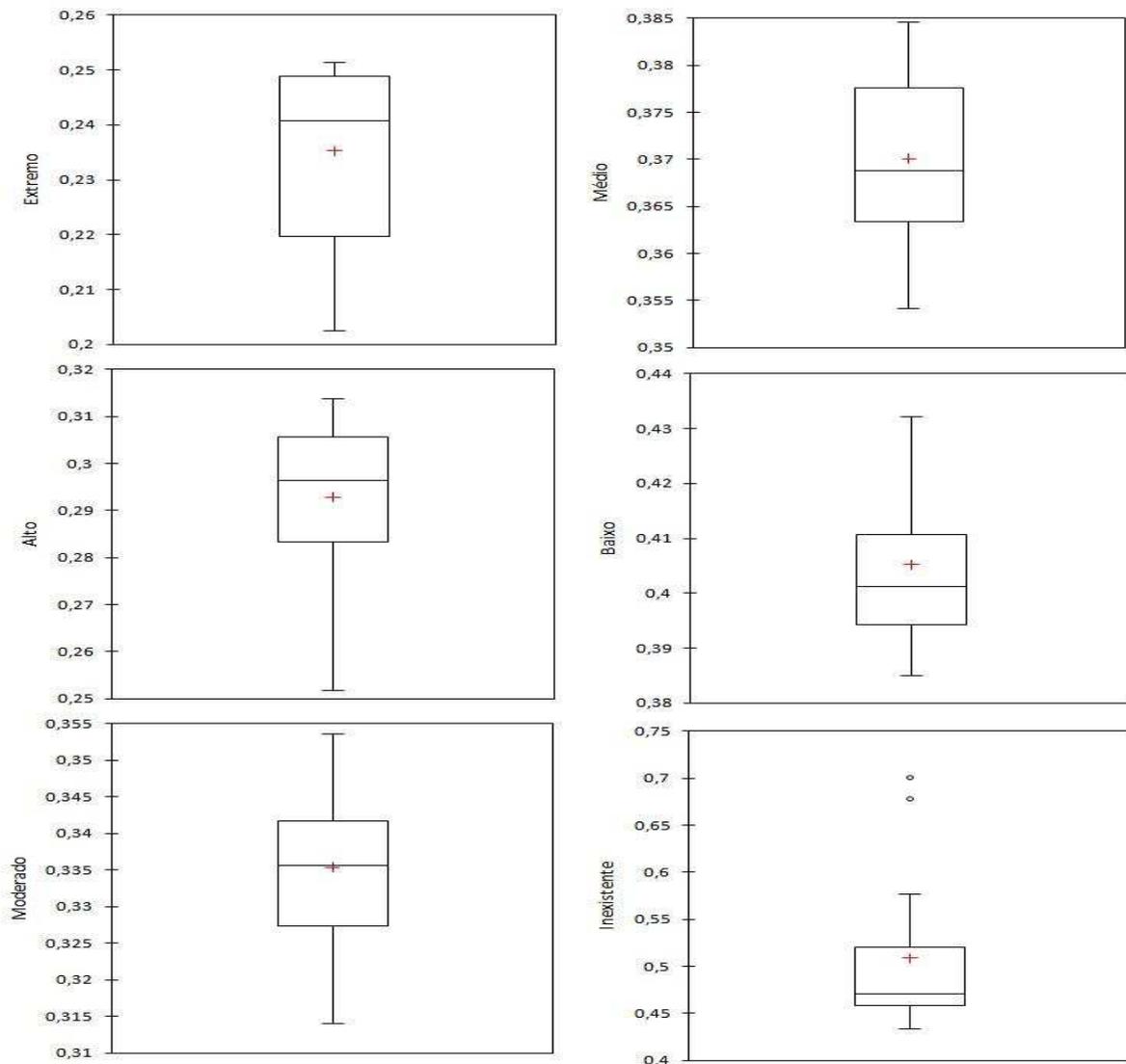


Figura 2. Índice de vulnerabilidade socioeconômica no estado do Rio Grande do Norte. (Fonte: Autor, 2019)

Observa-se na distribuição da frequência acumulada dos percentis (Figura 3) que o máximo representa (100%) correspondendo a (0,70) dos valores e o mínimo 0,20. Nota-se que 10% dos valores estão abaixo de 0,26, tendo o primeiro quartil (0,31) correspondendo a 25% dos valores, 95% dos valores estão acima de (0,47), o terceiro quartil (0,38) correspondendo a 75% dos valores.

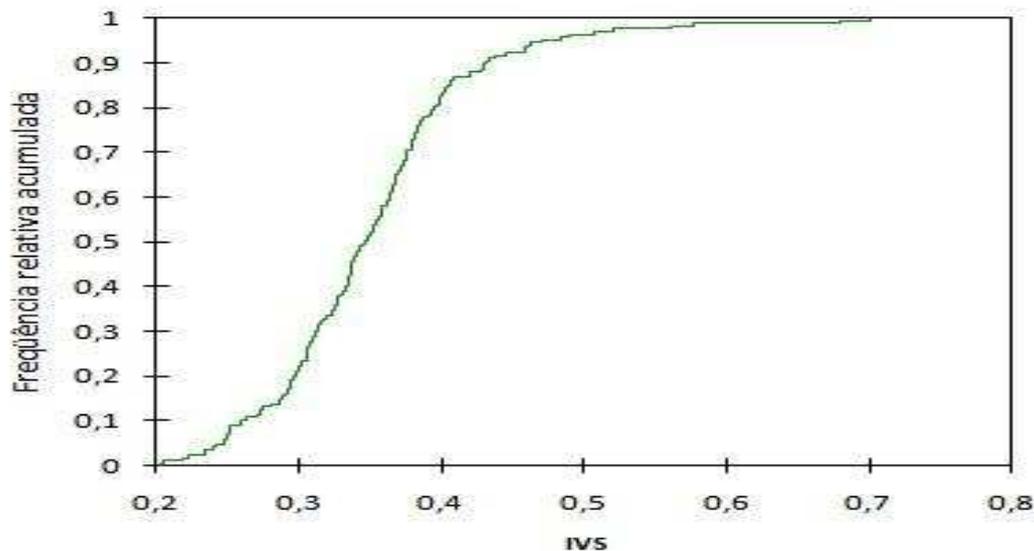


Figura 3. Frequência acumulada do Índice de vulnerabilidade socioeconômica. (Fonte: Autor, 2019)

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De acordo com os resultados obtidos, é possível inferir que pelo menos 14 municípios se encontram extremamente vulneráveis socioeconomicamente e mais de 38 municípios estão com alto grau de vulnerabilidade socioeconômica. Somente 14 municípios apresentaram um bom desenvolvimento socioeconômico. Sendo assim, é necessário que políticas sejam postas em prática visando às populações mais vulneráveis, para assim conseguir um avanço na economia e na educação, para que mude os cenários dos municípios que se encontram mais vulneráveis.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro a esta pesquisa (Processo N°. 409499/2018-8) e pela concessão da bolsa de Doutorado no PPGRN/UFCG ao primeiro autor.



REFERÊNCIAS / REFERENCES

AZEVEDO, J. V. V.; SOUZA, P. M.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, M. T.; SANTOS, D. A. S. Aplicação da análise fatorial para determinação da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do Estado da Paraíba. **Ibero-American Journal of Environmental Sciences**. Jun a Jul 2019 - v.10 - n.4.

BRYMAN, A.; CRAMER, D.. Quantitative data analysis with SPSS release 10 for windows: A guide for social scientists. New York: Routledge, 2001

GEIST, H. J., AND E. F. LAMBIN. 2004. Dynamic causal patterns of desertification. **Bioscience** 54: 817–829.

HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. Análise multivariada de dados. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 593p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao>. Acesso em: 18 de novembro de 2019.

MATHEW C. SCHMIDTLEIN, ROLAND C. DEUTSCH, WALTER W. PIEGORSCH, AND SUSAN L. CUTTER. A Sensitivity Analysis of the Social Vulnerability Index. **Risk Analysis**, Vol. 28, No. 4, 2008.

OYAMA, M.D., AND C.A. NOBRE, 2004: Climatic consequences of a largescale desertification in northeast Brazil: a GCM simulation study. *J. Clim.*, 17(16), 3203–3213.





ANÁLISE FATORIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO DA MICRORREGIÃO DO CARIRI ORIENTAL DA PARAÍBA

Antônia Silânia de Andrade¹; Madson Tavares Silva²; Welinagila Grangeiro de Sousa³;
Mariana da Silva de Siqueira⁴; Santana Lívia de Lima⁵.

RESUMO

Objetivou-se, neste estudo, avaliar os atributos químicos e físicos do solo por meio de análise multivariada (Análise Fatorial Exploratória), buscando entender o comportamento dos atributos no solo e contribuir para o planejamento da produtividade e sustentabilidade a área estudada. A pesquisa foi desenvolvida na microrregião do Cariri Oriental da Paraíba, foram coletadas 40 amostrais, disposto em toda a área de estudo. Foi realizada a análise fatorial exploratória que gerou dois fatores que representaram, juntos, 79,59 % da variação total dos dados. Verificou-se que a porosidade total apresentou correlação positiva com o F2, enquanto que a densidade do solo e o teor de areia se correlacionaram negativamente com o mesmo fator. Concluiu-se análise fatorial possibilitou resumir a informação contida em atributos químicos e físicos dos solos e identificar a estrutura das relações entre essas variáveis

PALAVRAS-CHAVE: Solo; Cargas Fatoriais; Produtividade.

Autor para correspondência: silaniaandrade21@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 5Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



FACTOR ANALYSIS OF ATTRIBUTES OF THE EASTERN CARIRI MICROREGION OF PARAÍBA

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical and physical attributes of the soil through multivariate analysis (Exploratory Factor Analysis), seeking to understand the behavior of the attributes in the soil and contribute to the productivity and sustainability planning of the studied area. The research was carried out in the Cariri Oriental da Paraíba microregion. Forty samples were collected, arranged throughout the study area. An exploratory factor analysis was performed that generated two factors that together represented 79.59% of the total data variation. Total porosity was positively correlated with F2, while soil density and sand content were negatively correlated with the same factor. It was concluded that factor analysis made it possible to summarize the information contained in chemical and physical attributes of soils and to identify the structure of relationships between these variables.

KEY-WORDS: Soil; Factorial Loads; Productivity.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A conversão de ambientes naturais em sistemas agropecuários, especialmente sistemas de monocultivo, tem provocado alterações nos atributos do solo e, na maioria das vezes, causando impacto ambiental negativo (Freitas et al., 2015).

Fundamentalmente o solo é o principal componente de produção vegetal, influenciando o crescimento das plantas, de tal forma que à medida que o solo é submetido ao uso agrícola, os atributos do solo (físicos, químicos e biológicos) sofrem alterações, tornando-se geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal, além de promover desequilíbrio natural dos ecossistemas (Jakelaitis et al., 2008; Cunha et al., 2011; Ferreira et al., 2017).

Há concordância de que a densidade, porosidade e resistência do solo à penetração indicam o estado em que a estrutura do solo se encontra e servem como indicadores do seu estado de compactação (Andrade et al., 2009; Aratani et al., 2009; Sales et al., 2016). Funcionalmente, uma estrutura do solo ideal oferece melhores condições para o desenvolvimento das plantas, espaço poroso suficiente e contínuo para o movimento de água e gases, e de baixa resistência à penetração das raízes, de forma a não impedir o seu crescimento.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Neste contexto objetivou-se, avaliar dos atributos químicos e físicos do solo por meio de análise multivariada (Análise Fatorial Exploratória), buscando entender o comportamento dos atributos no solo e contribuir para o planejamento da produtividade e sustentabilidade da região.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A área de estudo está localizada na microrregião do Cariri Oriental do Estado da Paraíba (Figura 1), constituída por 12 municípios. De acordo com censo do (IBGE 2015) a microrregião possui uma área de 4.219,150km², com população estimada de 63.704 habitantes (IBGE 2010).

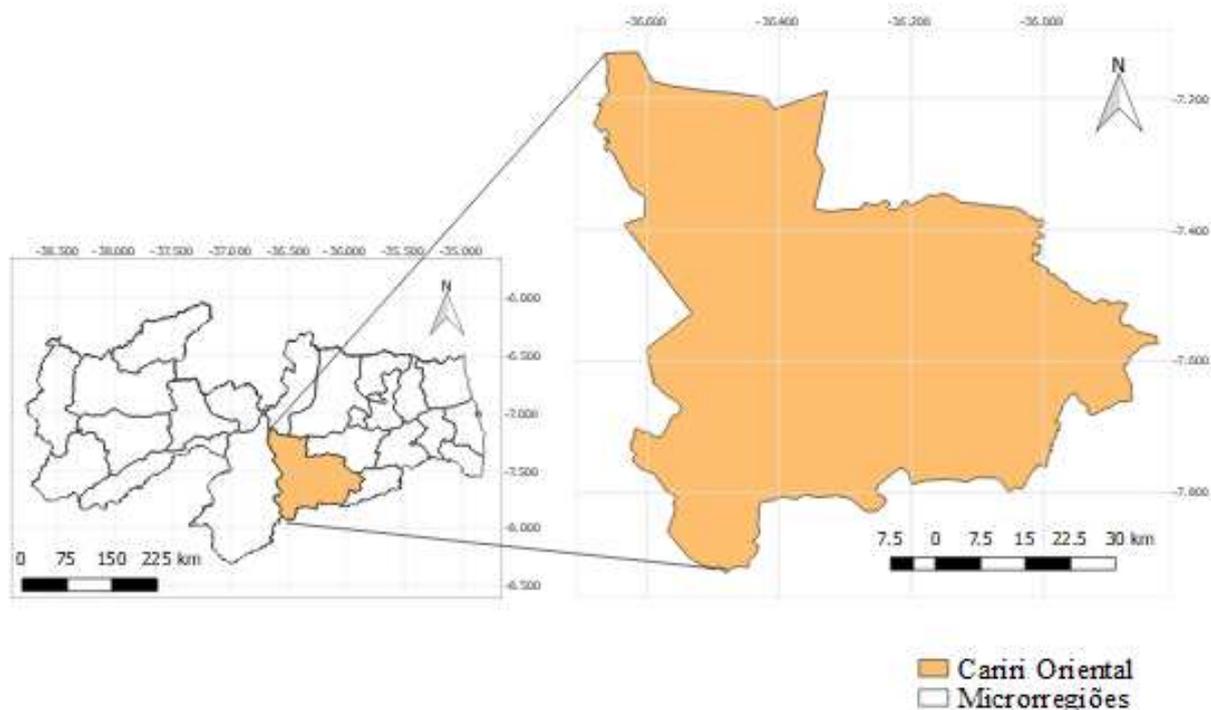


Figura 1. Localização da microrregião do Cariri Oriental. (Fonte: Autor, 2019)

A análise Fatorial (AF) foi utilizada para identificar as relações existentes entre o conjunto de variáveis observáveis, definidas como dependentes, e uma variável latente

ou fator (Corrar et al., 2007; Hair et al., 2009). A composição do modelo de análise fatorial foi estimada a partir da Eq.1.

$$X_i = a_i F + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde: X_i : variável analisada padronizada; a_i : constante (carga fatorial); F : Fator comum a todas as variáveis; ε_i : erro.

O grau das correlações simples com as correlações parciais foi estimado utilizando-se a estatística proposta pelo teste Kaiser Meyer Oklin (KMO) de acordo com a Eq. 2.

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (2)$$

em que: r_{ij}^2 = para todo $i \neq j$ é o coeficiente de correlação original ; a_{ij}^2 é o quadrado dos elementos fora da diagonal da matriz anti-imagem da correlação.

Com intuito de redistribuir a variância dos primeiros fatores para os demais e atingir um padrão fatorial mais simples e teoricamente mais significativo foi utilizado a técnica de rotação dos fatores a partir do método "Varimax" (Hair et al., 2009). Logo, utilizou-se o teste de esfericidade de Bartlett a partir da Eq.3.

$$X^2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6} (2p + 5) \right] \sum_{i=1}^p \ln \lambda_i \quad (3)$$

em que: λ_i representa a variância explicada por cada fator; n é o número de observações; p , o número de variáveis envolvidas no processo.

A cumunalidade foi utilizada como critério para validação das variáveis no ajuste do modelo fatorial e foi determinada seguindo a Eq.4.

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A partir da correlação entre os atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1), realizou-se a AF com o intuito de reduzir o número de atributos deixando somente os mais significantes, verificaram-se possíveis interações entre estes e definiram-se as variáveis do solo que se sobressaem. O valor do KMO da amostra é de 0,716, ou seja, superior ao patamar crítico de 0,60.

Tabela 1- Matriz de correlação linear simples entre os atributos físicos do solo

Variáveis	CO	MO	N	Areia	Silte	Ds	Pt
CO	1						
MO	1,0000	1					
N	0,9960	0,9959	1				
Areia	-0,3371	-0,3379	-0,3203	1			
Silte	0,0810	0,0822	0,0539	-0,7951	1		
Ds	-0,3972	-0,3972	-0,3809	0,5804	-0,5185	1	
Pt	0,3849	0,3847	0,3775	-0,4831	0,3983	-0,9335	1

CO.: Carbono Orgânico; MO.: Matéria Orgânica; N.: Nitrogênio; Ds.: Densidade do Solo; Pt.: Porosidade Total

Realizada a AF (Tabela 2), verificou-se que os dois primeiros fatores foram responsáveis por explicarem 79,60% da variância total dos dados. O F1 explicou 55,01% da variância total, tendo a CO, MO, N, Areia, Ds e Pt como atributos mais importantes. O F2 explicou 24,58% da variância tendo como atributo mais relevante o Silte.

Tabela 2 - Fatores extraídos por componentes principais, destacando os atributos químicos e físicos do solo com cargas superiores a 0,6

Atributos	F1	F2
CO	0,8919	0,4469
MO	0,8919	0,4461
N	0,8811	0,4674
Areia	-0,6002	0,5047
Silte	0,3990	-0,6391
Ds	-0,7253	0,5173
Pt	0,6620	-0,4156
Autovalor	3,8509	1,7207
Variabilidade (%)	55,0132	24,5821
% acumulada	55,0132	79,5953

CO.: Carbono Orgânico; MO.: Matéria Orgânica; N.: Nitrogênio; Ds.: Densidade do Solo; Pt.: Porosidade Total

Na figura 2 verifica-se a correlação das cargas fatoriais dos atributos físico e químico e os valores (scores) das diferentes áreas analisada, sendo que maior distância destes em relação ao eixo de origem indicam maior expressão. A Pt apresentou correlação positiva com o F2, enquanto que a Ds e o teor de areia se correlacionaram negativamente com o mesmo fator. O silte apresentou correlação positiva com o F1. As demais variáveis de comportaram de maneira positiva para ambos os fatores F1 e F2.

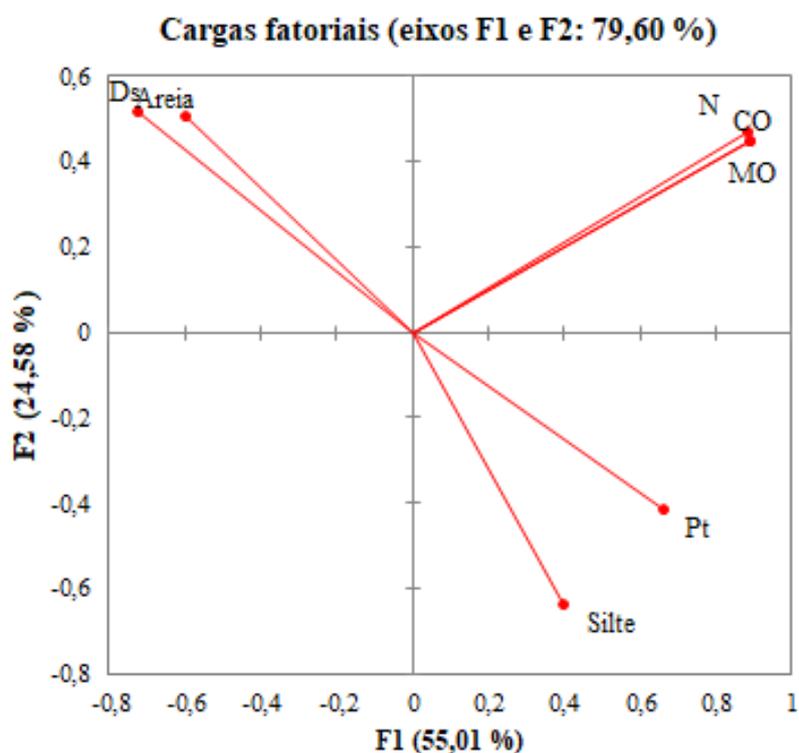


Figura 2: Plano fatorial Fator 1 x Fator 2, mostrando a relação dos atributos químicos e físicos das áreas analisadas

A correlação negativa com o F1 e positiva com o F2 (Figura 2) indicando maior Pt do solo e menor valor de Ds, assemelhando-se mais a condição natural. Assim, apresentou valores de porosidade mais condizente com a realidade de Lima et al. (2007) descreveram que a porosidade do solo é dita como ideal quando se apresentar com $0,500\text{m}^3\text{m}^{-3}$ do seu volume total. A porosidade do solo serve como parâmetro de avaliação do mesmo e ainda serve como atributo indicador das consequências do manejo que esta sendo dado ao solo, pois de acordo Epstein e Bloom (2006), este atributo está rigorosamente ligado à dinâmica do armazenamento e do movimento de solutos e de circulação de gases no seu interior, indispensáveis aos processos bioquímicos das plantas, sobretudo aqueles relacionados com a produtividade vegetal.



CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que análise fatorial possibilitou resumir a informação contida em atributos químicos e físicos dos solos e identificar a estrutura das relações entre essas variáveis, possibilitando assim uma mais compreensão dos atributos na microrregião estudada.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo N°. 409499/2018-8), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a esta pesquisa. E ao Grupo de Pesquisas em Geotecnologias e modelagem de risco ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG pelo apoio técnico e científico.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 411-8, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000400007>. Acesso em 17 nov. 2019.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010006832009000300020&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 17 nov. 2019.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (coord.). **Análise multivariada para cursos de Administração**, Ciências Contábeis e Economia. São Paulo: Atlas, 2007. Disponível em: <<https://www.grupogen.com.br/analise-multivariada-para-os-cursos-de-administracao-ciencias-contabeis-e-economia>>. Acesso em: 18 nov. 2019.



CUNHA, E. Q.; STONE L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e cultura de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 589-602, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000200029>. Acesso em: 18 nov. 2019.

FERREIRA, E.P.B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v48n1/1806-6690-rca-48-01-0022.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

FREITAS, L., CASAGRANDE, J. C., OLIVEIRA, I. A., CAMPOS, M. C. C., SILVA, L. S. Técnicas multivariadas na avaliação de atributos de um Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p.17-26, 2015. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i1a3928>. Acesso em: 17 nov. 2019.

HAIR, Jr; BLACK, W. C; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E e TATHAM, R. L. **Multivariate Data Analysis**. 6ª edição. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

IBGE 2010 - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250053>>. Acesso em: 18 de jun. 2019.



IBGE 2015 - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em:
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250053>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagem e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008. Disponível em:

<<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/4171>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.

PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016. Disponível em:

<<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4037/0>>. Acesso em: 17 nov. 2019.



ANÁLISE FENOLOGICA E O ÍNDICE DE CLOROFILA DO FEIJÃO GUANDU CULTIVADO NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO

Sílvia Maria Dantas¹; Vicente de Paulo Rodrigues da Silva²; Rafaela Ribeiro Barbosa³;
Eliton Sancler Gomes Sales⁴; Geovergue Rodrigues de Medeiros⁵;

RESUMO

O feijão guandu é uma leguminosa que apresenta um potencial nutritivo na produção de forragens e silagens para a alimentação animal, adaptativo as condições climáticas da região Semiárida, o seu cultivo vem sendo explorado através dos bancos de proteínas inseridos em propriedades com atividades da agricultura familiar onde os rebanhos são menores e sofrem com o período de baixa produção. Entender o desenvolvimento do guandu é essencial a nível informativo mediante aspectos agronômicos para os produtores, nesse contexto o presente trabalho teve como objetivo analisar as fases vegetativas, os tratos culturais, e o teor de clorofila com clorofilômetro, modelo SPAD-502 da cultura do feijão guandu (*Cajanus Cajan*) var. Bicolor (DC.).

PALAVRAS-CHAVE: SPAD; *canjanus canja*; leguminosa.

Autor para correspondência: silviadantasrn@gmail.com

1 Mestranda em meteorologia; Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Campina Grande, Paraíba.

2 Professor titular da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pesquisador nível 1A do CNPq, Campina Grande, Paraíba;

3 Mestranda em meteorologia; Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Campina Grande, Paraíba. 4 Doutorando em meteorologia; Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

5 Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido/MCT; Campina Grande, Paraíba.

PHENOLOGICAL ANALYSIS RELATED TO THE SPAD INDEX OF THE GUANDU BEAN CULTIVATED IN THE SEMIARID REGION ABSTRACT

The bean is a legume that has a nutritive potential in the production of fodder and silage for animal feed, adaptive to the climatic conditions of the Semiarid region, its cultivation has been exploited through protein banks inserted in properties with family farming activities. The herds are smaller and suffer from the period of low production. Understanding the development of guandu is essential for information through agronomic aspects for producers, in this context the present work aimed to analyze the vegetative phases, cultural treatments, and chlorophyll content with chlorophyll meter, model SPAD-502 bean crop. Guandu (*Cajanus Cajan*) var. Two-color (DC).

KEY-WORDS: SPAD; *canjanus canja*; leguminous.

INTRODUÇÃO

O feijão guandu (*Cajanus Cajan* (L.) Mills.) é uma leguminosa arbustiva semi perene, de crescimento ereto de até 3 metros de altura. Seu sistema radicular profundo lhe confere uma boa tolerância às estiagens prolongadas, favorecendo seu cultivo em regiões com baixa precipitação pluviométrica e período chuvoso irregular. De acordo com Monteiro (2009) as condições climáticas regem o desenvolvimento das atividades agrícolas, os seus elementos meteorológicos afetam diretamente os processos metabólicos das plantas. No Brasil são cultivadas diversas variedades de feijão, na qual o guandu faz parte e destaca-se por sua forma resistente, segundo Godoy & Santos (2010) as sementes do guandu possuem alto teor de proteínas, são adaptativos a solos com baixas fertilidades e a regiões com temperaturas mais elevadas, tornando-os adaptados as condições climáticas características da região Semiárida.

A avaliação de parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas desde a sua fase jovem é importante, pois permite a compreensão da estrutura vegetal para orientar o cultivo e o manejo adequado das espécies nas diferentes fases fenológicas (DANTAS et al., 2019). Um desses parâmetros é a análise da clorofila que desempenha um papel fundamental na absorção da energia luminosa e transformação de energia, durante a fotossíntese a planta utiliza a energia solar para oxidar a água liberando o oxigênio na atmosfera. A determinação dos teores de clorofila da folha no processo fotossintético depende em parte da sua capacidade em absorver luz (SALLA et al., 2007).

Através do spad-502 que vem sendo muito utilizado em estudos de campo, devido a sua portabilidade e agilidade. De acordo com (Marenco & Jesus, 2008) o clorofilômetro possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha), assim mediante a mensuração a luz passa pela folha e é recebida por um fotodiodo de silicone onde é convertida primeiramente em sinais elétricos analógicos e depois em sinais digitais.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi mensurar a determinação das fases fenológicas do feijão guandu sob condições ambientais de campo correlacionando com o desenvolvimento do índice de clorofila (SPAD).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Agrometeorológica Experimental-EstAgr/DCA pertencente a Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, localizada no município de Campina Grande-PB, com latitude de 07°13'50" S, apresentando condições climáticas locais características de semiaridez. As análises químicas e físicas do solo demonstraram os seguintes resultados: pH (H₂O) 6,4; matéria orgânica, 0,60 %; areia 88,78 %; silte 10,04 % e argila 1,18 %; porosidade 47,62%; água disponível 4,95.

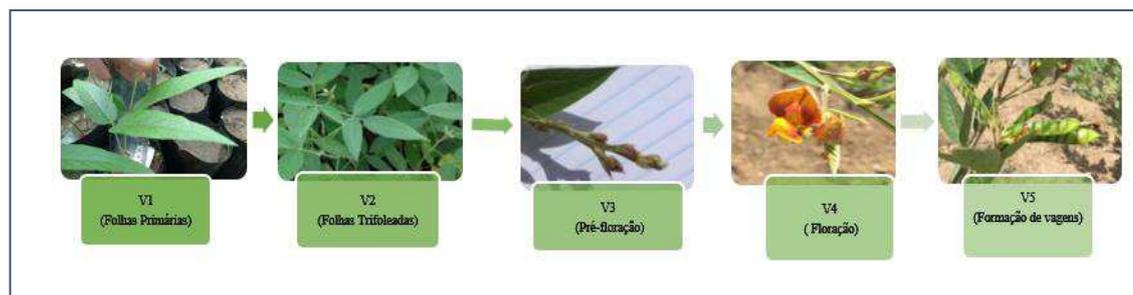
O preparo do solo foi realizado com revolvimento da camada externa, utilizando-se de uma enxada, em seguida realizou-se o coveamento de 20 cm de profundidade, utilizando-se o espaçamento entre plantas de 1,0 m x 1,5 m. A adubação realizada foi por meio de substratos de húmus de minhoca 100 g adicionado a 1 kg de esterco bovino por cova. A espécie estudada foi o *Cajanus cajan* popularmente conhecido como guandu, a implantação foi através do método de transplântio na fase vegetativa (V2) com 30 dias após emergência (DAE) em um total de 24 indivíduos, a parcela experimental tem um dimensionamento da 5,0 m de largura por 6,0 m de comprimento. A contagem de dias necessários para o florescimento das plantas foi realizada através de observações e coleta dos dados, conforme metodologia descrita por (AMABILE et al., 1996). O teor de clorofila foi coletado com espaço temporais a cada 30 dias após a emergência (DAE)

mediante uma leitura com clorofilômetro, modelo SPAD-502 (Minolta, 1989), na parte da face adaxial da folha evitando assim a nervura central da folha, no qual foram medidas 3 folhas por indivíduo escolhidas aleatoriamente, obtendo-se a média concentrações de clorofila A, B e C que são geradas diretamente no aparelho. Durante o ciclo do guandu foram realizadas aplicações por meio de aspersão manual de adubação foliar com a formulação Carbotecnia 8-8-8 + micros e de fungicida para combater insetos e doenças que surgiram ao longo do experimento. Os dados foram analisados através da estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São considerados quatro grupos de ciclo fenológico do guandu: superprecoce (90 dias-120 dias), precoce (120 dias-150 dias), normal (150 dias-200 dias) e tardio (200 dias-300 dias) de acordo com (GUEDES et al., 2017). Os dados observados no experimento de acordo com os grupos fenológicos confirmam a classificação dos indivíduos no ciclo precoce no qual os estádios vegetativos do guandu são demonstrados na Figura 1, o florescimento precoce está associado as condições ambientais, o transplântio foi realizado na data 09/08/2019 as mudas utilizadas com estavam 30 dias após emergência (DAE). Quando comparamos com o experimento realizado em condições similares por (AMABIELE et al. 1991) onde foi observado que o florescimento da espécie foi afetado pelas condições de ambiente (deficit hídrico, altas temperaturas) e, possivelmente, pelo fotoperíodo, ocasionando a diminuição da fase vegetativa do guandu. Assim, podemos levar em consideração a época de semeadura do guandu.

Figura 1. Períodos vegetativos do feijão guandu



Os dados da mensuração dos teores médios de clorofila (índice SPAD) estão demonstrados na Tabela 1, no qual foram avaliadas 20 plantas, a variação do teor de clorofila para 30 dias após semeadura foi de 20,5 a 49,01, para o teor de clorofila de 60 dias 32,8 a 58,6 e para clorofila de 90 dias 44,7 a 56,7. O menor desvio padrão foi apresentado para o teor de clorofila de 90 dias (3,51) e o maior para o teor de clorofila de 30 dias (7,37).

Tabela 1. Média, desvio padrão, variância, curtose, assimetria, mínimo, máximo, e o coeficiente de variação %(CV) dos teores de clorofila (30, 60 e 90 dias) nas 20 plantas amostradas.

Estatística	Clorofila 30 dias	Clorofila 60 dias	Clorofila 90 dias
Média	40,57	48,42	50,96
Desvio padrão	7,37	6,10	3,51
Variância da amostra	54,35	37,21	12,33
Curtose	1,81	1,77	- 0,81
Assimetria	- 1,49	- 1,11	- 0,37
Mínimo	20,50	32,80	44,70
Máximo	49,10	58,60	56,50
CV (%)	18,17	12,60	6,89

Em um comparativo com experimento realizado na Universidade Federal de Santa Maria -UFSM, Santa Maria, RS, com 57 dias após emergência por (FACCO et al., 2012) no qual fez adubação de N P K (05-20-20) e obteve os seguintes dados de 15,5 a 36,4 para teor de clorofila A, de 3,3 a 15,7 para clorofila B, e de 19,1 a 52,1 clorofila C índice total nos três folíolos (central, direito e esquerdo), dados demonstrados na Tabela 2 com 30 plantas, observamos uma variância significativa com os índices de clorofila de 60 dias realizados no presente experimento.

Tabela 2. Média, desvio padrão, variância, curtose, assimetria, mínimo, máximo, e o coeficiente de variação (CV) dos teores de clorofila realizadas na pesquisa em comparativo com o experimento realizado por (FACCO et al., 2012).

Estatística	Clorofila 60 dias	Clorofila A 57 dias (FACCO et al., 2012)	Clorofila B 57 dias (FACCO et al., 2012)
Média	48,42	28,62	9,09
Desvio padrão	6,1	3,53	2,12
Variância	37,21	12,46	4,5
Curtose	1,77	0,82	0,01
Assimetria	-1,11	-0,76	-0,05
Mínimo	32,8	15,50	3,3
Máximo	58,6	36,40	15,7
Coeficiente de variação CV(%)	12,60	43,53	49,47

Os teores de clorofila são importantes pois quantifica o teor de células fotossintetizantes ativas no dossel da planta. Essa variabilidade apresentada entre os experimentos demonstra a eficiência da adaptação do guandu na região Semiárida.

CONCLUSÃO

Sob as condições em que o presente experimento foi conduzido em campo, o guandu apresentou um ótimo desenvolvimento fenológico, assim como o índice de clorofila (SPAD) demonstrou uma variação das células fotossintetizantes ativas nas plantas de um modo geral satisfatório. O feijão guandu é um produto com poucos estudos e com um alto potencial proteico para produção de alimentos e uma excelente adaptabilidade para a região Semiárida.

APOIO

PRONEX- Projeto de pesquisa “modelagem agrometeorológica de hortaliças e forragens cultivadas em diferentes condições edafoclimáticas do estado da paraíba”- FAPESQ/CNPq.

INSA- Instituto Nacional do Semiárido.

LFV- laboratório de Fisiologia, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola-UFCG.



CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Amabile, R. F., de Carvalho, A. M., Duarte, J. B., & Fancelli, A. L. (1996). Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. *Scientia agrícola*, 53(2-3), 296-303. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161996000200018&script=sci_arttext> Acesso em: 25 de nov. de 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 8º. Levantamento da safra brasileira de grãos 2017/2018. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 20 de novembro de 2019.

Dantas, S. M., Ribeiro, R. R., Silva, V. P. R., Medeiro, G. R. . análise morfométrica e o teor de clorofila do feijão guandu cultivado em ambiente protegido no semiárido nordestino.. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/SICONFOR/187231-analise-morfometrica-e-o-teor-de-clorofila-do-feijao-guandu-cultivado-em-ambiente-protegido-no-semiarido-nordesti>>. Acesso em: 29 de nov. de 2019.

FACCO, G., SANTOS, G. O., STEFANELLO, R. B. , CARGNELUTTI FILHO, A. . LOCAL DE AMOSTRAGEM E TAMANHO DE AMOSTRA PARA AVALIAÇÃO DO ÍNDICE SPAD EM PLANTAS DE FEIJÃO GUANDU. IN: XVII SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. SANTA MARIA: UNIFRA, 2013, SANTA MARIA-RS. ANAIS DO SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. SANTA MARIA: UNIFRA, 2013. V. 3. P. 1-9. DISPONÍVEL EM:> <HTTPS://DOCPLAYER.COM.BR/9370179-AMOSTRAGEM-DO-INDICE-SPAD-EM-PLANTAS-DE-FEIJAO-GUANDU.HTML>> ACESSO EM: 20 DE NOVEMBRO DE 2019.

FAOSTAT. Crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 20 nov. de 2019.

Godoy, R.; Santos, P. M.. Feijão Guandu Mandarin (2010) Embrapa Pecuária Sudoeste Disponível em:< <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41971/1/PROCI2010.00250.pdf>> Acesso em: 30 de nov. de 2019.



MARENCO, R. A., JESUS, S. V. D. (2008). O SPAD-502 COMO ALTERNATIVA PARA A DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CLOROFILA EM ESPÉCIES FRUTÍFERAS. DISPONÍVEL EM:<
[HTTPS://REPOSITORIO.INPA.GOV.BR/HANDLE/123/3531](https://repositorio.inpa.gov.br/handle/123/3531)> ACESSO EM: 25 DE NOV. DE 2019.

Minolta camera Co., Ltda. 1989. Manual for chlorophyll meter SPAD 502. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 22 p.

Monteiro, J. E. (2009). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p. Disponível em:<
http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=livro_agro > Acesso em: 29 de nov. de 2019.

Oliveira, l. f. c., Oliveira, m. d. c., Wendland, a., Heinemann, a., Guimarães, c., Ferreira, e. d. b., Silveira, p. m. (2018). Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. *Embrapa Arroz e Feijão-Livro técnico*. Disponível em:<
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1098515>> Acesso em: 20 de nov. de 2018.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A.. TEORES DE CLOROFILA EM ÁRVORES TROPICAIS DETERMINADOS COM O SPAD-502. REVISTA BRASILEIRA DE BIOCÊNCIAS, V. 5, N. 2, P. 59-161, 2007. DISPONÍVEL EM:WWW.REPOSITORIO.INPA.GOV.BR/BITSTREAM/123/6064/TEORESDECLOROFILA.PDF>ACESSO EM: 25 DE NOV. DE 2019.



ANÁLISE SINÓTICA DE UM EVENTO DE CHUVA INTENSA NA REGIÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO

Yasmany Guanche Palenzuela¹; Magaly de Fátima Correia²; Dayana Rabelo Toledo¹

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF), uma das doze regiões hidrográficas do Brasil, tem grande importância para o país não somente pelo volume de água que é transportado, mas também pelo potencial hídrico passível de aproveitamento. No período de 15 a 20 de dezembro de 2011 ocorreram vários episódios de chuvas intensas e persistentes em grande parte do estado de Minas Gerais, com acumulados bem elevados que trouxeram consequências devastadoras para as principais cidades do estado, porém com impactos positivos pelo aumento no nível dos principais reservatórios localizados no “Velho Chico”. Nesse trabalho são analisadas as condições atmosféricas em escala sinótica que favoreceram as chuvas intensas registradas na área do Alto do São Francisco com o objetivo de identificar o sistema meteorológico responsável pelo evento. A presença de um cavado ao longo da troposfera nas regiões Sul-Sudeste, em conjunto com outros fatores dinâmicos, propiciou um episódio de ZCAS que causou altos índices pluviométricos no estado.

PALAVRAS-CHAVE: chuvas intensas; análise sinótica; ZCAS.

Autor para correspondência: yasmany.guanche24@gmail.com

¹Estudante de Doutorado em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ²Professora na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

SYNOPTIC ANALYSIS OF AN INTENSE RAINFALL EVENT IN THE REGION OF THE HIGH SÃO FRANCISCO RIVER

ABSTRACT

The São Francisco River Basin (SFRB), one of the twelve hydrographic regions of Brazil, has great importance for the country not only for the water volume being transported, but also for the potential for water use. From 15 to 20 December 2011 there were several episodes of intense and persistent rainfall in much of the Minas Gerais state, with very high accumulations which caused devastating consequences for the main cities of the state, but with positive impacts due to the increase in the water level of the main reservoirs located in the “Velho Chico”. In this work the atmospheric conditions on the synoptic scale that favored the intense rainfall registered on the High São Francisco River are analyzed aiming at the identification of the meteorological system that caused the event. The presence of a trough throughout the troposphere in the South-Southeast regions, in conjunction with others dynamical factors, favored a SACZ episode that caused high pluviometric totals in the state.

KEY-WORDS: intense rainfall; synoptic analysis; SACZ.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O estudo dos regimes de precipitação em todo o planeta é muito importante para avaliar o potencial de dano que chuvas intensas podem causar. Este tipo de fenômeno não pode ser evitado, porém é possível tomar medidas para reduzir os danos. Algumas delas envolvem o conhecimento detalhado sobre sistemas meteorológicos e condições sinóticas que geram eventos hidrológicos extremos.

Durante os últimos anos os desastres naturais aumentaram consideravelmente, sendo responsáveis por expressivos danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental. Vários são os fatores que contribuem para a ocorrência deste tipo de desastres, entre os quais se destaca as precipitações como um dos mais importantes, principalmente as chuvas intensas e persistentes (KOBAYAMA et al.; 2006, ALVARENGA, 2012). A precipitação é um dos componentes climáticos de maior importância tanto para a economia como para a sociedade, exercendo efeitos diretos no balanço hídrico e indiretos em outras variáveis atmosféricas tais como na umidade atmosférica, na temperatura do ar e do solo, na intensidade da radiação solar que atinge a superfície da Terra, entre outros. Estes efeitos podem influenciar em atividades humanas indispensáveis, incluindo sistemas de abastecimento de água e produção agrícola (LEITE et al., 2011).



A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) (Figura 1), uma das doze regiões hidrográficas do Brasil, tem grande importância para o país não somente pelo volume de água transportado, mas também pelo potencial hídrico passível de aproveitamento. Compreende uma área de 638.883 km², e o principal rio percorre um total de 2697 km, em sete estados brasileiros, abrangendo mais de 521 municípios com uma rede de drenagem de 121.657 km. Na região da BHSF, a população aproximada é de 14 milhões de habitantes, o que equivale a 7% da população atual do Brasil. A BHSF é dividida em quatro trechos denominados regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco.

O Alto São Francisco (ASF) estende-se desde as cabeceiras na Serra da Canastra, município de São Roque de Minas, até a foz do rio das Velhas, abaixo da cidade de Pirapora, com aproximadamente 100.076 km², ou 16% da área da bacia hidrográfica. A topografia é moderadamente acidentada, com serras e terrenos ondulados e altitudes de 600 m a 1.600 m, apresentando uma vegetação constituída de Cerrado e fragmentos de Mata Atlântica. O clima é tropical úmido e subtropical, com precipitações abundantes, principalmente no verão, e uma temperatura média de 23°C.

No período de 15 a 20 de dezembro de 2011 houve vários episódios de chuvas intensas e persistentes em grande parte do estado de Minas Gerais, com acumulados bem elevados que trouxeram consequências devastadoras para as principais cidades do estado, e impactos positivos para o volume dos principais reservatórios situados ao longo do “Velho Chico”.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Os principais objetivos desse trabalho são analisar as condições sinóticas que favoreceram um evento de chuvas intensas na região do Alto do São Francisco e identificar o(s) sistema(s) meteorológico(s) que contribuíram para a ocorrência desse evento.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Neste trabalho foram utilizados dados de precipitação diária obtidos de estações meteorológicas situadas na área em que ocorreu o evento de precipitação intensa e dados

da ERA5, a quinta geração de reanálises do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), que representa o estado da arte em dados de reanálise (HERSBACH e DEE, 2016). Os dados foram obtidos a cada 6 h, tanto para as variáveis atmosféricas em níveis de pressão quanto para as variáveis de superfície. Também foram usadas imagens do canal infravermelho do satélite Global Online Enrollment System (GOES 10), com resolução espacial de 4 km e temporal de 15 minutos, bem como mapas de superfície fornecidos pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/CPTEC/INPE).

Para conhecer as condições sinóticas que favoreceram a ocorrência das chuvas intensas observadas em Minas Gerais foram analisados os mapas da pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNMM) e da altura geopotencial nos níveis de 1000, 850, 500 e 250 hPa, com o objetivo de investigar o deslocamento dos sistemas sinóticos presentes na região, a partir de 24 horas antes e durante a ocorrência das chuvas. As variáveis utilizadas foram: altura geopotencial (Z), componentes zonal (u) e meridional (v) do vento, temperatura do ar (T), movimento vertical ômega (ω), umidade específica (q), Convective Available Potential Energy (CAPE), Lifted Index (LI) e Convective Inhibition Index (CIN) [alguns resultados gráficos não foram mostrados no resumo].

Foram calculadas diversas variáveis e parâmetros para analisar a situação sinótico-dinâmica e termodinâmica existente durante a ocorrência das chuvas intensas. Elas são a divergência do vento em 250 e 850 hPa, a divergência do fluxo de umidade em baixos níveis e integrado na vertical entre 1000 hPa e 300 hPa, a advecção de vorticidade em 500 hPa e de temperatura em 850 hPa e o índice termodinâmico K (GEORGE, 1960), calculado a partir da equação abaixo

$$K = T_{850} + Td_{850} - T_{500} - (T_{700} - Td_{700})$$

sendo T (°C) a temperatura do ar e Td (°C) a temperatura de ponto de orvalho nos níveis isobáricos indicados em subscrito. Os campos meteorológicos foram gerados mediante a ferramenta de visualização Linguagem de Comandos do NCAR (NCAR Command Language, NCL), disponível de forma gratuita na página eletrônica do National Center for Atmospheric Research (NCAR - NCL, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

No período de 15 e 20 de dezembro de 2011, algumas cidades do estado de Minas Gerais registraram acumulados de precipitação muito elevados (Figura 1), com o maior valor diário na estação meteorológica de Florestal: 164 mm no dia 17/12. Os maiores registros de todo o período foram observados em Florestal (413,6 mm) e Belo Horizonte (380 mm)

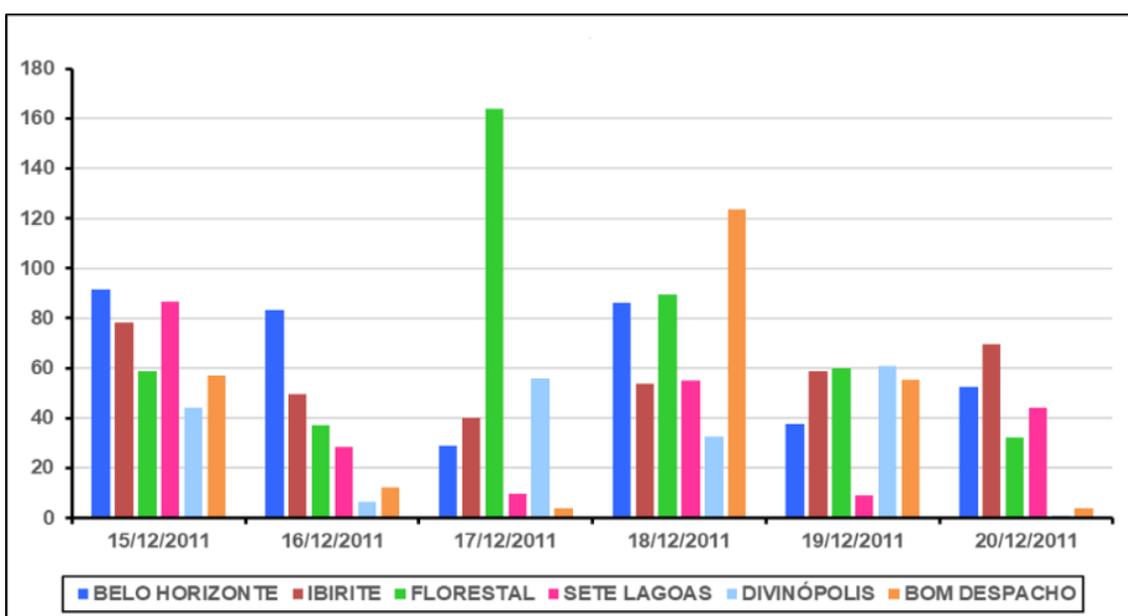


Figura 1: Acumulados diários de precipitação (mm) registrados em estações meteorológicas do estado de Minas Gerais no período de 15 a 20 de dezembro de 2011.

O ambiente sinótico foi favorável para a ocorrência dessas chuvas. Às 00 UTC do dia 15/12, na imagem de satélite (Figura 2A) é possível observar uma área de instabilidade com forte atividade convectiva no estado de Minas Gerais, coincidindo com áreas de ascendência associadas a um cavado bem definido em todos os níveis isobáricos (Figuras 2B, 2C, 2D), o que contribuiu para a instabilidade na região.

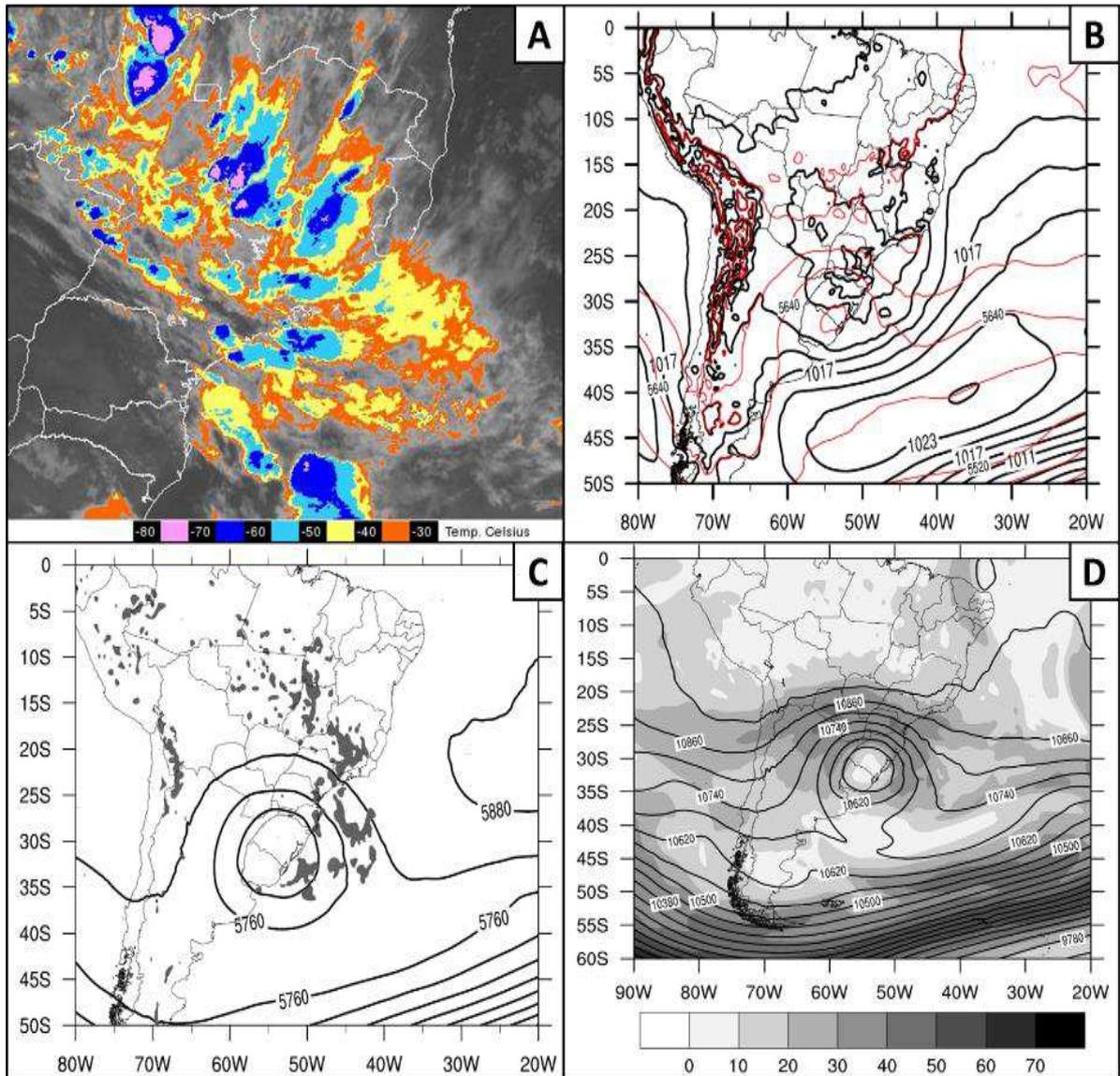


Figura 2: A. Imagem de satélite; B. Espessura da camada 1000-500 hPa [isolinhas vermelhas] (mgp) e PNMM [isolinhas pretas] (hPa); C. Altura geopotencial (mgp) e velocidade vertical (Pa s-1) em 500 hPa [apenas movimento ascendente – em cinza]; D. Altura geopotencial (mgp) e velocidade do vento (m s-1) em 250 hPa, no dia 15 de dezembro de 2011 às 00 UTC.

Como observado nos mapas de superfície (Figura 3), a situação sinótica se manteve durante todo o período, contribuindo para a continuidade das chuvas sobre todo o estado através de configurações favoráveis nos campos da advecção de temperatura, da divergência do vento e do fluxo de umidade (não mostrado). Os padrões encontrados

confirmam que as chuvas intensas ocorridas sobre a região mineira estiveram associadas a um evento intenso de ZCAS.

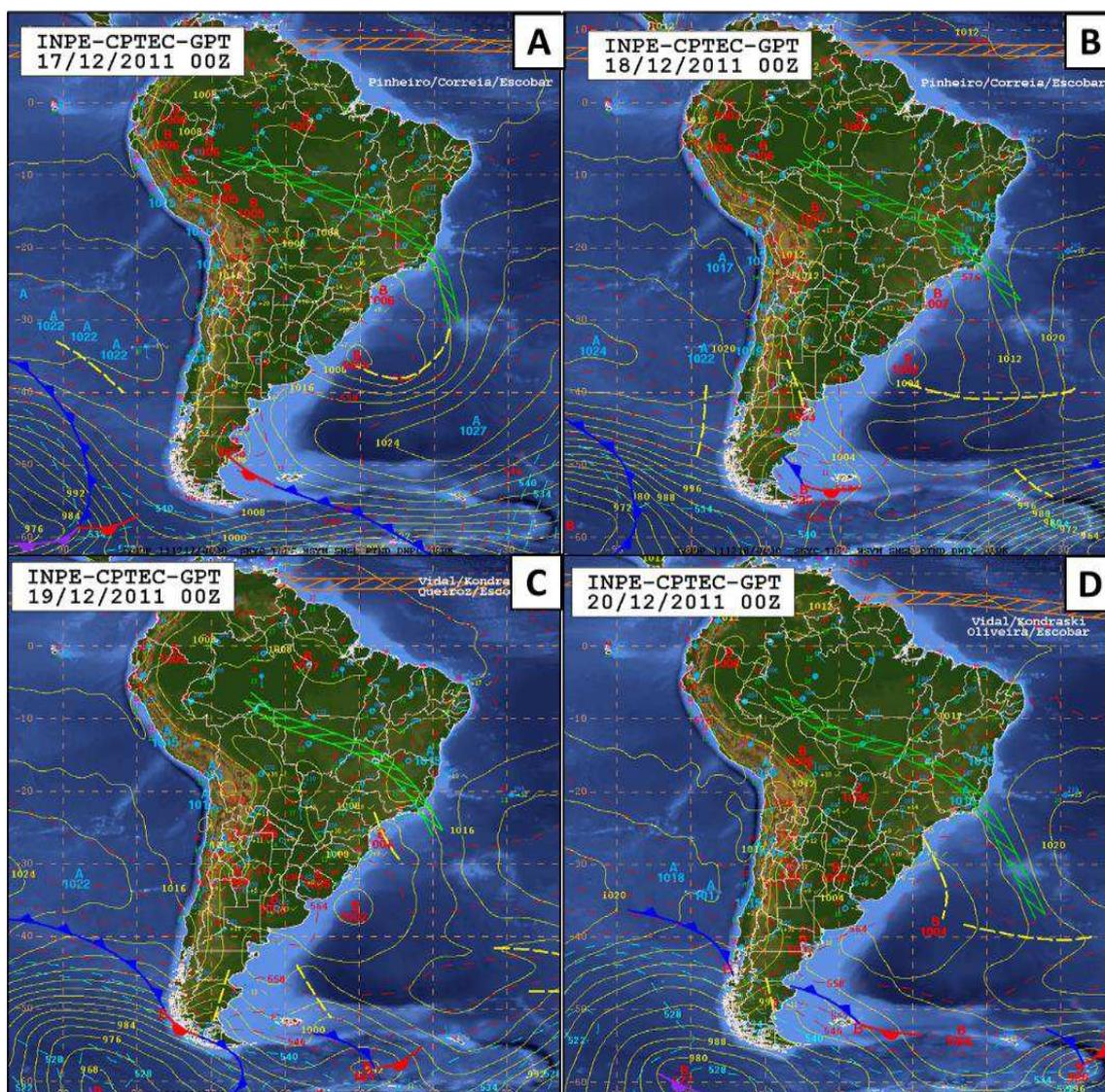


Figura 3: Cartas sinóticas de superfície para o horário de 00 UTC: A. 17 de dezembro de 2011; B. 18 de dezembro de 2011; C. 19 de dezembro de 2011; D. 20 de dezembro de 2011. (extraído de GPT/CPTEC/INPE).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

No presente trabalho foi realizada uma análise sinótica dos fatores que contribuíram para a ocorrência das chuvas intensas registradas no estado de Minas Gerais entre 15 e 20 de dezembro de 2011. A presença de um cavado na região Sul-Sudeste em todos os níveis

da troposfera, em conjunto com outros fatores dinâmicos, propiciou um episódio de ZCAS que ocasionou os elevados totais de precipitação registrados.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALVARENGA, L.A. Precipitação no sudeste brasileiro e sua relação com a ZCAS. **Revista Agrogeoambiental**, n. 4; v.2, 2012. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/download/452/435>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

GEORGE, J.J. **Weather Forecasting for Aeronautics**. Academic Press, New York. 1960. 673 p. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/aeronautical-journal/article/weather-forecasting-for-aeronautics-george-joseph-j-with-contributions-by-seven-other-authors-academic-press-new-york-and-london-1960-673-pp-diagrams-5-7s-6d/7EC2E428E98C4B788C2DC50C812B39CA>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

HERSBACH, H., DEE, D. ERA5 reanalysis is in production. **ECMWF newsletter**, v. 147, n.7, 2016. Disponível em: <<https://www.ecmwf.int/en/newsletter/147/news/era5-reanalysis-production>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

KOBIYAMA, M; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F. & RUDORFF, F.M. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. 2006. Curitiba, Organic Trading, 124p. Disponível em: <<http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

LEITE, M. L.; ADACHESKI, P. A.; SOUSA FILHO, J. V. Análise da frequência e da intensidade das chuvas em Ponta Grossa, Estado do Paraná, no período entre 1954 e 2001. **Acta Scientiarum**, n. 1, v. 33, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/6957/6957/0>>. Acesso em: 15 mai. 2018.



NCL. **The NCAR Command Language (Version 6.6.2)**. 2019. Boulder, Colorado.
Disponível em: < <https://www.ncl.ucar.edu/>>. Acesso em: 23 nov. 2019.



ANÁLISES DE CHUVA NO PRESENTE E DE PROJEÇÕES PERANTE O CENÁRIO RCP 8.5 DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Eduardo Almeida da Silva¹; Tiago Bentes Mandú²;

Herculano Lima Malheiros³; Ingrid Paloma Carneiro de Lima⁴; Madson Tavares Silva⁵

RESUMO

Os modelos climáticos têm sido cada vez mais usado para projetar condições futuras devido a mudanças climáticas. Os efeitos das atividades humanas sobre a natureza têm cada vez mais causado danos a sua própria qualidade de vida e ao progresso da economia, principalmente depois da Revolução Industrial. Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a capacidade do modelo climático RCP 8.5, continental, MIROC5/Eta/CPTEC-20 km visando assim uma representação futura dos regimes pluviométricos para cidade de Campina Grande-PB. Os dados de entrada do modelo climático do PROJETA/CPTEC gerou precipitação (2019 à 2099), onde foi comparado com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de (2021 à 2099). Foi possível observar uma alteração no regime pluviométrico do município que é maior no futuro próximo, com aumento superior a 100 mm no mês de março. Acredita-se que tal aumento pode estar relacionado com sistemas meteorológicos atuantes na região durante o período da estação chuvosa da região, devido a um sistema climático mais energético fazendo com haja alterações na dinâmica da atmosfera. Espera-se que os resultados do presente estudo possam colaborar com o entendimento de futuros efeitos de mudanças climáticas em municípios nordestinos.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, projeções climáticas, Nordeste brasileiro.

Autor para correspondência: eduardometeorologistaufcg@gmail.com

1Discente de Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB; 2Discente de Graduação em Ciências Atmosféricas na Universidade Federal Oeste do Pará, Santarém, PA; 3Discente de Graduação em Ciências Atmosféricas na Universidade Federal Oeste do Pará, Santarém, PA; 4Discente de Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB; 5Orientador Dr. Madson Tavares Silva, Coordenador do curso Bacharelado em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, PB.



SEASONAL VARIABILITY OF PRECIPITATION IN CAMPINA GRANDE CITY

ABSTRACT

Climate models have been increasingly used to predict future conditions due to climate change. The effects of human activities on nature have increasingly caused risks to their own quality of life and the progress of the economy, especially after the industrial revolution. Based on the above considerations, the present research aims to evaluate the capacity of the climate model MIROC5/Eta/CPTEC-20 km at scenario RCP 8.5, aiming at a future representation of rainfall regimes for the city of Campina Grande-PB. The data used of the climate model of THE PROJECT/CPTEC generated precipitation (2019 to 2099), where it was compared with data from the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) for the period from (2021 to 2099). It was possible to note a change in the rainfall regime of the municipality is higher in the near future, with an increase of more than 100 mm in March. It is believed that such an increase may be related to meteorological systems operating in the region during the rainy season period of the region, due to a more energetic climate system causing changes in the dynamics of the atmosphere. It is expected that the results of the present study can collaborate with the dimension of future negative effects of climate change in northeastern cities.

KEY-WORDS: Climate change, Climate projections, Brazilian Northeast.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Os efeitos das atividades humanas sobre a natureza têm cada vez mais causado danos a sua própria qualidade de vida e ao progresso da economia, principalmente depois da Revolução Industrial. O mundo hoje estuda cada vez mais sobre as mudanças climáticas e seus respectivos impactos diante de toda catástrofe causada pelo homem ao planeta Terra. As mudanças climáticas globais e suas repercussões nos níveis regionais e locais tem sido pauta constante, em publicações científicas nos últimos anos (Orlowsky & Seneviratne, 2012; Barbu et al., 2015; Guan et al., Parak, 2015; Alexander, 2016; Rao et al., 2016 entre outros).

Talvez as mudanças climáticas seja um dos maiores desafios da humanidade na era moderna. O desequilíbrio ambiental alterará o modo de vida de populações inteiras, principalmente nos cenários de projeções em decorrência das mudanças climáticas. Tais modelos climáticos levam em conta de forma quantitativa (numérica e tridimensional) a dinâmica dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, ciclos biogeoquímicos, etc.) descrevendo os principais processos termodinâmicos (Freitas et al.,



2016). Entretanto o objetivo do trabalho foi analisar a capacidade do modelo climático RCP8.5, continental, MIROC5/Eta/CPTEC – 20 km para analisar o comportamento das precipitações para cidade de Campina Grande-PB, bem como avaliar a projeção de chuvas para região.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade do modelo climático RCP8.5, continental, MIROC5/Eta/CPTEC – 20 km, para analisar chuva no presente (1963 à 2018) dados esses de precipitação baixados do Banco dados do Instituto Nacional de Climatologia (INMET) e projeções de chuva entre o período (2021 à 2099) para cidade de Campina Grande-PB a partir de dados do PROJETA/CPTEC.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

No início foram feitas pesquisas sobre o assunto para obtenção de conhecimentos e também sobre a área de estudo. A cidade de Campina Grande está localizada no Estado da Paraíba (Figura 1). A região de Campina Grande possui uma área territorial de 593 km² e localiza-se entre 7,22° S de latitude e -35,88° W de longitude e Altitude 512 m (IBGE, 2018). De acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger o clima é do tipo As caracterizado como clima tropical com estação seca. Os dados da presente pesquisa, são dados mensais de Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para analisar chuva no período presente (1963 à 2018) e dados do PROJETA/CPETC para analisar as projeções de precipitação perante o cenário RCP 8.5 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) entre o período de (2021 à 2099) para cidade de Campina Grande-PB em uma resolução espacial de 20 km.

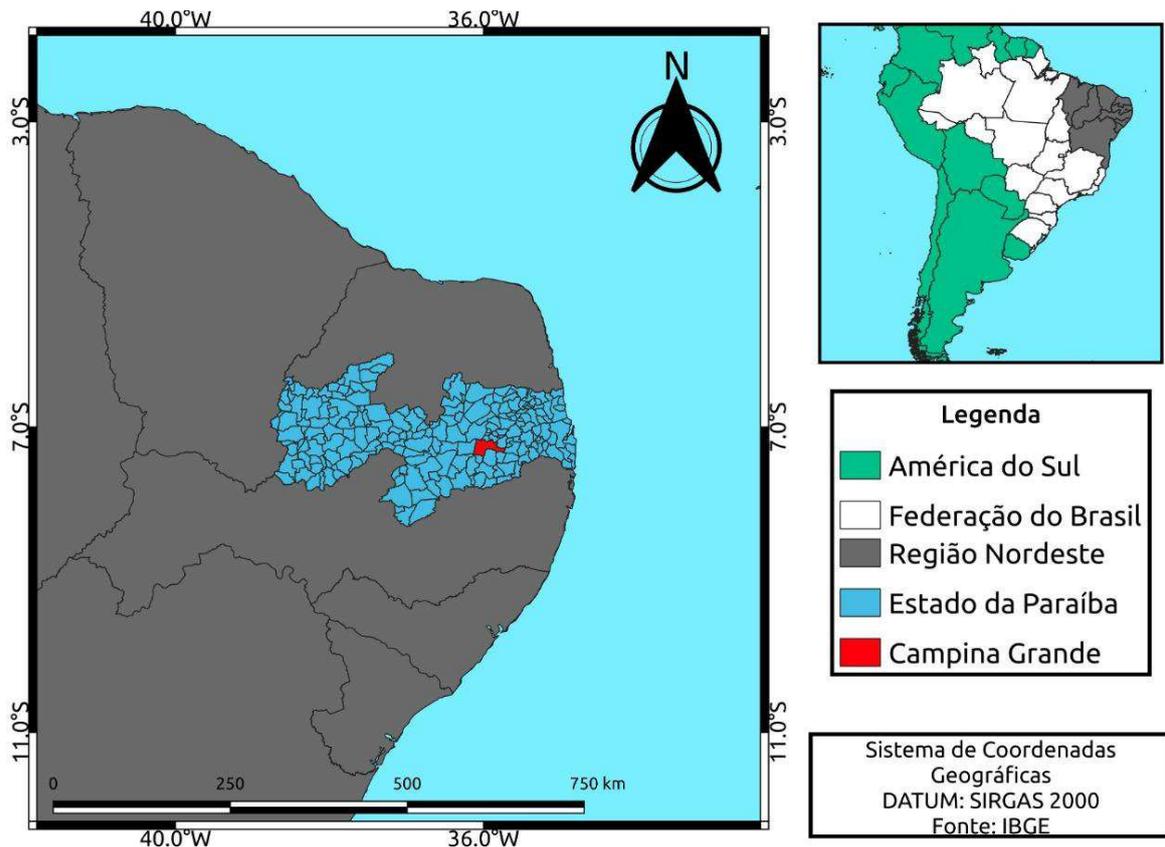


Figura 1. Área do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Na Figura 2 é observado o comportamento sazonal da precipitação pluvial da cidade de Campina Grande. Com média acumulada anual de 777,9 mm e com o período de abril a julho apresentando os maiores registros, sendo responsável por 56,9% do índice pluviométrico anual. De acordo com Reboita et al., (2010) a estação chuvosa na região Nordeste do Brasil é regida principalmente a atividade convectiva da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que quando está na posição mais austral, assim como o período seco (setembro-dezembro) coincide com o deslocamento da ZCIT para o norte do equador geográfico.

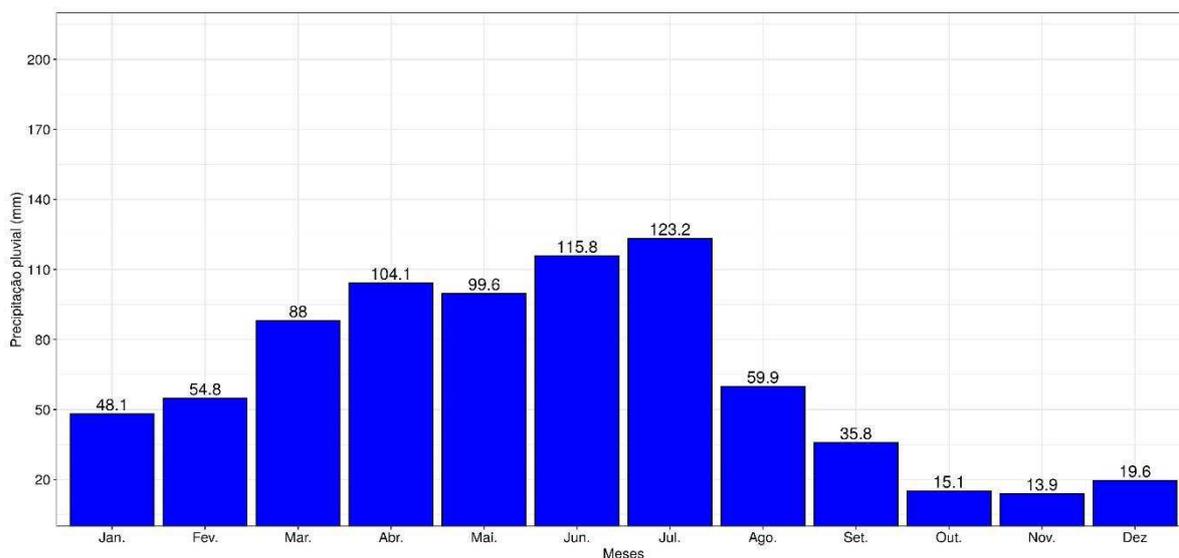


Figura 2. Precipitação mensal no presente (1963-2018) em Campina Grande-PB.

Na Figura 3 é apresentado o padrão sazonal da precipitação pluviométrica de Campina Grande perante o cenário RCP 8.5 do IPCC. No futuro próximo (Figura 3A) é observado índice anual de 871,9 mm, mostrando um aumento na precipitação do município que é visto entre o período de dezembro a maio, com o mês de março apresentando maior acréscimo (112,7 mm) com relação aos dados observados (Figura 1). Referente aos meses que apresentaram redução destaca-se os meses de junho e julho onde foi maior que 70,0 mm, e outubro onde a redução faz com que esse mês apresente redução inferior a 1 mm. O futuro distante (Figura 3B) apresenta comportamento semelhante ao futuro próximo, com os meses de março e abril sendo os mais chuvosos e baixos valores entre agosto e novembro. A média anual é de 800,0 mm mostrando que após um aumento no futuro próximo, há uma redução de 71,9 mm nos registros anuais. Marengo e Ambrizzi (2006) mostram que para esse cenário no Nordeste brasileiro é esperado alterações no regime pluviométrico, corroborando com o que foi observado no presente estudo na cidade de Campina Grande. De acordo com Nielsen et al. (2015), pode se ter alterações positivas e negativas nos índices pluviométricos anuais, o que foi observado no presente estudo, com um aumento na estação chuvosa e diminuições acentuadas no período de estiagem.

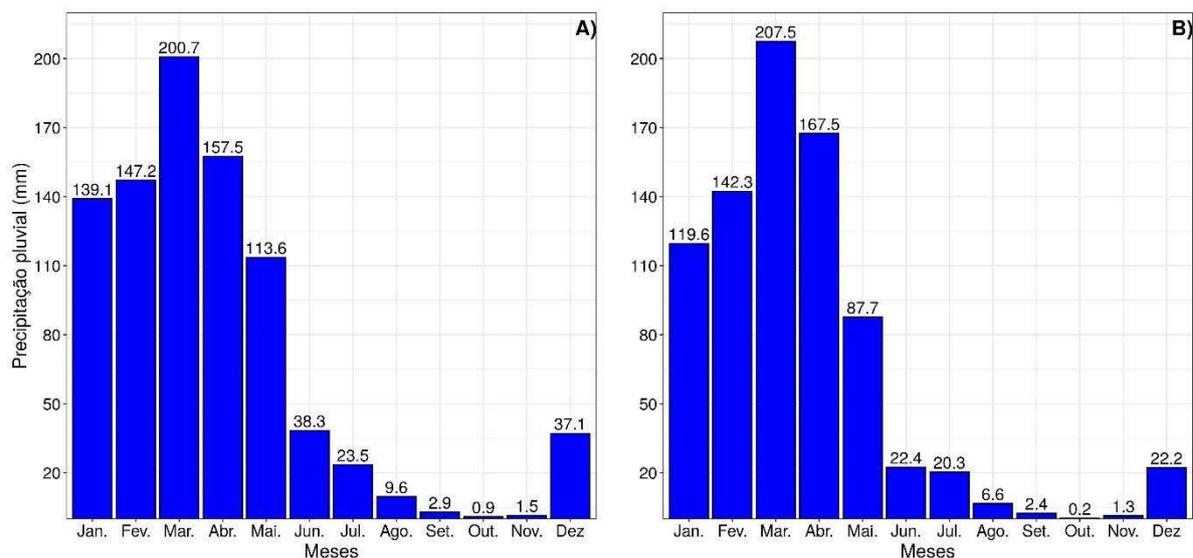


Figura 3. Precipitação mensal A) no futuro próximo (2021-2050) B) futuro distante (2070 à 2099) perante o cenário RCP 8.5 do IPCC em Campina Grande-PB.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Diante dos resultados foi possível observar uma alteração no regime pluviométrico da cidade de Campina Grande perante o cenário 8.5 do IPCC, com alterações tanto na estação chuvosa quanto na estiagem, mostrando os impactos negativos que as mudanças podem causar neste município. Destaca-se um aumento na precipitação anual no futuro próximo que também é observado no futuro distante com magnitude inferior. Espera-se que os presentes resultados possam colaborar no entendimento dos impactos das mudanças climáticas a partir de cenários de emissões no regime pluviométrico da cidade de Campina Grande.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALEXANDER, L.V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond.

Weather and Climate Extremes, v.11, 2016. p.4–16.

BARBU, N.; CUCULEANU, V.; STEFAN, S. Investigation of the relationship between very warm days in Romania and large-scale atmospheric circulation using multiple linear regression approach. **Theoretical and Applied Climatology**, p.1-12. 2015.



FREITAS, S.R. et al. The Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS 5.2): an integrated environmental model tuned for tropical areas. **Geoscientific Model Development Discussions**. p.1-55, 2016.

GUAN, Y.; ZHANG, X.; ZHENG, F.; WANG, B. Trends and variability of daily temperature extremes during 1960–2012 in the Yangtze River Basin, China. **Global and Planetary Change**. Estados Unidos, v.124, p.79–94, 2015.

IBGE - (2018) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>).

NIELSEN, U. N.; BALL, B. A. Impacts of altered precipitation regimes on soil communities and biogeochemistry in arid and semi-arid ecosystems. **Global Change Biology**, Estados Unidos, v.21, n.4, p.1407-1421, 2015.

MARENGO J.A.; AMBRIZZI, T. Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scales: the CREAS (Regional Climate Change Scenarios for South America) initiative in South America. In: **8th International Conference On Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography**. Proceedings of 8 ICSHMO, 2006. Foz do Iguacu, Brazil, p.291–296, 2006.

ORLOWSKY, B.; SENEVIRATNE, S.I. Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. **Climatic Change**, Estados Unidos, v.110, p.669–696, 2012.

PARAK, F., ROSHANI, A., JAMALI, J.B. Trends and anomalies in daily climate extremes over Iran during 1961–2010. *Journal of Environmental & Agricultural Sciences*. 2:11. 2015.



REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **São José dos Campos**, v. 25, p. 185-204, 2010.



AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TEMPO SEVERO EM COMUNIDADE DE SANTARÉM-PARÁ

Gabriel Vidal Mota¹

RESUMO

As atividades humanas são influenciadas pelo tempo e clima, uma vez que as diversas vertentes da sociedade se mostram dependentes dos vários tipos de fenômenos meteorológicos. Porém, da mesma forma que estes contribuem para o equilíbrio, podem assim afetar de forma negativa. Em uma madrugada do dia 29 de abril de 2017, fortes ventos trouxeram prejuízos para a Comunidade de Vila Brasil em Santarém-PA, nesse sentido, o objetivo do trabalho teve o foco na análise diagnóstica do evento, utilizando imagens de satélite, dados do modelo MERGE e reanálises do ERA-Interim. Com isso, foi identificado uma maior influência da Zona de Convergência Intertropical, entre a borda de um sistema ciclônico e um cavado das linhas de corrente nas latitudes de 0° e 5° Norte. Este fato se relaciona ainda mais quando é analisado juntamente com os dados observados. Concluindo que, a precipitação da madrugada foi influenciada pela atuação em grande escala da ZCIT, bem como a presença dos ventos alísios de Nordeste que, em baixos níveis, propagaram linhas de instabilidade para o interior da Bacia Amazônica, alimentando-se da umidade local, formando um sistema convectivo de mesoescala, resultando em fortes correntes de ar descendentes que ocasionaram os estragos nas estruturas habitacionais.

PALAVRAS-CHAVE: SCM; Modelagem; ERA-Interim.

gabrielspacey@gmail.com

¹Discente de Pós-Graduação em Meteorologia da UFCG, Campina Grande, Paraíba.



EVALUATION OF THE WEATHER CONDITIONS IN COMMUNITY OF SANTARÉM-PARÁ

ABSTRACT

Human activities are influenced by time and climate, since the various aspects of society are dependent on the various types of meteorological phenomena. However, in the same way that they contribute to the balance, they can thus affect negatively. At dawn on April 29, 2017, strong winds brought damages to the Community of Vila Brazil in Santarém-PA, in this sense, the objective of the work was focused on the diagnostic analysis of the event, using satellite images, MERGE data and ERA-Interim reanalysis. With this, a greater influence of the ITCZ was identified, between the edge of a cyclonic system and a dug of the stream lines in the latitudes of 0° and 5° North. This fact is related even more when analyzed together with the observed data. In conclusion, the precipitation of the dawn was influenced by the large-scale performance of the ITCZ, as well as the presence of Northeast trade winds, which, at low levels, propagated squall lines into the Amazon Basin, feeding on local humidity, forming a mesoscale convective system, resulting in strong downward air currents that caused the damage in the local structures.

KEY-WORDS: MCS; Modeling; ERA-Interim.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

As atividades humanas são influenciadas pelas condições de tempo e clima, uma vez que as diversas vertentes da sociedade se mostram dependentes dos variados tipos de fenômenos meteorológicos. Em contrapartida, da mesma forma que contribuem para o equilíbrio, também podem afetar de forma negativa através das tempestades severas que podem gerar prejuízos em setores comerciais e pessoais. Esses sistemas, segundo estudos de Pinto et al. (2008), trazem as descargas elétricas intensas e que atingem as grandes cidades e, por isso, estudos desses casos são importantes.

Levando em consideração os sistemas atmosféricos que podem acarretar direta ou indiretamente as tempestades severas na região Norte do Brasil, existem os Complexos Convectivos de Mesoescala, Sistemas Convectivos de Mesoescala, Linhas de Instabilidade, Alta da Bolívia e Zona de Convergência do Atlântico Sul (MADDOX, 1980; DIAS et al., 1983; SILVA DIAS, 1987; FIGUEROA et al., 1995; QUADRO et al., 2012; FERREIRA, 2015). Entretanto, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema de precipitação que afeta diretamente região Amazônica, seguindo um padrão que pode ser observado através das imagens de satélite e também em dados de precipitação estimada por satélite (MARENGO et al., 2011).

Em uma escala mais local, Fitzjarrald et al. (2008) encontraram uma diferença nos padrões locais de chuva na região de Santarém-PA. A precipitação vespertina foi gerada a partir da convecção local, balanceada pelos rios. Predominantemente, a precipitação média era principalmente noturna, hipótese de ser o resultado da passagem das linhas de instabilidade que se propagaram do litoral norte para a região da confluência. As LI formavam-se no final da tarde e propagavam-se no continente, posteriormente alcançando a região durante a noite. Resultados de Cohen et al. (2014), encontraram uma máxima precipitação noturna ao longo do rio Amazonas, consistente com a hipótese de que esta precipitação estaria associada a passagem de LI neste período, reforçado pela canalização do rio e confluência do vento de retorno da brisa fluvial durante a noite. Foi noticiado pela imprensa local, na madrugada do dia 29 de abril de 2017, um evento de fortes ventos que trouxeram prejuízos para a Comunidade de Vila Brasil (2°24'11.6"S e 55°13'47.1"W), anexo ao rio Arapiuns. Nesse sentido, o objetivo do trabalho tem foco na análise da atmosfera de forma diagnóstica na ocorrência do referido evento, utilizando imagens de satélite e dados meteorológicos de reanálise.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo do trabalho tem foco na análise da atmosfera de forma diagnóstica na ocorrência do referido evento, utilizando imagens de satélite e dados meteorológicos de reanálise.

MATERIAL E MÉTODOS / MATERIAL AND METHODS

A comunidade de Vila Brasil é pertencente a parte noroeste da região metropolitana de Santarém, no estado do Pará, com um pouco mais de 400 habitantes, segundo informações da Assessoria de Comunicação da Prefeitura em 2017. Situada próximo ao rio Arapiuns, cuja bacia hidrográfica ocupa uma superfície de 7.064 km², entre os rios Tapajós e Amazonas, segundo informações da Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Turismo. Do ponto de vista de sua localização, Santarém situa-se no Oeste do Pará e abrange uma área de 17.898,389 km², onde estão distribuídas 294.580 pessoas, de acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2010.

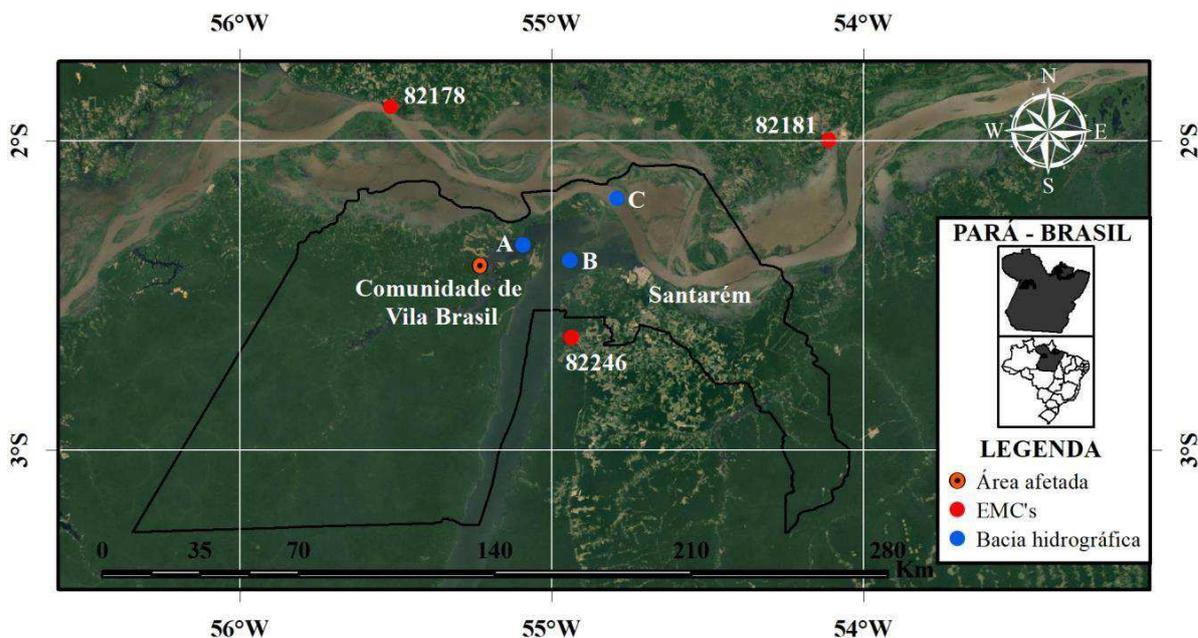


Figura 1: Localização da Vila Brasil que teve estruturas destruídas por fortes ventos na madrugada do dia 29/04/2017. Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's) mais próximas aos rios Arapiuns (A), Tapajós (B) e Amazonas (C).

Para as análises diagnósticas do evento, com dados de resolução espacial de 4 km e filtro de ondas longas em 10.7 μm do sistema GOES-13 - Geostationary Operational Environmental Satellite, foram utilizadas imagens no canal infravermelho e temperatura realçada no topo da nuvem, editados e disponibilizados pela Divisão de Sistemas e Satélites Ambientais (DSA). Para as análises atmosféricas de maneira mais específica, foram usados dados de precipitação (mm) com resolução espacial de 25 km da América do Sul pelo modelo MERGE, (ROZANTE et al., 2010). Esses dados foram produzidos através das estimativas do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) e interpolados a dados observados das estações meteorológicas de superfície. Assim também, dados de reanálise entre dois domínios de grade do projeto ERA-Interim (DEE et al., 2011), administrado pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). O primeiro domínio compreende a América do Sul, com latitudes de 50° Sul a 10° Norte e longitudes de -83° a 34° Oeste. O segundo compreende o estado do Pará, com latitudes de 10° Sul a 3° Norte e longitudes de 60° a 46° Oeste. A resolução espacial do primeiro e segundo domínio é de cerca de 25 e 13 km, respectivamente. Campos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), vento zonal e meridional (hPa), vento vertical ômega (Pa/s) e umidade

relativa (%), foram produzidos em níveis de 900, 850, 500 e 250 hPa, através do software gráfico Grid Analysis and Display System (GrADS) em horários do Universal Time Coordinated (UTC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Na análise do vento zonal e meridional em nível de 250 hPa, a circulação predomina com a influência do sistema anticiclônico da Alta da Bolívia (AB), centrada sobre a região Nordeste do estado do Mato Grosso no horário de 00 UTC (Figura 2A), deslocando-se para o centro do estado em 06 UTC (Figura 2B) e retrocedendo ao Noroeste do estado de Goiás às 12 UTC (Figura 2C), entre 14° de latitude Sul e 50° de longitude Oeste. No litoral Nordeste, segue a atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), em 00 UTC (Figura 2A), tendo enfraquecimento e afastamento em direção ao mar às 06 UTC (Figura 2B), originando um sistema ciclônico de alta pressão centrado sobre o oceano Atlântico do hemisfério Norte às 12 UTC (Figura 2C) e entre 5° de latitude Norte e 34° de longitude Oeste. Na imagens de satélite, disponibilizadas pelo DSA do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), associado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), áreas de instabilidade em grande parte da região Norte, principalmente ao Nordeste do estado do Pará, notadas às 00 UTC (Figura 2A) e no período das 06 UTC (Figura 2B), com a passagem de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) sobre grande parte da região, assim como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), entre as latitudes de 5° Sul a 5° Norte. A passagem de nebulosidade, em 12 UTC (Figura 2C), atinge a sua maturação e dissipação, com temperatura do topo da nuvem em -70 °C. Com a atuação do Jato Subtropical (JST) centrado em -30° Sul, acompanhado ao giro da AB, trazem a ocorrência de ventos intensos e a presença da nebulosidade nos três horários (Figura 2), observadas sobre parte da região Sudeste e Centro Oeste.

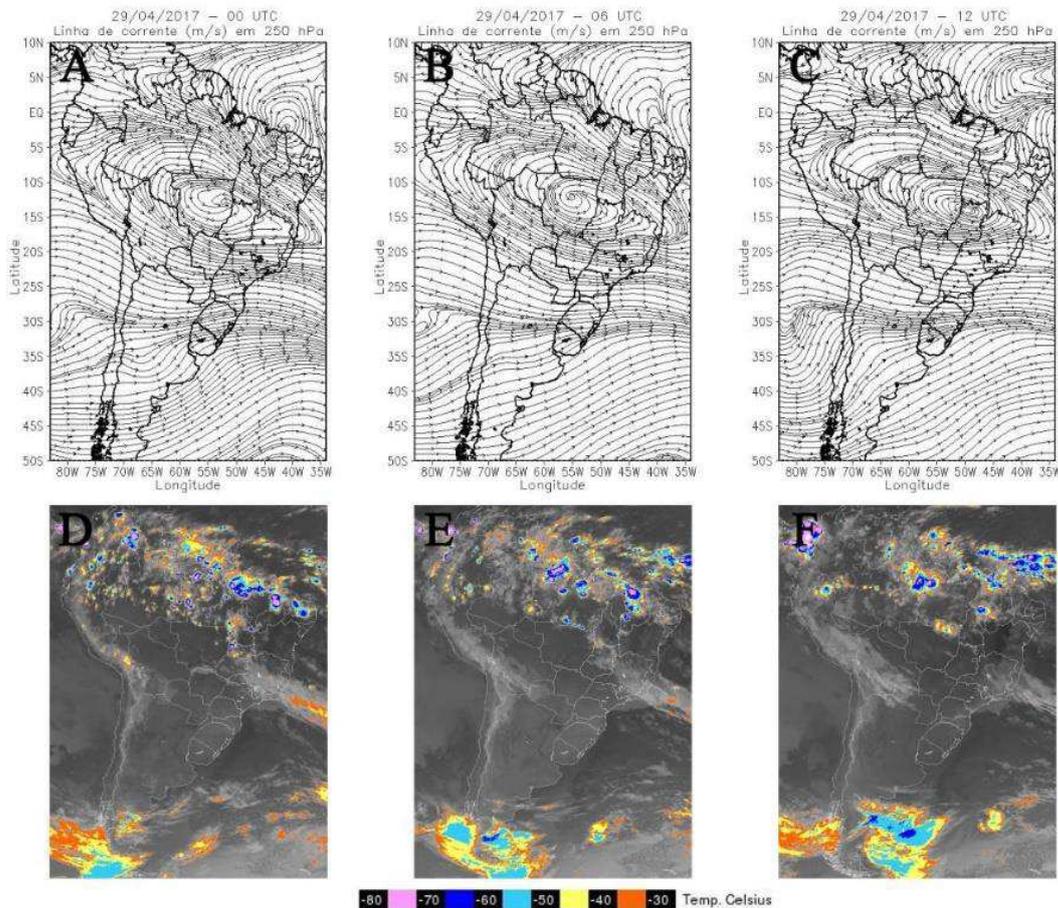


Figura 2: Reanálise do vento zonal e meridional (em m/s) no nível de 250 hPa do dia 29/04/2017, separados entre horários de A: 00, B: 06 e C: 12 UTC. No mesmo padrão, as partes D, E e F, estão organizadas as imagens de satélite.

Nos campos de vento no nível de 850 hPa, a circulação em baixos níveis na região Norte do Brasil segue influenciada pelos ventos alísios de Nordeste em ambos os horários. Condição assim descrita por estudos de Grimm et al. (2005), Vera et al. (2006) e Drumond et al. (2008), cujo escoamento do oceano atlântico adentra a costa Nordeste, seguindo até ao leste amazônico onde, neste caso, a maior parte em baixos níveis segue influenciado pela borda do VCAN e AB em altos níveis. Na região Sul, Sudeste e Centro Oeste, seguem influenciados pelo sistema anticiclônico pós-frontal, cujo o centro se encontra a leste do estado do Rio Grande do Sul às 00 UTC (Figura 3G), deslocando-se para a região Sudoeste às 06 UTC (Figura 3H) e chegando ao Centro Sul às 12 UTC (Figura 3I). O sistema de alta pressão em baixos níveis, formado após a passagem do sistema frontal,

trouxe a inibição de nebulosidade na região durante os três horários. Para os campos de precipitação estimados pelo modelo MERGE, no período das 00 UTC (Figura 3J), os pontos de precipitação a partir dos 6 mm só foram perceptíveis somente em pontos distintos nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Paraíba e pontos isolados sobre o Oceano Atlântico. No estado do Pará, no horário das 06 UTC (Figura 3K), os pontos ficam mais evidentes na parte Oeste e Noroeste, próximos a área de estudo, além de pontos no Oceano. No período das 12 UTC, (Figura 3L), há uma diminuição de pontos de precipitação isolados, mantendo somente próximo da área de estudo e pontos concentrados no Oceano.

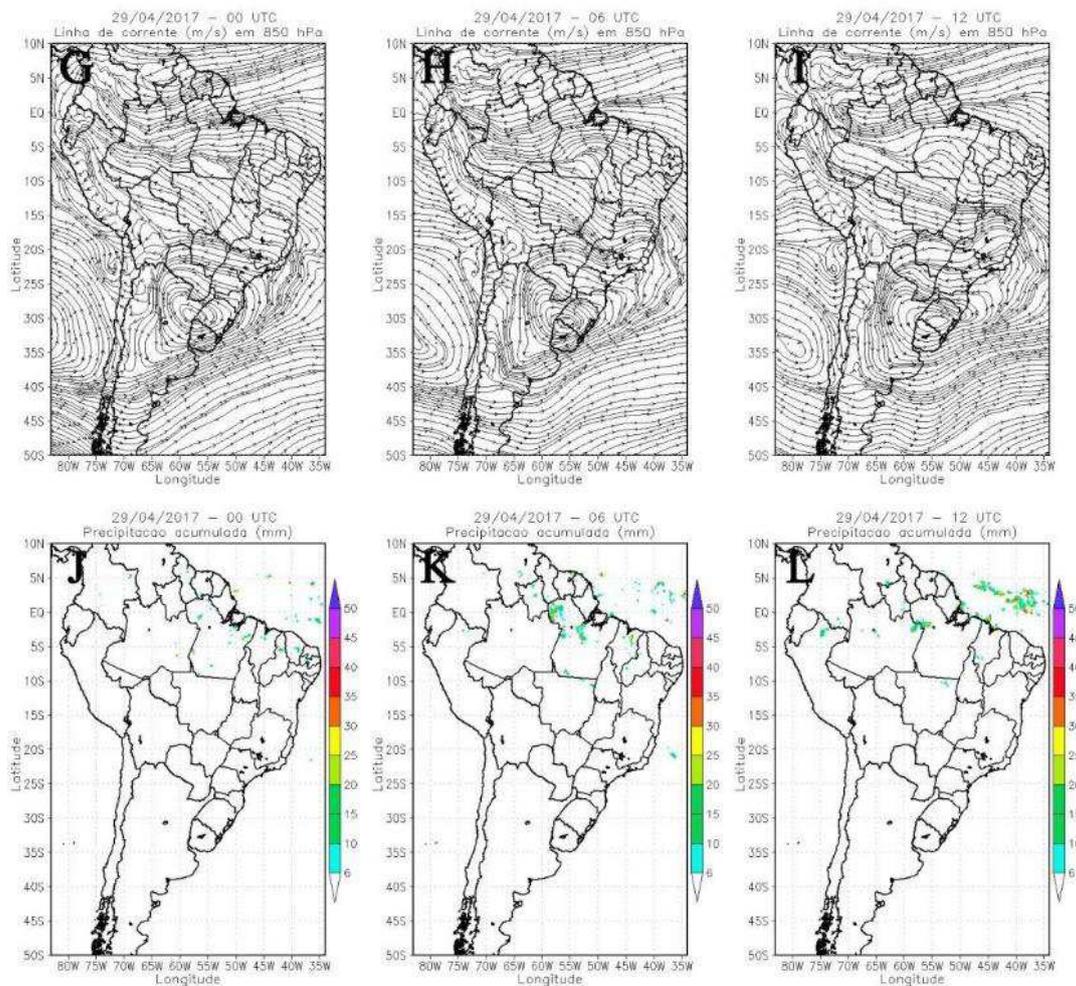


Figura 3: Reanálise do vento zonal e meridional (em m/s) no nível de 850 hPa (G, H e I) e a estimativa de precipitação horária pelo modelo MERGE (em mm) do dia 29/04/2017, separados entre horários de 00, 06 e 12 UTC (J, K e L).

Nos campos de umidade relativa em nível de 250 hPa, a distribuição da variável ocorre de maneira heterogênea em toda a área do estado do Pará. No período das 00 UTC (Figura 4M), há uma predominância da umidade de cerca de 70 % a 80 % na região Norte até ao Sul do estado e pontos de 100 % concentrados apenas a região Nordeste, Norte e Oeste. No período das 06 UTC (Figura 4N), observa-se um aumento para 90 % e 100 % em grande parte da região Norte e valores de cerca de 10 % a 30 % na região Sudeste. No período das 12 UTC (Figura 4O), grande parte da região Norte do estado encontra-se ocupada por pontos de 100 % ao nível de 250 hPa. Na região Sudoeste, encontra-se um avanço de uma região mais seca, com 10 % a 40 % até aos 3° de latitude Sul. Na região afetada, ao nível de pressão analisado, não houve nenhuma alteração de umidade ao longo do tempo, mantendo o padrão de 80 % a 90 % nos três horários. Em relação aos campos de umidade relativa em nível de 850 hPa, a distribuição geral torna-se mais homogênea do que em relação ao nível mais alto de pressão e caracterizada conforme o que demonstra as imagens de satélite utilizadas. No período das 00 UTC (Figura 4P), nota-se uma mancha distinta de umidade, na região Oeste do estado, com um núcleo de umidade entre 75 % e 80 % e outros de 95 % a 100 % ao Norte, Leste e Sul. Em relação ao período das 06 UTC (Figura 4Q), o mesmo núcleo sobre a área da região afetada diminui seu tamanho, juntamente com o aumento de regiões com cerca de 95 % e 100 % de umidade relativa ao redor do núcleo e uma área de 65 % a 70 % adentrando o continente via Nordeste do estado. No período das 12 UTC (Figura 4R), o núcleo de umidade sobre a área se desloca a direção Sul da região afetada, fazendo com que a mesma fique com cerca de 80 % a 85 %. Em relação a região Norte do estado, ocorre o surgimento de um núcleo com cerca de 65 % a 70 % de umidade relativa, além das áreas com 95 % a 100 % que se intensificaram na região Oeste, Sul e Leste.

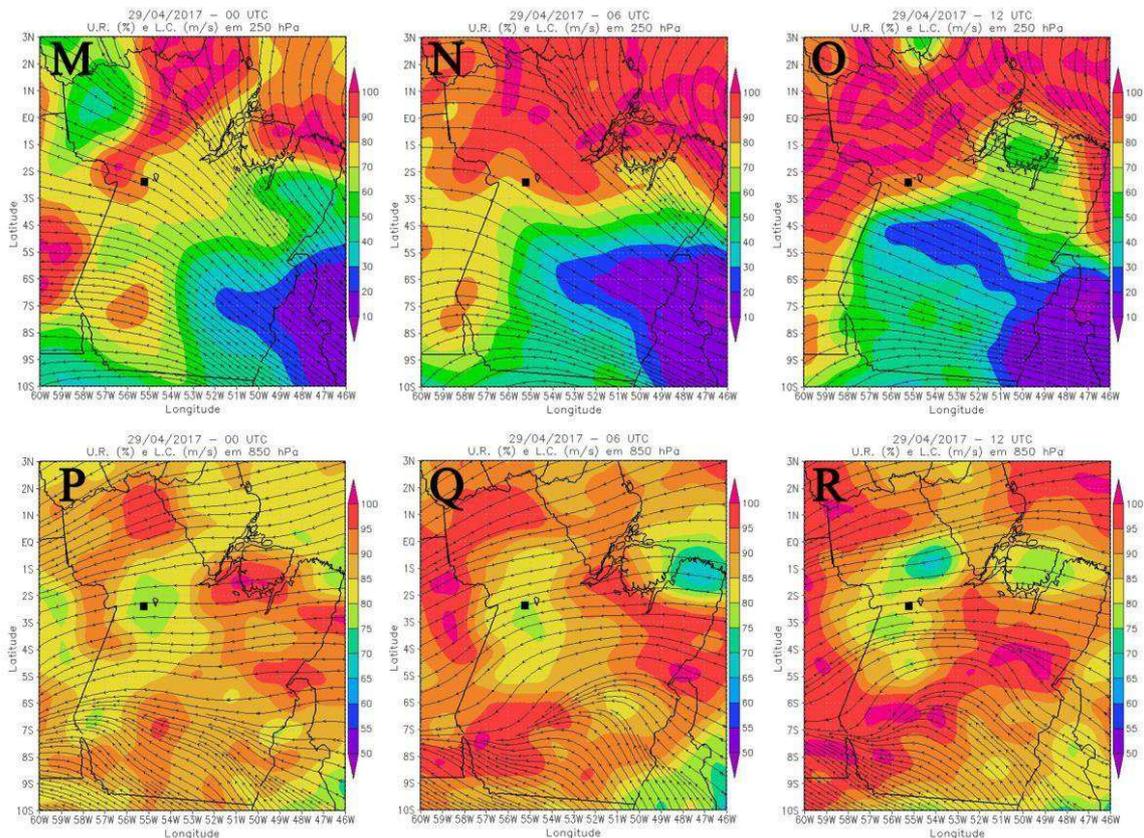


Figura 4: Campos da umidade relativa (em %) e do vento zonal e meridional (em m/s) nos níveis de 250 hPa (M, N e O) e 850 hPa (P, Q e R), entre os horários de 00, 06 e 12 UTC. O quadrado em cor preta representa a região afetada.

Na figura 4, foram reproduzidas as variáveis de temperatura e vento vertical ômega em nível de 500 hPa e de 900 hPa. A utilização do vento vertical constitui-se na identificação de movimentos ascendentes ou descendentes, representados por linhas tracejadas e contínuas, respectivamente. No período das 00 UTC (Figura 4S), a temperatura encontra-se entre -5.2°C e -4.8°C na maior parte do estado, sendo -4.8°C a -4.2°C desde a região Leste até Sudeste. No mesmo período, são observados os movimentos ascendentes em quase todo o estado do Pará, com dois núcleos descendentes próximos ao Norte e Leste da área de estudo. No período das 06 UTC (Figura 4T), a temperatura em maior parte encontra-se com -5.6°C e -5.0°C . Ao Nordeste e Sul do estado, núcleos de -6°C e um de cerca de -3.8°C ao Noroeste. Em relação aos ventos, o predomínio de movimentos ascendentes e intensificação de núcleos descendentes na parte Norte, Leste e Sul. No período das 12 UTC (Figura 5U), aumento da temperatura em partes do Norte, Leste e

Sul do estado. Além disso, há uma aproximação entre um núcleo com $-5.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ de Oeste e outro com $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $4.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ de Leste. Nos movimentos verticais, encontra-se um núcleo descendente que ocupa grande parte da região Oeste do estado, com núcleos ascendentes em pontos de toda a região, principalmente nas partes Norte, Leste e Sul. Nos campos de 900 hPa do período das 00 UTC (Figura 5V), a temperatura próxima a região de estudo encontra-se entre $21.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, juntamente em uma linha de transição entre um núcleo de vento ômega descendente e outro ascendente. No período das 06 UTC (Figura 5X), a temperatura na região oscila negativamente e se estabelece entre $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $20.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, além de um núcleo de ventos descendentes atuantes sobre a área de estudo. No período das 12 UTC (Figura 5Y), a temperatura na região adquire amplitude de $19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $20.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, com quase todo o estado do Pará sendo influenciado pela atuação do movimento descendente do vento vertical ômega.

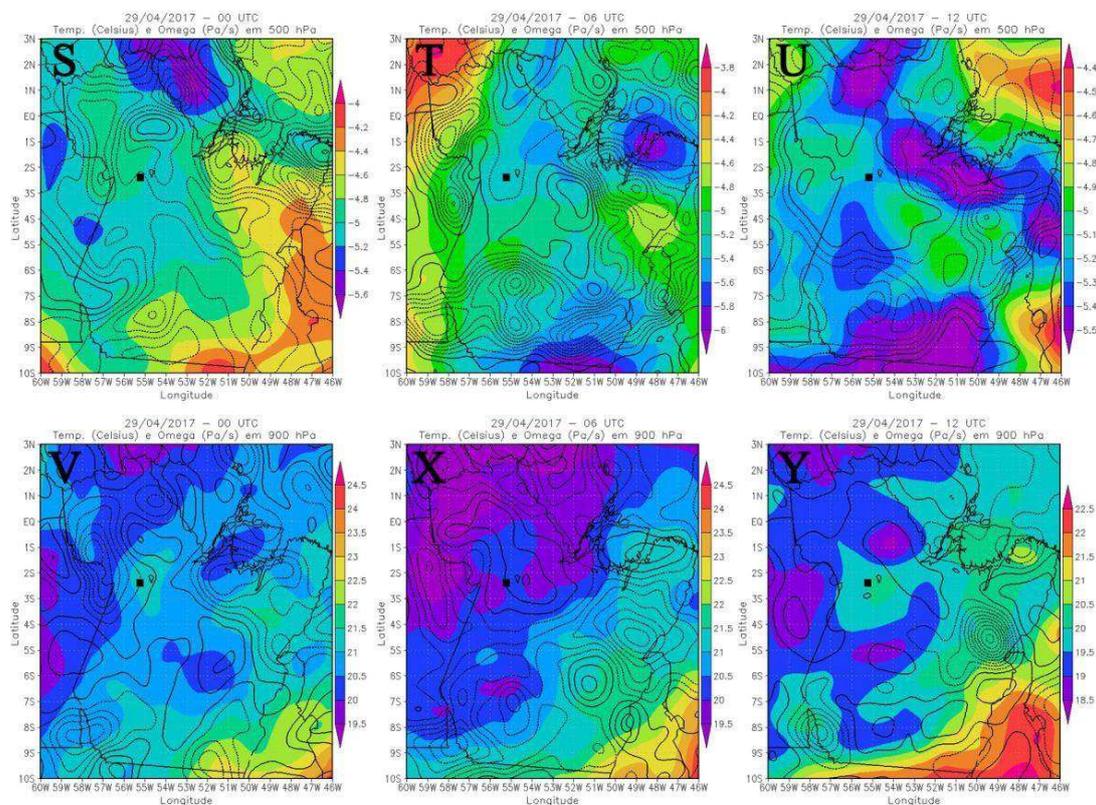


Figura 5: Campos da temperatura (em $^{\circ}\text{C}$) e do vento vertical ômega (em Pa/s) nos níveis de 500 hPa (S, T e U) e 900 hPa (V, X e Y), entre os horários de 00, 06 e 12 UTC. O quadrado em cor preta representa a região afetada.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Realizando uma análise nas imagens de satélite de todas as variáveis meteorológicas montadas em gráficos, através do software GrADS, foram identificados os sistemas de grande e mesoescala atuantes na América do Sul, mantendo o foco na região tropical, bem como na pequena área de estudo.

Na figura 2, levando em conta a grande escala, estavam atuando os sistemas da Zona de Convergência Intertropical, principalmente sobre a linha do equador, da Alta da Bolívia sobre a região central do Brasil, influenciando até ao sul do estado do Pará, assim como a passagem de uma frente fria sobre o Sudeste brasileiro. Na figura 3, em circulação de baixos níveis, a região de estudo segue influenciada pelos ventos alísios de Nordeste, a região central por ventos de Sudeste e a parte Sul por um anticiclone pós-frontal. Com as informações de precipitação do modelo MERGE, a precipitação de maior volume encontra-se sobre a região Norte e litoral do Nordeste brasileiro. Na figura 4, a umidade relativa em altos níveis permanece estável sobre a região de estudo e a parte Leste e Sudeste do estado do Pará, uma região mais seca. Em baixos níveis, a variável comporta-se de maneira mais homogênea, mantendo um núcleo de umidade constante sobre a região. Na figura 5, levando em consideração a temperatura em 500 hPa e 900 hPa, a temperatura diminui em relação ao tempo. Já em relação ao vorto vertical ômega, a circulação no nível mais alto permanece predominantemente ascendente em pelo menos dois períodos, enquanto em um nível mais baixo, a circulação é predominantemente descendente na área de estudo. Levando em consideração as medidas das Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's) destacadas na Tabela 1, embora não tenha registrado uma velocidade do vento diferenciada, os registros de temperaturas e precipitações são peculiares em 12 UTC, horário próximo a posterior ao fenômeno destrutivo analisado, com 25 °C e 27 mm em Belterra e 24 °C e 40 mm em Monte Alegre, pontos assim localizados em destaque na Figura 1.

Tabela 1: Variáveis meteorológicas das estações convencionais do INMET para as cidades de Belterra (82246), Óbidos (82178) e Monte Alegre (82181) do dia 29/04/2017, identificadas na Figura 1.

Horário (UTC)	EMC's (INMET)	Pressão (hPa)	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Precipitação (mm)	Vento (Direção)	Vento (m/s)
00	82246	992	26	94	00	SSW	01
12	82246	996	25	94	27	SE	01
18	82246	994	28	88	00	NE	01
00	82178	1000	27	90	00	Calma	00
12	82178	-	-	-	-	-	-
18	82178	-	-	-	-	-	-
00	82181	1000	28	73	00	Calma	00
12	82181	1002	24	95	40	SE	01
18	82181	999	29	78	00	N	01

Com os dados meteorológicos disponíveis para a região, foi o suficiente para identificar principalmente os sistemas de grande e mesoescalas. Levando em consideração as imagens de satélite e escoamento do vento em altos níveis, foi evidenciado como fonte principal de precipitação na região Norte, a Zona de Convergência Intertropical entre a Borda de um sistema ciclônico e um cavado das linhas de corrente nas latitudes de 0° e 5° Norte. Este fato se relaciona ainda mais quando é analisado juntamente com os dados observados através do modelo MERGE. A sequência dos dados horários evidencia que a precipitação desde a madrugada foi influenciada pela atuação em grande escala da ZCIT, bem como a presença dos ventos alísios de Nordeste que, em baixos níveis, deslocam a convergência de umidade para o interior do continente. Condições estas já descritas por trabalhos de Fitzjarrald et al. (2008) e Cohen et al. (2014).

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO; Prefeitura Municipal. Decreto N° 533/17 - Situação de emergência. Santarém (Brasil): Prefeitura Municipal; 2017.



CAMPOS CRJ, EICHHOLZ CW. Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. *Revista Brasileira de Geofísica*. 2011;29(2):331-345.

COHEN JCP, FITZJARRALD, DR, D'OLIVEIRA FAF, SARAIVA I, BARBOSA IRS, GANDU AW et al. Radarobserved spatial and temporal rainfall variability near the Tapajós-Amazon confluence. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2014;29(esp):23-30.

DEE DP, UPPALA SM, SIMMONS AJ, BERRISFORD P, POLI P, KOBAYASHI S et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society*. 2011;137(656):553-597.

DIAS MAFS. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 1987;2(1):133-150.

DIAS PLS, SCHUBERT WH, DEMARIA M. Large-Scale Response of the Tropical Atmosphere to Transient Convection. *Journal Of The Atmospheric Sciences*. 1983;40(11):2689-2707.

DRUMOND A, NIETO R, GIMENO L, AMBRIZZI T. A Lagrangian identification of major sources of moisture over Central Brazil and La Plata Basin. *Journal Of Geophysical Research*. 2008;113(14):1-9.

FERREIRA V, ANABOR V. Climatologia de sistemas convectivos de mesoescala ocorridos sobre a América do Sul no período de 2005 a 2006. *Ciência e Natura*. 2015;37:17-21.

FIGUEROA SN, SATYAMURTY P, DIAS PLS. Simulations of the Summer Circulation over the South American Region with an Eta Coordinate Model. *Journal Of The Atmospheric Sciences*. 1995;52(10):1573-1584.

FITZJARRALD DR, SAKAI RK, MORAES OLL, OLIVEIRA RC, ACEVEDO OC, CZIKOWSKY MJ et al. Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence. *Journal Of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2008;113(1):1-17.

GRIMM AM, VERA CS, MECHOSO CR. The South American Monsoon System in The Global Monsoon System: Research and Forecast. Hangzhou (China): International



- Committee of the Third International Workshop on Monsoons; 2004 Nov. Report No.: 1266. TMRP Report No.: 70. Sponsored by The World Meteorological Organization.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [Internet]. Santarém: Censo Demográfico 2010 [cited 2018 oct 12]. Panorama de Santarém-PA. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>.
- JUNIOR OP, NACCARATO KP, PINTO, IRA. Raios em grandes centros urbanos no sudeste do Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*. 2008;32(2-3):14-18.
- KOUSKY VE, KAGANO MT. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. *Acta Amazonica*. 1981;11(4):743-758.
- MADDOX RA. Mesoscale Convective Complexes. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1980;61(11):1374-1378.
- MARENGO JA, TOMASELLA J, ALVES LM, SOARES WR, RODRIGUEZ DA. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*. 2011;38(12):1-5.
- NASCIMENTO, EL. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 1, p. 121-140, 2005.
- QUADRO MFL, DIAS MAFS, HERDIES DL, GONÇALVES LGG. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2012;27(2):152-162.
- ROZANTE JR, MOREIRA DS. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. *Weather And Forecasting*. 2010;25(3):885-894.
- SCHMIT TJ, GRIFFITH P, GUNSHOR MM, DANIELS JM, GOODMAN SJ, LEBAIR WJ. A Closer Look at the ABI on the GOES-R Series. *Bulletin Of The American Meteorological Society*. 2017;98(4):681-698.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO E TURISMO, Prefeitura Municipal. Inventário da Oferta e Infraestrutura Turística. Santarém (Brasil). Prefeitura Municipal, 2013. 268 p.



VERA C, HIGGINS W, AMADOR J, AMBRIZZI T, GARREAUD R, GOCHIS D et al. Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. *Journal Of Climate*. 2006;19(20):4977-5000.

ZHOU J, LAU K. Does a Monsoon Climate Exist over South America?. *Journal Of Climate*. 1998;11(5):1020-1040.





AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO CHIRPS SOBRE O NORDESTE DO BRASIL

Ismael Guidson Farias de Freitas¹; Helber Barros Gomes²; Thayna Silva Vila Nova³;
Matheus José Arruda Lyra¹; João Pedro Gonçalves Nobre⁴

RESUMO

É de grande relevância conhecer os padrões pluviométricos e muitas vezes não se tem observações de superfície, desta forma têm sido utilizado estimativas de precipitação. O objetivo é validar as estimativas do CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station*) com dados pluviométricos das estações meteorológicas de São Luís- MA, Recife-PE e Salvador-BA, para dados de 30 anos. Para analisar as estimativas do CHIRPS foram utilizados dados de três estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia entre 1988 e 2018, onde foi avaliado cálculos estatísticos do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r), Erro Quadrático Médio da Raiz (RMSE), Coeficiente de Determinação (R^2) e Erro Médio (BIAS). Os resultados das médias mensais indicaram que as estimativas de precipitação foram bem representadas em São Luis-MA e Recife-PE, onde apresentaram índices altos de r (0,93 e 0,99, respectivamente) e R^2 (92% e 87%, respectivamente), e baixo RMSE ($< 3,57\text{mm}$), enquanto em Salvador-BA os valores de r e R^2 foram menores, e RMSE acima de 7,28 mm. Nos resultados das médias anuais através de BIAS, observaram-se valores próximos da neutralidade em São Luis-MA e Recife-PE, porém Salvador-BA subestimou significativamente em todo o período. O CHIRPS pode ser usado na ausência de dados de superfície, pois apresentou valores próximos do observado, porém ainda apresenta áreas onde os valores não são aceitáveis. **PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação; CHIRPS; Nordeste do Brasil.

Autor para correspondência: ismael.guidson@gmail.com

1Discente de Doutorado na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2 Professor da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 3 Discente de Graduação na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 4Discente de Mestrado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, São Paulo.

PERFORMANCE EVALUATION OF THE CHIRPS PRECIPITATION OVER THE NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

Knowing rainfall patterns is very relevant and often there are no surface observations, so precipitation estimates have been used. The objective is to validate Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS) estimates with rainfall data from São Luís-MA, Recife-PE and Salvador-BA weather stations for 30-year data. To analyze how to monitor CHIRPS, data from three meteorological stations of Instituto Nacional de Meteorologia between 1988 and 2018 were used, where Pearson Linear Correlation Coefficient (r), Root Mean Square Error (RMSE), Coefficient of Determination (R^2) and Mean Error (BIAS). Monthly media results indicated as screen capture were well represented in São Luis-MA and Recife-PE, where the high rates of r (0.93 and 0.99, respectively) and R^2 (92% and 87%, respectively), and low RMSE (<3.57mm), while in Salvador-BA r and R^2 values were lower and RMSE above 7.28 mm. In the results of advanced media through BIAS, we observed values close to neutrality in São Luis-MA and Recife-PE, but Salvador-BA underestimated the tests throughout the period. CHIRPS can be used in the absence of surface data as it shows the following observed values but still has areas where the values are not acceptable.

KEY-WORDS: Precipitation; CHIRPS; Northeast Brazil.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes do sistema climático, pois sua ocorrência influencia diversas atividades humanas e sua variabilidade define o clima de diversas áreas (NOGUEIRA et al., 2019). Conhecer estas variações através de dados pluviométricos torna-se importante, uma vez que é possível realizar o planejamento e tomadas de decisão futuras, principalmente aquelas ligadas aos setores econômicos como a agricultura, geração de energia hidroelétrica, entre outros.

Os dados pluviométricos obtidos através de medições realizadas por estações meteorológicas de superfície, seja convencional ou automática, ainda possui uma rede de monitoramento pouco densa e muitos estudos que avaliam o comportamento da precipitação possui dados pontuais que são generalizados para uma grande área, não representando as características espaço-temporal da variável (MELLO e OLIVEIRA, 2016).

Com a carência de dados de superfície, diversas fontes vêm sendo utilizadas para preencher as lacunas que existem, como por exemplo produtos obtidos por meio de sensores abordo de satélites, algoritmos de interpolação e modelos atmosféricos,



aplicados em escalas global e regional, onde existe a ausência de estações meteorológicas de superfície (BAYISSA et al., 2017; COSTA et al., 2019).

Os dados do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS)* além de ser uma plataforma que disponibiliza estimativas da precipitação, está sendo aplicado em áreas que exigem melhor representação da variável. Desta forma, diversos estudos foram realizados ao redor do mundo avaliando o desempenho das estimativas de precipitação destes dados, verificando a acurácia com base em estações meteorológicas de superfície (KATSANOS et al., 2016; PAREDES-TREJO et al., 2017; BAI et al., 2018).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Diante do exposto acima, este trabalho tem como objetivo principal validar as estimativas de precipitação do CHIRPS com dados pluviométricos oriundos das estações meteorológicas de São Luís- MA, Recife-PE e Salvador-BA, para um período de dados de 30 anos (entre 1988 e 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Os dados de estimativas do CHIRPS foram baixados através do Climate Hazards Group (<http://legacy.chg.ucsb.edu/data/chirps>) da University of California, Santa Barbara, com resolução de 0.05° (~5 km) e abrange as latitudes de 50° S - 50° N (e todas as longitudes), desde 1981 até o presente (FUNK et al., 2015). Os dados estão dispostos com resolução temporal diária e mensal. Para este estudo foi utilizado os dados com resolução temporal mensal.

Para avaliar os dados do CHIRPS, foram selecionadas três estações (Figura 1) meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que apresentasse poucas falhas de dados nas séries temporais. Os dados foram baixados através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) (<http://inmet.gov.br/>), onde compreende os valores mensais de precipitação entre janeiro de 1988 e dezembro de 2018 nas cidades de São Luis-MA (2° 31' 48.0''S; 44° 12' 36.0''O), Recife-PE (8° 3' 0.0''S; 34° 57' 0.0''O) e Salvador-BA (13° 0' 36.0''S; 38° 31' 48.0''O). A validação dos dados do CHIRPS foi realizada de forma quantitativa através do Coeficiente de Correlação

Linear de Pearson (r), Erro Quadrático Médio da Raiz (RMSE), Coeficiente de Determinação (R^2) e Erro Médio (BIAS) (WILKS, 2011).

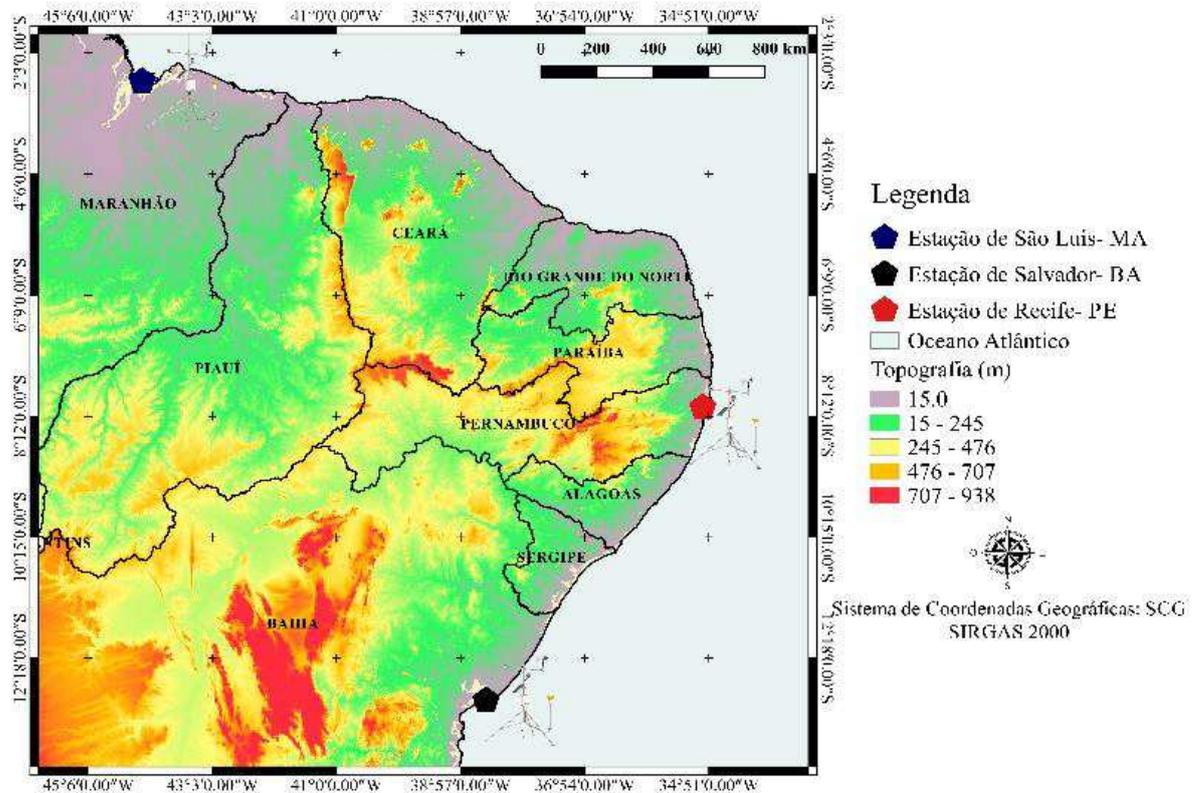


Figura 1: Localização das estações meteorológicas do INMET no Nordeste do Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A Tabela 1 apresenta os valores de r e RMSE entre os dados do CHIRPS e as estações meteorológicas de superfície. A Figura 2 apresenta as médias mensais de precipitação para o CHIRPS (vermelho) e estações do INMET (azul). De acordo com os resultados obtidos na Figura 2, observa-se que sobre as estações de São Luís-MA e Recife-PE os dados do CHIRPS apresentaram boa concordância com as estações do INMET, reproduzindo os padrões de precipitação mensal entre 1988 e 2018, enquanto em Salvador-BA foi possível observar uma diferença significativa entre os ambos os dados. O r apresentou alto valores em quase todos os meses para as cidades de São Luís-MA (0,97) e Recife-PE (0,99), onde os valores de RMSE foram menores. Em Salvador-BA,

onde a precipitação do CHIRPS não foi bem representada, o coeficiente de correlação foi alto, porém o RMSE apresentou valores acima de 7,13 mm.

Ainda de acordo com a Figura 2, tanto os períodos secos como chuvosos, foi possível observar sobre a estação de São Luis-MA uma boa representatividade nos dados de precipitação do CHIRPS entre junho e dezembro, cujos valores foram menos intensos, com RMSE entre 0,13 e 2,28 mm e alta correlação (aproximadamente entre 0,72 e 0,93). Em Recife-PE os valores de RMSE apresentaram baixa flutuação, principalmente entre os meses de setembro e abril, variando entre 0,27 a 1,92 mm. Entre maio e agosto o RMSE apresentou uma maior variação, entre 2,10 e 3,62 mm, e com altos valores de r. Em Salvador ao avaliar os valores de correlação e RMSE, apenas no mês de janeiro e fevereiro o CHIRPS apresentou bom desempenho em suas estimativas, porém ainda subestimando os dados observados (Figura 2). Os resultados estão de acordo com aqueles de Paredes-Trejo et al. (2017), que observaram que o CHIRPS tende estimar melhor a precipitação em determinados locais sobre a região nordeste do Brasil, enquanto em outros locais apresenta deficiência.

Tabela 1: Índice Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r) e Erro Quadrático Médio da Raiz (RMSE)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
São Luis	0,86	0,90	0,78	0,91	0,91	0,92	0,81	0,79	0,52	0,93	0,72	0,93
MA	3,57	7,24	1,16	5,25	2,28	1,56	2,22	0,13	1,16	0,60	0,21	0,86
Recife	0,79	0,92	0,93	0,94	0,97	0,80	0,83	0,71	0,99	0,92	0,91	0,87
PE	1,92	0,95	0,69	0,47	3,62	2,48	2,10	3,40	0,75	0,97	0,27	0,41
Salvador	0,93	0,98	0,78	0,92	0,78	0,63	0,86	0,57	0,46	0,78	0,77	0,59
BA	8,16	7,13	10,05	25,10	35,76	37,54	29,23	20,99	15,06	10,53	12,94	7,45

r=tabela sombreada; RMSE=tabela em branco

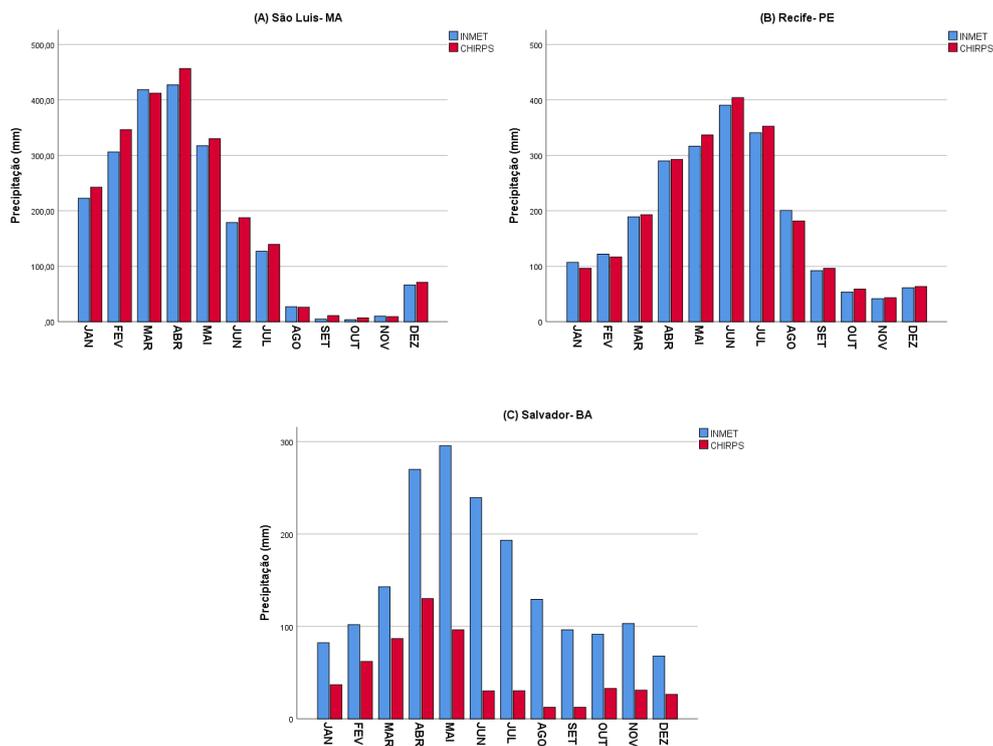


Figura 2: Média Mensal de Precipitação durante o período de 1988 a 2018 em São Luis-MA (A), Recife-PE (B) e Salvador- BA (C).

A Figura 3 apresenta a comparação entre os dados mensais do CHIRPS e estações do INMET no período entre janeiro de 1988 e dezembro de 2018. O coeficiente de determinação foi de 92,9% em São Luis-MA, mostrando uma forte associação entre os dados do CHIRPS e INMET, ou seja, 92,9% dos dados do INMET podem ser estimados pelo CHIRPS (Figura 3A). Sobre Recife-PE, o valor de R^2 foi de 87,7 % (Figura 3B), enquanto em Salvador (Figura 3C), foi possível observar uma forte dispersão entre os dados com valor de R^2 de apenas 48,8%.

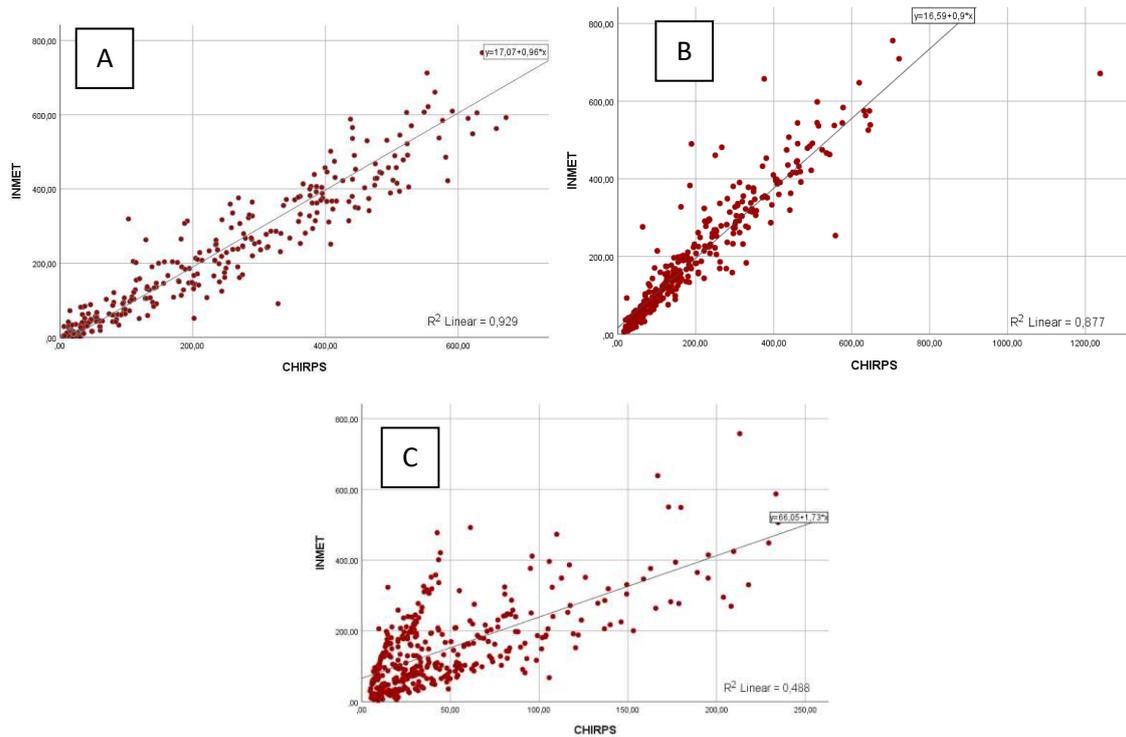


Figura 3: Coeficiente de determinação para os dados mensais de Precipitação durante o período de 1988 a 2018 em São Luis- MA (A), Recife-PE (B) e Salvador- BA (C).

A Figura 4 apresenta a diferença média anual de precipitação entre ambos os dados estimados e observados. Sobre Salvador-BA, os dados do CHIRPS subestimaram a precipitação observada, enquanto em Recife-PE e São Luis-MA, as estimativas ficaram mais próximas da neutralidade (próximo a zero), com destaque para Recife-PE entre os anos de 1998 e 2018. Um aumento nas estimativas do CHIRPS entre 1994 e 1997 foi observado, que segundo Katsanos et al. (2016) se deve possivelmente a incorporação das estimativas dos dados de precipitação do TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) neste período, onde tendem a superestimar a precipitação observada.

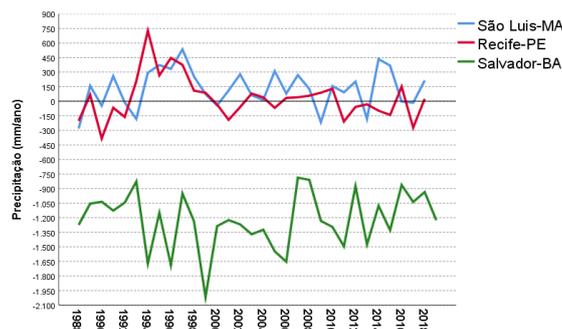


Figura 4: Diferença da média anual de Precipitação (BIAS) entre o CHIRPS e INMET nos anos de 1988 a 2018 em São Luis- MA (A), Recife-PE (B) e Salvador- BA (C).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De acordo com os resultados avaliados foi possível notar que as estimativas do CHIRPS podem ser utilizadas para extrair informações a respeito da precipitação, uma vez que apresentam valores próximos do observado, a exemplo das estações de São Luis-MA e Recife-PE, porém havendo períodos onde os valores não são aceitáveis como a estação de Salvador-BA.

Assim, as análises contribuem para estudos que visem utilizar dados de estimativas do CHIRPS nas três localidades avaliadas, sendo necessário ainda uma avaliação com maior número de estações meteorológicas, principalmente onde o CHIRPS apresentou deficiência.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- BAI, Lei; SHI, Chunxiang; LI, Lanhai; YANG, Yanfen; WU, Jing. Accuracy of CHIRPS satellite-rainfall products over mainland China. **Remote Sensing**, v. 10, n. 3, 2018.
- BAYISSA, Yared; TADESSE, Tsegaye; DEMISSE, Getachew; SHIFERAW, Andualem. Evaluation of satellite-based rainfall estimates and application to monitor meteorological drought for the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. **Remote Sensing**, v. 9, n. 7, 2017.
- COSTA, Julio Cezar; PEREIRA, Gabriel; SIQUEIRA, Maria Elisa; CARDOZO, Francielle da Silva; SILVA, Viviane Valéria da. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.
- FUNK, Chris; Pete Peterson, LANDSFELD, Martin; PEDREROS, Diego; VERDIN, James; SHUKLA, Shraddhanand; HUSAK, Gregory, ROWLAND, James; HARRISON,



Laura; HOELL, Andrew; MICHAELSEN, Joel. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific data**, v. 2, 2015.

KATSANOS, Dimitrios; RETALIS, Adrianos; MICHAELIDES, Silas. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. **Atmospheric research**, v. 169, 2016.

MELLO, Yara Rúbia de; OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais de. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, 2016.

NOGUEIRA, Livia Mara De Oliveira; NERY, Flavio Henrique; MARQUES, Rosangela Francisca de Paula Vitor; OLIVEIRA, Alisson Souza de. Análise Estatística e Geoestatística Da Precipitação Média Anual para o Quadrilátero Ferrífero-MG. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 8, n. 2, 2019.

PAREDES-TREJO, Franklin J.; BARBOSA, H. A.; KUMAR, TV Lakshmi. Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. **Journal of arid environments**, v. 139, 2017.

WILKS, Daniel S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Amsterdam: Academic press, 2011.





AVALIAÇÃO DO MODELO REGIONAL BRAMS PARA SIMULAÇÕES DO BALANÇO DE ENERGIA NO BIOMA CAATINGA

Rosaria Rodrigues¹; Cláudio Moisés S. Silva¹; Bergson Bezerra¹; Demerval Moreira²;
João Medeiros³; Keila Mendes¹; Suany Campos¹; Pedro Mutti¹; Thiago Marques¹;

RESUMO

Em regiões semiáridas a vegetação de uma floresta sazonalmente seca exerce um papel fundamental na manutenção do balanço de energia em superfície. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a habilidade do *modelo dinâmico regional Brazilian Developmens on the Regional Atmospheric Modelling System (BRAMS)*, em simular os componentes do balanço de energia no bioma Caatinga durante o mês mais chuvoso do ano de 2014. Além disso, foram analisadas as variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar. Para a avaliação do desempenho do modelo BRAMS foram utilizados dados coletados *in situ* através do sistema de *Eddy Covariance*. Os resultados mostraram que os fluxos de superfície ligados ao balanço de energia no bioma Caatinga sofreram os efeitos das chuvas sobre a região. A habilidade das simulações com o modelo BRAMS, mostrou que esse modelo pode ser utilizado como ferramenta em estudos sobre a dinâmica desta floresta sazonalmente seca na região Nordeste do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo de calor latente; Fluxo de calor sensível; Chuva

Email: rosa.meteoro.ferreira@gmail.com

1Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, Natal, Rio Grande do Norte.

2Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho", Faculdade de Meteorologia, Bauru, São Paulo. 3Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Física Teórica e Experimental, Natal, Rio Grande do Norte.

BRAMS REGIONAL MODEL PERFORMANCE EVALUATION FOR ENERGY BALANCE SIMULATIONS IN THE CAATINGA BIOME

ABSTRACT

In semiarid regions the vegetation of a seasonally dry forest plays a key role in maintaining the surface energy balance. In this sense, the objective of this research was to evaluate the ability of the *do modelo dinâmico regional Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modelling System (BRAMS)* to simulate the energy balance components in the Caatinga biome during the wettest month of the 2014 year. In addition, the meteorological variables temperature and relative humidity were analyzed. To evaluate the performance of the BRAMS model, data collected in situ through the Eddy Covariance system were used. The results showed that the surface flows linked to the energy balance in the Caatinga biome suffered the effects of rainfall on the region. The ability of simulations with the BRAMS model showed that this model can be used as a tool in studies on the dynamics of this seasonally dry forest in the Northeast region of Brazil.

KEY-WORDS: Latent heat flux; Sensible heat flux; Rainfall.

1 INTRODUÇÃO

Cobrando cerca de 16% da superfície terrestre global, as florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) possuem uma importância crucial para o equilíbrio ecológico do planeta. Em particular, o Hemisfério Sul ainda preserva uma alta proporção de floresta seca nativa, entretanto, as taxas de desmatamento dessas áreas tem aumentado nas últimas décadas (García et al., 2017). Localizado exclusivamente no Brasil, o bioma Caatinga representa uma área de FTSS predominante sobre a região do Semiárido Brasileiro (SEB), ocupando cerca de 12% do território nacional (Campos et al., 2019).

A vegetação da Caatinga é composta em sua maioria por um mosaico de arbustos espinhosos e apresenta variações de sua área foliar de acordo com a sazonalidade das chuvas, em que há um afloramento dos vegetais durante o período chuvoso e uma diminuição da área foliar durante o período de estiagem (Mendes et al., 2017). No Brasil apenas 17% das áreas da Caatinga são consideradas oficialmente como unidades de conservação pelo governo brasileiro, o restante corresponde a áreas de livre acesso (Pacheco et al., 2018).

Apesar da Caatinga possuir uma diversidade de espécies vegetais adaptadas as condições de clima semiárido, grande parte de sua extensão florestal está sendo degradada, seja por eventos extremos de seca ou por atividades antrópicas (Ribeiro et al.,



2016; Tomasella et al., 2018). Os cenários futuros ligados as mudanças climáticas voltadas para o bioma Caatinga, mostram que até o ano de 2040 há uma projeção de diminuição de cerca de 25% das chuvas na região aliada a um aumento de até 1,5°C na temperatura do ar (PBMC, 2014). Uma situação deste tipo poderá levar vegetação da Caatinga a ter um funcionamento crítico e problemático.

A variabilidade espaço-temporal e os baixos acumulados da chuva na região do SEB, juntamente com as elevadas taxas de evaporação são aspectos que podem trazer modificações nos fluxos de calor sensível (H) e nos fluxos de calor latente (LE) na floresta de Caatinga. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar como os componentes do balanço de energia se comportam no bioma Caatinga durante o mês mais chuvoso da região, através do uso de dados medidos *in situ* e com a utilização de um modelo dinâmico regional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área experimental

A aquisição dos dados medidos *in situ* na Caatinga, foi feita através de uma torre de fluxos, instalada em um fragmento de Caatinga preservada na Estação Ecológica de conservação do Seridó (ESEC-Seridó) (Figura 1). A ESEC-Seridó está localizada nas proximidades do município de Serra Negra do Norte no Estado do Rio Grande do Norte, na região SEB (6°34'42"S 37°15'05"W). A administração da ESEC-Seridó é feita pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o projeto de monitoramento deste bioma compõe o Observatório Nacional da Dinâmica da Água e do Carbono no Bioma da Caatinga (ONDACBC). A coleta dos dados micrometeorológicos na ESEC-Seridó ocorreu durante o período de 01 de janeiro de 2014 até 31 de dezembro de 2015 (Campos et al., 2019). As medições das informações de alta frequência na Caatinga, foram feitas através do sistema *Eddy Covariance* instalado em uma torre a uma altura de 11 m.

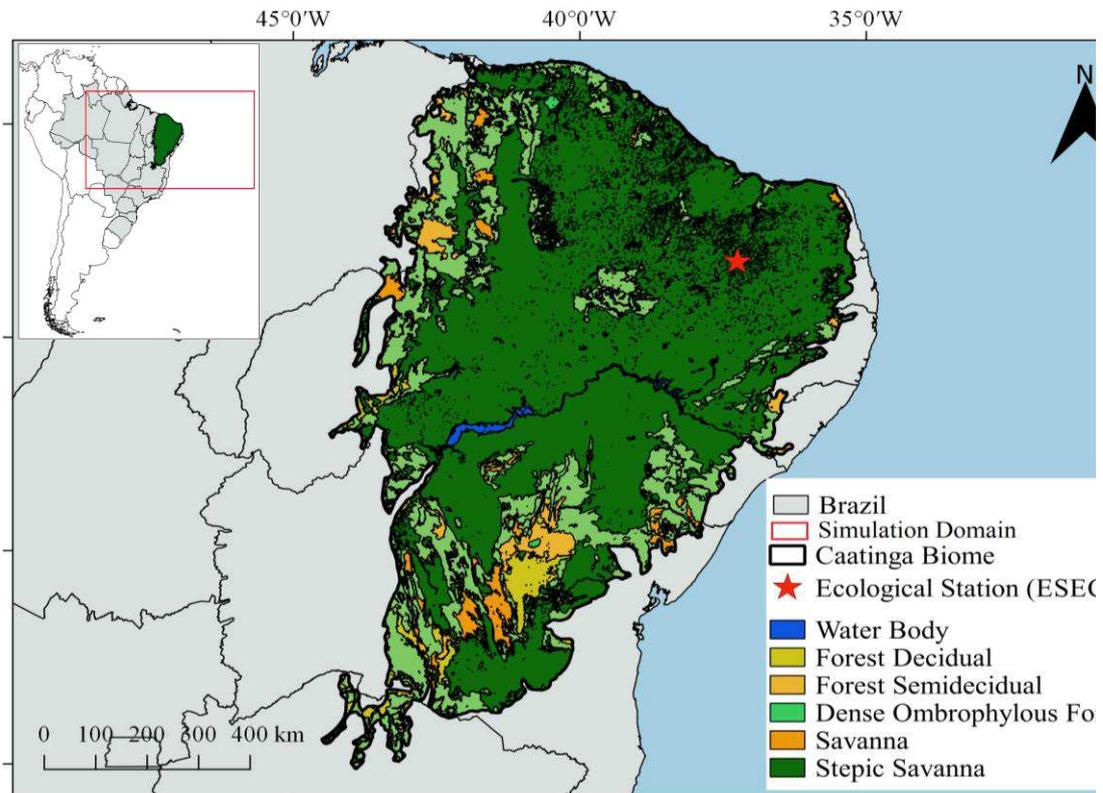


Figura 1: Localização do bioma Caatinga com informações sobre o domínio utilizado durante a simulação com o modelo dinâmico regional (retângulo vermelho).

2.2 Descrição do experimento numérico com modelo dinâmico regional

Foi utilizado neste trabalho o modelo dinâmico regional *Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modelling System* (BRAMS) versão 5.3 (Freitas et al., 2017). O foco da simulação foi em relação as variáveis de superfície simuladas através do modelo de interação na interface solo-vegetação-atmosfera *Joint UK Land Environment Simulator* (JULES) versão 3.0 (Moreira et al., 2013).

A Tabela 1 apresenta as parametrizações físicas adotadas durante a simulação e os dados de condição inicial e condição de contorno. O experimento numérico foi configurado para um período de 40 dias, desde 20 de março até 30 de abril de 2014. Os primeiros 10 dias da simulação foram excluídos, pois foram considerados como tempo de ajuste do modelo BRAMS (*spin-up*). Desta forma, os resultados foram avaliados para o período de 01 a 30 de abril.

Quadro 1: Configuração do experimento numérico realizado.

Dados de entrada	Descrição
Dados atmosféricos de grande escala	ECMWF (0,25°)
Temperatura da superfície do mar	Semanal do NCEP
Índice de Vegetação Normalizada	Sensor MODIS
Topografia e Vegetação	USGS 10 km
Time-step	30s
Parametrização de cumulus profundo	Grell e Devenyi (2002)
Parametrização de cumulus raso	Souza (1999)
Parametrização de radiação	CARMA
Espaçamento de grade (Δx)	20 km

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial da chuva média para o mês de abril simulada com o BRAMS e estimada pelo algoritmo 3B42 a bordo do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Observa-se que o BRAMS simulou de forma satisfatórias as chuvas principalmente em duas regiões: na parte Norte do domínio com taxas acima de 30 mm/dia e no litoral Leste, com valores superiores a 20 mm/dia (Figura 2a). A distribuição espacial da chuva continental simulada foi relativamente consistente com os dados estimados pelo satélite TRMM (Figura 2b)

A chuva simulada sobre o Oceano Atlântico mostra um padrão contínuo resultante da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresentando ainda uma descontinuidade de chuva na parte central da região Nordeste do Brasil (entre 48°W e 42°W), onde os valores médios das taxas simuladas e estimadas pelo TRMM são >18 mm/dia. Este resultado em relação ao padrão de chuva modelado concorda com os resultados encontrados por Grell e Freitas (2014), ao mostrar que sobre a América do Sul, a chuva simulada pelo modelo BRAMS pode apresentar um caráter mais próximo ao que foi estimado via satélite TRMM.

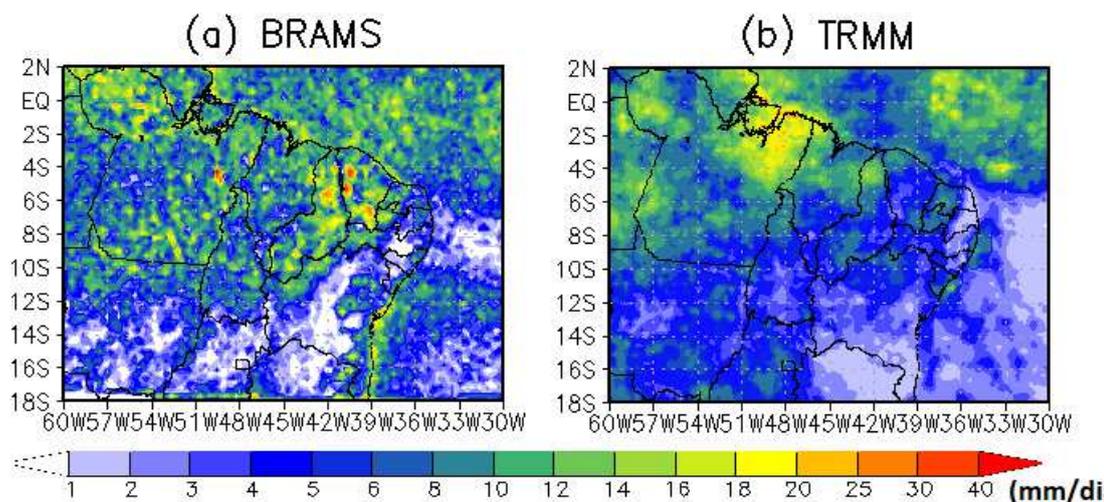


Figura 2: Campo médio de chuva para o mês abril: (a) BRAMS, (b) TRMM.

O Diagrama de Taylor mostra (Figura 3e) um resumo gráfico com base nas métricas estatísticas Desvio Padrão (DP), Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) e Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Assim, avaliou o grau de correspondência entre os resultados simulados pelo modelo BRAMS e observados no bioma Caatinga durante o mês de abril.

Observou-se que as variações de LE e do H na Caatinga foram simulada pelo modelo de forma satisfatória, em que os valores de r ficaram acima de 0,90 e com menor DP em relação a observação. As variáveis temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) também apresentaram um desempenho de r acima de 0,90, no entanto, tiveram uma subestimativa em relação ao observado.

O ciclo diurno das variáveis simuladas apresentaram um comportamento médio em acordo com o ciclo diurno das variáveis medidas *in situ* (Figura 3a;b;c;d). A Tar (Figura 3a) foi subestimada na Caatinga ao longo do dia, mostrando que o modelo BRAMS apresentou os valores desta variável abaixo do observado. Também foi visto que a simulação da UR (Figura 3b) na Caatinga esteve abaixo do padrão observado, principalmente após as 14:00 horas. Esta representação de Tar e UR ao longo do dia pelo modelo BRAMS pode estar associada construção do ambiente úmido durante o mês chuvoso na Caatinga.

Em relação as variáveis componentes do balanço de energia, observa-se que o comportamento de H e LE, tanto os simulados como os medidos *in situ* (Figura 3c;d), tiveram uma atuação seguindo o ciclo diurno da radiação solar incidente (não mostrado), em que durante o dia os valores positivos corresponderam a presença de radiação no bioma e a noite os valores negativos observados representaram a ausência de energia solar. O modelo BRAMS conseguiu simular de forma adequada o ciclo diário médio dos componentes do balanço de energia no bioma Caatinga. Dessa forma, foi verificado que o modelo apresentou habilidade aceitável ao simular as condições de ciclo diário em uma FTSS, mesmo apresentando superestimativa em alguns casos que ocorreram geralmente durante o dia (Figura 3d).

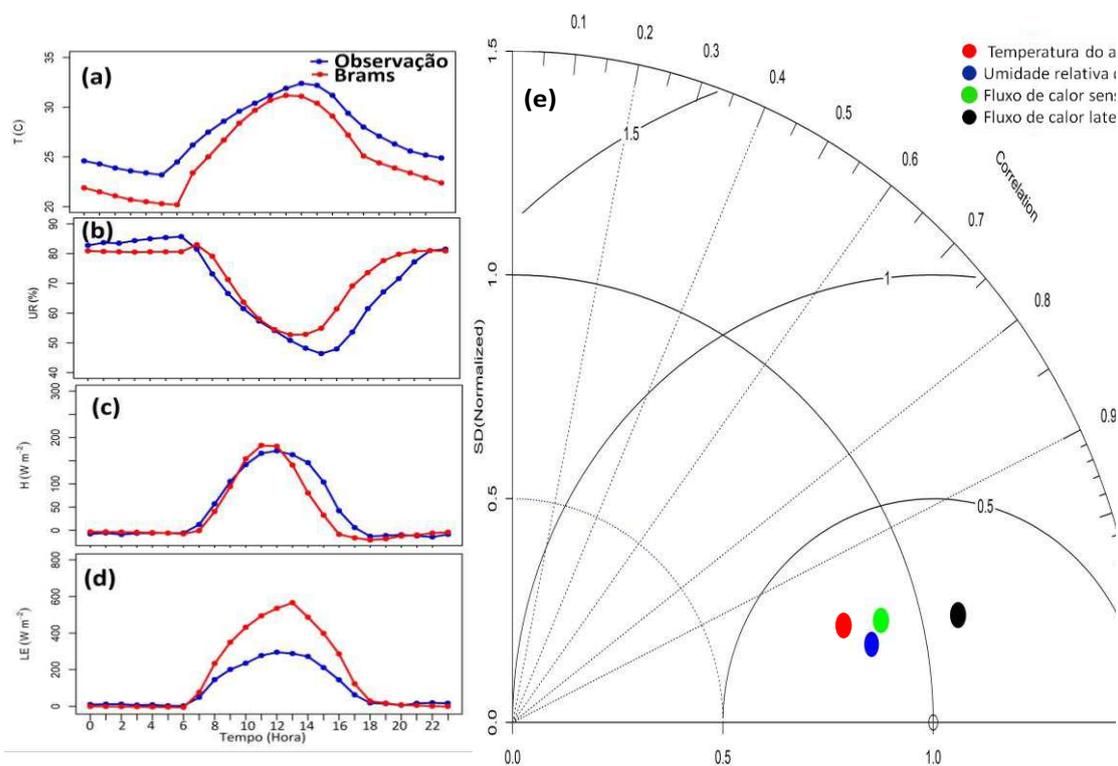


Figura 3: (a;b;c;d) Ciclo diurno de Tar, UR, H e LE observados no bioma Caatinga e simulados com o modelo BRAMS. (e) Diagrama de Taylor com o resultado das métricas estatísticas entre os resultados observados e simulados durante o experimento numérico.



4 CONCLUSÃO

O modelo BRAMS representou de forma satisfatória o regime de chuvas, considerando o que foi visto no campo de chuva que serviu de base para a avaliação do modelo. O modelo BRAMS foi capaz de simular de forma consistente o ciclo diário médio das variáveis observadas na Caatinga. No entanto, houve uma deficiência em alguns casos em relação ao desempenho em simular valores extremos principalmente durante o dia. Com isso, pode-se concluir que a avaliação da destreza e habilidade das simulações com esta configuração de experimento numérico para a área de Caatinga, pode ser útil como ferramenta de estudo para a região.

APOIO

O autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor (Processo n° 88887.137587/2017-00) e também são gratos ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e a Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho" (Unesp).

REFERÊNCIAS

Campos et al. Closure and partitioning of the energy balance in a preserved area of a Brazilian seasonally Dry tropical forest .Agricultural and Forest Meteorology. 271, 398–412, 2019.

Freitas et al. The Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS 5.2): an integrated environmental model tuned for tropical areas. Geoscientific Model Development. 10, 189-222, 2017.

García et al. Patterns and controls of carbon dioxide and water vapor fluxes in a dry forest of central Argentina. Agricultural and Forest Meteorology, 247, 520–532, 2017.

Mendes et al. Croton blanchetianus modulates its morphophysiological responses to tolerate drought in a tropical dry forest. Functional Plant Biology, 44(10), 1039, 2017.



Moreira et al. Coupling between the JULES land-surface scheme and the CCATT-BRAMS atmospheric chemistry model (JULES-CCATT-BRAMS1.0): applications to numerical weather forecasting and the CO₂ budget in South America. *Geoscientific Model Development*. 6, 453-494, 2013.

Pacheco et al. Uneven conservation efforts compromise Brazil to meet the Target 11 of Convention on Biological Diversity. *Perspectives in Ecology and Conservation*. 16(1), 43-48, 2018.

PBMC, 2014. In: Ambrizzi, T., Ahmad, M. (Eds.), *Scientific Basis of Climate Change. Contribution of Working Group 1 of the Brazilian Climate Change Panel to the First National Assessment Report on Climate Change*.

Ribeiro et al. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. *Science of the Total Environment*. 571, 1048–1057, 2016.

Tomasella et al. Desertification trends in the northeast of Brazil over the period 2000 – 2016. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 73,197–206, 2018.





BALANÇO HÍDRICO PARA O MUNICÍPIO DE CRUZETA – RN COMO FERRAMENTA AO PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO

Eliton Sancler Gomes Sales¹; Fabiano da Silva Araújo²; Wendy Kaori Matsunaga³;
Manuel Galdino da Costa Júnior⁴; Sílvia Maria Dantas⁵

RESUMO

Conhecer a disponibilidade de água no solo para o seu emprego na agricultura é necessário quando se quer executar o seu uso racional. Este trabalho teve como objetivo elaborar o balanço hídrico mensal para o município de Cruzeta-RN determinado a partir do método de Thornthwaite (1948) e Penman-Monteith com dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia de normais climatológicas para o período de 1981-2010. A precipitação média anual é de 667,3 mm e evapotranspiração potencial de 1349 e 1828,5 mm quando calculado pelo método de Thornthwaite (1948) e Penman-Monteith respectivamente. Considerando uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm, o balanço hídrico resultou em quase todos os meses do ano deficiência hídrica no solo, exceto para o mês de abril com uma deficiência hídrica igual a 0,0 mm quando calculado a partir do método de Thornthwaite (1948), concluindo-se que haveria risco elevado com o cultivo sem o uso de sistemas de irrigação que devem ser projetados para atender uma demanda entre 4,0 e 8,6 mm.dia⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; Irrigação; Gestão Hídrica.

Autor para correspondência: elitonsancler@hotmail.com

1Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, Paraíba; 2Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental na Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba; 3Doutoranda em Meteorologia na UFCG, Campina Grande, Paraíba; 4 Mestrando em Meteorologia na UFCG, Campina Grande, Paraíba; 5 Mestranda em Meteorologia na UFCG, Campina Grande, Paraíba.

WATER BALANCE FOR THE CITY OF CRUZETA - RN AS A TOOL FOR AGRICULTURAL PLANNING

ABSTRACT

Knowing the availability of soil water for your agricultural use is necessary when you want to use it rationally. This work aimed to elaborate the monthly water balance for the municipality of Cruzeta-RN determined from the method of de Thornthwaite (1948) and Penman-Monteith with data provided by the National Meteorological Institute of climatological normals for the 1981 period 2010. The average annual precipitation is 667.3 mm and potential evapotranspiration 1349 and 1828.5 mm when calculated by the Thornthwaite (1948) and Penman-Monteith method respectively. Considering an Available Water Capacity (DAC) of 100 mm, the water balance resulted in almost every month of the year water deficit in soil, except for April with a water deficit of 0.0 mm when calculated from the Thornthwaite's method (1948), concluding that there would be a high risk with cultivation without the use of irrigation systems that must be designed to meet a demand between 4.0 and 8.6 mm.day⁻¹.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; Irrigation; Hydric management.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do nordeste brasileiro é distinguida pela má distribuição espacial e temporal das chuvas, apresentando baixos totais médios anuais de precipitação e extensos períodos de estiagem. Nesta região atua diferentes sistemas de circulação atmosférica que fazem com que a climatologia seja complexa, conjecturando em uma extensa variabilidade climática, considerando as chuvas, com eventos de precipitação variando no tempo e no espaço, trazendo danos irreparáveis à população que nela vive principalmente àqueles que retiram seu sustento da agricultura e depende das chuvas para uma boa produtividade (RODRIGUEZ ET AL., 2015)

Devido o aumento da limitação ao acesso à água nas regiões semiáridas, tanto em quantidade quanto em qualidade, nas últimas décadas vêm fortalecendo-se os conflitos inerentes ao emprego deste recurso natural. Nos tempos atuais, fica mais evidente a diminuição da disponibilidade hídrica no planeta, destacando-se as regiões áridas e semiáridas que enfrentam um déficit hídrico pelo significativo aumento da demanda associado ao aumento da população e condições climáticas, seguido da degradação da qualidade dos mananciais, provocados pela poluição e o desmatamento (DA SILVEIRA CASTRO et al., 2016).



Diante da problemática hídrica, a agricultura que depende muito deste recurso natural é considerada como uma das atividades que mais depende do tempo e clima, onde seu fator econômico é responsável por aproximadamente 60 a 70% da variabilidade final da produção (ORTOLANI E CAMARGO, 1987). Estudos apresentaram que devido decorrências climáticas, atividades antrópicas e as ocorrências de ausência de chuvas afeta negativamente toda a atividade agrícola, levando a graves impactos sociais e econômicos sem precedentes (SOUSA ET AL., 2004; OLIVEIRA ET AL., 2014).

Sendo assim, o balanço hídrico se torna essencial para o monitoramento do armazenamento de água no solo, a partir do qual são definidas as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo, podendo-se identificar períodos cruciais dentro de um determinado espaço de tempo e ter um planejamento adequado das formas de manejo do solo e água para o cultivo de determinadas culturas (JESUS, 2015).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo identificar e quantificar os meses com excedente e deficiência hídrica no solo e seus impactos através da elaboração de um balanço hídrico mensal para o município de Cruzeta - RN, na região do Seridó do Rio Grande do Norte, como ferramenta ao planejamento agropecuário, utilizando para estimativa da evapotranspiração potencial, ETP, os métodos de Thornthwaite (1948) e Penman-Monteith (Allen et al., 1998), e por fim, analisar a influência destes métodos empregados no balanço hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado para o município de Cruzeta-RN região do Seridó do estado do Rio Grande do Norte, localizado sobre a mesorregião central potiguar e na microrregião do Seridó Oriental sob coordenadas geográficas 6° 24' 42" latitude sul e 36° 47' 23" longitude oeste, 222,4 m de acima do nível médio do mar.

O município de Cruzeta - RN possui 7.967 habitantes (IBGE, 2010), com uma área territorial de 295,830 km². O solo é classificado como Luvissolos Crômicos, um solo raso, de coloração avermelhada, apresentando fases pedregosas (horizontes cascalhentos),

suscetível à erosão e com bom nível de drenagem, o que significa dizer que a água que o solo absorve é facilmente removida pela evaporação (GUERRA & CUNHA, 2004).

O clima da região é semiárido com excesso de água pequeno ou nulo de acordo com a última delimitação do semiárido realizada pelo Ministério da Integração (BRASIL, 2017).

A precipitação média anual é de 667,3 mm e a temperatura média varia de 29,5°C em dezembro a 26,3°C em agosto (Figura 1). O padrão pluviométrico de Cruzeta é caracterizado por duas estações bem definidas: a estação chuvosa, que vai de janeiro a maio, com máximo em março e abril, e a seca de junho a dezembro, sendo que os meses mais secos são de setembro a novembro, ainda de acordo com a Figura 1.

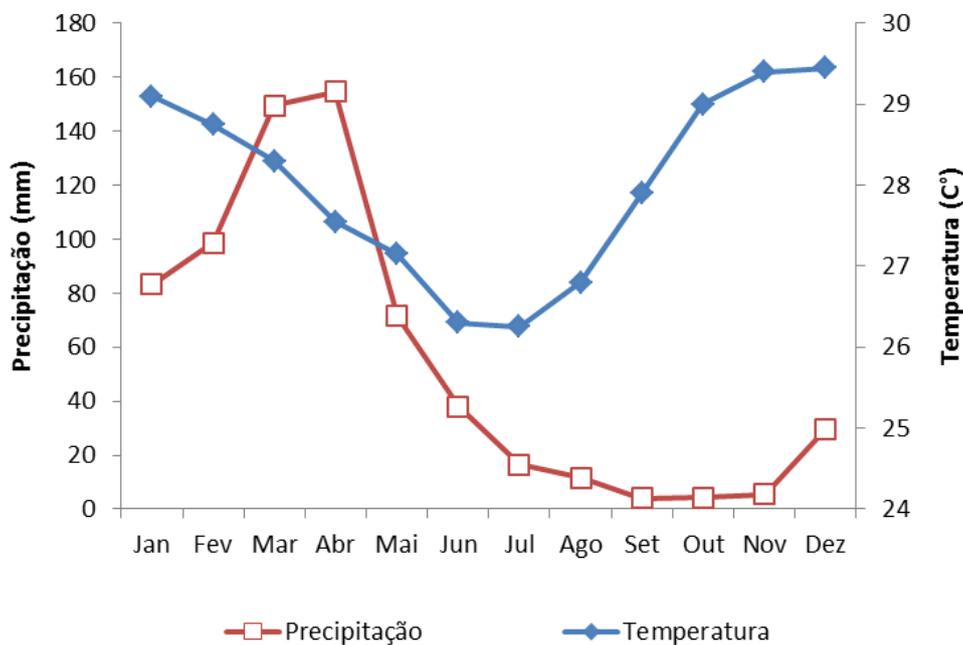


Figura 1. Normais Climatológicas de 1981-2010 da precipitação e temperatura média do ar de Cruzeta-RN. Fonte: dos próprios autores.

O balanço hídrico climatológico (BH) foi calculado segundo o modelo proposto por Thornthwaite & Mather (1955) e desenvolvido em planilha eletrônica por Rolim e Sentelhas (1998), para uma capacidade de água disponível de 100 mm, com a evapotranspiração potencial sendo estimada pelo método de Thornthwaite (1948) e Penman-Monteith-FAO (Allen et al., 1998).



Os dados para a realização do balanço hídrico foram de temperaturas do ar ($^{\circ}\text{C}$), precipitação (mm), velocidade do vento (m/s), insolação total (horas), umidade relativa (%), pressão atmosférica ao nível do barômetro (KPa), médias mensais do período de 1981 a 2010, ou seja, valores médios de janeiro a dezembro de cada ano, disponível no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para o município de Cruzeta-RN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do balanço hídrico climatológico para o município de Cruzeta-RN utilizando a ETP de Thornthwaite e Penman-Monteith está apresentado na Tabela 3 e 4 respectivamente.

A região se caracteriza com uma precipitação média mensal de $55,6 \text{ mm.mês}^{-1}$, totalizando 667,3 mm ao ano, concentrando os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio 83,6% do total precipitado durante o ano (667,3 mm), sendo a maior e menor precipitação média com ocorrências nos meses de abril e setembro respectivamente.

A evapotranspiração potencial anual foi de 2016,1 mm, representando média mensal de 168 mm, sendo os meses com maior e menor evapotranspiração potencial em dezembro e junho. O armazenamento de água no solo foi determinado pela capacidade de água disponível, onde se adotou o valor de 100 mm. A evapotranspiração real apresentou um total médio anual de 667,3 mm, com média mensal de 55,6 mm.

Tabela 3. Balanço hídrico mensal do município de Cruzeta – RN, utilizando a ETP de Thornthwaite.

Mês	P	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	83,2	199,5	-116,3	-116,0	0,0	0,0	83,2	116,3	0,0
Fev	98,7	175,4	-76,7	-192,7	0,0	0,0	98,7	76,7	0,0
Mar	149,6	179,4	-29,8	-225,5	0,0	0,0	149,6	29,8	0,0
Abr	154,8	152,3	2,5	-220,0	2,5	2,5	152,3	0,0	0,0
Mai	71,6	145,7	-74,1	-294,1	1,2	-1,3	72,9	72,7	0,0
Jun	38,1	121,7	-83,6	-377,3	0,5	-0,7	38,8	82,9	0,0
Jul	16,6	124,5	-107,9	-485,6	0,2	-0,4	16,9	107,5	0,0
Ago	11,6	137,1	-125,5	-611,1	0,1	-0,1	11,7	125,3	0,0
Set	3,9	159,9	-155,9	-767,0	0,0	0,0	3,9	155,9	0,0
Out	4,2	198,0	-193,8	-960,8	0,0	0,0	4,2	193,8	0,0
Nov	5,4	206,2	-200,8	-1161,6	0,0	0,0	5,4	200,8	0,0
Dez	29,6	216,7	-187,1	-1348,7	0,0	0,0	29,6	187,1	0,0
Total	667,3	2016,1	-1349,0	-	4,5	-	667,2	1348,8	0,0
Média	55,6	168,0	-112,4	-	0,4	-	55,6	112,4	0,0

Obs: Precipitação média mensal (P), Evapotranspiração potencial (ETP), Negativo acumulado (NAC), Armazenamento de água no solo (ARM), Alteração de água no solo (ALT), Evapotranspiração real (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente hídrico (EXC). Dados apresentado em milímetros.

Quando o balanço hídrico foi realizado utilizando a ETP de Penman-Monteith conforme mostra a Tabela 3, a evapotranspiração potencial anual passou a ser de 2495,8 mm, representando média mensal de 208 mm, sendo os meses com maior e menor evapotranspiração potencial em outubro e junho respectivamente. A ETP de Penman-Monteith apresentou um aumento de 19,2% quando comparado com a ETP de Thornthwaite.

Vale salientar que apesar do aumento da ETP quando calculado por Penman-Monteith-FAO, de acordo XING et al., 2008, o método de Penman-Monteith passou a ser recomendado como o método padrão para determinar a ETP porque se aproxima da evapotranspiração do padrão grama nos locais avaliados e apresenta superioridade em relação aos outros métodos pois é baseado em processos físicos e, explicitamente, incorpora os parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos.

Tabela 4. Balanço hídrico mensal do município de Cruzeta – RN, utilizando a ETP de Penman-Monteith.

Mês	P	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	83,2	199,5	-116,3	-116,0	0,0	0,0	83,2	116,3	0,0
Fev	98,7	175,4	-76,7	-192,7	0,0	0,0	98,7	76,7	0,0
Mar	149,6	179,4	-29,8	-225,5	0,0	0,0	149,6	29,8	0,0
Abr	154,8	152,3	2,5	-220,0	2,5	2,5	152,3	0,0	0,0
Mai	71,6	145,7	-74,1	-294,1	1,2	-1,3	72,9	72,7	0,0
Jun	38,1	121,7	-83,6	-377,3	0,5	-0,7	38,8	82,9	0,0
Jul	16,6	124,5	-107,9	-485,6	0,2	-0,4	16,9	107,5	0,0
Ago	11,6	137,1	-125,5	-611,1	0,1	-0,1	11,7	125,3	0,0
Set	3,9	159,9	-155,9	-767,0	0,0	0,0	3,9	155,9	0,0
Out	4,2	198,0	-193,8	-960,8	0,0	0,0	4,2	193,8	0,0
Nov	5,4	206,2	-200,8	-1161,6	0,0	0,0	5,4	200,8	0,0
Dez	29,6	216,7	-187,1	-1348,7	0,0	0,0	29,6	187,1	0,0
Total	667,3	2016,1	-1349,0	-	4,5	-	667,2	1348,8	0,0
Média	55,6	168,0	-112,4	-	0,4	-	55,6	112,4	0,0

Obs: Precipitação média mensal (P), Evapotranspiração potencial (ETP), Negativo acumulado (NAC), Armazenamento de água no solo (ARM), Alteração de água no solo (ALT), Evapotranspiração real (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente hídrico (EXC). Dados apresentado em milímetros.

O período de setembro a dezembro e de agosto a dezembro onde se concentrou 54,68 % e 64,17 % da deficiência hídrica, respectivamente de acordo com a Tabela 3 e 4, faz com que diminua a disponibilidade de água as plantas e aumente força de retenção da mesma ao solo.

As plantas apresentam respostas de diversas maneiras ao déficit hídrico no solo, como, diminuição da produtividade e da produção, má distribuição e o crescimento do sistema radicular, decréscimo da produção da área foliar e fechamento dos estômatos, redução da floração e do óleo da casca e menor tempo de retenção dos frutos, assim, ocasionando quebra de rentabilidade aos agricultores (SANTOS e CARLESSO, 1998).

CONCLUSÃO

De uma forma geral, a região apresentou durante todo o ano, nos dois balanços hídricos realizados utilizando os diferentes métodos da ETP, doze meses com déficit hídrico sem



nenhum excedente de água no solo. A reposição de água no solo (ARM) não ocorreu em nenhum dos meses, pois sempre houve maior evapotranspiração do que precipitação.

O uso de sistemas de irrigação na região de Cruzeta-RN é indiscutível, pois a região enfrenta durante todo o ano uma deficiência hídrica, tornando necessário para o bom desempenho na agropecuária como o cultivo de determinadas culturas o emprego da irrigação, a fim de assegurar a produtividade desejada.

É recomendável o uso da ETP estimada por Penman-Monteith uma vez que este é o método de estimativa da Evapotranspiração recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; PERRIER, A. An Update for the Calculation of Reference Evapotranspiration. **ICID Bulletin**, v.43, n.2, p.35-91, 1994.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semiárido brasileiro. 2017. Disponível em: < <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acessado em: 03 de abril de 2018.

DA SILVEIRA CASTRO, Fábio et al. Interpolação dos parâmetros do balanço hídrico climatológico considerando diferentes capacidades de água disponível no solo. **Nucleus**, v. 13, n. 2, p. 209-222, 2016.

DE OLIVEIRA, P. T.; SILVA, C. M. S.; LIMA, K. C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, n,15. v,3. p. 172-177. 2014.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.66-102. 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 15 de junho de 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Normais Climatológicas para o período 1981-2010. INMET, 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acessado em 10 de janeiro de 2019.



JESUS, J.B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. **Scientia Plena**, v.11, n.5, 2015.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, MBP de. Influência dos fatores climáticos na produção. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafos, 1987, 249.

RODRIGUEZ, R. D. G.; SINGH, V. P.; PRUSKI, F. F.; CALEGARIO, A. T. Using entropy theory to improve the definition of homogeneous regions in the semi-arid region of Brazil, *Hydrological Sciences Journal*, v. 7, n.11, p. 2096-2109, 2015.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, C. A. A. S.; FACCO, A. G. 2004. Geoespacialização da evapotranspiração potencial e real para a bacia do rio Doce – Minas Gerais. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 13, Fortaleza.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, n. 1, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publication in *Climatology*, Laboratory of Climatology, **Centerton**, v. 8, n.1. 1955.

XING, Z; CHOW, L.; MENG, F.R.; REES, H.W.; STEVENS, L.; MONTEITH, J., Validating evapotranspiration equations using Bowen Ratio in New Brunswick. Maritime Canada. **Sensors**, Lausanne, n. 8. v.1, p. 412–428, 2008.





BARBALHA – CE, BRASIL, SUAS VARIAÇÕES NA UMIDADE RELATIVA DO AR

Jaqueline Fernandes de Medeiros Duarte¹, Hudson Ellen Alencar Menezes², Raimundo Mainar de Medeiros³, Illo Atayde Macêdo Duarte⁴, Vamberto de Lima Sousa⁵

RESUMO

A umidade do ambiente é um dos fatores que condicionam o desenvolvimento de muitos micros organismos patógenos que atacam as plantas. Objetiva-se a entender as oscilações e a variabilidade temporal da umidade relativa do ar no município de Barbalha no período de 1973 a 2014. Visando a delimitação de regime que caracterize o trimestre úmido para a área em estudo, assim como demonstrar a variabilidade da umidade relativa do ar mês a mês e anual. As flutuações da umidade relativa do ar estão interligadas aos sistemas provocadores de chuva, com valores mínimos oscilando entre os meses de junho a dezembro. Os meses de março e abril são os que apresentam os máximos absolutos. A umidade relativa do ar poderá ser um contribuinte ativo ou passivo da degradação e desertificação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática, trimestre mais úmido, média mensal e anual.

1 Analista em Tecnologia da Informação, Especialista, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: jaqueline.duarte@ufcg.edu.br; 2 Meteorologista, Doutor, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: hudson.ellen@ufcg.edu.br; 3 Meteorologista, Pós-Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; 4 Analista de Infraestrutura de Redes, Universidade Federal da Paraíba, e-mail: illoatayde@ccm.ufpb.br; 5 Técnico em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: vamberto.lima@ufcg.edu.br



VARIATIONS IN THE RELATIVE AIR HUMIDITY, BARBALHA - CE, BRAZIL

ABSTRACT

The humidity of the environment is one of the factors that condition the development of many pathogenic micro organisms that attack the plants. It aims to understand the oscillations and the temporal variability of relative humidity in the municipality of Barbalha from 1973 to 2014. Aiming at the delimitation of the regime that characterizes the humid quarter for the study area, as well as to demonstrate the variability of humidity. relative air month by month and yearly. Relative air humidity fluctuations are interconnected with rainfall systems, with minimum values fluctuating between June and December. The months of March and April are those with the absolute maximums. Relative humidity may be an active or passive contributor to soil degradation and desertification.

KEYWORDS: Climate variability, wetter quarter, monthly and annual average.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vem se observando uma crescente preocupação acerca das oscilações climáticas, seus ciclos e as várias consequências que o clima pode estar acarretando a sociedade. Outra questão discutida na mídia são os impactos provocados pelo homem ao meio ambiente, o qual tem exercido uma considerável influência na variabilidade climática, de acordo com Marengo et al. (2006) a atividade humana é um fator determinante no aquecimento terrestre. Em decorrência disso são levantadas questões que tentam explicar a relação do clima nas mais diversas esferas globais onde a sociedade está incluída como na cultura, economia, saúde, dentre outras áreas, possibilitando melhor compreensão de como algum tipo de alteração climática pode influenciar no cotidiano da humanidade.

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do Globo. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia. Sleiman et al. (2008).

Medeiros et al. (2013) analisaram a variabilidade climática da umidade relativa do ar e da temperatura máxima do ar na bacia hidrográfica do Rio Uruçuí Preto – PI, como resultado afirma que as temperaturas máximas anuais aumentaram durante o período analisado, podendo acarretar vários problemas socioeconômicos, bem como, para a saúde humana. A partir dos dados, verificam que a umidade relativa do ar está reduzindo ao longo da série estudada, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura e conseqüentemente com um maior índice evaporativo das águas.

Medeiros et al. (2014) avaliaram as variabilidades climáticas em Brasília-DF, onde utilizaram-se dados de temperatura máxima do ar, umidade relativa do ar e totais pluviométricos mensais e anuais no período de 1980 a 2012. Como resultado afirmar que as temperaturas máximas anuais sofreram aumentos e a umidade relativa do ar está sofrendo redução ao longo da série estudada, os totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores estão aumentando gradativamente, sendo que esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e conseqüentemente uma maior precipitação.

Sabe-se, por exemplo, que a umidade ambiente é dos fatores que condicionam o desenvolvimento de muitos micros organismos patógenos que atacam as plantas cultivadas e a própria transpiração vegetal está intimamente relacionada com o teor de umidade do ar adjacente. É conhecida a influência da umidade do ar na longevidade, na fecundidade e na taxa de desenvolvimento de muitas espécies de insetos (Neto et al., 1976). A umidade atmosférica é um dos parâmetros utilizados para definir o grau de conforto ambiental para pessoas e animais e para um local em questão. A manutenção da faixa ótima de umidade do ar constitui objeto de constante controle durante a armazenagem de inúmeros produtos.

Matos et al (2015) utilizaram dados de temperatura do ar mensais para o município de Barbalha – Ceará e demonstraram que a elevação e a latitude são as variáveis fisiográficas que explicam melhor a variação da temperatura do ar e que as variabilidades da temperatura média decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso ou seco tal como dos impactos no meio ambiente.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetiva-se a entender as oscilações e a variabilidade temporal da umidade relativa do ar no município de Barbalha no período de 1973 a 2014. Visando a delimitação de regime que caracterize o trimestre úmido para a área em estudo, assim como demonstrar a variabilidade da umidade relativa do ar mês a mês e anual.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Barbalha, localizado no estado do Ceará, possui uma área de 479.184 km². Localiza-se entre os paralelos 7°18'18" de latitude sul e os meridianos de 39°18'07" de longitude oeste. Inserido na mesorregião Sul Cearense, na microrregião do Cariri, limita-se com os municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Utilizaram-se dados de umidade relativa do ar da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) do período de 1973 a 2014, os dados foram trabalhados e geraram-se os valores mensais e anuais. Após as etapas acima citadas foram realizados testes de consistência para ver-se a confiabilidade dos dados gerados e das informações que seriam passadas ou utilizadas para diversas finalidades, principalmente no setor agropecuário, armazenamento de água e abastecimento, irrigação, lazer e da saúde. Foi utilizado o método da distância pelo inverso do seu quadrado.

Os dados trabalhados estatisticamente foram gerados por Medeiros (2015) onde se calculou as médias, os máximos e mínimos valores absolutos, desvio padrão em relação à média e seu coeficiente de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 tem-se a representação dos valores das umidades relativa do ar média, máxima e mínima absolutas para o município de Barbalha – CE. Os valores médios têm sua flutuação mínima nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro oscilando entre 50,6 e 55,5%. Os meses de fevereiro a maio que corresponde aos meses mais úmidos da área em estudo oscilam de 74,9 a 81%. A média anual da umidade relativa do ar é de 66%. Observando a Tabela 1, ver-se que os valores da umidade relativa máxima fluem entre 70,6 a 93,2%, estas flutuações ocorrem devidas às atividades de eventos isolados seguidos de chuvas. A variabilidade da umidade relativa do ar mínima flui entre 37 a 73,1%, estas flutuações de mínimos valores são provocadas pela inibição ou falha nos transportes de umidade e vapor e conseqüentemente a ausência de chuvas.

Tabela 1. Representação dos valores das umidades relativa do ar média, máxima e mínima absolutas para o município de Barbalha – CE.

Meses/Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez	anual
UR média	71,6	78,1	81,0	80,0	74,9	67,6	62,5	55,5	50,6	52,3	55,5	60,7	66,0
UR máxima absoluta	85,8	93,2	88,8	91,0	88,1	82,8	79,0	74,1	70,6	76,2	83,2	77,9	82,1
UR mínima absoluta	58,3	65,2	73,1	71,6	58,1	53,0	46,2	40,6	38,4	37,0	40,7	46,8	55,0

Legenda: UR = Umidade relativa do ar

Na Figura 2 tem-se a representação da umidade relativa do ar climatológica, máxima e mínima absoluta para o município de Barbalha – CE.

Observam-se as oscilações da umidade relativa do ar média durante os meses onde seu trimestre mais úmido centra entre fevereiro e abril e o seu trimestre seco ocorrem entre os meses de agosto a outubro. As oscilações da umidade relativa do ar máxima absoluta ocorrem entre os meses de novembro a maio e entre os meses de junho a outubro verificar-se as menores oscilações da umidade relativa do ar máxima absoluta fator este que conhecem com o período menos chuvoso. As variabilidades das oscilações mínimas absoluta da umidade relativa do ar ocorrem entre os meses de junho a dezembro, sendo os seus meses críticos de agosto a outubro, vale salientar que os meses de março e abril são os que apresentam os máximos dos mínimos absolutos.

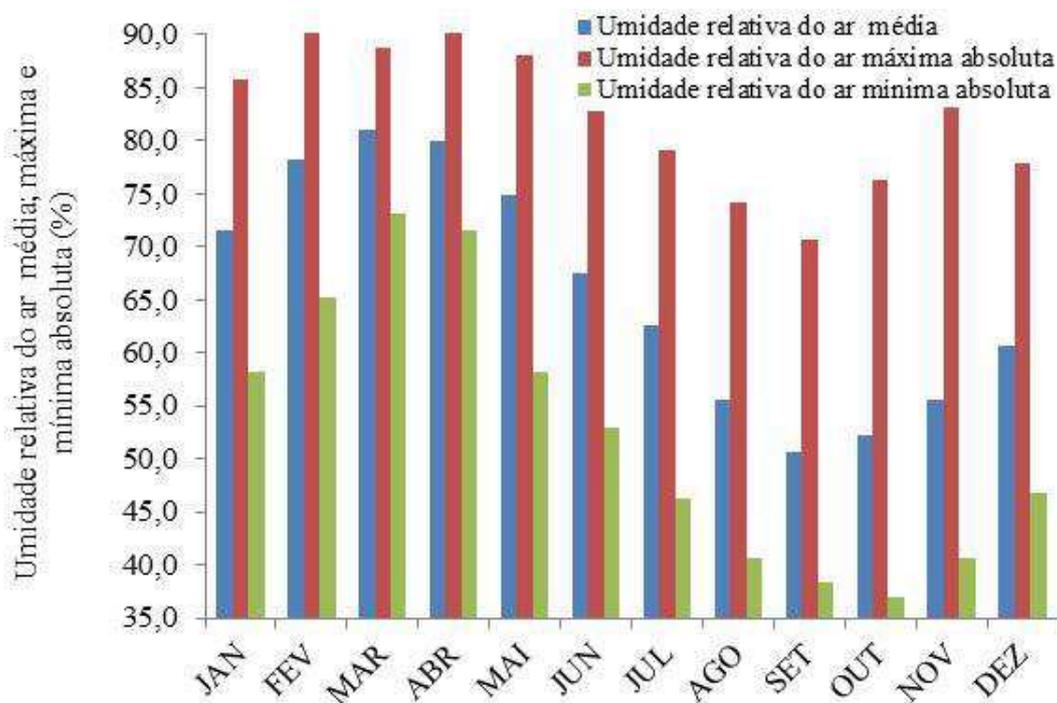


Figura 2. Representação da umidade relativa do ar média, máxima e mínima absoluta para o município de Barbalha – CE.

Da análise dos dados de umidade relativa do ar representativos da área em estudo na distribuição média mensal e anual, foi possível estabelecer o trimestre mais úmido que



ocorre nos meses de fevereiro a abril; A delimitação do trimestre úmido para a área estudada assemelha-se aos regimes observados por Strang (1972) para a precipitação. Tal delimitação caracteriza a ação predominante dos sistemas principais que atuam na geração da estação chuvosa.

CONCLUSÕES

As flutuações da umidade relativa do ar estão interligadas aos sistemas provocadores de chuva, com valores mínimos oscilando entre os meses de junho a dezembro, e os meses de março e abril são os que apresentam os máximos dos mínimos absolutos.

A umidade relativa do ar poderá ser um contribuinte ativo ou passivo da degradação e desertificação do solo, isto porque com outros elementos meteorológicos beneficiando ou desfavorecendo o ressecamento e a desfragmentação do solo, ela pode contribuir para o aumento ou redução dos focos de incêndios e da qualidade do ar. Porém, não é suficiente para caracterizar por si só o período úmido.

REFERÊNCIAS

INMET. **Normais climatológicas**, Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília – DF. 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes”. **Wall-map** 150cmx200cm. 1928.

MATOS, R. M.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Flutuabilidade da temperatura média do ar anual, máximos e mínimos absolutos no município de Barbalha – CE, Brasil. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC’ 2015** Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza - CE 15 a 18 de setembro de 2015.



MARENGO, J.; SILVA DIAS, P. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: REBOUÇAS, B.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (Ed.). *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: **Editoras Escrituras**, 2006. cap. 3, p.63-109.

MEDEIROS, R. M. **Banco de dados hidrometeorológicos e suas análises para municípios do Nordeste do Brasil**. p.225. 2015.

MEDEIROS, R. M.; BORGES, C. K. GOMES FILHO, M. F Variabilidade e Mudanças Climáticas em Séries de Temperatura Máxima do Ar, Umidade Relativa do Ar e Precipitação em Brasília–DF. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 07 N. 02). P. 211-222. 2014.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, F. A, S.; GOMES FILHO, M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. **Revista Educação Agrícola Superior**. v.28, n.2, p.136-141, 2013.

OFFERLE, B.; JONSSON, P.; ELIASSON, I.; GRIMMOND, C. S. B. Urban Modification of the Surface Energy Balance in the West African Sahel: Ouagadougou, Burkina Faso. **Journal of Climate**, v. 18, n. 19, p. 3983-3995, 2005.

SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. A Climatologia de precipitação e a ocorrência de veranicos na porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rio Claro: **SIMPGEOSP**, 2008.

STRANG, D. M. G. – Análise climatológica das normas pluviométricas do Nordeste do Brasil. São José dos Campos – **CTA/IAE**, 1972 (p. 70).

STEINKE, E. T. Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público. **Tese**



(Doutorado) - publicação ECO. TD, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 196 p. 2004.

SOARES, R. C.; RIBEIRO, S. C. Feições erosivas e movimentos gravitacionais de massa nas áreas urbanas e periurbanas de Barbalha/CE com vistas ao planejamento urbano-ambiental: subsídios para a carta de cadastro. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Goiânia, Setembro de 2006. Disponível em: www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/345.pdf. Acesso em: 12/10/2015.

SOUZA, J. N.; OLIVEIRA, V.P.V. Enclaves Úmidos e sub-úmidos do semiárido do Nordeste Brasileiro. Revista de Geografiada UFC – **MERCATOR**, n. 9, ano 5, 2006.





CABACEIRAS É OU NÃO A CIDADE MAIS SECA DO BRASIL?

Hermes Alves de Almeida¹, Júlio César Gonçalves Pôrto²,

Gustavo Teotônio de Oliveira Cavalcante³

RESUMO

A mídia, em geral, atribui a Cabaceiras como sendo a cidade mais seca do Brasil. Diante disto, procurou-se comparar os dados de chuvas observados ano-a-ano, durante igual período (de 1960 a 2018), com quatro outras localidades paraibanas (Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos e Soledade), todas pertencentes à região imediata de Campina Grande, PB, sendo essas determinações os objetivos principais. As séries pluviométricas foram cedidas pela AESA, Campina Grande, o regime pluvial foi estabelecido com base nos critérios da estatística climatológica de cada série, as análises comparativas, calculando-se as diferenças anuais entre o valor da chuva observado em Cabaceira menos (-) o seu respectivo valor observado em cada local. Os principais resultados indicaram que o regime pluvial é irregular, assimétrico e a mediana é a medida de tendência central recomendada. Os anos mais chuvosos ou os mais secos, nem sempre coincidem. As frequências de anos que choveram mais em Cabaceiras do que Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos e Soledade foram, respectivamente, de 66,1 %; 55,9; 47,5 e 44,1 % dos anos. Esses percentuais equivalem, em média, a 32 anos, dos 59 anos analisados. Resultados esse, que desmitificam esse mito, Cabaceiras não é a cidade mais seca, se quer da Paraíba, muito menos, ainda, do nordeste ou do Brasil.

Palavras-chave: chuva, água, hidrometeorologia

¹Prof^o Dr, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, PB, bolsista produtividade do CNPq, e-mail:

hermes_almeida@uol.com.br

²Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR), UEPB, e-mails: jcgporto@hotmail.com;

gustavotoc50@gmail.com

CABACEIRAS IS OR NOT THE DRYEST CITY IN BRAZIL

ABSTRACT

The media generally attribute Cabaceiras as the driest city in Brazil. In view of this, we tried to compare the rainfall data observed year-on-year, during the same period (from 1960 to 2018), with four other Paraíba localities (Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos and Soledade), all from the immediate Campina Grande, PB, region, these determinations being the main objectives. The rainfall series were provided by AESA, Campina Grande, the rainfall regime was established based on the criteria of the climatologically statistics of each series, the comparative analyzes, calculating the annual differences between the rainfall observed in Cabaceiras minus (-) o their respective observed value at each location. The main results indicated that the rainfall regime is irregular, asymmetrical and the median is the recommended central tendency measure. The wettest and/or driest years do not always coincide. The frequencies of years that rained more in Cabaceiras than Jandaira, Caraúbas, Pocinhos and Soledade cotton were, respectively, 66.1%; 55.9; 47.5 and 44.1% of the years. These percentages are on average 32 years out of the 59 years analyzed. These percentages are on average 32 years out of the 59 years analyzed. These results, which demystify this myth, Cabaceiras is not the driest city in Brazil, that is, it is not the driest if you want from Paraíba, much less, northeast or Brazil.

Key words: rain, water, hydrometeorology.

INTRODUÇÃO/ INTRODUCTION

A precipitação pluvial é o elemento do clima de maior importância na região intertropical, seja por sua expressividade em termos de volume, variabilidade espacial e temporal ou mesmo pelos impactos na escassez e/ou no excesso. A precipitação pluvial no semiárido nordestino é influenciada, em grande parte, pelo acoplamento de vários sistemas meteorológicos de várias escalas, tais como: a Zona de Convergência Intertropical (Uvo, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (Kousky e Gan, 1981) e os Distúrbios de Leste (Espinoza, 1996), que podem ser modificados por anomalias atmosféricas de escala planetária. O dipolo do Atlântico e o Efeito El Niño Oscilação Sul (ENSO), podem modificar a frequência, a quantidade e a distribuição espacial e temporal das chuvas. Esses fenômenos influenciam direta ou indiretamente a ocorrência de chuvas nessa região (ANDREOLI e KAYANO, 2007). Há evidências observacionais, teóricas e resultado de modelos de circulação geral da atmosfera, de que a variabilidade na distribuição de chuvas no NEB, tanto em escala espacial quanto temporal, está diretamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a



interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico (MOLION & BERNARDO, 2002).

Neste contexto, o semiárido do Nordeste e, em particular, o paraibano, a precipitação pluvial é a principal fonte de água e o elemento do clima com maior variabilidade espacial e temporal, sendo caracterizada pela irregularidade tanto em quantidade quanto em distribuição. Mesmo na curta estação chuvosa, que perdura por cerca dois a quatro meses, os totais de chuvas são extremamente irregulares em quantidade, duração e em distribuição, quando se compara um local com outro (ALMEIDA, FREITAS e SILVA, 2013). A seca é uma catástrofe natural com características bem distintas de outros tipos de catástrofes. De uma maneira geral, a seca é entendida como uma condição física transitória caracterizada pela escassez de água, associada a períodos extremos de reduzida precipitação, com repercussões negativas significativas nos ecossistemas e nas atividades socioeconômicas (ALMEIDA, 2017).

É sempre dito pela mídia, em geral, que Cabaceiras, localizada na região imediata de Campina Grande, PB, é a cidade mais seca do Nordeste ou do Brasil. No entanto, não se conhece, cientificamente, o regime de distribuição anual de chuvas desse local, comparando-se com o de outras localidades da Paraíba, a fim de averiguar tal afirmação.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Comparar os totais anuais de chuvas observados em Cabaceiras, com os seus respectivos valores observados em quatro outras localidades (Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos e Soledade) e averiguar se é verdadeira ou não a assertiva da mídia ao denominar Cabaceiras como sendo a cidade mais seca do Brasil, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS/ MATERIALS AND METHODS

Para a efetivação deste trabalho foram utilizadas séries pluviométricas ininterruptas, das localidades de Cabaceiras (7°29' 21" S, 36°17'18" W), Algodão de Jandaira (06°54'19" S; 36° 00' 25" W), Caraúbas (7°43'39" S, 36°29' 38" W), Pocinhos (07°04'36" S; 36°03'40" W) e Soledade (07°03'26" S; 36°21' 46" W), ambas localizadas na região imediata de Campina Grande, PB.

Os dados de chuvas foram cedidos pela Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), Campina Grande, PB. Os critérios adotados para a escolha dos locais basearam-se no tamanho e na igualdade das séries pluviométricas, para cada local, com período compreendido entre 01.10.1960 e 31.12.2018.

O agrupamento dos dados mensais e anuais de chuva foi feito seguindo uma sequência cronológica. O regime pluviométrico anual foi estabelecido, determinando-se as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão).

Os desvios relativos (Dr) anuais, para cada local, foram determinados pela diferença entre o valor de chuva anual observado em Cabaceiras (Cab) menos o valor observado em Algodão de Jandaira (Alg), Caraúbas (Car), Pocinhos (Poc) e Soledade (Sol), mediante as expressões:

$$Dr(mm) = O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Cab)} - O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Alg)}$$

(1)

$$Dr(mm) = O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Cab)} - O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Car)}$$

(2)

$$Dr(mm) = O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Cab)} - O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Poc)}$$

(3)

$$Dr(mm) = O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Cab)} - O \text{ valor de chuva observado no ano } i \text{ (em Sol)}$$

(4)

Se o valor dessa diferença anual for negativo, significa que choveu menos em Cabaceiras do que na local comparado e se positivo, que choveu mais em Cabaceiras.

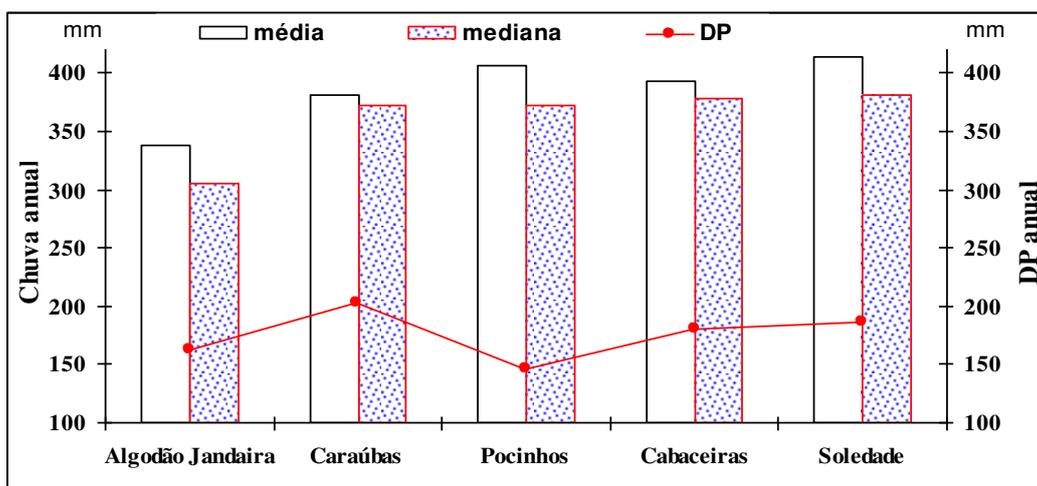
Os cálculos, as análises estatísticas, elaboração de gráficos e tabelas foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO/ RESULTS AND DISCUSSION

As principais características do regime pluviométrico anual de Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos, Cabaceiras e Soledade, na região imediata de Campina Grande, PB, expressas pelas medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão) são apresentadas na Figura 1. Observa-se (Figura 1), que os valores das médias diferem dos

das medianas. Condições essas que estabelece um “modelo” de distribuição da chuva assimétrico, para cada local. Assim sendo, a média passa a não ser o valor mais provável de ocorrer e por isso, recomenda-se o uso da mediana, o que concorda com os resultados encontrados para outras localidades, por OLIVEIRA, NÓBREGA e ALMEIDA (2012); ALMEIDA e CABRAL JUNIOR (2014).

Figura 1. Médias anuais das médias, medianas e desvios padrão da chuva, de Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos, Cabaceiras e Soledade, localizadas na região imediata de Campina Grande, PB.



Nota-se, também, elevados valores dos desvios padrão (DPs), o que mostra ser o referido modelo de distribuição irregular, com média esperada, oscilando em $\pm 175,0$ mm, o que confirmam irregularidade na distribuição, o que concorda com ALMEIDA e CABRAL (2013). Os desvios relativos dos totais de chuvas observados em Cabaceiras menos os de Algodão de Jandaira, Caraúbas e a médias dos quatro locais, são mostradas, respectivamente, nas Figuras 2, 3 e 4. Contabilizando-se os DRs positivos, ou seja, anos que choveram mais em Cabaceiras do que em Algodão de Jandaira (66,1 % dos anos), em Caraúbas (55,9 %) e em médias, das localidades estudadas, em 57,6 % dos anos.

Figura 2. Desvios relativos dos totais de chuvas observados em Cabaceiras em relação a Algodão de Jandaira, localizadas na região imediata de Campina Grande, PB.

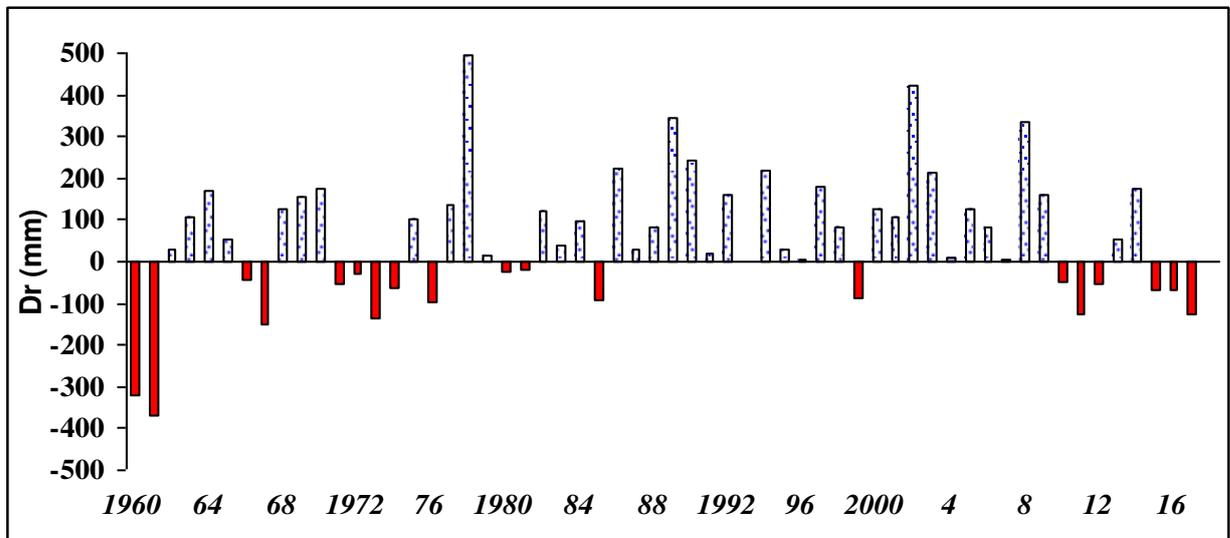


Figura 3. Desvios relativos entre os totais observados em Cabaceiras e em Caraúbas, Algodão de Jandaira, localizadas na região imediata de Campina Grande, PB

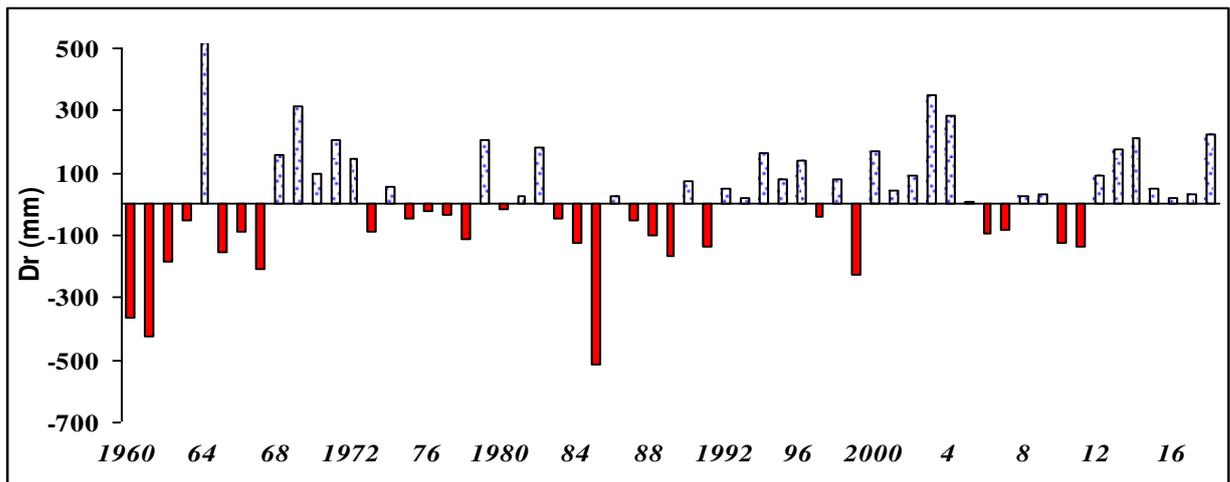
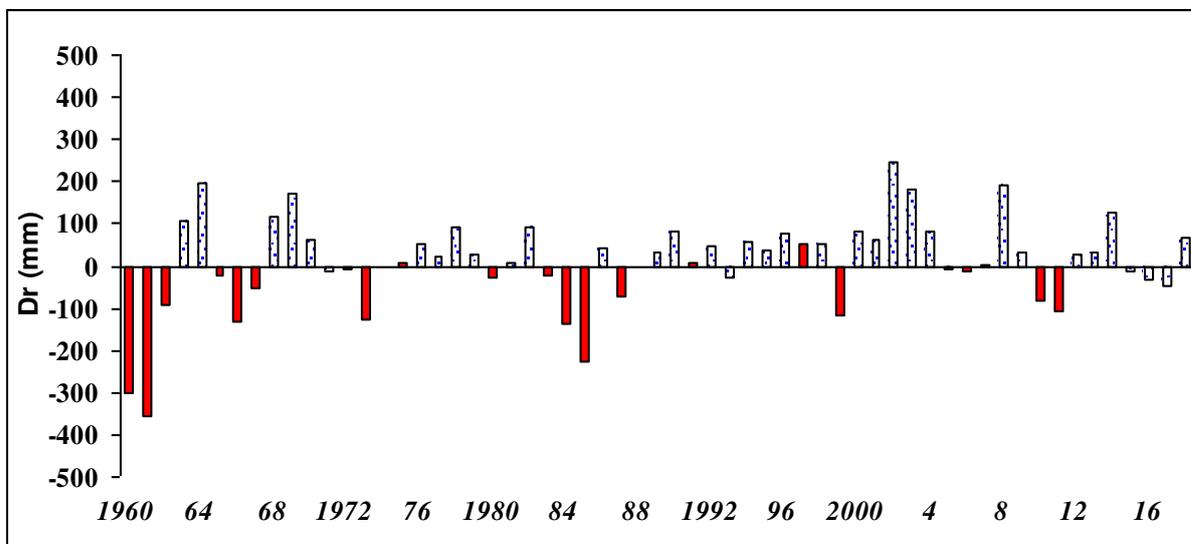


Figura 3. Desvios relativos médios dos totais observados em Cabaceiras em relação às demais localidades.



Destaca-se, entretanto, que as medianas anuais de chuvas de Cabaceiras foram maiores que as de Algodão de Jandaira, Caraúbas e Pocinhos (Figura 1). Além disso, os Drs positivos indicam que Cabaceiras chovem, individualmente, mais que esses dois locais e/ou com a média dos quatro locais estudados. Os indicativos do regime pluvial, associado com os desvios relativo dos totais de chuvas observado, em cada ano, mostram, portanto, que Cabaceira não é a cidade mais seca se quer da Paraíba, muito menos ainda do Nordeste ou do Brasil.

CONCLUSÕES/ CONCLUSIONS

Os regimes pluviais anuais de Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos, Cabaceiras e Soledade, na região imediata de Campina Grande, PB, são assimétricos e irregulares e, por isso, recomenda-se o uso da mediana anual e não a média. As medianas anuais de chuvas de Cabaceiras foram maiores que as de Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos e, praticamente, a mediana de Soledade. Os desvios relativos (DRs) dos totais anuais de chuvas observados em Cabaceiras foram positivos, quando comparados com as localidades de Algodão de Jandaira, Caraúbas, Pocinhos e Soledade, o que mostram que Cabaceiras choveu mais do que qualquer cada local, nos últimos 59 anos. A mediana anual de chuva de Cabaceiras sendo maior que a dos demais locais comparados, associado aos



Drs positivos, indica que Cabaceiras choveu, anualmente, mais que os locais estudados; Os indicativos pluviiais, na escala anual, mostram, portanto, que Cabaceira não é a cidade mais seca se quer da Paraíba, muito menos do Nordeste ou do Brasil.

REFERÊNCIAS/ REFERENCES

- ALMEIDA, H. A. de. Índices de secas e a influência do fenômeno El Niño na estação chuvosa de Ipiaú, BA. *Agrotrópica*, v. 29, n. 1, p. 51- 62. 2017.
- ALMEIDA, H. A, de; CABRAL JUNIOR, J. B. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.07, n.05 (Número Especial-VIWMCRHPE), p. 846-858, 2014
- ALMEIDA, H. A. de, CABRAL, L. N. **Água e desenvolvimento sustentável na zona rural do semiárido paraibano**. *Revista de Geografia (UFPE)*, v.30, n.3, 2013.
- ALMEIDA, H. A. de; FREITAS, R, C; SILVA, L. Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba, através da técnica dos Quantis. *Revista de Geografia (UFPE)*, v.30, n.1, p. 217-232, 2013.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.1, 63-74, 2007.
- ESPINOSA, E.S. Distúrbios nos ventos de leste no atlântico tropical. São José dos campos. 1996. 127p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)–Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE.KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33, p. 538-551, 1981
- MOLION, L. C. B.; Bernardo, S. O. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. *Rev. Bras. Meteor.*, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- OLIVEIRA, G. S., NÓBREGA, R. S., ALMEIDA, H. A. de A. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em Catolé de Casinhas, PE. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 29, n. 1, p. 75-90, 2012.
- UVO, C. A Zona de Convergência Intertropical e sua relação com a precipitação no Nordeste Brasileiro. 1989.120p. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1989.



CARACTERIZAÇÃO DO VENTO NO ESTADO DE ALAGOAS, BASEADA NA ANÁLISE DE CLUSTERS

Pedro Henrique de Almeida Souza¹; Luana dos Santos Ferreira²; José Francisco de Oliveira-Júnior³; Dimas de Barros Santiago⁴; Rosiberto Salustiano de Silva Júnior³

RESUMO

O conhecimento da variabilidade do vento é essencial para o gerenciamento estratégico de diversas áreas, tais como: meteorologia, agricultura e energia. Para a realização deste artigo foram utilizados dados horários de seis estações meteorológicas automáticas situadas no Estado de Alagoas, do período de 2010 a 2014, com o objetivo de identificar os padrões homogêneos da velocidade do vento, via Análise de Clusters. O resultado do dendrograma apontou três grupos homogêneos. Verificou-se similaridade entre os padrões mínimas (durante o período chuvoso) e máximas (período seco), resultantes da incidência de radiação solar. O Grupo G₂, composto por estações litorâneas apresentou velocidade médias mensais constantes ao longo do ano, além disso, exibiu a maior média dos Grupos, com o valor de $2,76 \pm 1,63 \text{ m.s}^{-1}$. Verificou-se que o Grupo G₃ apresentou a maior quantidade de *outliers*, a maior variabilidade entre os meses, principalmente durante o inverno (entre os meses de Abril e Agosto). Este resultado está relacionado à orografia, pois se encontra em um vale e cercada de morros e do Rio São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: Maceió; Brisa Marítima / Terrestre; Ventos de Calmaria.

Autor para correspondência: pedro.meteorologia@gmail.com



1 Estudante de Graduação do Instituto de Ciências Atmosféricas da UFAL, Maceió, Alagoas; 2 Bacharel em Meteorologia pelo Instituto de Ciências Atmosféricas da UFAL, Maceió, Alagoas; 3 Professor do Instituto de Ciências Atmosféricas da UFAL, Maceió, Alagoas; 4 Estudante de Pós-Graduação da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da UFCG, Campina Grande, Paraíba.

WIND CHARACTERIZATION OF ALAGOAS STATE, BASED ON CLUSTER ANALYSIS

ABSTRACT

The knowledge of the wind variability is essential for the strategic management of several areas, for example, meteorology, agriculture, and energy. For this article, it used hourly data from six automatic weather stations located on Alagoas State, comprised between 2010 and 2014 years. The main objective is to identify the pattern of the wind speed on Alagoas State via Cluster Analysis. The dendrogram appointed that the wind speed were divided into three groups homogeneous. There was a similarity between the minimum during the rainy period, and the maximum during the dry period, resulting from the incidence of solar radiation. Group G2 presented the highest wind speed throughout the year with a value of 2.76 ± 1.63 m.s⁻¹. Group G3 presented the highest number of outliers, the highest variability between the months, especially during the winter (between April and August months). This result is related to topography, as it is found in a valley and surrounded by hills and the São Francisco River.

KEY-WORDS: Maceió; Breeze system; Calm winds.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O vento é um elemento meteorológico resultante da diferença de pressão atmosférica entre duas regiões (MUNHOZ, 2008). Além disso, o vento é influenciado pelo processo de aquecimento das massas de ar provenientes da distribuição de radiação solar ao longo do globo, e também de efeitos locais, tais como: continentalidade, altitude (orografia local), latitude, e rugosidade da superfície (MUNHOZ, 2008).

Sua aplicação é verificada em diversas áreas, por exemplo, em meteorologia (MUNHOZ, 2008; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2013; CORREIA FILHO & ARAGÃO, 2014), na agricultura (SOBRAL et al., 2018), para fins energéticos (SUNDERLAND et al., 2013), na dispersão de poluentes atmosféricos e na qualidade do ar nos centros urbanos (PIMENTEL et al., 2014a; ZERI et al., 2016), e na dinâmica dos focos de calor (BATISTA, 2000; OLIVEIRA et al., 2013).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Caracterizar o regime do vento em estações meteorológicas automáticas situadas no estado de Alagoas, de maneira mensal, do período de 2010 a 2014, baseadas na Análise de Clusters.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O Estado de Alagoas se localiza na região Nordeste do Brasil (NEB), na latitude $09^{\circ} 23' 25''$ S e a longitude $36^{\circ} 45' 35''$ W com altitude entre o nível médio do mar (NMM) e 16 m. Com uma área de 27.768 km², equivalente a 0,33% do território brasileiro, dividido em 102 municípios. Com os seus limites ao Norte (N) com Pernambuco (PE), ao Sudoeste (SW) com Sergipe (SE) e Bahia (BA) - Figura 1. Uma parte do Estado de Alagoas encontra se inserido no bioma Mata Atlântica e outra parte Caatinga, segundo IBGE são 52% de Mata Atlântica e 48% Caatinga (IBGE, 2019).

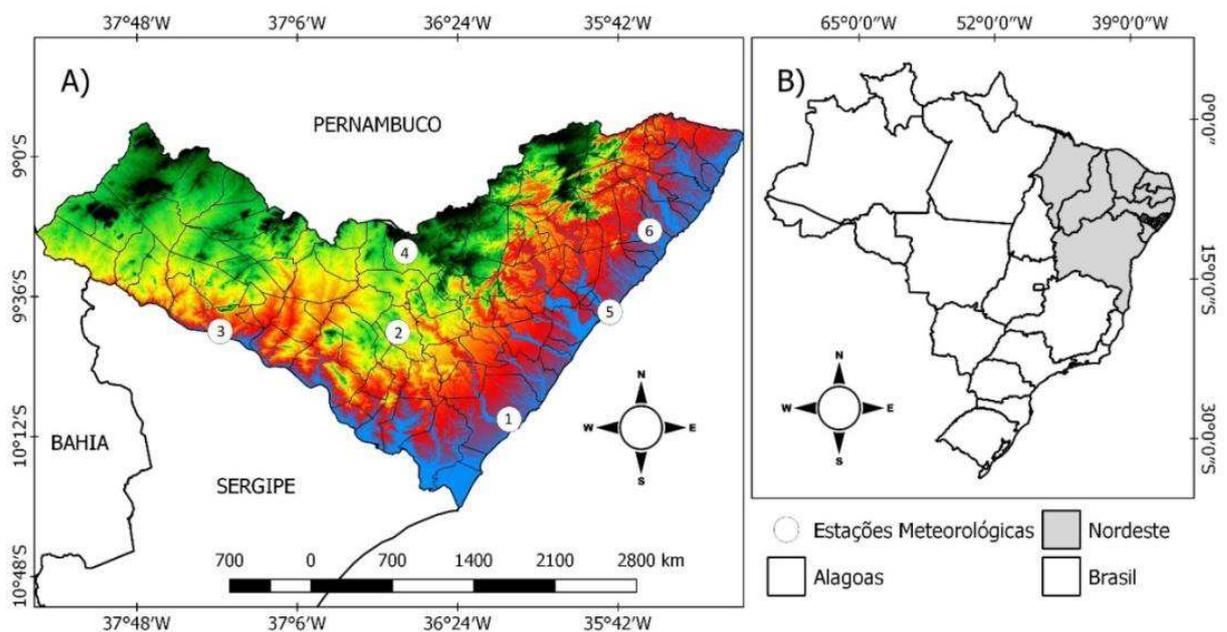


Figura 2: Localização das seis estações meteorológicas automáticas do estado de Alagoas.

Obtenção dos Dados de vento

Neste artigo foram utilizados dados horários de velocidade do vento oriundas de seis estações meteorológicas automáticas do estado de Alagoas, obtidas pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), hospedado no endereço eletrônico: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>, do período entre 2010 e 2014, ao qual estão ilustradas na Figura 1 e listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estações meteorológicas automáticas (EMA) do Estado de Alagoas com suas coordenadas geográficas (latitude e longitude), altitude (m) e contagem das falhas (%).

ID	Estações	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Falhas (%)
1	Coruripe	10°07'S	36°17'W	74	5
2	Arapiraca	09°48'S	36°37'W	241	0
3	Pão de Açúcar	09°45'S	37°26'W	19	10
4	Palmeira dos Índios	09°25'S	36°37'W	275	4
5	Maceió	09°33'S	35°46'W	64,5	1
6	São Luís do Quitunde	09°17'S	35°33'W	19	6

Estatística aplicada à série temporal

Para a execução deste artigo foi subdividido em duas etapas: (a) avaliação da estatística descritiva dos dados, e (b) aplicação da análise de Clusters (AC) para identificação de regiões homogêneas do vento no Estado de Alagoas. Na estatística descritiva, serão utilizados a média, máximas, mínimas e desvio padrão (DP) do vento. Para uma análise estatística mais consistente, aplicou-se a AC, para a identificação de padrões homogêneos do vento (CORREIA FILHO & ARAGÃO, 2014). A AC é um método de análise multivariada que busca identificar uma estrutura classificatória ou de reconhecimento a partir de um conjunto de indivíduos, baseado na avaliação da homogeneidade dentro dos grupos e/ou heterogeneidade entre os grupos (CORREIA FILHO & ARAGÃO, 2014). Neste artigo, estes grupos corresponderão à aglomeração dos referentes às estações meteorológicas, provenientes de sua variabilidade. Para o processo de similaridade entre os grupos, utilizando a medida de distância euclidiana

(CORREIA FILHO & ARAGÃO, 2014), comumente utilizada na literatura, conforme a Eq. (1):

$$d_{ab} = \left[\frac{1}{N_{ab}} \sum_{j=1}^{N_{ab}} (X_{aj} - X_{bj})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

em que, X_{aj} é a j-ésima característica da a-ésima observação; X_{bj} é a j-ésima característica da b-ésima observação; N_{ab} é o número de municípios.

Em relação às técnicas hierárquicas e aglomerativas existem vários métodos ou critérios de agrupamento, neste projeto utilizaremos o método de Ward (CORREIA FILHO & ARAGÃO, 2014), ao qual sua similaridade é baseada na soma dos desvios quadráticos em relação à média do grupo segundo a Eq. (2):

$$W = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_k} (X_{ijk} - X_{.jk})^2 \quad (2)$$

Em que, X_{ijk} é o valor da j-ésima variável para a i-ésima das N_k observações dos K grupos e $X_{.jk}$ é o valor médio. O ponto representa o valor médio do subíndice.

Todos os procedimentos de obtenção, extração e manipulação dos dados, assim como a aplicação da AC foram realizados a partir do software de ambiente R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Com base no resultado obtido pelo dendrograma (Figura 2), constatou-se que a velocidade do vento é dividida em três grupos homogêneos, separadas da seguinte maneira: (a) Grupo G_1 , composto pelas estações de Arapiraca e Palmeira dos Índios, (b) Grupo G_2 , composto pelas estações de Coruripe, São Luis do Quitunde e Maceió, e (c) Grupo G_3 , composto pela estação de Pão de Açúcar.

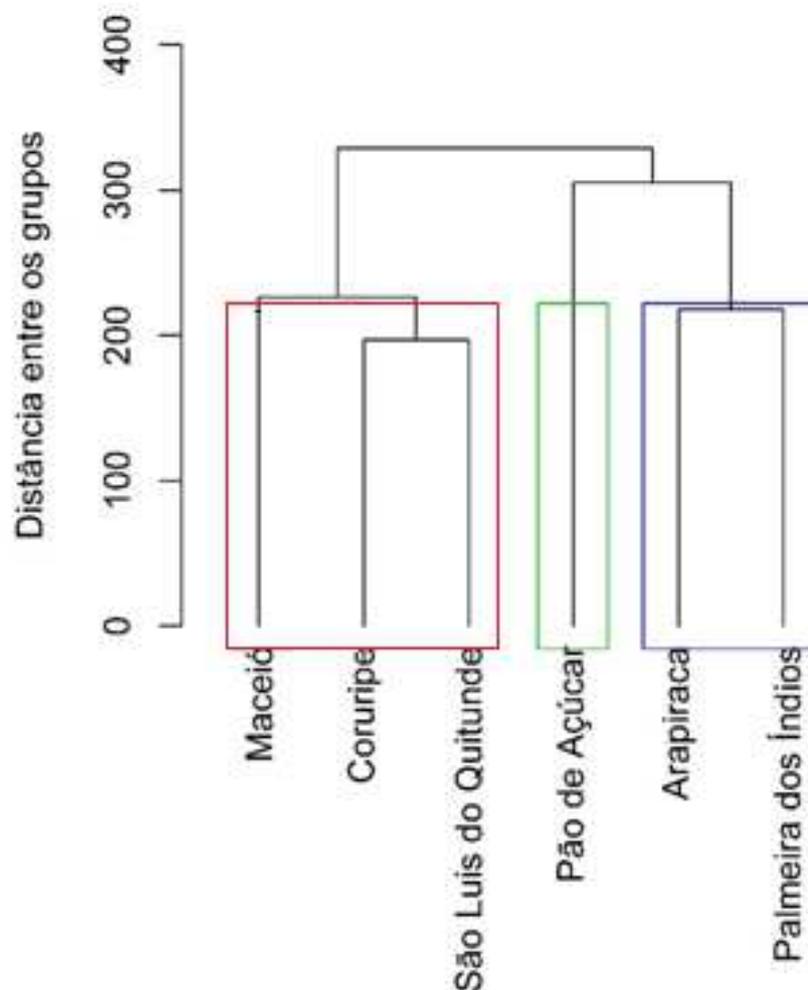


Figura 2: Dendrograma dos Grupos homogêneos da Velocidade do Vento, via Análise de Clusters.

Avaliando o comportamento mensal da velocidade do vento (Figura 3) de cada um dos três Grupos homogêneos via AC, verificam-se padrões distintos entre os Grupos. O Grupo G_1 (Figura 3a) apresenta comportamento cíclico bem definido entre o período seco (chuvoso), compreendido entre os meses de Abril a Agosto (Outubro a Março), com as maiores (menores) médias de velocidade do vento, resultante da maior (menor) incidência de radiação solar, em média \pm DP, a velocidade do vento é de $2,65 \pm 1,78 \text{m.s}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2. Análise descritiva dos três grupos homogêneos da Velocidade do Vento no Estado de Alagoas. As abreviações: Mín – Mínima; Máx – Máxima; e DP – Desvio Padrão.

Grupos	Velocidade do Vento	
	Mín. / Máx.	Média ± DP
G ₁ – Arapiraca e Palmeira dos Índios	0,00 / 8,30	2,65± 1,78
G ₂ – Coruripe, Maceió e São Luís do Quitunde	0,10 / 8,50	2,76± 1,63
G ₄ – Pão de Açúcar	0,00 / 8,60	1,68± 1,68

Dentre os Grupos avaliados, o G₂ (Figura 3b) apresenta comportamento suavizado ao longo do ano e o de maior velocidade média, com o valor de $2,76 \pm 1,63 \text{ m.s}^{-1}$, além disso, nota-se uma pequena quantidade de *outliers*. Este Grupo composto por estações situadas no litoral sofre influência de ventos alísios de SE e dos processos de Sistemas de Brisas Marítima / Terrestre resultantes da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (CORREIA FILHO & ARAGÃO, 2009), e suas maiores intensidades são registradas entre os meses de Novembro a Janeiro, durante o verão.

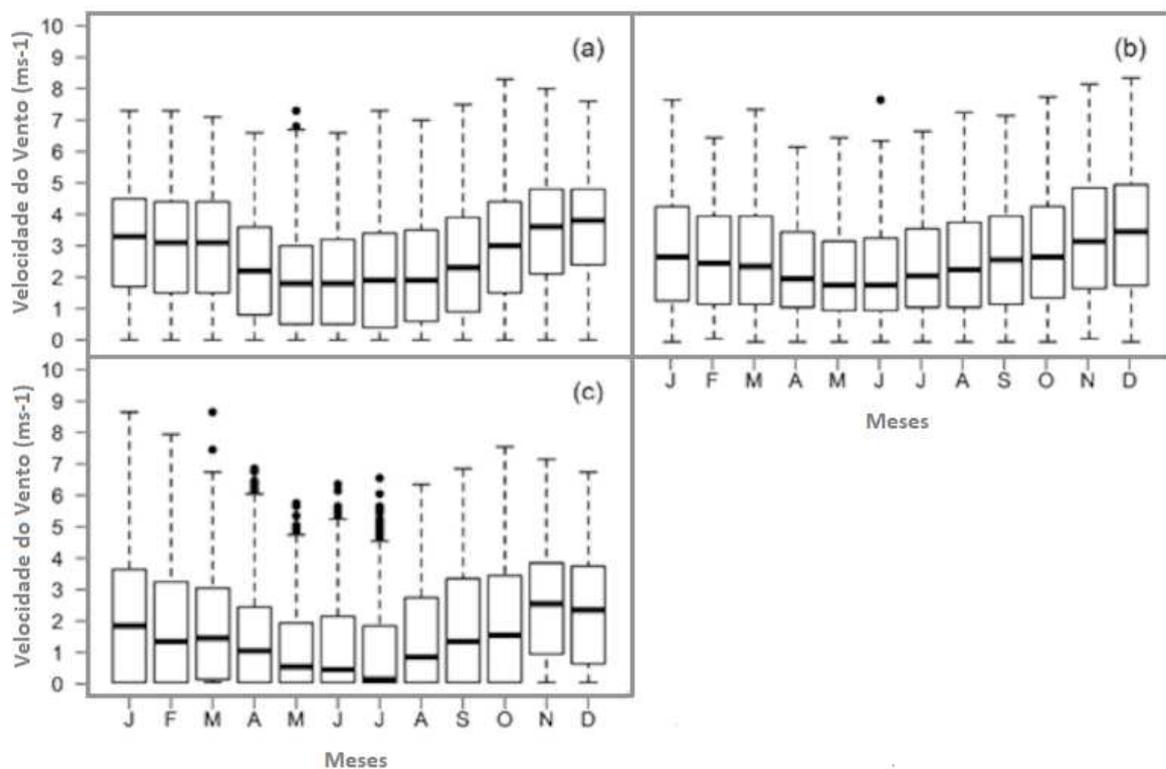


Figura 3: Boxplot do comportamento da velocidade do vento, resultantes dos três Grupos homogêneos: (a) Grupo G₁, (b) Grupo G₂ e (c) Grupo G₃, usando Análise de Cluster.

Nota-se que o Grupo G₃ (Figura 3c) apresenta a maior velocidade do vento entre os Grupos, com $8,6\text{m.s}^{-1}$, em contrapartida, é o Grupo que apresenta a menor média, com apenas $1,68 \pm 1,68\text{m.s}^{-1}$ (Tabela 2). Além disso, nota-se uma forte variabilidade na magnitude do vento ao longo do ano, principalmente no período chuvoso (entre os meses de Maio a Agosto) e especialmente no mês de julho ao qual apresenta média de velocidade de calmaria ($< 0,5\text{m.s}^{-1}$), seguido de um grande número de *outliers*. Este resultado está relacionado à orografia, pois esta estação está situada em um vale e cercada de morros e do Rio São Francisco.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com base nos resultados apresentados, verificou-se que a velocidade do vento em Alagoas apresentou três grupos homogêneos, constatando que os grupos possuíam padrões de variabilidade similar ao longo do ano, com as maiores velocidades no período seco (entre os meses de novembro e Janeiro), enquanto que os menores ocorreram no período chuvoso (entre os meses de abril a agosto). O Grupo G₃ apontou as maiores flutuações mensais, com a presença de outliers. O Grupo G₂, composto por estações litorâneas apresentou velocidade médias mensais constantes ao longo do ano, além disso, exibiu a maior média dos Grupos, com o valor de $2,76 \pm 1,63\text{m.s}^{-1}$.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CORREIA FILHO, W. L. F.; ARAGÃO, M. R. S. Análise da Variabilidade Sazonal do Vento no Aeroporto de Maceió, AL. Parte i: Direção do Vento. **Ciência e Natura**, [S.l.], p. 189-192, nov. 2009. ISSN 2179-460X.

CORREIA FILHO, W.L.F.; DA SILVA ARAGÃO, M. R.. Padrões temporais do vento à superfície em mesorregiões do estado da Bahia. **Ciência e Natura**, vol. 36, p. 402-414, 2014.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Estimativa da População do Estado de Alagoas. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al>, 2019. Acessado em 23 de novembro de 2019.



- MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava SP. **Rev. Bras. de Meteor.**, v. 23: p. 30-34, 2008.
- OLIVEIRA JÚNIOR J. F, SOUZA J, DIAS F, GOIS G, GONÇALVES IFS, SILVA MS Caracterização do regime de vento no município de Seropédica, Rio de Janeiro (2001-2010). **Floresta Ambient.**, vol. 20, p. 447–459, 2013.
- OKE T. R. *Boundary Layer Climates*. 2ª ed., Cambridge, University Press, 435p, 1987.
- PETERSON C. J. Catastrophic Wind damage to North American forests and the potential impact of climate change. **Science of the Total Environment**, vol. 262, p. 287-311, 2000.
- PIMENTEL LCG, CORRÊA EB, MARTON E, CATALDI M, NOGUEIRA E Influência dos parâmetros de configuração do modelo CALMET sobre a simulação da circulação atmosférica na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Meteorol**, vol. 29, p. 579-596, 2014.
- SOBRAL B. S.; OLIVEIRA JÚNIOR J. F.; GOIS G.; TERASSI P. M. B.; MUNIZ JUNIOR J. G. R. Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Climatol.**, vol. 22, p. 281-308, 2018.
- SUNDERLAND K, WOOLMINGTON, T, BLACKLEDGE J, CONLON M. Small wind turbines in turbulent (urban) environments: A consideration of normal and Weibull distributions for power prediction. **J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.**, vol. 121, p. 70-81, 2013.
- ZERI M, CARVALHO V.S.B, CUNHA-ZERI G, OLIVEIRA-JÚNIOR J. F, LYRA G. B, FREITAS E. D. Assessment of the variability of pollutants concentration over the metropolitan area of São Paulo, Brazil, using the wavelet transform. **Atmos. Sci. Lett.**, vol. 17, p. 87-95, 2016.



CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS, PI, BRASIL

Raimundo Mainar de Medeiros¹; Manoel Viera de França²; Romildo Morant de
Holanda³

RESUMO

As flutuações das precipitações no município de Bom Jesus, contribuem com a captação de água pluvial para os setores rural e urbano e sendo a principal componente para a sustentabilidade da agricultura familiar. Os dados de precipitações mensais, fornecidos pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e pela Empresa de extensão rural do Estado do Piauí (EMTERPI, 2011). No diagnóstico utilizou-se dos totais mensais e anuais, das médias e dos valores máximos e mínimos absolutos da série histórica de 1962 - 2010. A variabilidade temporal dos índices pluviométricos proporcionará informações de como o agricultor poderá estabelecer medidas para captura de águas de chuvas e seu armazenamento usando o período chuvoso. A precipitação pluvial mensal é bastante variável na sua distribuição temporal ao longo dos anos. O quadrimestre mais chuvoso são os meses de dezembro a março, representando 67% das chuvas ocorridas. Os meses mais secos ocorrem entre junho a setembro e sua representação dos índices pluviométricos é 1,65% dos valores esperado. Durante os 49 anos estudados os totais anuais extremos de precipitação pluviométrica foram registrados no ano de 2007 com 1.697 mm e o ano de 1990 quando o total anual registrado foi de 281 mm, estes extremos são decorrentes dos fenômenos sinóticos de larga escala atuante;

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura familiar, Variabilidades extremas da precipitação, oscilação anual



1Meteorologista, Pós-Doutor Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; 2Prof. MSc. Universidade Federal Rural de Pernambuco E-mail: manoelvieiraufrepesquisa@gmail.com; 3Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: romildomorant@gmail.com

CLIMATOLOGY OF PRECIPITATION IN THE CITY OF GOOD JESUS, PI, BRAZIL

ABSTRACT

The fluctuations of precipitation in the municipality of Bom Jesus contribute to the capture of rainwater for the rural and urban sectors and is the main component for the sustainability of family farming. Monthly rainfall data provided by the Northeast Development Superintendence (SUDENE, 1990) and the Piauí State Rural Extension Company (EMTERPI, 2011). In the diagnosis it was used the monthly and annual totals, the averages and the maximum and minimum absolute values of the historical series from 1962 - 2010. The temporal variability of the rainfall indices will provide information on how the farmer can establish measures for rainwater capture and your storage using the rainy season. Monthly rainfall is quite variable in its temporal distribution over the years. The wettest quarter is December to March, accounting for 67% of rainfall. The driest months occur between June and September and their representation of rainfall indices is 1.65% of the expected values. During the 49 years studied, the annual total rainfall was recorded in 2007 with 1,697 mm and in 1990 when the annual total recorded was 281 mm, these extremes are due to the large-scale synoptic phenomena acting;

KEYWORD: Family agriculture, Extreme variability of precipitation, annual oscillation

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agropecuária. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia (SLEIMAN, 2008).

O conhecimento das condições climáticas de determinada região é necessário para que se possa estabelecer estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, almejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região de conformidade com SOUSA et al. (2010).

A precipitação pluvial é um dos elementos essenciais nas atividades agrícolas, a partir do volume de chuva precipitado e da sua distribuição pode-se determinar quais os tipos de atividades agrícolas de certa localidade segundo ARRAES et al. (2009).

MEDEIROS et al. (2014) analisaram-se as ocorrências de eventos extremos de precipitação em Campina Grande, com dados diários de precipitação que compreende os anos de 1970–2010. Os eventos extremos analisados foram os de maior intensidade de precipitação diária para os anos estudados. Os resultados mostraram que houve mudança no comportamento das ocorrências de precipitação a partir da década de 70 na área de estudo. Ocorreu intensificação na precipitação máxima apresentando maior número de eventos com valores de precipitação superior a 80 mm. Não houve, de modo geral, relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS. Eventos extremos foram evidentes entre os meses da estação chuvosa, com 88% das ocorrências e 12% na estação seca.

MEDEIROS (2012) analisou a climatologia da precipitação no município de Bananeiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição à Agroindústria e constatou que os índices pluviômetros são essenciais à sustentabilidade agroindustrial.

Dentre os elementos do clima, a precipitação é o que mais influencia na produtividade agrícola (ORTOLANI e CAMARGO, 1987), especialmente nas regiões tropicais onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (SANTANA et al. 2007). Por ser um elemento essencial na classificação climática de regiões tropicais, a precipitação e sua variabilidade associada a outros elementos do clima, provoca uma flutuação no comportamento geral dos climas locais. O monitoramento do regime pluviométrico da região nos últimos anos tem mostrado que a escassez de recursos hídricos acentua os problemas socioeconômicos, em particular ao final de cada ano, com os totais pluviométricos em torno ou abaixo da média da região (MARENGO e SILVA DIAS, 2006).



OBJETIVOS DO TRABALHO

Tem-se como objetivo a análise climatológica da precipitação do Município de Bom Jesus - PI, utilizando-se a série histórica de 1962 a 2010, visando à contribuição nas decisões de setores como a economia e agropecuária da área de estudo

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se dos totais mensais e anuais, das médias e dos valores máximos e mínimos absolutos de precipitações da série histórica de 1962 – 2010 fornecido pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e pela Empresa de extensão rural do Estado do Piauí (EMTERPI). A sede municipal localiza-se Latitude 09°04'sul; Longitude 44°21' a oeste de Greenwich com uma altitude de 220 metros. (Figura 1). Foram desconsiderados como valores mínimos os totais mensais iguais à zero, considerando-se apenas aqueles que se encontravam no intervalo de 5 a 10 mm. Para análise dos dados foi utilizado programa em planilhas eletrônicas para confecções das planilhas mensais e seus preenchimentos de falhas além da realização dos parâmetros estatísticos como média climatológica, desvio percentual, máximo e mínimo absolutos segundo MEDEIROS (2013).

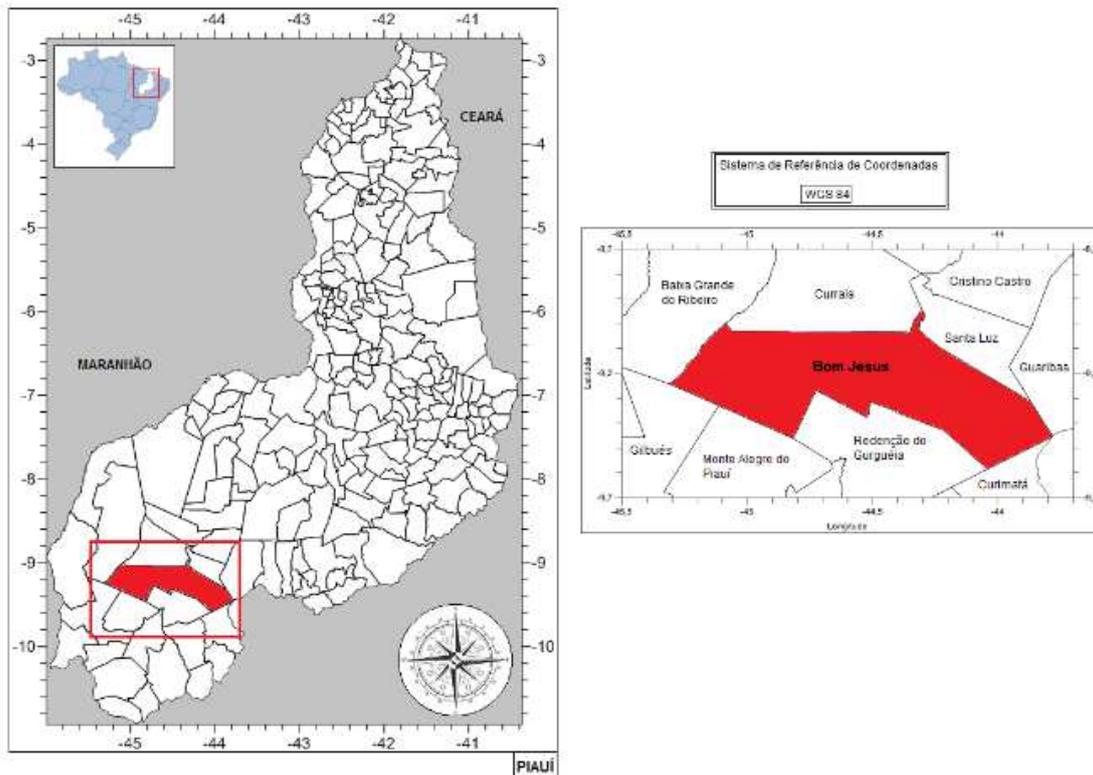


Figura 1. Localização do município dentro do Estado. Fonte:Cordeiro, M.C. (2015)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, observar-se o comportamento da precipitação em termos de médias mensais climatológicas e dos valores máximos e mínimos absolutos registrados em Bom Jesus no período 1962-2010. As médias mensais variam entre 1,3 mm em agosto a 174,6 mm no mês de janeiro, com uma precipitação média climatológica anual de 961,4 mm. O quadrimestre chuvoso são os meses de dezembro a março e o quadrimestre seco centra-se nos meses de junho a setembro. Os valores mínimos absolutos de chuvas ocorridos e registrados foram os anos de 2006 com 17,5 mm no mês de janeiro; 2001 com 24 mm no mês de fevereiro e 1992 com 9 mm no mês de março. Os valores máximos absolutos de ocorrências de chuvas registrados na área de estudos foi a do ano de 2004, 2008 e 2007 com 642,5 mm; 346,5 mm e 1.064 mm respectivamente. O período chuvoso inicia-se no mês de outubro com chuva de pré-estação e prolonga-se até o mês de março, o que se destaca é a frequência de irregularidade nas distribuições dos índices pluviométricos entre meses e anos.

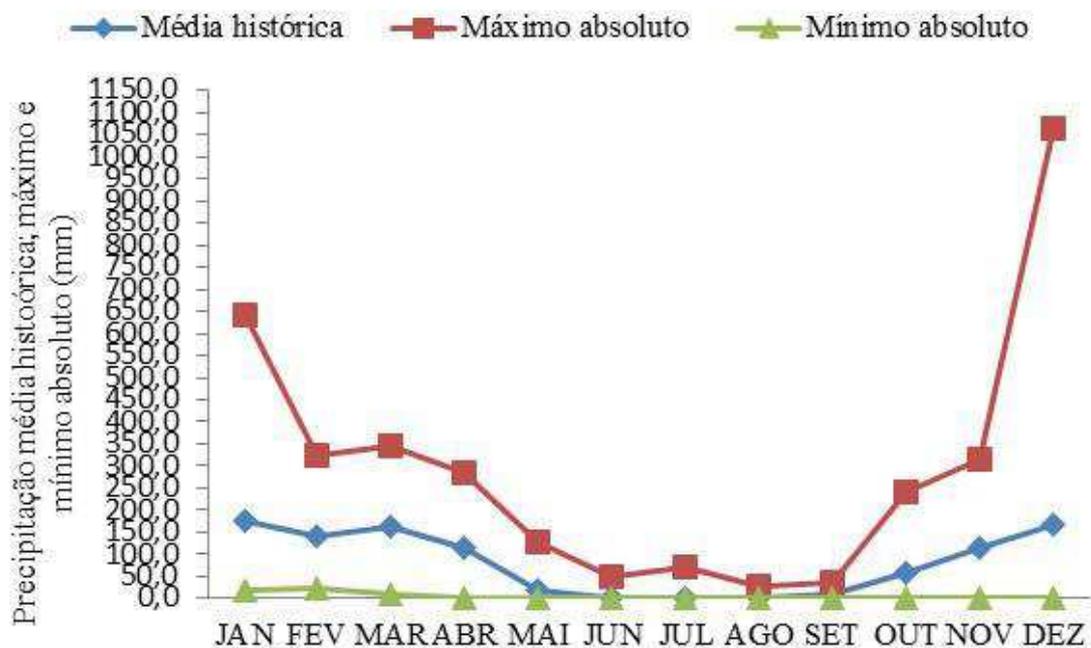


Figura 1. Precipitação pluviométrica climatológica mensal e os máximos e mínimos valores ocorridos em Bom Jesus no período 1962-2010.

Na figura 2, observa-se a variação dos totais anuais das chuvas históricas para o período de 1962-2010, onde se pode constatar que a média anual histórica é de 961,4 mm com 49 anos de observações. Durante o período analisado ocorreu grande variabilidade dos totais anuais de chuva podendo esta variabilidade ser observada como nos anos de 2007 (1.697 mm); 2006 (1.057 mm); 2000 (1.057 mm); 1999 (1.056 mm) e no ano de 1997 com 1.158 mm onde os índices pluviométricos foram maiores que 1.000,0 mm; já os anos de 1969; 1965; 1976; 1990 e 1993 com índices pluviométricos fluando entre 281 a 771 mm. O município de Bom Jesus - PI apresenta uma série de 21 anos com precipitações abaixo da média histórica e 14 anos com índices pluviométricos acima da média, além de 14 anos com precipitações em torno da normalidade.



Figura 2. Índices pluviométricos anuais em Bom Jesus - PI no período de 1962 a 2010.

CONCLUSÕES

A precipitação pluvial mensal é bastante variável na sua distribuição temporal ao longo dos anos. O quadrimestre mais chuvoso são os meses de dezembro a março, representando 67% das chuvas ocorridas;

Os meses mais secos ocorrem entre junho a setembro e sua representação dos índices pluviométricos é 1,65% dos valores esperado;

Durante os 49 anos estudados os totais anuais extremos de precipitação pluviométrica foram registrados no ano de 2007 com 1.697 mm e o ano de 1990 quando o total anual registrado foi de 281 mm, estes extremos são decorrentes dos fenômenos sinóticos de larga escala atuante;

A análise da variabilidade e temporal das chuvas proporciona informações de como o homem rural e urbano deverá estabelecer medidas para captura de águas de chuvas e seu armazenamento usando o período mais chuvoso.

REFERÊNCIAS



ARRAES, F. D. D.; LOPES, F. B.; SOUZA, F.; OLIVEIRA, J. B. Estimativa do Balanço Hídrico para as condições climáticas Iguatu, Ceará, usando Modelo Estocástico. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. Fortaleza, v.3, n.2, p.78–87, 2009.

MARENGO, J.; SILVA DIAS, P. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. Capítulo 3 em Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, 2006, pp.63-109, Eds. A. Rebouças, B., Braga e J. Tundisi. Editoras Escrituras, SP.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; VIEIRA, L. J. S.; SOUSA, S. F. A. Contribuição para a captação de águas pluviais um subsídio a partir da análise da precipitação e do número de dias de chuva no município de Teresina, PI. 8º Simpósio de Captação e manejo de água de chuva. 14 a 17 de agosto de 2014. Local: Federação das Indústrias do Estado da Paraíba. Campina Grande - PB. 2014.

MEDEIROS, R. M.; BORGES, C. K.; VIEIRA, L. J. S.; FRANCISCO, P. R. M. Análise climatológica da precipitação no município de Bananeiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição a Agroindústria In: Seminário Nacional da Agroindústria - V Jornada Nacional da Agroindústria, 2012, Bananeiras - Paraíba.

MEDEIROS, R. M. Elaboração de programa de consistência de dados pluviométricos diários para a área da bacia do rio Uruçuí Preto-PI. P.17. 2013.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. Ecofisiologia da Produção Agrícola. Piracicaba: Potafos, 249 p. 1987.

SANTANA, M. O.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; SILVA, D. D. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.15, n.1, p.114-120, 2007.

SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. A Climatologia de Precipitação e a Ocorrência de Veranicos na Porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.



CLIMATOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB, QUANTO AO ELEMENTO METEOROLÓGICO PRECIPITAÇÃO

Fabiana Terezinha Leal de Moraes¹; Daniele Ferreira de Melo²; Sabrina Cordeiro de Lima³; Adriana Maria dos Santos⁴; Dermeval Araújo Furtado⁵

RESUMO

O desenvolvimento da região semiárida brasileira tem por fator limitante a irregularidade de chuvas. A estiagem prolongada é uma característica inerente a região, sendo necessário o desenvolvimento e a implantação de infraestruturas que possam suprir as necessidades da população. Portanto, a realização da análise climatológica é uma ferramenta importante que permite a identificação das tendências climáticas da região ao longo dos anos. Desse modo, esse trabalho teve como objetivo analisar o histórico pluviométrico do município de Campina Grande-PB, no período de 1998 a 2018. Os dados utilizados foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia. Permitindo, obter a precipitação média total anual para o período estudado de 752,72 mm, sendo o ano com maior índice pluviométrico o de 2011 com 1495,4 mm e o de menor foi 2001 com 361,1 mm, destaca-se neste a influência do fenômeno El Niño. Os meses que apresentam as chuvas com maiores intensidades foram os meses de janeiro à agosto, com médias mensais variando entre 53,7 à 124,4 mm. O período menos chuvoso compreende os meses de setembro a dezembro, com médias que não chegam a 26 mm. Diante dos resultados, destaca-se a importância de se desenvolver e implantar projetos visando amenizar os danos causados ao município.

PALAVRAS-CHAVE: Série temporal; dimensionamento; técnicas construtivas.

Autor para correspondência: fabianaleal_morais@hotmail.com

1Mestranda da Pós-Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Doutoranda da Pós-Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Doutoranda da Pós-Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Mestre pela Pós-Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 5Professor Orientador da Pós-Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



CLIMATOLOGY OF CAMPINA GRANDE-PB, AS THE ELEGANT METHODOLOGICAL PRECIPITATION

ABSTRACT

The development of the Brazilian semi-arid region has as a limiting factor the rainfall irregularity. Prolonged drought is an inherent feature of the region, requiring the development and implementation of infrastructures that can meet the needs of the population. Therefore, conducting climate analysis is an important tool that has enabled the identification of climate trends in the region over the years. This work aimed to analyze the rainfall history of the municipality of Campina Grande-PB, from 1998 to 2018. The data used were obtained from the National Institute of Meteorology. Allowing to obtain the annual average total precipitation for the studied period of 752.72 mm, being the year with the highest rainfall index of 2011 with 1495.4 mm and the lowest one was 2001 with 361.1 mm. of the El Niño phenomenon. The months with the highest rainfall were from January to August, with monthly averages ranging from 53.7 to 124.4 mm. The least rainy period is from September to December, with averages not exceeding 26 mm. Given the results, the importance of developing and implementing projects to mitigate the damage caused to the municipality is highlighted.

KEY-WORDS: Time series; sizing; constructive techniques.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Fatores que caracterizam o semiárido brasileiro é a irregularidade e baixo índice pluviométrico. Assim o acompanhamento dos períodos de chuva de uma localidade pode ser importante para compreender suas limitações. O monitoramento da precipitação, principalmente durante o período chuvoso é muito importante para tomada de decisões que tragam benefício para população (Paula et al., 2010). Um bom monitoramento da precipitação pluviométrica é uma ferramenta indispensável na mitigação de secas, enchentes, inundações, alagamentos, entre outros.

Segundo Andrade e Nunes (2014) a sobrevivência da população no Semiárido e o seu potencial de produção vinculam-se diretamente à disponibilidade hídrica. Dentre os elementos meteorológicos, as precipitações pluviométricas são as que apresentam alta variabilidade no tempo e no espaço. Além da irregularidade das chuvas ao longo do ano, também há uma irregularidade interanual. Há anos em que chove acima da média, enquanto que em outros as chuvas são escassas e mais concentradas, de forma que a estiagem fica mais severa (Andrade e Nunes, 2014).

O grande problema do Semiárido brasileiro é que a média anual de precipitação varia entre 200 a 800 mm e a evaporação ser de 2.000 mm, ou seja, a quantidade de água que

evapora é 2,5 vezes maior que a média da chuva da região (Silva et al., 2013). Como a quantidade que evapora é maior do que a quantidade de precipitação, Oliveira (2013) afirma que não basta somente trazer a água para o semiárido, já sabemos que as águas que precipitam nesta região são suficientes, o que falta são formas mais eficientes de aproveitamento, armazenamento e uso destas águas.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar os dados pluviométricos do período de 1998-2018 no município de Campina Grande-PB, visando encontrar alternativas viáveis para facilitar a convivência na região.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado na zona centro oriental do estado da Paraíba (7°13'11" S; 35°53'31" O e 547 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como tropical de estações úmida e seca (AS'), com características climáticas quente e úmido, com temperatura máxima anual de 28,6 °C, mínima de 19,5°C e pluviosidade média anual de 765 mm (INMET, 2019).

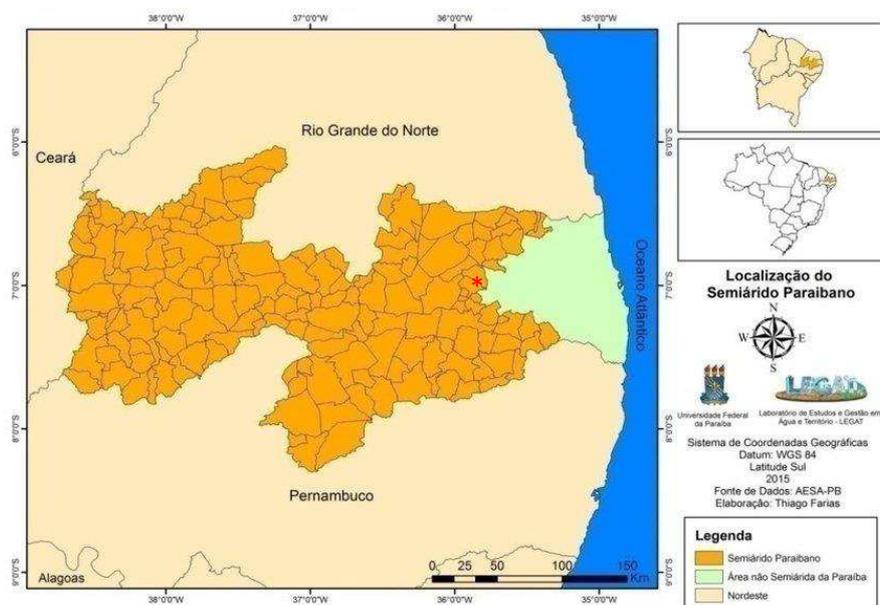


Figura 1: Mapa representativo dos municípios do semiárido paraibano (* - Localização do município de Campina Grande).

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos pela Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizaram-se as precipitações totais mensais obtidas no posto pluviométrico localizado no município, no período de 1998 a 2018. A partir daí foram calculadas as médias mensais, a precipitação total e a média, para o período em estudo. Além destas foram construídos gráficos para análise da variabilidade temporal e mensal da precipitação pluviométrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Conforme a série histórica apresentada na Figura 2, entre os anos de 1998 à 2018, foi observado que o ano de 2011 constatou o maior índice pluviométrico do período, com 1495,4 mm. Já o ano que foi registrado o menor índice de precipitação foi 2001 com 361,1 mm, seguido do ano de 1998 com 365,1 mm. Fato que pode estar relacionado à presença do fenômeno El Niño com uma forte intensidade, nesse período.

Com relação ao aumento encontrado no ano de 2000, verifica-se o registro do evento La Niña, que tem como consequência de sua atuação o aumento das chuvas da região. Os resultados obtidos corroboram com os de Medeiros et al. (2016) ao estudar os fenômenos El Niño e La Niña e sua influência no número de dias com chuva em um município do estado do Piauí. Para o Nordeste, os anos de El Niño (La Niña), em geral, estão associados com escassez (chuvas mais abundantes), enquanto condições contrárias são observadas no Sul e no Sudeste (Medeiros et al., 2016).

A média pluviométrica obtida foi de 752,72 mm dos 20 anos analisados, 8 anos apresentaram chuvas acima da média e os demais apresentam chuvas abaixo da média.

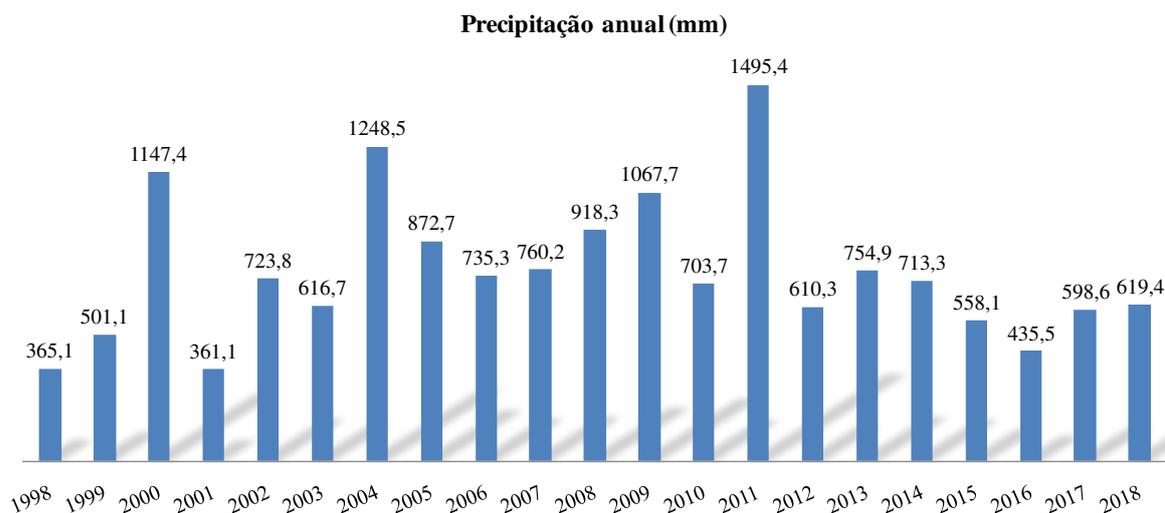


Figura 2. Precipitação total por ano para o município de Campina Grande – PB, no período de 1998 a 2018.

Segundo a Figura 3, foram registradas chuvas com maiores intensidade dos meses de março a junho, entretanto mesmo nesses meses as médias não ultrapassam 125 mm. Em contrapartida, o mês que apresentou a maior ausência de chuvas durante os 20 anos analisados foi novembro. Constatou-se que o trimestre entre os meses de outubro a dezembro registrou o período com menos precipitação na localidade, com médias de 13,9, 9,1 e 13,3 mm, respectivamente. O comportamento pluviométrico é um fator ainda mais abrangente, pois está diretamente conectado ao desenvolvimento social e econômico de uma localidade, por exemplo, longos períodos de estiagem tendem a propiciar prejuízos agrícolas e baixo armazenamento hídrico, fato que segundo Araújo et al. (2008) vem ocorrendo com maior frequência.

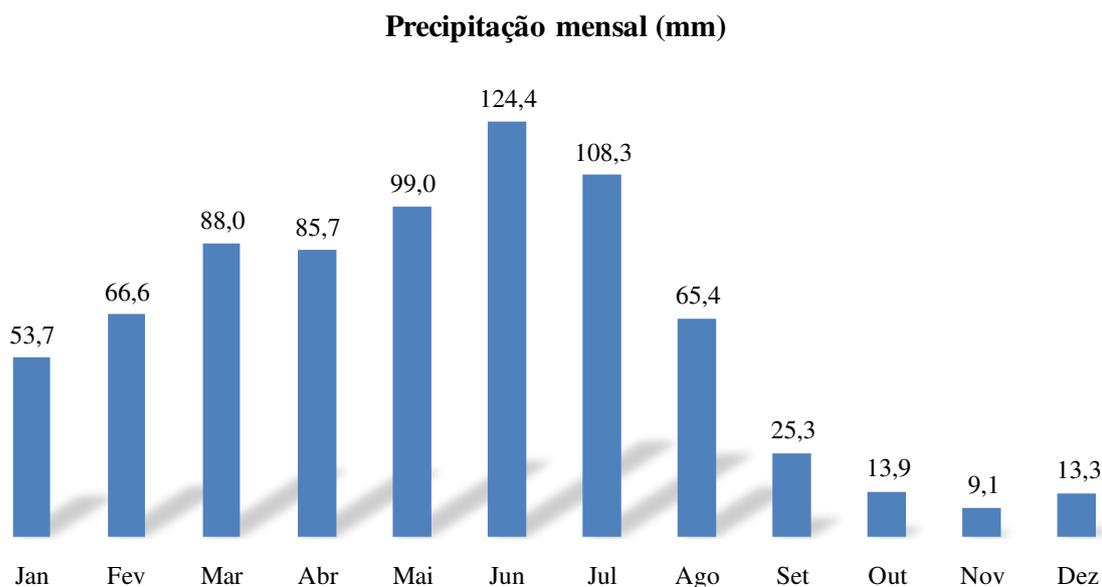


Figura 3. Precipitação média por mês para o município de Campina Grande – PB, no período de 1998 a 2018.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A precipitação média anual para o município de Campina Grande-PB foi de 752,72 mm. O maior índice pluviométrico do período foi observado no ano de 2011 com 1495,4 mm, e o ano que apresentou o menor valor de precipitação foi 2001 com 361,1 mm.

Os meses que apresentaram os maiores valores de precipitação do município foram de janeiro a agosto, e o que apresentou a maior ausência de chuvas durante os 20 anos analisados foi novembro.

Nota-se um alto nível de irregularidade nas chuvas do município entre os anos estudados, destacando a importância do desenvolvimento de ações que visem o melhor aproveitamento da água nessa localidade.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 22 novembro de 2019.

ANDRADE, Jucilaine Aparecida; NUNES, Marcos Antônio. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região.



Revista Espinhaço, v.3, n.2, p. 28-39, 2014. Disponível em:

<file:///C:/Users/Convidado/Downloads/60-1-117-1-10-20170310.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

OLIVEIRA, D. B. S. de. O uso das tecnologias sociais hídricas na zona rural do semiárido Paraibano: Entre o combate a seca e a convivência com o semiárido.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG.

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2013.

PAULA, R. K. DE; BRITO, J. I. B. DE; BRAGA, C. C. Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco.

XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais... Belém do Pará, PA. 2010.

SILVA, M. S. L. DA; ARAÚJO, A. H. R. C. DE; FERREIRA, G. B.; CUNHA, T. J. F.;

OLIVEIRA NETO, M. B. Barragem subterrânea: contribuindo para a segurança alimentar e nutricional das famílias do Semiárido brasileiro. Cadernos de Agroecologia, v. 8, n. 2, 2013.

MEDEIROS, R. M. DE; BRITO, J. I. B. DE; SILVA, V. M. DE A.; MELO, V. DA S.;

COSTA NETO, F. DE A. DA. El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. Revista Verde de Agroecologia e

Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 2, p.16-23, 2016.





COMPARAÇÃO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES SOFTWARES EM BARBALHA-CE

Francisco Edson Paulo Ferrera¹; Vicente de Paulo Rodrigues da Silva;
José Ricardo Ferreira Lopes³;

RESUMO

Atualmente, o método proposto por Penman-Monteith é tido como o método-padrão para estimativa da evapotranspiração de referência. No entanto, sua estimativa necessita de uso de modelos computacionais que façam esse cálculo de maneira simples e eficiente, haja vista sua complexidade, pois necessita de um grande número de variáveis climáticas. O presente estudo avaliou o desempenho dos *softwares* SEVAP e ET₀ CALCULATOR para estimar a evapotranspiração de referência para cidade de Barbalha-CE para o mês de outubro de 2019 por meio do coeficiente de correlação (R²). Houve alto coeficiente de determinação (R²=0,9967) confirmando assim a eficiência dos dois *softwares* para estimativa da evapotranspiração.

PALAVRAS-CHAVE: Demanda hídrica, manejo, modelo computacionais.

Francisco Edson Paulo Ferreira: edsonjua2009@gmail.com

¹Discente de doutorado em meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ²Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ³Discente de doutorado em meteorologia aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

COMPARISON OF THE EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE ESTIMATION BY DIFFERENT SOFTWARES IN BARBALHA-CE

ABSTRACT

Currently, the method proposed by Penman-Monteith is taken as the standard method for estimating reference evapotranspiration. However, its estimation needs the use of computational models that make this calculation in a simple and efficient way, considering its complexity, because it needs a large number of climatic variables. The present study evaluated the performance of SEVAP and ET0 CALCULATOR software to estimate the reference evapotranspiration for the city of Barbalha-CE for October 2019 using the correlation coefficient (R^2). There was a high coefficient of determination ($R^2 = 0.9967$) thus confirming the efficiency of the two software to estimate evapotranspiration.

KEY-WORDS: Water demand, management, computational model.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Atualmente, a agricultura irrigada é considerada a atividade que demanda maior quantidade de água. Em escala mundial, a irrigação chega ao consumo de 80% da água disponível, no Brasil esse valor se aproxima dos 53% (ANA, 2014). Desta forma, o uso eficiente da água, através do manejo da irrigação é de fundamental importância principalmente onde esse recurso é limitado.

O manejo da irrigação realizado de forma coerente vislumbra definir o quanto e quando irrigar. Implementar um programa de manejo de irrigação eficiente, significa implantar um sistema de monitoramento via solo, clima, planta, ou associação entre dois deles (BERNADO et al., 2009). Porém, a determinação da lâmina de água a ser aplicada é bastante complexa e requer a utilização de ferramentas que auxiliem na estimativa da evapotranspiração.

A evapotranspiração é a soma dos componentes de transpiração e evaporação. Sua definição é de fundamental importância, pois estabelece o consumo de água pelas culturas e, conseqüentemente, a lâmina de irrigação a ser aplicada pelo sistema de irrigação (MANTOVANI et al. 2009). Atualmente, existem inúmeros métodos para determinação da evapotranspiração, sendo a equação de Penman-Monteith tida como método-padrão. No entanto esse método requer um de um grande número de variáveis climáticas, e sua estimativa necessita de uso de modelos computacionais que façam esse cálculo de maneira simples e eficiente.



Muitos trabalhos têm mostrado a eficiência de *softwares* na estimativa da evapotranspiração de referência, se torna uma ferramenta bastante atrativa, visto apresentar uma interface bastante interativa não necessitando de um elevado conhecimento computacional do usuário para sua manipulação, otimizando assim o uso da água para irrigação e melhorando a rentabilidade da agricultura, principalmente em locais onde os recursos hídricos são restritos.

Diante do exposto, a utilização de modelos computacionais (*softwares*), capazes de estimar a demanda de água para irrigação, através da estimativa precisa da evapotranspiração de referência (ET_0) a partir de observações de parâmetros relacionados ao clima, visando o gerenciamento eficiente e racional dos recursos hídricos, se torna uma prática indispensável.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O presente objetivou avaliar o desempenho dos *softwares* SEVAP e ET_0 CALCULATOR para estimar a evapotranspiração de referência para cidade de Barbalha-CE

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) pelos *softwares* SEVAP e ET_0 CALCULATOR, compreendendo mês de outubro de 2019, os dados foram obtidos da Estação Automática de Barbalha-CE, localizada a latitude de $7^{\circ} 18' S$, longitude $39^{\circ} 16' W$ e altitude de 409 m, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme Figura 1. A evapotranspiração de referência foi estimada usando os dados médios diários de temperatura média ($^{\circ}C$), umidade relativa (%), velocidade do vento (m/s) e saldo de radiação ($MJ/m^2.dia$). O clima da região, de acordo com a classificação climática de Thornthwaith e Mather (1955), é do tipo C1S2A'a', ou seja, caracterizado por apresentar um clima sub-úmido, com pequeno excesso hídrico durante a estação chuvosa, megatérmico e com vegetação durante o ano e megatérmico e com vegetação durante todo o ano, e apresenta as seguintes médias climatológicas: precipitação = 1.001,4 mm; temperatura = 25,2

oC; evapotranspiração potencial = 2.288,6 mm; unidade relativa = 63,6% e insolação = 2.848,0 horas.

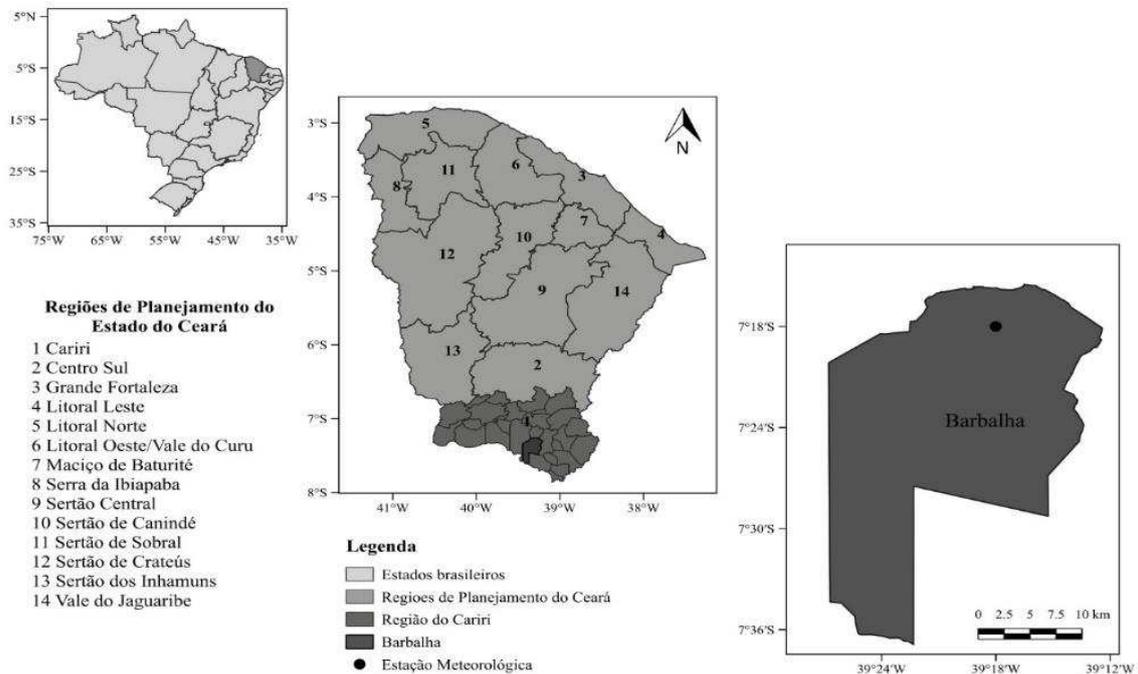


Figura 1: Localização da área de estudo

O sistema de estimativa de evapotranspiração-SEVAP, está disponível para download na página eletrônica da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. O programa computacional SEVAP foi desenvolvido em linguagem computacional *Delphi* e em ambiente Windows. Para que o aplicativo seja instalado é desejável computadores com as seguintes configurações mínimas: 150 MHz e 32MB RAM e sistema operacional Windows 95. O software estima a evapotranspiração de referência por diversas equações empíricas (SILVA et al.,2005). No entanto, no presente estudo utilizou-se apenas a de Penman-Monteith tida como a equação de referência pela FAO para estimativa da evapotranspiração de referência (ALLEN et al.,1998).

O aplicativo ET₀ CALCULATOR surgiu como resultado de uma consulta especializada de inúmeros pesquisadores que avaliaram o desempenho das diversas equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência para diferentes locais solicitado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

realizada em maio de 1990. Diante disso, o método FAO Penman-Monteith é atualmente recomendado como o método padrão para a definição e cálculo da ET_0 (FAO, 2012).

Ambos aplicativos utilizam a expressão matemática proposta Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) para estimativa ET_0 , conforme a seguinte equação:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que:

E_{to} – evapotranspiração de referência, mm.dia⁻¹;

Δ - declinação da curva de pressão de saturação, kPa °C⁻¹;

R_n – saldo de radiação à superfície, MJ.m⁻².dia⁻¹;

G – fluxo de calor no solo, MJ.m⁻².dia⁻¹;

γ – constante psicrométrica do ar, kPa. °C⁻¹;

T – temperatura média do ar a 2,00 m de altura, °C;

U_2 – velocidade do vento a 2,00 m de altura, m.s⁻¹;

e_s – pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a – pressão de vapor atual do ar, kPa.

Para avaliar o desempenho dos *softwares* para a estimativa da evapotranspiração de referência por meio da equação proposta por Penman-Monteith utilizou o modelo de regressão linear simples para obtenção da equação de ajuste e o coeficiente de correlação R^2 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A Figura 2 mostra o comportamento diário da evapotranspiração para o mês de outubro de 2019 para cidade de Barbalha-CE. É possível observar que ambos os *softwares* apresentam valores de ET_0 similares, com valor mínimo, máximo é médio de 4,8 mm, 8,8 mm e 7,4 mm, respectivamente.

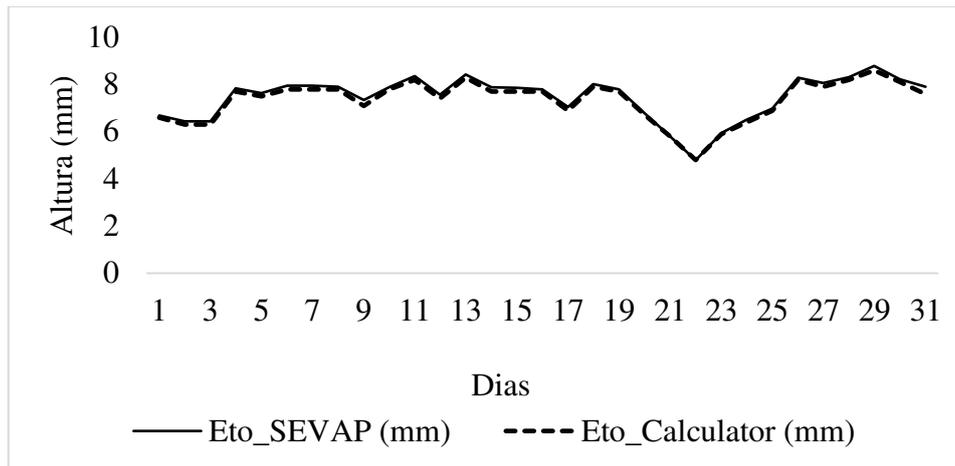


Figura 2: Comportamento diário da evapotranspiração para o mês de outubro de 2019 para cidade de Barbalha-CE

Através do gráfico apresentado na Figura 2 é possível fazer comparações que fornecem a base para avaliar os *softwares* estudados em relação à estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith. Pela Figura 2 é possível observar que houve um alto coeficiente de determinação ($R^2=0,9967$). Mostrando assim a eficiência do SEVAP e ET₀ CALCULATOR para estimativa da evapotranspiração de referência pelo método-padrão de Penman-Mointeith (FAO 56).

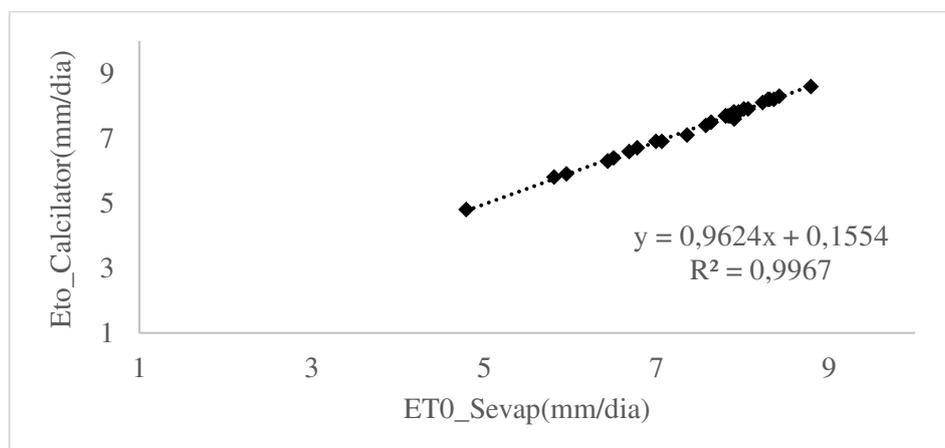


Figura 2: Regressão linear simples entre os valores de ET₀ estimada pelos softwares SEVAP e ET₀ CALCULATOR para Barbalha-CE para o mês de outubro de 2019.



CONCLUSÃO / CONCLUSION

O SEVAP e o ET₀ CALCULATOR são opções tecnológicas que apresentam excelente desempenho para estimativa da evapotranspiração de referência através do método-padrão (Penman-Monteith).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS–ANA, **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**, 2013. Brasília: ANA, 2014.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301p. (Irrigation and Drainage, Paper 56).

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **ETo Calculator. Manual (38p) e software Version 3.1. 2009**. Land and Water Digital Media Series N° 36.

FAO, 2012. **The ETo Calculator, Evapotranspiration from a Reference Surface**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Via delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. atual. - Viçosa: Ed. UFV, 2009, 355p.

SILVA, V. P. R.; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B.; CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.547-553, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. **Publications in Climatology**, v.8, n.1.





COMPORTAMENTO DA SAÚDE VEGETATIVA DO CERRADO NORDESTINO BRASILEIRO

Dimas de Barros Santiago¹; Washington Luiz Félix Correia Filho²; José Francisco de Oliveira-Júnior³; Matheus José Arruda Lyra¹ Thayna Silva Vila Nova⁴

RESUMO

O uso de técnicas de sensoriamento remoto para o monitoramento da cobertura vegetal tem sido realizado há quase quatro décadas. Assim o objetivo desse estudo é avaliar a saúde vegetativa do Bioma Cerrado no nordeste brasileiro utilizando o Vegetation Health Index (VHI), a partir dos dados do satélite AQUA do sensor orbital *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Para obtenção do VHI, utilizaram-se dados mensais do período seco (entre os meses de maio e outubro) correspondente ao período de 2009 a 2018, do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e de Temperatura da Superfície Terrestre (TST). Os resultados apontaram o predomínio da classe “Não Ocorre Seca” no cerrado nordestino, com valores entre 61,57% (ano de 2012) 280.269,0 km² e 94,96 % (ano de 2009) 433.967,6 km², e com percentual médio de 75%, concentrados no leste do Maranhão. Porém, notou-se perda da saúde vegetativa em direção ao sul do continente, verificado no leste dos estados do Piauí e Bahia, pelas classes “Seca Moderada” e “Seca Leve, principalmente nos anos de 2012, 2016 e 2017, com maior severidade em 2012, com um percentual de 5,37% (24.584,3 km²) e de 33,02% (173.084,5 km²) da área total, respectivamente. Este grau de severidade está associado ao longo período de estiagem entre os anos de 2012-2015.

PALAVRAS-CHAVE: Seca; Vegetation Health Index.

Autor para correspondência: dimas.barros91@gmail.com

1Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Bolsista CNPq DTI-C do Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 4Professor do Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas. 4Estudante de Graduação, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.



VEGETATIVE HEALTH PATTERN ON CERRADO NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

The use of remote sensing techniques for cover vegetation monitoring is realized for almost four decades. Thus, the objective of this study is to evaluate the vegetative health of the Cerrado Biome in northeastern Brazil using the Vegetation Health Index (VHI), based on data from the AQUA satellite of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) orbital sensor. To obtain the VHI were used data from the dry period (between May and October months) corresponding to the period from 2009 to 2018, based on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (TST) monthly data. The results showed the predominance of the class "No Drought" in the Northeastern Cerrado, with values between 61.57% (2012) 280.269,0 km² and 94.96% (2009) 433.967,6 km², and with an average percentage of 75%, detected in the eastern Maranhão. However, the loss of vegetative health towards the southern of NEB of the continent was observed in the eastern Piauí and Bahia States, by the "Moderate Drought" and "Light Drought" classes, mainly in 2012, 2016 and 2017, with a higher severity in 2012, with a percentage of 5.37% (24.584,3 km²) and 33.02% (173.084,5 km²) of the total area, respectively. This degree of severity is associated with El Niño-Southern Oscillation (ENSO) with a long period of drought between the years 2012-2015.

KEY-WORDS: Dry; Cerrado; Vegetation Health Index.

INTRODUÇÃO

O monitoramento da cobertura vegetal a partir de técnicas de sensoriamento remoto tem sido utilizado há quase quatro décadas, baseados em diversos índices de vegetação (TUCKER, 1978; BENTO et al., 2018; ALMAMALACHY et al., 2020). Esta condição vegetativa está condicionada as mudanças no clima, por exemplo, na variabilidade do regime pluviométrico da vegetação (CORREIA FILHO et al, 2019), ao qual desencadeia alterações no equilíbrio dos processos atmosféricos e na manutenção da temperatura (KOGAN, 1995; BENTO et al., 2018), assim, reitera a importância do monitoramento a fim de detectar os efeitos causados pelo clima.

Neste trabalho, serão abordados os dados provenientes do sensor orbital *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo do satélite AQUA, que possui características que possibilitam compreender melhor a dinâmica global e os processos que ocorrem na superfície terrestre (ALMAMALACHY et al., 2020). O conjunto de dados ambientais fornecidos pelo sensor MODIS oferece condições para o monitoramento da seca, a partir da saúde vegetativa (VHI – *Vegetation Health Index*,



sigla em inglês), resultante dos dados do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e Temperatura da Superfície Terrestre (TST) - (KOGAN, 1995; BENTO et al., 2018; ALMAMALACHY et al., 2020).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivou-se avaliar a intensidade da seca a partir do índice VHI no cerrado nordestino, baseados no sensor orbital MODIS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, situado na região central do Brasil com uma área estimada de 2.03 milhões de km² correspondente a 22% do território nacional, no caso do Cerrado nordestino (Figura 1), está situado nos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, com uma área estimada de 465.5 mil km² (cerca de 30% da área do NEB) (MMA, 2007; CORREIA FILHO et al., 2019).

O Cerrado é reconhecido como a savana brasileira e por possuir a maior biodiversidade do mundo que abriga 11.627 espécies de plantas nativas, sendo, aproximadamente, 4.400 espécies endêmicas (existentes apenas nesse bioma), e a mesma interage com outros biomas, o que possui uma fitofisionomia (aspecto da vegetação de uma região) diversificada e única (MMA, 2007, CORREIA FILHO et al., 2019).

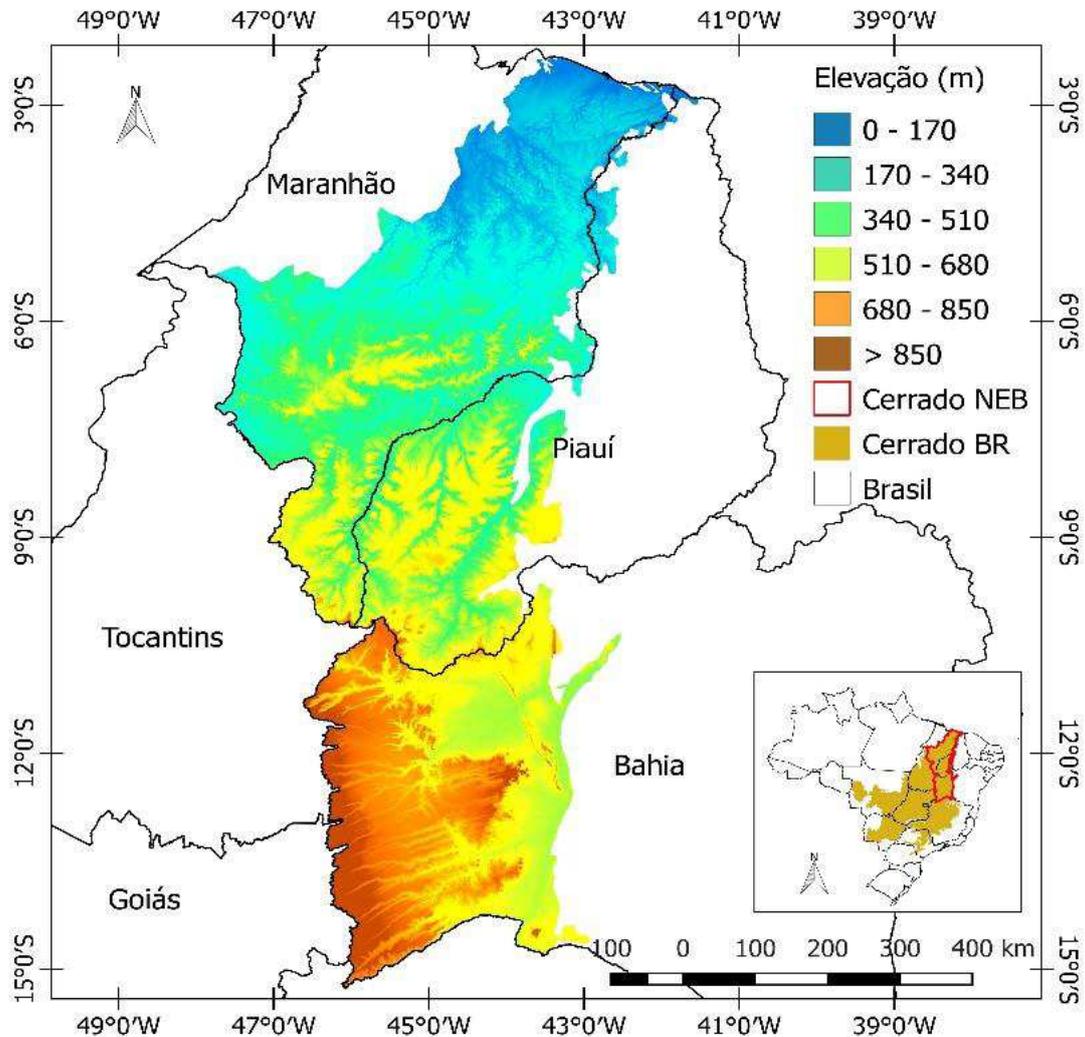


Figura 1: Localização da área de estudo.

Dados e metodologia

Para a realização deste trabalho, ou seja, a detecção da seca a partir do VHI utilizou-se o conjunto de variáveis ambientais: 1) *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), 2) Temperatura da Superfície Terrestre (TST), correspondente a estação seca do Cerrado nordestino (meses de Maio e Outubro) do período de 2009 a 2018.

Em relação aos dados de NDVI e TST são provenientes do sensor MODIS, pertencentes ao conjunto de dados MYD13A2 e MYD11A2 da plataforma orbital AQUA da NASA. Estes dados estão disponíveis no seguinte sítio: <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>, do período de janeiro de 2009 a dezembro de 2018,

com resolução espacial de 5.6km x 5.6km e temporal mensal, respectivamente (DIDAN, 2015; WAN et al., 2015). O NDVI pode ser obtido pela Eq. (1) (TUCKER, 1979):

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_v) / (\rho_{IVP} + \rho_v) \quad (1)$$

em que, ρ_{IVP} e ρ_v correspondem, respectivamente, às reflectâncias das bandas do infravermelho-próximo e vermelho. O índice NDVI varia de acordo com a atividade fotossintética das plantas e sua densidade na área considerada (pixel), entre -1 (superfícies como água e nuvens geralmente são inferiores a zero) e +1 (corresponde ao maior vigor da vegetação).

Enquanto que o TST é obtido pela Eq. (2):

$$TST = (TST - (TST * 0,02)) - 273,16 \quad (2)$$

em que TST é dado em Kelvin (K), e posteriormente convertido para Celsius (°C).

Com base no NDVI e TST, calcularam-se dois índices: condição de vegetação (VCI – *Vegetation Condition Index*, sigla em inglês) e da condição de temperatura (TCI – *Temperature Condition Index*, sigla em inglês) (KOGAN, 1995; KOGAN, 1997), ao qual ambos combinados gerem o índice da saúde vegetativa (VHI – *Vegetation Health Index*, sigla em inglês). O VCI proposto por Kogan (1995) normaliza o NDVI entre o valor de mínimo e máximo, durante o período de estudo. Este índice destaca possível diferença significativa ao longo do tempo, minimizando a influência da variabilidade espacial da vegetação entre diferentes coberturas vegetação e as condições climáticas (KARNIELI et al., 2010). O VCI é obtido pela Eq. (3):

$$VCI = ((NDVI' - NDVI_{max}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})) * 100 \quad (3)$$

Em que $NDVI'$ é o valor médio do NDVI de cada ano, $NDVI_{max}$ e $NDVI_{min}$ representam o valor máximo e mínimo do período analisado, respectivamente.

Como adaptação ao TCI, este índice permite estimar as condições térmicas de seca em superfície, baseados nos valores de TST (Eq. 4) (KOGAN, 1995).

$$TCI = ((TST_{max} - TST') / (TST_{max} - TST_{min})) * 100$$

(4)

Em que TST' , TST_{max} e TST_{min} se referem às temperaturas média, máxima e mínima do período analisado, respectivamente.

Por fim, o cálculo da obtenção do VHI, comumente utilizado na detecção de seca a partir da saúde vegetativa (KARNIELI et al., 2010; BENTO et al., 2018), obtida pela Eq. (5):

$$VHI = (0,5 * VCI) + (1 - 0,5) * TCI$$

(5)

O valor de VHI varia de acordo com a condição sem seca (favorável) a seca extrema (estresse), descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos valores de VHI em termos de seca, (KOGAN, 2001).

Valor de VHI	Seca
$VHI \leq 10$	Seca Extrema
$10 < VHI \leq 20$	Seca Severa
$20 < VHI \leq 30$	Seca Moderada
$30 < VHI \leq 40$	Seca Leve
$VHI > 40$	Não ocorre seca

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do comportamento anual do VHI (Figura 2) correspondente ao período seco, entre os anos de 2009 a 2018, aponta que ao menos 75% do Cerrado Nordeste apresenta boa saúde vegetativa, com valores superiores 40%, correspondente a classe “Não Ocorre Seca”. As áreas de maior vigor vegetativo encontram-se nas porções norte e central do bioma, concentrados no estado do Maranhão, com valores que variam entre 61,57% (ano de 2012) 280.269,0 km² e 94,96% (ano de 2009) 433.967,6 km², descritos na Tabela 2. Esta configuração pode está relacionada à faixa de transição entre Cerrado e Amazônia Nordeste, ao qual está localizada apenas no estado do Maranhão, isto condiciona a interação entre os biomas mencionados, e isto impacta diretamente na condição de baixa degradação resultante dos diferentes dos tipos de vegetação.

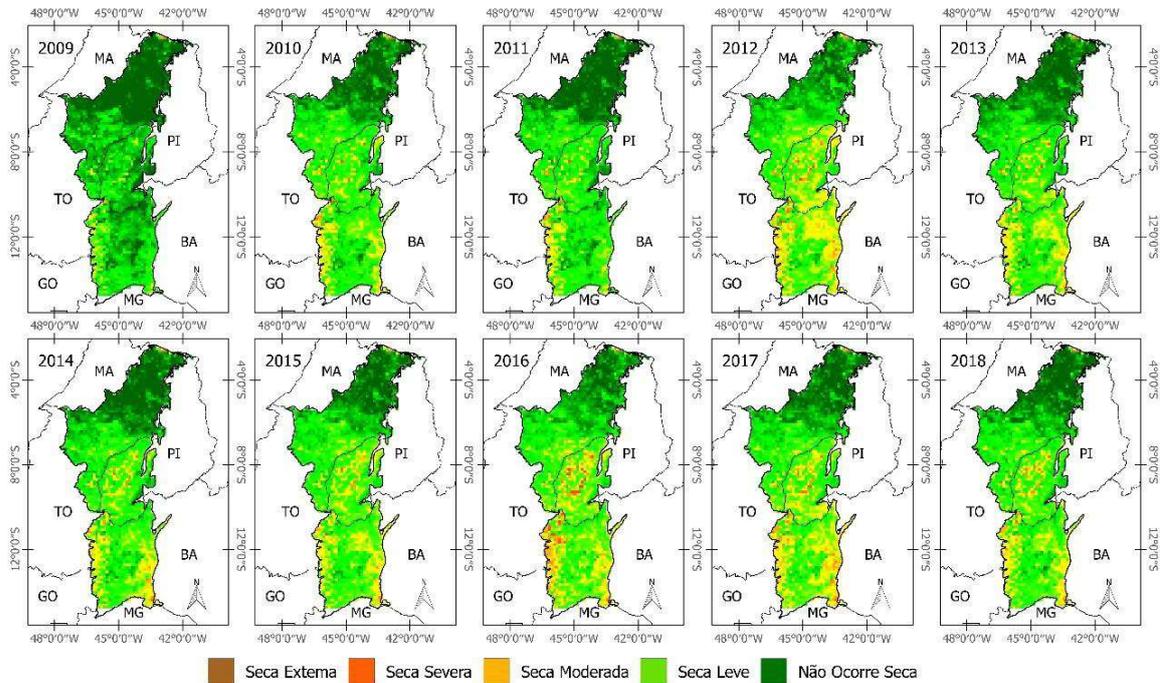


Figura 2. Comportamento anual do VHI, no período seco entre os anos de 2009 e 2018.

Nota-se que à medida que adentra ao sul do continente há uma perda da saúde vegetativa, com o surgimento das classes “Seca Moderada” e “Seca Leve”, principalmente na parte leste dos Estados do Piauí e Bahia. Estas classes surgem com maior representação nos anos de 2012, 2016 e 2017, com maior severidade em 2012, com um percentual de 5,37% (24.584,3 km²) e de 33,02% (173.084,5 km²) da área total, respectivamente.

Este resultado corrobora com Marengo (2016), a seca de 2012-2015 resultante do efeito do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) no NEB, ao qual devastou os setores agrícola, pecuária e produtores industriais. De acordo com o Ministério da Integração, estimam-se perdas de US\$ 6 bilhões, resultantes do impacto da seca no setor agrícola até 2015 (MARENGO et al., 2016), considerada a pior dos últimos 50 anos, atingindo aproximadamente 85% da região do semiárido nordestino com um longo período de estiagem. A seca nos demais biomas situados no NEB afeta com menor severidade, decorrentes da irregularidade das chuvas e dos longos períodos de estiagem influenciado por sistemas meteorológicos (MARENGO et al., 2016; CORREIA FILHO et al., 2018;

CORREIA FILHO et al., 2019). As classes “Seca Extrema” e “Seca Severa” apresentam percentuais ínfimos, enquanto que a primeira não contabilizou registro.

Tabela 2. Distribuição percentual (%) das classes do VHI anuais, com base no período seco, entre os anos de 2009 e 2018.

Ano	Seca Extrema (0 – 10)	Seca Severa (10 – 20)	Seca Moderada (20 - 30)	Seca Leve (30 – 40)	Não ocorre seca 40 – 100
2009	0	0	0,34	4,7	94,96
2010	0	0	2,28	18,02	79,7
2011	0	0	1,87	11,08	87,05
2012	0	0,04	5,37	33,02	61,57
2013	0	0,04	2,43	21,53	76,01
2014	0	0	2,57	20,22	77,2
2015	0	0,04	2,54	25,3	72,13
2016	0	0,26	6,98	27,69	65,07
2017	0	0	5,97	28,21	65,82
2018	0	0	3,81	21,38	74,81

CONCLUSÃO

O comportamento do VHI no período seco, entre os anos de 2009 e 2018 no Cerrado Nordestino apresentou que grande parte de sua área não sofreu com a seca severa ocorrida nos anos de 2012-2016. Em geral, houve um predomínio da classe “Não Houve Seco”, o que indicou boa saúde vegetativa em grande parte de sua área.

REFERÊNCIAS

- ALMAMALACHY, Y. S.; AL-QURAISHI, A. M. F.; MORADKHANI, H. (2020). Agricultural drought monitoring over Iraq utilizing MODIS products. **Environmental Remote Sensing and GIS in Iraq**, p. 253-278, 2020.
- BENTO, V. A.; GOUVEIA, C. M.; DACAMARA, C. C.; TRIGO, I. F.. A climatological assessment of drought impact on vegetation health index. **Agricultural and forest meteorology**, v. 259, p. 286-295, 2018.
- CORREIA FILHO, W. L. F. ; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. de ; SANTIAGO, D. B. ; TERASSI, P. M. B. ; TEODORO, P. E. ; GOIS, G. ; BLANCO, C. J. C. ; SOUZA, P. H. A. ; COSTA, M. ; SANTOS, P. J. Rainfall Variability in the Brazilian Northeast



Biomes and their interactions with Meteorological Systems and ENSO via CHELSA product. **Big Earth Data**, 2019. (*In press*)

DIDAN, K.. **MOD13A2 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 1km SIN Grid V006** [Data set], 2015. NASA EOSDIS LP DAAC. doi: 10.5067/MODIS/MOD13A2.006.

KARNIELI, A; AGAM, N.; PINKER, R. T. M.; ANDERSON, M.; IMHOFF, M.L.; GUTMAN, G. G.; PANOV, N.; GOLDBERG, A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: merits and limitations. **J. Clim. Am. Meteorol. Soc.**, v. 24, p. 618–633, 2010.

KOGAN, F. N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v. 76, n. 5, p. 655-668, 1995.

KOGAN F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Adv. Space Res.**, vol. 15, p. 91–100, 1995.

KOGAN F. N. Global drought watch from space. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v. 78, p.621–636, 1997.

KOGAN, F. N. Operational space technology for global vegetation assessment. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, 82, 1949-1964, 2001.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**, v. 3, p. 49-54, 2016.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 2007.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sens. Environ.**, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979.

WAN, Z.; HOOK, S.; HULLEY, G. **MOD11A2 MODIS/Terra Land Surface Temperature / Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V006** [Data set]. NASA EOSDIS LP DAAC. 2015. doi:10.5067/MODIS/MOD11A2.006





CONDIÇÕES DE TETO E PRECIPITAÇÃO NO AEROPORTO DE CAMPINA GRANDE: INFLUÊNCIAS EM ATRASOS E CANCELAMENTOS DE VOO

Diego Rhamon Reis da Silva ¹; Magaly de Fatima Correia²;

Gemeson Alves da Silva ³; Maria Regina da Silva Aragão²

RESUMO

Neste trabalho a relação entre redução nos mínimos meteorológicos e atrasos e cancelamentos de voos no Aeroporto João Suassuna foi avaliada para o período de abril de 2017 a maio de 2018. Registros de visibilidade, chuva, cobertura de nuvens, tempo presente, extraídos de mensagens METAR elaboradas no aeroporto, e informações de dois aspectos operacionais de voo (atrasos e cancelamentos) disponibilizadas na página eletrônica da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) foram utilizados nas análises. Duas abordagens metodológicas foram utilizadas neste estudo: análise estatística e um conjunto de dados inéditos com fotografias de nuvens capturadas nas vizinhanças do Aeroporto de Campina Grande. Os resultados indicam que os atrasos e/ou cancelamentos de voos foram causados principalmente por teto com parâmetros abaixo dos mínimos meteorológicos necessários (céu nublado ou encoberto com nuvens a 450 m ou menos) para operação IFR (do inglês Instrument Flight Rules).

PALAVRAS-CHAVE: Aeroporto João Suassuna; cancelamento de voo; teto.

Magaly de Fatima Correia: magaly_correia@yahoo.com.br

¹Pesquisador do Instituto de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, SP; ²Professora da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB; ³Mestrando da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

CEILING AND RAIN CONDITIONS AT THE CAMPINA GRANDE AIRPORT: INFLUENCES ON DELAYS AND CANCELLATIONS OF FLIGHTS

ABSTRACT

In this work the relationship between reduction in the meteorological minima and delays and cancellations of flights at the João Suassuna Airport was evaluated from April 2017 to May 2018. Data on visibility, rain, cloudiness, current weather, obtained from METAR messages of the Campina Grande airport and information on two flight operational aspects (delays and cancellations) available at the ANAC (National Agency of Civil Aviation) web page were used in the analyses. Two methodological approaches were used in this study: statistical analysis and an original ensemble of cloud photographic material taken in the vicinity of the Campina Grande Airport. The results indicate that delays and/or cancellations of flights were mainly caused by ceiling with parameters below the required meteorological minima (cloudy sky or sky covered with clouds at 450 m or less) for IFR (Instrument Flight Rules) operation.

KEY-WORDS: João Suassuna Airport; flight cancellation; ceiling.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O planejamento de um voo compreende, dentre outros, uma avaliação minuciosa das condições meteorológicas do local de origem e destino. Vários estudos comprovam que variações do clima em escala regional podem ocasionar mudanças nas condições atmosféricas locais, resultando em situações desfavoráveis nas operações de aproximação, pousos e decolagens de aeronaves, como restrição de visibilidade, cisalhamento do vento e teto baixo (altura acima do solo, da camada de nuvens mais baixa, inferior a 6000m), que constituem fatores de risco à segurança das operações aéreas (PIVA e FEDOROVA, 1999; BARBIERI, 2016; OLIVEIRA SILVA; MACHADO, 2016). Segundo McCrea et al. (2008), um dos maiores custos no transporte aéreo está associado com atrasos ou cancelamento de voos. Além dos custos operacionais (como tarifa de permanência em solo e horas extras de tripulação e de funcionários de pátios), cada vez mais os órgãos de defesa do consumidor criam obrigações de compensação por danos sofridos pelos passageiros, em função de atrasos de longa duração. Em geral, os impactos dos fenômenos meteorológicos na aviação têm efeitos mais pronunciados nos pousos e nas decolagens. Variações na direção e intensidade do vento, neblinas, nevoeiros e teto baixo se destacam entre as condições de tempo com maior influência em procedimentos de pouso. Cada aeroporto deve ser investigado separadamente em relação à sua suscetibilidade as condições meteorológicas adversas. O desenvolvimento deste



trabalho teve como propósito identificar condições meteorológicas adversas associados com redução dos mínimos meteorológicos e restrições nas operações de pousos e decolagens no aeroporto João Suassuna. Os resultados indicam que num total de 206 registros de atrasos e cancelamentos de voos, nos anos de 2017 e 2018 aproximadamente 30,1% ocorreram no quadrimestre mais chuvoso (maio a agosto) de 2017 e 24,3% no quadrimestre mais chuvoso de 2018. A ocorrência relativamente alta de dias sem teto representa o fator meteorológico determinante entre as condições adversas detectadas.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho é identificar os principais fenômenos atmosféricos responsáveis pela redução dos mínimos meteorológicos, restrições nas operações de pousos e decolagens e atrasos e cancelamentos de voos no aeroporto João Suassuna.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

As análises apresentadas neste trabalho estão centradas na região do aeroporto João Suassuna (7°16'7"S; 35°53'38"W; 498 metros), localizado na cidade de Campina Grande-PB (Figura 1). No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados: (1) registros de todos os pousos e decolagens no aeroporto João Suassuna (SBKG), no período compreendido entre 01/04/2017 e 30/09/2018; (2) informações meteorológicas horárias extraídas de mensagens METAR (Meteorological Aerodrome Report) e SPECI elaboradas no aeroporto SBKG e (3) registros fotográficos das condições meteorológicas em Campina Grande, compreendidos entre 01/04/2017 e 30/09/2018.

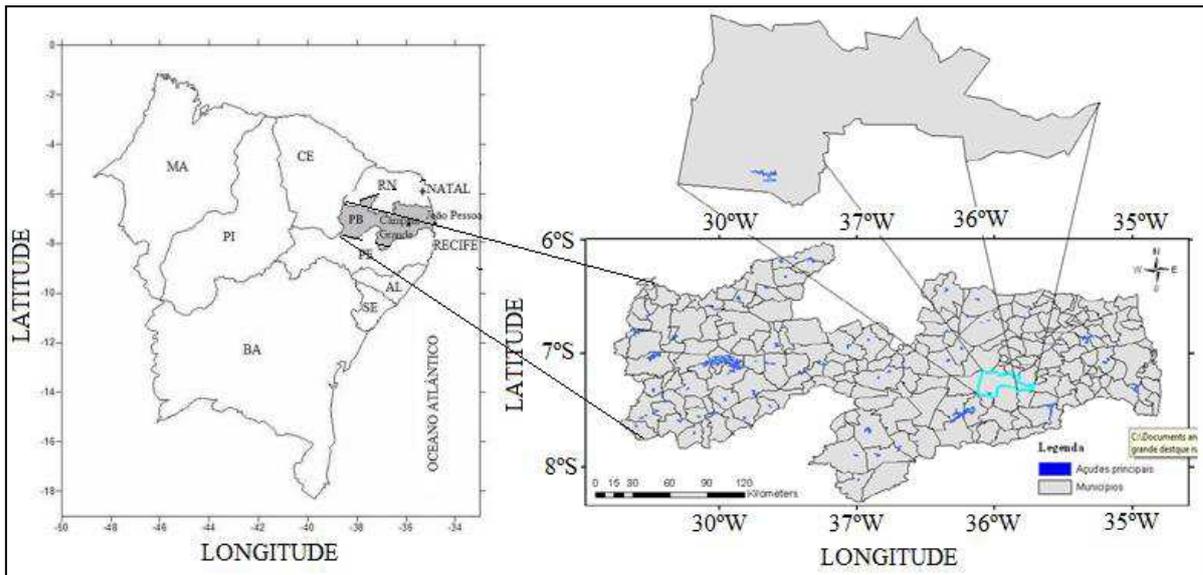


Figura 1 - Localização geográfica da cidade de Campina Grande. Fonte: Modificado de Macedo et. al. (2011).

Processamento de dados

O pré-processamento dos dados sobre atrasos e cancelamentos de voos e justificativas disponibilizados pela ANAC, representou uma etapa de trabalho árduo, em função da não existência de um padrão dos registros de voos já que as informações contidas em sites oficiais sobre operações aéreas visam atender usuários que atuam em diferentes setores operacionais e de pesquisa (aviação, atividades aeroportuárias, meteorologia aeronáutica etc.).

Antes da utilização da análise estatística foi necessário organizar os dados em planilhas extensas e utilizar funções de “Filtro” contidas no Microsoft Excel. Este recurso permitiu classificar dados e isolar células com informações relevantes ao estudo. No processo de filtragem das informações contidas no METAR e SPECI foram mantidos apenas os registros onde, nos grupos de nuvens, constassem os códigos BKN (nublado) ou OVC (encoberto), acompanhadas por valores iguais ou abaixo de 015 (1500 pés), em pelo menos um grupo. O valor 015 (1500 pés \approx 450 metros) foi escolhido por ser considerado o valor mínimo operacional de teto para um aeroporto do porte do SBKG.

A avaliação dos episódios em que houve atrasos ou cancelamentos de voos foi feita a partir das justificativas disponibilizadas através de códigos no site da ANAC. O significado dos códigos é apresentado no Quadro 1.

Neste estudo são consideradas como condições adversas de tempo no SBKG e vizinhanças, sempre que observadas alguma das características: ventos iguais ou superiores a 15 nós (rajadas ou não); variação na direção do vento; visibilidade horizontal igual ou inferior a 5000m; fenômenos de tempo presente ou recente (precipitação, trovoadas, neblina e nevoeiro); teto baixo (céu nublado ou encoberto com nuvens a 450m de altura ou menos); presença de nuvens cumulonimbus e cortantes de vento.

Quadro 1. Causas associadas com registros de atrasos e cancelamentos de voos no aeroporto João Suassuna. Fonte: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/historico-de-voos>>.

ATRASOS DE VOO	
AJ -	Aeroporto de destino interditado
AR -	Aeroporto com restrições operacionais
MX -	Atrasos não específicos/outros
RI -	Conexão aeronave/volta - voo de ida não penalizado - aeroporto interditado
RM -	Conexão aeronave/volta - voo de ida não penalizado - condições meteorológicas
VR -	Voo de retorno
WO -	Aeroporto de origem abaixo dos limites
WR -	Atraso devido a retorno - condições meteorológicas
WT -	Aeroporto de destino abaixo dos limites
CANCELAMENTOS DE VOO	
XB -	Autorizado
XN -	Cancelamento por motivos técnicos/operacionais
XO -	Cancelamento - aeroporto de origem abaixo dos limites
XT -	Cancelamento - aeroporto de destino abaixo dos limites

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A frequência relativa de ocorrência de atrasos e cancelamentos de voos nos anos de 2017 e 2018, calculada de acordo com as condições meteorológicas locais e com base no período do dia é apresentada na Figura 2. Nota-se que dentre todos os 206 voos com atrasos ou cancelamentos encontrados: 30,1% (62 voos) ocorreram no quadrimestre mais chuvoso (maio a agosto) de 2017, e 24,3% (50 voos) no quadrimestre mais chuvoso de 2018. Os demais casos 45,6% (94 voos) ocorreram fora do quadrimestre mais chuvoso (Fig. 2a); 47,1% (97 voos) ocorreram sem registro de condições adversas no aeroporto de Campina Grande, considerando os dados de METAR e SPECI disponíveis (Fig. 2b). Outro resultado igualmente importante é observado nos histogramas da Figura 2c: 54,9%

(113 voos) ocorreram no período da madrugada e 45,1% (93 voos) ocorreram no período da tarde.

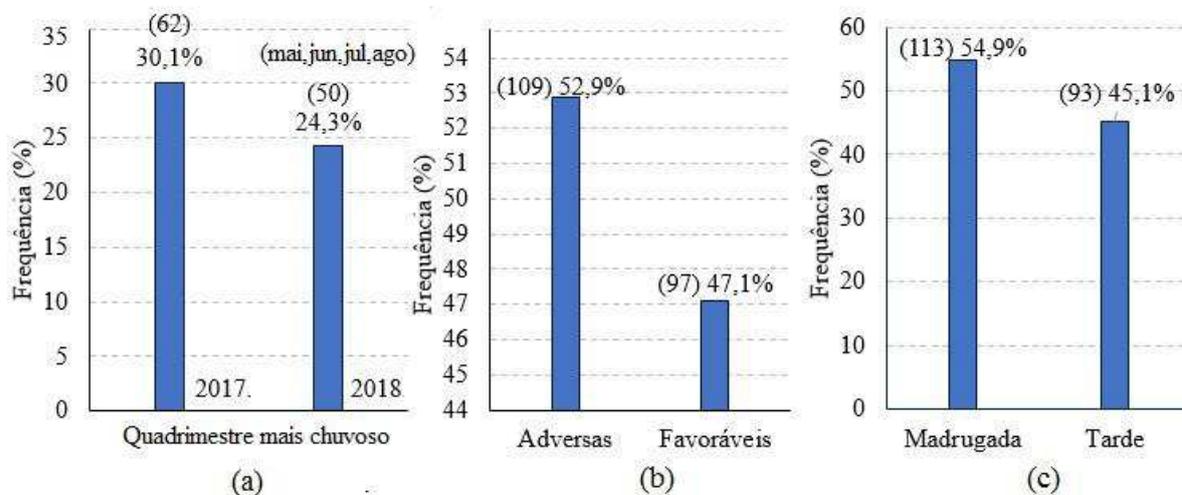


Figura 2. Frequência relativa de atrasos e cancelamentos de voos: (a) no quadrimestre mais chuvoso dos anos de 2017 e 2018; (b) de acordo com as condições meteorológicas locais e (c) no período do dia (madrugada e tarde). Fonte dos dados: REDEMET.

A frequência relativa de condições adversas de tempo, é apresentada no histograma da Figura 3. Observa-se claramente que um dos principais fatores para episódios de atrasos e/ou cancelamentos de voos do aeroporto de Campina Grande no período estudado foi a ocorrência de teto com parâmetros abaixo dos mínimos necessários para operação IFR (céu nublado ou encoberto com nuvens a 450 m ou menos).

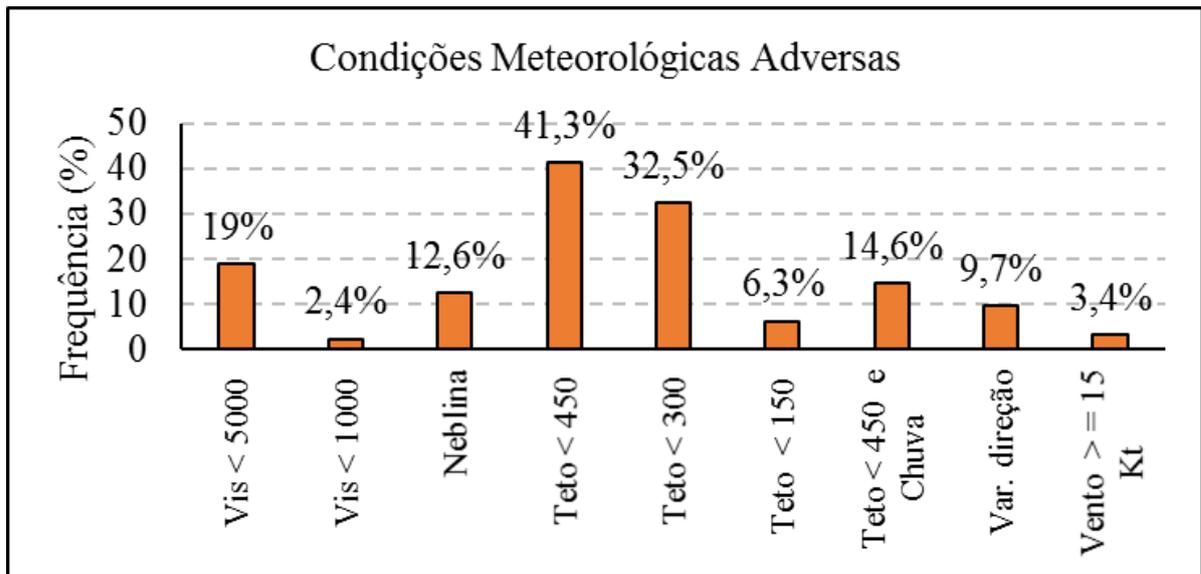


Figura 3. Frequência relativa de ocorrência de condições adversas de tempo no aeroporto de Campina Grande (SBKG).

Dentre os 30 voos com ocorrência de teto baixo (céu nublado ou encoberto com nuvens a 450 metros de altura ou menos) juntamente com precipitação no aeroporto de Campina Grande ou nas vizinhanças: 14 foram cancelados (6 à tarde e 8 de madrugada); 12 atrasaram (6 à tarde e 6 de madrugada). Um exemplo ilustrativo é apresentado na Figura 4. Condições meteorológicas adversas são observadas no horário previsto do pouso do voo GLO2170 em Campina Grande-PB, em 15/06/2017. É possível observar o céu totalmente encoberto, com teto muito baixo, inclusive cobrindo os topos de alguns edifícios.



Figura 4. Condições meteorológicas no horário previsto para o pouso do voo GLO2170 em Campina Grande-PB, em 15/06/2017.

As informações contidas na mensagem METAR indicam céu nublado, com nuvens a 1000 pés (300 metros) de altura e chuvisco recente. A decolagem ocorreu às 12:48 HL (Hora Local), com destino a Campina Grande. No entanto, em decorrência das condições de tempo local na área do aeroporto, a rota do voo foi desviada para João Pessoa. No site da ANAC, consta como justificativa para mudança de rota o código XT (cancelamento - aeroporto de destino abaixo dos limites), como indicação para voo original, e simultaneamente verifica-se a existência um outro voo GLO2170, com Dígito Identificador 4 (inclusão de etapa em um voo previsto em HOTRAN), saindo do Rio de Janeiro e chegando em João Pessoa às 15:43 HL.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De um total de 206 voos com atrasos ou cancelamentos observados no período de estudo, 30,1% (62 voos) ocorreram no quadrimestre mais chuvoso (maio a agosto) de 2017, e 24,3% (50 voos) no quadrimestre mais chuvoso de 2018. Os 45,6% (94 voos) restantes ocorreram fora do quadrimestre mais chuvoso (maio, junho, julho e agosto) (Fig. 2a); 47,1% (97 voos) ocorreram sem condições meteorológicas adversas no aeroporto de Campina Grande;



A principal causa dos atrasos e/ou cancelamentos de voos do aeroporto de Campina Grande no período estudado foi a ocorrência de teto com parâmetros abaixo dos mínimos necessários para operação IFR (céu nublado ou encoberto com nuvens a 450 m ou menos);

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa PIBIC/UFCG ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BARBIERI, L. F. P. **Episódios significativos de ventos de través no aeroporto de Petrolina: um estudo de condições meteorológicas adversas em operações de pouso e decolagem.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, 2016.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. *Revista Brasileira de Climatologia*, n.7, v. 8, p.105-117, 2011

MCCREA, M. V.; SHERALI, H. D.; TRANI, A. A. **A probabilistic framework for weather-based rerouting and delay estimations within an Airspace Planning model.** *Transportation Research Part C*, v. 16, n. 4, p. 410-431, Aug. 2008.

OLIVEIRA SILVA, G. R.; e MACHADO, H. C. **Tomada de decisão em condições meteorológicas adversas.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, p. 1335-1345, 2016.

PIVA, E. DAL; FEDOROVA, N. **Um estudo sobre a formação de nevoeiro de radiação em Porto Alegre.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 14, n. 2, p. 47-62, 1999.





CORRELAÇÃO CRUZADA ENTRE SÉRIES TEMPORAIS DE CHUVA E TSM DO PACÍFICO EQUATORIAL

Adriana de Souza Costa¹; Célia Campos Braga²; Wanessa Luana de Brito Costa³

RESUMO

Utilizou-se a Análise de Ondeletas Cruzadas para avaliar a relação entre a precipitação média e TSM nas áreas do Pacífico Equatorial, visando encontrar correlações dos sinais da TSM e da precipitação para algumas localidades dentro de uma região homogênea do NEB. Para isso, utilizaram-se séries temporais mensais das localidades de Irecê - BA, Salgueiro – PE e Tauá - CE, na região do semiárido e que tivessem baixos índices pluviométricos. O período utilizado foi de janeiro de 1985 a dezembro de 2018. Os espectros cruzados obtidos das séries temporais da precipitação e TSM na região do NIÑO, indicaram que o Niño 1+2 dividem áreas de potência comum no período em torno de 1, 4, 8 anos e de 16 a 32 anos. A técnica mostrou que é possível detectar a influência conjunta das variações de TSM da região do Niño 1+2 e as precipitações nessas regiões.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva; TSM; Nordeste.

Autor para correspondência: adriana_scsouza@hotmail.com

1Discente de Pós - Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professora Orientadora na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Discente de Pós - Graduação na Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande, Paraíba.

CORRELATION DETECTION BETWEEN TIME SERIES USING CROSS WAVY SPECTRUM

ABSTRACT

Cross Wavelet Analysis was used to evaluate the relationship between mean rainfall and SST in the Equatorial Pacific areas, in order to find correlations of SST signals and precipitation for some locations within a homogeneous NEB region. For this, monthly time series were used from the localities of Irecê - BA, Salgueiro - PE and Tauá - CE, in the semiarid region and with low rainfall. The period used was from January 1985 to December 2018. The cross spectra obtained from the rainfall and TSM time series in the NIÑO region indicated that Niño 1 + 2 divide common power areas in the period around 1, 4, 8 years and from 16 to 32 years. The technique showed that it is possible to detect the joint influence of the TSM variations of the Niño 1 + 2 region and the precipitation in these regions.

KEY-WORDS: Rain; TSM; Northeast.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A maior parte da Região Nordeste do Brasil (NEB) é caracterizada como semiárida, com temperatura média na parte central que varia de 24 a 28°C, grande variabilidade espacial e temporal da precipitação e elevada taxa de evaporação. A região é frequentemente submetida aos efeitos de secas severas e as áreas mais atingidas se localizam no “Polígono das Secas”, cuja precipitação média anual é inferior a 800 mm, chegando a valores extremos inferiores a 400 mm, (MELO FILHO e SOUZA, 2006).

Os oceanos têm um papel importante na modulação da variabilidade climática através de processos dinâmicos e termodinâmicos. A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) possui uma grande importância no estudo dos fenômenos de interação oceano atmosfera e na determinação e variabilidade das condições climáticas regionais e globais (GONZALEZ *et al.*, 2013). A TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais são a principal variável física que influencia as condições da variabilidade climática no NEB, (MENEZES *et al.* 2008).

A Análise de Ondeleta, por sua vez, atua na distribuição em escalas de tempo e frequência de oscilações de fenômenos físicos até mesmo dos aperiódicos. Ela possui propriedades matemáticas capazes de fornecer informação de tempo e frequência simultaneamente, ou seja, possibilita representar a frequência e tempo da série.



Dentre inúmeras pesquisas que abordam a variabilidade climática, tem-se destacado a identificação de fenômenos atmosféricos associados aos ciclos de variabilidade natural: DA SILVA (2017) analisou ciclos de extremos pluviométricos e suas causas através das escalas temporais detectadas em séries de precipitação para as capitais do leste do NEB. Foram usados dados pluviométricos diários das capitais dos estados que compõem o leste do NEB com período comum de 1961-2014 submetidos à análise de Ondeleta. ROCHA *et al.* (2019) analisaram a relação entre a precipitação média da bacia a montante da estação fluviométrica de Iguatu - CE, com os índices ODP e OMA através da Análise de Changepoint, Transformada de Ondeleta Cruzada. Todos estes estudos comprovaram a eficácia dessa técnica aplicada a séries temporais não estacionárias.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O principal deste estudo foi aplicar a Análise de Ondeleta Cruzada, para encontrar relações entre o sinal da chuva e TSM em região semiárida do NEB.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A partir de Regiões Homogêneas de precipitação (RH) obtidas por Costa (2019), para a região Nordeste do Brasil (NEB), selecionou-se três localidades: Irecê - Bahia, Salgueiro - Pernambuco e Tauá - Ceará, nas RH por apresentar baixos índices pluviométricos (Figura 1).

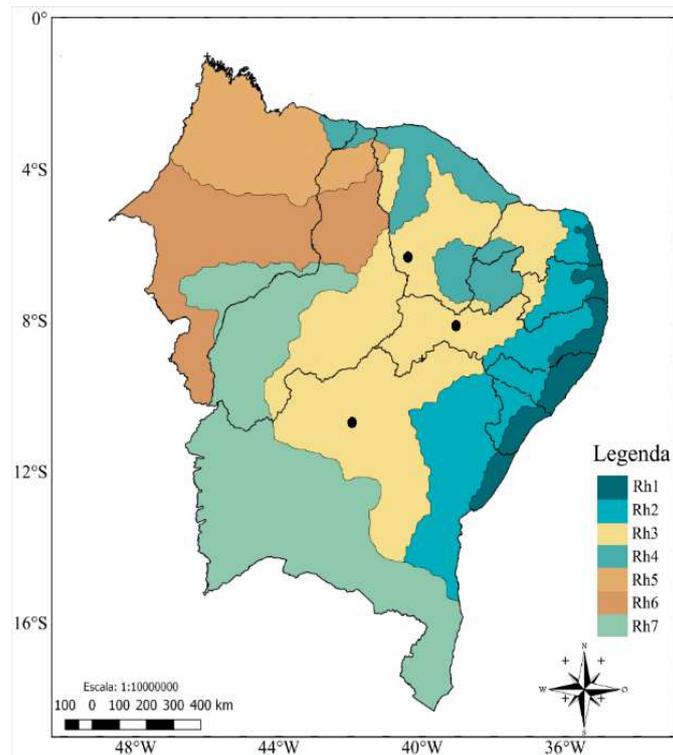


Figura 1- Regiões homogêneas da precipitação do Nordeste. Os pontos em preto correspondem às estações pluviométricas.

Os dados utilizados neste estudo compreendem o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2018. Estes dados foram obtidos da Agência Nacional das Águas. Os dados mensais de TSM foram obtidos do Earth System Research Laboratory - ESRL da NOAA: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>, para as áreas de monitoramento do Pacífico Equatorial (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4).

Aplicou-se neste estudo a ondefeta base de “Morlet”, a qual possui uma boa representação de sinais não estacionários como simetria ou não simetria e variação temporal suave ou brusca e, é dada por:

$$\psi(t) = e^{iw_0t} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

que representa uma onda modulada por um envelope Gaussiano, t parâmetro (adimensional) refere-se ao período ou escala temporais estudados e W_0 (adimensional) à frequência do sinal. Maiores descrições da metodologia podem ser encontradas em (TORRENCE e COMPO, 1998; VITORINO et al., 2006; BLAIN e KAYANO, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A seguir serão analisadas as possíveis relações existentes entre a TSM do Pacífico Equatorial e as chuvas da RH3 situada no NEB.

A região oceânica escolhida foi a do NIÑO 1+2, levando em consideração principalmente o ciclo anual, pois para as chuvas da região, a escala anual é a mais representativa, e nas outras regiões do Pacífico, essa escala se enfraquece na direção oeste, além disso, por apresentarem maior correlação com a chuva da região.

Tabela 1- Coeficiente de correlação linear entre as chuvas e TSM nas regiões do Pacífico Equatorial.

CIDADES / TSM	NINO 1+2	NINO 3	NINO 3.4	NINO 4
IRECE	0,23	-0,24	-0,18	-0,21
SALGUEIRO	0,42	0,19	-0,05	-0,2
TAUÁ	0,53	0,28	-0,02	-0,28

A análise da fase entre as séries fornece uma melhor caracterização da relação entre elas como pode ser visto pela ilustração das setas nas figuras 2. As setas apontando para a direita indicam que as duas séries estão em fase e para a esquerda, as séries estão fora de fase. Linhas contínuas de cor branca indicam coerência significativa ao nível de 5%.

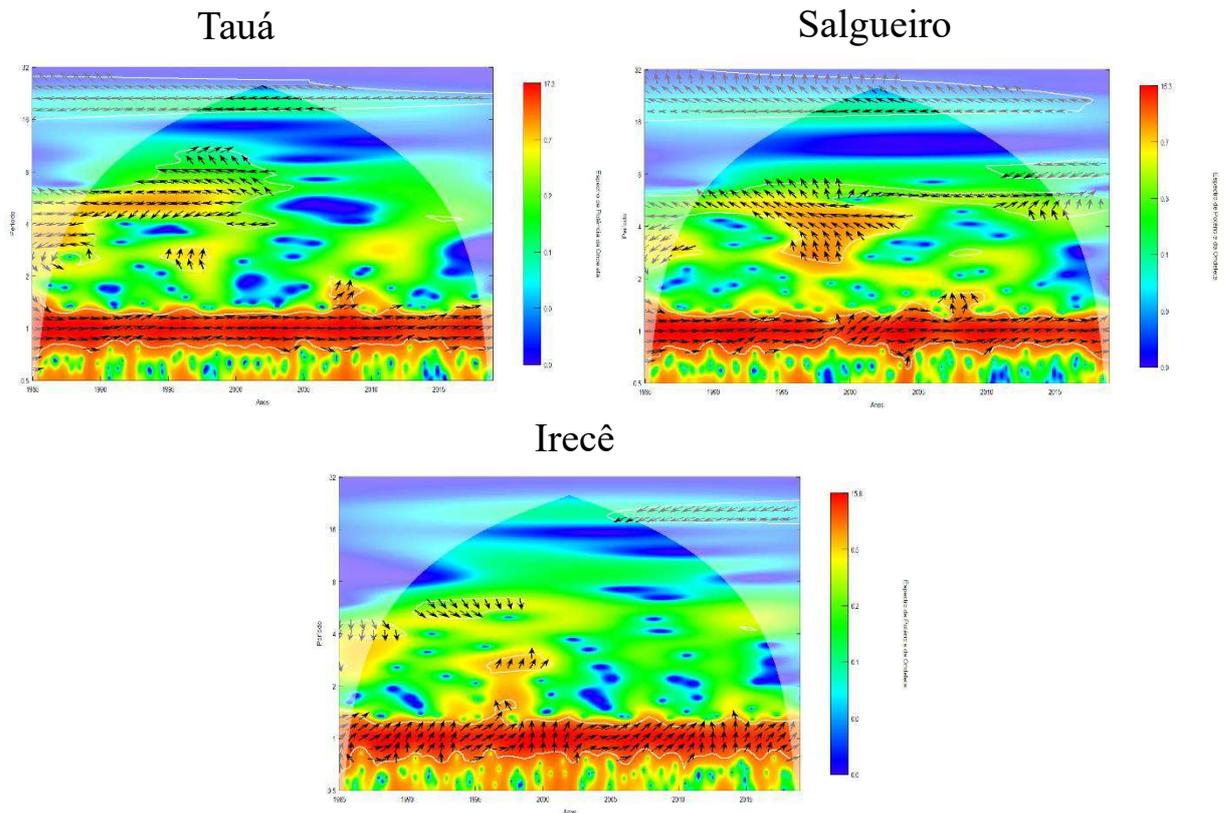


Figura 2- Espectro cruzado entre as séries de precipitação de Tauá – CE, Salgueiro – PE, Irecê - BA e Niño 1+2.

O espectro cruzado entre a precipitação e a TSM do Niño 1+2 indica que as séries dividem áreas de potência comum no período em torno de 1 ano ao longo de toda série, nas três localidades, indicando que estavam fase. De 4 a 8 anos na localidade de Salgueiro se inicia fora de fase e termina em fase com altos valores de potência, no caso de Tauá, as setas indicam estarem fora de fase com potência comum até meados da década de 2000, enquanto que Irecê apresenta configuração diferente, com baixos valores de potência na banda de 4 anos para os primeiros anos da série (de 1985 a 1990). De 16 a 32 anos mostram-se fora de fase e com baixos valores de potência ao longo de toda a série, no caso de Irecê a partir de 2005. Esses resultados indicam que a precipitação da área de estudo se relaciona com o Niño 1+2, principalmente na variabilidade entre anual e de 4 a 8 anos e de uma menor frequência (~16 a 32 anos).

Observa-se que a escala de 4 a 8 anos apresenta forte atividade, modulando principalmente os anos de EN/LN. No início da série temporal de Tauá até meados da



década de 2000, estando fora de fase, significando que ao aumentar (ou diminuir) a TSM diminui (ou aumenta) o volume de chuvas. Assim como, na localidade de Salgueiro, que mostra forte atividade nesta escala durante toda a série temporal, seno que a partir da década de 2000 as séries indicam estarem em fase, ou seja, quando estão na mesma fase ao aumentar (ou diminuir) a TSM aumenta (ou diminui) o volume de chuvas. Enquanto que a localidade de Irecê se mostra diferente das duas regiões estudadas, a escala de 4 a 8 anos quase não se é percebida, mostrando que o interior da Bahia pode não ser influenciado pelos eventos do ENOS em alguns anos, em decorrência extensão e a orografia (chapada diamantina e efeitos locais), (SANTOS, 2016).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A aplicação da metodologia da Transformada em Ondeletas Cruzada neste estudo possibilitou detectar a influência conjunta das variações de TSM na região do Niño 1+2, mostrando maiores correlações na escala anual. Nas demais escalas embora as correlações sejam fracas, ainda se percebe a influência da TSM em alguns anos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. **118 anos de dados mensais do Índice Padronizado de Precipitação: série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 26, n. 1, p. 137-148, 2011.

DA SILVA, D. F. **Aplicação de análises de ondaletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 2, 187-198, 2017.

GONZALEZ, R. A., ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 4, p. 469 – 480, 2013.



MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no Semiárido baiano: desafios para a sustentabilidade. *Bahia Agrícola*, v.7, n.3, nov. 2006.

ROCHA, R. V. **Análise da Relação entre a Precipitação Média do Reservatório Orós, Brasil-Ceará, e os Índices PDO e AMO Através da Análise de *Changepoints* e Transformada de Ondeletas.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, n. 1, 139-149, 2019.

SANTOS, N. A. **Modulação regional da precipitação e temperatura da superfície do mar no estado da Bahia.** 88p. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

TORRENCE, C.; COMPO, G. P. **A practical guide to wavelet analysis.** *Bulletin of the American Meteorological Society*.79, 61-78, 1998.

VITORINO, M. I.; SILVA DIAS, P. L.; FERREIRA, N. J. Observational study of the seasonality of the submonthly and intraseasonal signal over the tropics. ***Meteorology and Atmospheric Physics***, v. 93, p. 17-35, 2006.



DADOS CLIMÁTICOS HORÁRIOS COMO FERRAMENTA PROJETUAL NA CONCEPÇÃO DE EDIFICAÇÕES ADEQUADAS AO CLIMA

Mônica F. da Silva¹; Ana M. L. A. Nunes²; Gianna M. Barbirato³; Ricardo V. R. Barbosa⁴

RESUMO

Dentre os diversos usos dos dados climáticos tomados em superfície por estações automáticas, pode-se destacar a sua aplicação como ferramenta de auxílio projetual à concepção de projetos adequados ao clima. O objetivo deste trabalho foi sintetizar estratégias bioclimáticas indicadas ao planejamento arquitetônico em duas cidades do Agreste alagoano: Arapiraca e Palmeira dos Índios. Para tanto, foram analisados dados climáticos horários do período 2009 a 2018. O método consistiu na obtenção, tratamento e análise dos dados climáticos de cada cidade tomada como objeto de estudo; na determinação das estratégias bioclimáticas a partir da Carta adaptada de Givoni e do Método de Mahoney Nebuloso. Por fim, foi elaborada uma síntese das recomendações projetuais para as duas cidades em questão. Os resultados mostraram comportamento climático semelhante em ambas cidades, resultando na obtenção de recomendações bioclimáticas também semelhantes. Finalmente, mostrou a viabilidade do uso dos dados climáticos horários recentes na obtenção das recomendações.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização climática; Estratégias bioclimáticas; Agreste.

Autor para correspondência: monica_fers@hotmail.com

1Mestra em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 2Mestranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 3Profª Dra. na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 4Prof. Dr. na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.

HOURLY CLIMATE DATA AS A PROJECT TOOL IN THE DESIGN OF BUILDINGS APPROPRIATE TO THE CLIMATE

ABSTRACT

Among the various uses of climate data taken from the surface by automatic stations, its application as a tool to assist in the design of projects appropriate to the climate can be highlighted. The objective of this work was to synthesize bioclimatic strategies indicated for architectural planning in two cities of Agreste alagoano: Arapiraca and Palmeira dos Índios. To this end, hourly climatic data from the period 2009 to 2018 were analyzed. The method consisted of obtaining, treating and analyzing the climate data of each city taken as object of study; in determining the bioclimatic strategies from the adapted Givoni's Chart and the Fuzzy Mahoney's Method. Finally, a synthesis of the project recommendations for the two cities in question was prepared. The results showed similar climatic behavior in both cities, resulting in obtaining similar bioclimatic recommendations. Finally, it showed the feasibility of using recent hourly climate data in obtaining the recommendations.

KEY-WORDS: Climate characterization; Bioclimatic strategies; Agreste.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Os dados climáticos são informações meteorológicas úteis em diversas áreas de importância econômica e social, como a agropecuária, defesa civil, indústria, turismo, transporte aéreo e marítimo, ecologia, recursos hídricos, energia e saúde pública (INMET, 2007). Em Arquitetura e Urbanismo, os dados podem ajudar na tomada de decisões projetuais em conformidade com as características climáticas locais, resultando em projetos energeticamente eficientes.

A bioclimatologia na arquitetura trata da relação entre o usuário e as condições climáticas, de modo que elementos da arquitetura, como seu desenho e materiais, valorizem as condições externas favoráveis ao conforto térmico do ambiente e minimize os aspectos desfavoráveis (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2016, p. 12). A esse respeito, Correia e Barbirato (2013, p. 2) afirmam que “o estudo das variáveis climáticas e sua relação com a edificação é indispensável, pois possibilita o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados à edificação, interferindo positivamente nas decisões de projeto”. A expressão Projeto Bioclimático se refere a projetos nos quais o estudo do clima e sua relação com o conforto térmico humano são aplicados na arquitetura (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013, p. 84). O uso da arquitetura bioclimática permite maior eficiência energética do ambiente construído sem negligenciar o conforto térmico de seus



usuários. Assim, a compreensão do perfil climático é de fundamental importância na formulação de diretrizes projetuais com vistas à adequação dos ambientes urbanos e das edificações às condições climáticas locais.

Como na maioria das cidades brasileiras, os dados climáticos das cidades alagoanas, “quando disponíveis, não são direcionados para a solução dos problemas de projeto de edificações, fazendo com que os profissionais da área os ignorem” (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998, p. 1). A inadequação das edificações com o contexto climático acarreta no desconforto térmico dos usuários e/ou no aumento do uso de climatização artificial afetando negativamente a eficiência energética da construção.

Na década de 2000, houve uma política de ampliação na rede de estações automáticas de superfície pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em todos os estados do Brasil (INMET, 2007). A implantação destas estações meteorológicas facilitou a obtenção de dados climáticos horários possibilitando a realização de caracterização climática e a aplicação em instrumentos de auxílio projetual que promovam a bioclimatologia.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho foi sintetizar estratégias bioclimáticas indicadas ao planejamento arquitetônico em duas cidades do Agreste alagoano: cidades de Arapiraca e Palmeira dos Índios a partir de dados climáticos horários tomados em superfície por estações automáticas do INMET no período 2009 a 2018.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa consistiram em quatro etapas distintas e sequenciais:

1. Definição das cidades a serem estudadas: Definiu-se como critério de escolha das cidades o registro e a disponibilidade de dados climáticos confiáveis. Assim, a seleção das cidades se baseou nas que possuem estações climáticas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) devido a maior quantidade de dados disponíveis, bem como à facilidade de acesso aos mesmos. Dentre as cidades com dados disponíveis, foram escolhidas Arapiraca (Latitude: 9° 45' 6" Sul, Longitude: 36° 39' 37" Oeste) e

Palmeira dos Índios (Latitude: 9° 24' 58" Sul, Longitude: 36° 37' 52" Oeste) por se localizarem na mesorregião do Agreste alagoano.

2. Obtenção, tratamento e análise dos dados climáticos de cada cidade: A obtenção dos dados climáticos foi feita diretamente do site do INMET¹. Os dados usados consistem em temperatura do ar (máxima, mínima e instantânea), umidade relativa do ar (máxima, mínima e instantânea) e precipitação acumulada. A ferramenta utilizada para viabilizar a manipulação dos dados foi o programa Microsoft Office Excel[®]. Os dados climáticos foram tratados por meio de estatística descritiva para obtenção dos indicadores de descrição climáticos de cada cidade em estudo. O período analisado corresponde a janeiro de 2009 a dezembro de 2018 para as duas cidades.

3. Determinação das estratégias bioclimáticas a partir dos métodos de Givoni (1992) e de Mahoney Nebuloso (1999): A Carta Bioclimática de Givoni é um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013, p. 84). A distribuição dos dados climáticos de determinado local sobre a carta determina as recomendações mais adequadas àquela localidade. Neste trabalho, utilizou-se os *Test Reference Year* (TRY) de cada cidade, determinados de acordo com os procedimentos descritos por Goulart, Lamberts e Firmino (1998) e por Tavares (2011). O TRY das duas cidades foi o ano de 2010.

O Método de Mahoney Nebuloso (MMN) é uma adaptação do Método de Mahoney Tradicional (MMT) por meio da lógica nebulosa. O MMT consiste em três quadros preenchidos sequencialmente com dados climáticos médios de uma determinada localidade a fim de se obter, ao final do processo, recomendações projetuais compatíveis com o clima local para o partido arquitetônico (HARRIS; YEE, 2011, p. 193).

4. Síntese das recomendações projetuais para as cidades em estudo: Comparação e discussão das recomendações projetuais encontradas.

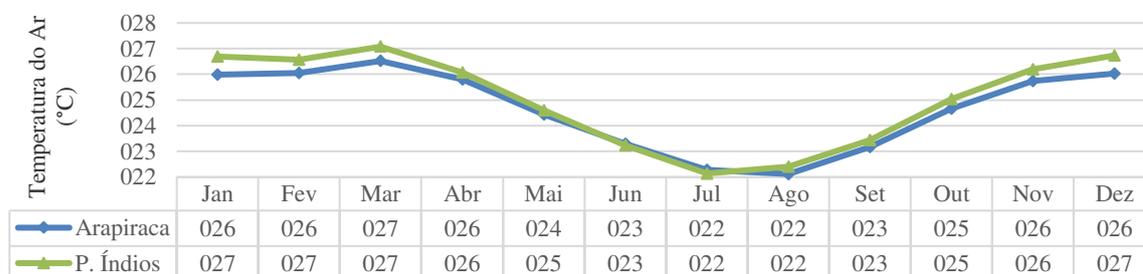
RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A análise dos dados de temperatura do ar de Arapiraca e de Palmeira dos Índios mostrou que os meses de maio a setembro (outono e inverno ou estação das chuvas) constituem o período mais frio do ano, com valores abaixo dos 25°C para ambas as cidades, enquanto

¹ Endereço eletrônico: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>

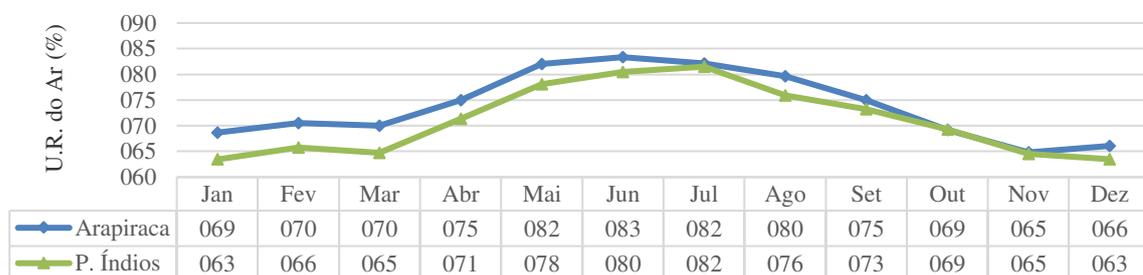
de outubro a abril (primavera e verão ou estação seca) as temperaturas do ar foram mais elevadas, como visto no Gráfico 1.

Gráfico 1: Temperatura média mensal do ar de Arapiraca e Palmeira dos Índios.



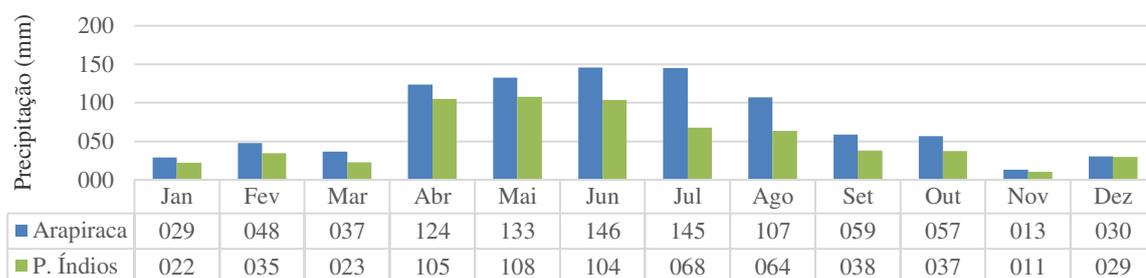
A umidade relativa média apresentou comportamento inversamente proporcional ao da temperatura do ar ao longo do ano. De outubro a março, foram registrados os menores valores, atingindo 70%. Já de abril a setembro, a variável se manteve acima dos 70%, chegando a mais de 80% nos meses mais úmidos (junho e julho), como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2: Umidade relativa média mensal do ar de Arapiraca e Palmeira dos Índios.



A precipitação em Arapiraca e Palmeira dos Índios apresentou comportamento irregular ao longo dos anos, porém a ocorrência de chuvas ao longo dos meses aconteceu de maneira semelhante durante o período estudado, de modo que os meses chuvosos iniciam em abril e encerram entre agosto e setembro, como observado no Gráfico 3. O período de chuvas coincide com os meses de maior umidade relativa do ar e menores temperaturas e amplitudes térmicas diárias.

Gráfico 3: Precipitação média mensal de Arapiraca e Palmeira dos Índios.



As características climáticas de Arapiraca e Palmeira dos Índios se refletem nas recomendações projetuais apontadas para cada localidade e exibidas no Quadro 1. De modo geral, as diretrizes apontadas pelas duas metodologias atentam para a proteção contra os ganhos térmicos, bem como para a eliminação dos mesmos por meio de sombreamento da edificação, melhor aproveitamento dos ventos, cuidado com a inércia das paredes e teto e uso de resfriamento evaporativo.

Quadro 1: Diretrizes propostas pelos métodos de Givoni e Mahoney Nebuloso para Arapiraca e Palmeira dos Índios.

Métodos	Carta de Givoni		Método de Mahoney Nebuloso	
	Arapiraca	Palmeira dos Índios	Arapiraca	Palmeira dos Índios
Diretrizes	Sombreamento durante todo o ano		Edifícios orientados sobre o eixo N/S (eixo longitudinal L/O) para reduzir a exposição ao sol	
	Ventilação durante todo o ano, principalmente na primavera, verão e inverno	Ventilação durante todo o ano, principalmente no outono	Espaço aberto para penetração de brisa, porém com proteção contra o vento frio/quente	
	-		Salas dispostas em fileira única; provisão permanente de movimento do ar	
	-		Aberturas medianas ($A_{MMN}=20-40\%$)	
	Alta inércia para resfriamento nos dias mais quentes da primavera e verão		Paredes pesadas; interiores e exteriores	
	Resfriamento evaporativo em dias mais quentes da primavera e verão		Coberturas isoladas leves	
	-		-	
	Ar condicionado em dias mais quentes do verão e outono	Ar condicionado em dias mais quentes do outono	-	
	-		Espaço necessário para dormir ao ar livre	
	-		Não há necessidade de proteção contra chuva intensa	
Alta inércia/Aquec. solar em noites mais frias do inverno e primavera		-		

As maiores diferenças notadas nas recomendações se referem aos períodos de maior necessidade da ventilação, de condicionamento artificial do ar. Além disso, deve-se atentar para as direções predominantes da ventilação para que as estratégias sejam mais efetivas.

Outro aspecto a se ressaltar é que, apesar de paredes pesadas serem indicadas como forma de retardar os ganhos térmicos no interior dos ambientes, a estratégia só é recomendada para parte do ano e, sendo ela de difícil flexibilização, pode gerar o efeito contrário ao



intencionado. Deste modo, deve-se tomar cuidado na sua aplicação, associando-a sempre com outras medidas de resfriamento.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O presente trabalho levantou estratégias bioclimáticas recomendáveis ao planejamento arquitetônico para as cidades de Arapiraca e Palmeira dos Índios a partir de dados climáticos horários registrados no período entre 2009 e 2018. Dada a insuficiência de dados climáticos referentes à maioria das cidades alagoanas, os resultados encontrados podem ser utilizados como embasamento para a concepção projetual em cidades do Agreste alagoano. O uso de duas metodologias distintas para a obtenção das estratégias bioclimáticas permitiu um maior número de parâmetros a serem considerados, resultando em recomendações mais completas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecimento a CAPES pela concessão da bolsa de estudos à autora durante o mestrado no qual foi realizado a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos.** – 2ª ed. – Maceió : EDUFAL, 2016. 201p.
- CORREIA, W. F. B.; BARBIRATO, G. M. **Arquitetura e clima no contexto do Semiárido Nordeste: Respostas construtivas com vistas ao conforto térmico e eficiência energética.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 12. Brasília, 2013. Anais... Brasília: 2013 (CD-ROM). 1972 p.
- GIVONI, B. *Comfort, climate analysis and building design guidelines.* Energy and Buildings, v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, F. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: NPC/UFSC, 1998. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acesso em 23 de setembro de 2018.



HARRIS, A. L. N. C. **Metodologia baseada na Teoria dos Sistemas Nebulosos (*Fuzzy System Theory*) para o tratamento das informações subjetivas do projeto arquitetônico.** 1999. 160 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

HARRIS, A. L. N. C.; YEE, C. L. **Os sistemas nebulosos na modelagem da subjetividade.** In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRICIO, M. M. (Orgs.) O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 181-202.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **INMET cobre o Brasil de estações automáticas:** A meteorologia mais precisa. Boletim informativo. Ano 1, Número 2, jul/ago 2007. 4 p. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/boletimInformativo_11.pdf> Acesso em: 17 de julho de 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** Universidade Federal de Santa Catarina, 3ª ed. Florianópolis, 2013. 366 p. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acesso em: 23 de setembro de 2018.

TAVARES, L. R. **Eficiência Energética em Edificações:** Aplicação do RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – na cidade de Uberlândia-MG. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2011.





DETECÇÃO DE UM EVENTO DE NEVOEIRO ASSOCIADO À NUVENS STRATUS POR MEIO DE UM ESQUEMA PARAMÉTRICO DE IDENTIFICAÇÃO DE NÉVOA: UM ESTUDO DE CASO

João Pedro Gonçalves Nobre¹; Helber Barros Gomes²;

Matheus José Arruda Lyra³; Ismael Guidson Farias de Freitas⁴

RESUMO

Nos aeroportos, eventos de nevoeiro podem causar prejuízos socioeconômicos durante o pouso ou decolagem. Para o Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares foi criada uma ferramenta para a previsão de visibilidade baixa pelo laboratório de Meteorologia Sinótica e Física da Universidade Federal de Alagoas, o Fog VISibility Version 1 (FogVISv1.0). O presente estudo visa, portanto, através dos dados de previsão do modelo de mesoescala Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) simular a visibilidade horizontal através do conteúdo de água líquida (LWC) e a concentração do número de gotas (N_d) para um episódio de nevoeiro ocorrido no Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares em 17 de Março de 2012, com visibilidade horizontal de 500 m e com 3 h de duração. O resultado ilustra que o FogVISv1.0 conseguiu prever o evento de nevoeiro para esse dia, registrando uma visibilidade horizontal equivalente a 235 m e com 2 h de duração.

PALAVRAS-CHAVE: nevoeiro; Stratus; Nordeste brasileiro.

Autor para correspondência: pedronobrejp@gmail.com

*1*Discente de Pós-Graduação no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista, São Paulo; *2*Professor na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Alagoas; *3,4*Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba

DETECTION OF A FOG EVENT ASSOCIATED WITH STRATUS CLOUDS USING A PARAMETRIC MIST IDENTIFICATION SCHEME: A CASE STUDY

ABSTRACT

At airports, fog events can cause socioeconomic damage during takeoff or landing. For Zumbi dos Palmares International Airport, a tool for low visibility prediction, the Fog VISibility Version 1 (FogVISv1.0) was created by Synoptic and Physics Meteorology Laboratory from Federal University of Alagoas. Therefore, the present study aims, through the forecast data of the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) mesoscale model to simulate horizontal visibility by the liquid water content (LWC) and concentration of the number of drops (N_d) for a fog episode that occurred at Zumbi dos Palmares International Airport in 17 March 2012, with 500 m horizontal visibility and 3 h duration. The result illustrates that the FogVISv1.0 was able to predict the fog event for that day, recording horizontal visibility equivalent to 235 m and lasting 2 hours.

KEY-WORDS: fog; Stratus; Brazilian northeast.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Os fenômenos meteorológicos adversos têm grande potencial de causar perdas econômicas e sociais, incluindo vidas humanas. Em 2007 nas proximidades do aeroporto Zumbi dos Palmares (Rio Largo, Alagoas, Brasil), um evento de nevoeiro provocou um acidente resultando na morte do piloto e destruição de inúmeros documentos bancários (FEDOROVA & LEVIT, 2016).

TUBELIS & NASCIMENTO (1992) consideram os nevoeiros como gotículas de água (sólida ou líquida) em suspensão na camada contígua à superfície terrestre com a capacidade de reduzir a visibilidade a partir de 1000 m. Em relação a microestrutura deste fenômeno, HESS et al. (1998) ainda consideram que para um nevoeiro, a densidade total de partículas (N_d) é de 15 cm^{-3} e o conteúdo de água líquida (LWC) é aproximadamente $0,06 \text{ g.m}^{-3}$, enquanto que os valores típicos de LWC para nuvens Stratus (St) são entre $0,25\text{-}0,30 \text{ g.m}^{-3}$.

No Nordeste do Brasil (NEB), FEDOROVA & LEVIT (2016) listaram os principais sistemas sinóticos responsáveis pela formação de nevoeiro no Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, em baixos níveis, o estudo aponta os distúrbios ondulatórios dos alísios (63%) e cavados (37%) como os principais responsáveis. A



existência de eventos de nevoeiro associados a nuvens St já foi relatada por GOMES et al. (2011) em 3 a 4 dias consecutivos no Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares.

Para a região extratropical já foram criadas ferramentas para avaliação dos processos associados à formação de visibilidade baixa em virtude de eventos de nevoeiro baseadas nos modelo PArmeterized FOG (PAFOG, BOTT & TRAUTMANN, 2002) e Code de Brouillard à l'Échelle Locale (COBEL, BERGOT, 2005). Para região tropical, uma ferramenta especializada na detecção de névoa, Fog VISibility Version 1 (FogVISv1.0), foi desenvolvida para os eventos de nevoeiro no Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares utilizando condições iniciais do modelo Weather Research and Forecasting (WRF) (NOBRE et al, 2019).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O presente trabalho visa através de dados de previsão do modelo Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System (BRAMS) calcular a visibilidade horizontal através das equações paramétricas já publicadas na literatura, no intuito de testar a aplicabilidade do esquema microfísico empregado na Ferramenta FogVIS v1.0 (Nobre et al, 2019) para cálculo da visibilidade horizontal no Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, afim de se prever um evento de nevoeiro associado à nuvens Stratus (St) no dia 7 de março de 2012, com 3 h de duração para mesma localidade.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O estudo foi desenvolvido para o Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, localizado no NEB (Rio Largos, Alagoas), nas coordenadas geográficas de 9.511°S e 35.793°W, e a 117 m de altura com relação ao nível do mar

Dados meteorológicos codificados do Meteorological Aerodrome Report (METAR) foram utilizados para identificar os eventos de nevoeiro reportados pela estação de superfície do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares através do Banco de Dados Climatológico (BDC) do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA). Para identificar as nuvens St utilizou-se os dados do Geostationary Operational Environmental Satellite - 15 (GOES-15; Kenneth, 2008) do canal infravermelho (10,2-11,2 μm).

Como condição inicial e de contorno do modelo foram utilizadas a Análise Final do NCEP (FNL; NCEP, 2000). Estes dados de análise global são fornecidos em uma grade de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitude por longitude e são preparados operacionalmente a cada 6 horas.

As simulações numéricas foram realizadas através do modelo Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS; CPTEC, 2015) version 4.2, que é derivado do Regional Atmospheric Modeling System (RAMS). A resolução horizontal utilizada nos experimentos foi de 4 km, grade de 308 x 282 pontos e área de integração compreendida entre as latitudes de $11,791^\circ\text{S} - 1,531^\circ\text{S}$ e longitude de $40,665^\circ\text{W} - 29,361^\circ\text{W}$. Todas as simulações tiveram 48 níveis na vertical e com topo em 20 km, cuja resolução vertical variou de aproximadamente 40 m próximo a superfície até no máximo 500 m. Como o objetivo deste trabalho é a formação e representação de nevoeiro, em todos os experimentos, a parametrização de convecção foi desligada e a de microfísica ativada (esquema proposto por WALKO et al. (1995), uma vez que ela resolve explicitamente os processos de vapor de água, nuvem e precipitação. Para radiação de onda curta e longa foram utilizados o esquema de CHEN & COTTON (1983), modelo LEAF (Walko et al. 2000) para o solo e topografia derivadas de mapas de 1 km.

A visibilidade horizontal para o Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares é calculada usando o LWC e o N_d na equação 1, proposta por GULTEPE et al. (2006). Mais detalhes sobre as parametrizações e equações físicas usadas pelo FogVIS v1.0 para cálculo da visibilidade podem ser obtidas em Nobre et al. (2019).

$$Vis = \frac{1,002}{(LWC.N_d)^{0,6473}} \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

O evento de nevoeiro do dia 07 de março de 2012 reduziu a visibilidade inicialmente em 500 m. Com início durante a madrugada, se estendeu até o período da manhã entre as 08 UTC e 11 UTC, conforme reportado pelo METAR.

Através das simulações realizadas com dados do BRAMS, no dia 07 de março de 2012 foi detectado um evento de nevoeiro entre às 03-05 UTC, com 2 h de duração na região do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, reduzindo na superfície a visibilidade horizontal em 236 m.

O LWC superficial foi equivalente à $0,061 \text{ g.m}^{-3}$ (Figura 1a), enquanto que o N_d foi de 153 cm^{-3} (Figura 1b) para o instante inicial de formação do nevoeiro.

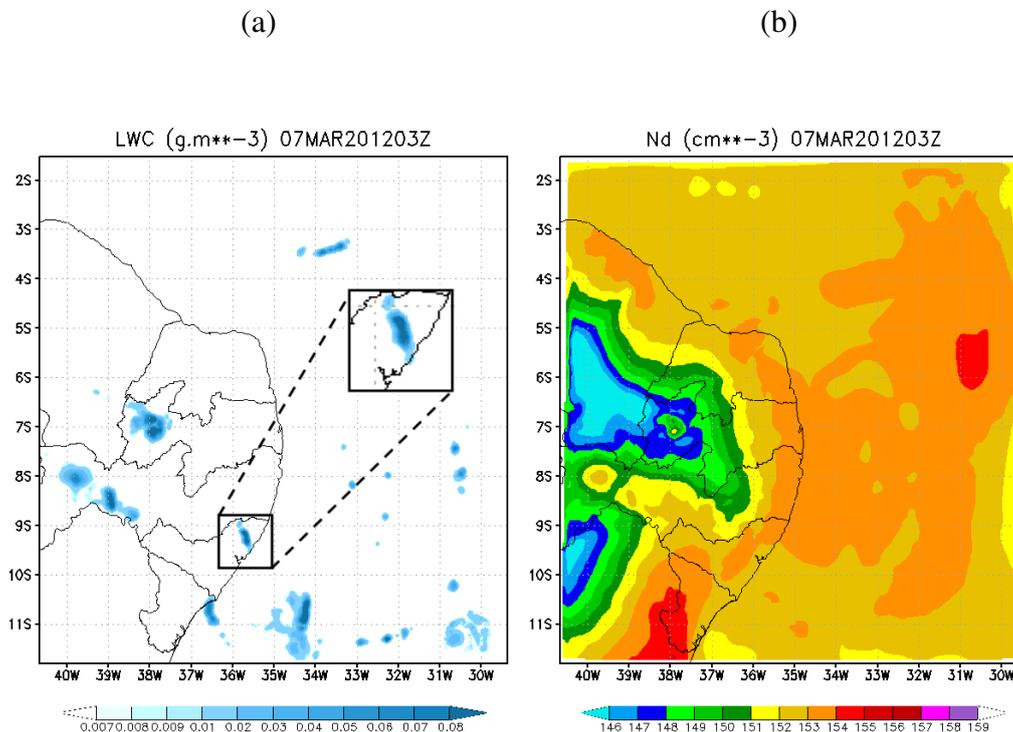


Figura 1: LWC (a) e N_d (b) em superfície (1000 hPa) para o dia 07 de março de 2012, às 03 UTC.

A imagem do canal infravermelho do satélite GOES-15 (Figura 2b) indica a existência de nuvens St sobre a região do Aeroporto Internacional Zubi dos Palmares. Pela secção vertical verifica-se que para a mesma área uma região com valores de LWC superiores a $0,007 \text{ g.m}^{-3}$ (Figura 2a) é identificada entre 1000-700 hPa, onde nota-se uma relação entre o LWC presente em 1000 hPa com o obtido para camadas imediatamente superiores (800-700hPa) em torno 35.7°W .

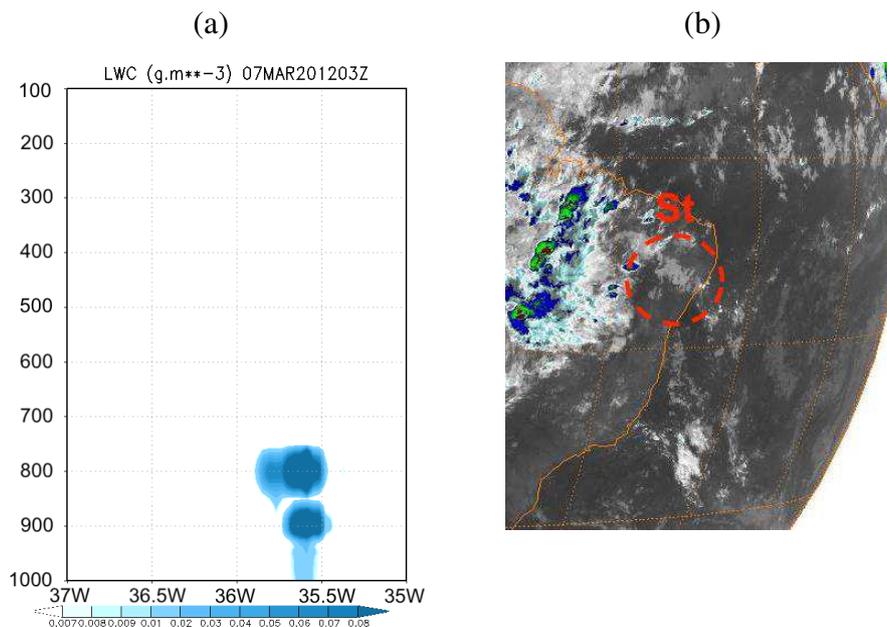


Figura 2: Seção vertical do LWC ao longo de 9,5°S (a) e imagem do canal IR do satélite GOES-15 (b) para o dia 07 de março de 2012, às 03 UTC.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A ferramenta FogVISv1.0 previu o evento de nevoeiro ocorrido no dia 27 de março de 2012, retornando um valor para a visibilidade horizontal em superfície equivalente a 235 m, às 3 UTC e com duas horas de duração. Para esse dia o LWC em 1000 hPa registrado para a região de formação do nevoeiro foi de $0,061 \text{ g.m}^{-3}$ e o N_d de 153 cm^{-3} , às 03 UTC, apresentando resultados consistentes com os de HESS et al. (1998), apesar dos valores de N_d terem sido superiores aos registrados pelos mesmos autores. Os valores de N_d desse evento condizem com o N_d marítimo registrado por WALLACE & HOBBS (2006) e isso se demonstra coerente se levar em consideração a proximidade do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares com o oceano. Na região onde formou-se as nuvens St (900-700 hPa) verificou-se valores de LWC equivalentes a $0,007 \text{ g.m}^{-3}$, inferiores aos citados por HESS et al. (1998).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERGOT, Thierry. Quality Assessment of the Cobel-Isba Numerical Forecast System of Fog and Low Clouds. *Pure applied and geophysics*. v. 164, n. 20, 2005.



- BOTT, Andreas. & TRAUTMANN, T. A new efficient forecast model of radiation fog and low-level stratiform clouds. **Atmospheric Research**, v. 246, n. 64, set./out. 2002.
- Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **About BRAMS**. Cachoeira Paulista, SP, 2015. Disponível em: <<http://brams.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- CHEN, Chaing & COTTON, William R. A one-dimensional simulation of the stratocumulus-capped mixed layer. **Boundary-Layer Meteorology**. v. 25, 1983.
- FEDOROVA, Natalia & LEVIT, Vladimir. **Fog in the tropical region**. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2016.
- GOMES, Helber Barros et al. Rare events of stratus clouds on the Northeast coast of Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, mar. 2011.
- GULTEPE, Ismael et al. A New Visibility Parameterization for Warm-Fog Applications in Numerical Weather Prediction Models. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 45, nov. 2006.
- HESS, Michael et al. Optical Properties of Aerosols and Clouds: The Software Package OPAC. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Bulletin of the American Meteorological Society. Munique, v. 246, n. 5, mai. 1998.
- KNAPP, Kenneth. Scientific data stewardship of International Satellite Cloud Climatology Project B1 global geostationary observations. **Journal of Applied Remote Sensing**, vol. 2, nov. 2008.
- National Center for Atmospheric Research (NCAR). **NCEP FNL Operational Model Global Tropospheric Analyses**. Boulder, CO, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.5065/D6M043C6>>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- NOBRE, João Pedro Gonçalves et al. Nova Metodologia para Previsão de Eventos de Nevoeiro para o Aeroporto Zumbi dos Palmares em Maceió (Alagoas). **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42, n. 3, set. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_527_535>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- TUBELIS, Antonio & do NASCIMENTO, Fernando José Lino. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992.
- WALLACE, John & HOBBS, Peter. **Atmospheric Science**. Reino Unido: Elsevier Inc, 2006.



WALKO, Robert et al. New RAMS cloud microphysics parameterization part I: the single-moment scheme. **Atmospheric Research**, v. 38, 1995.

WALKO, Robert et al. Coupled Atmosphere–Biophysics–Hydrology Models for Environmental Modeling. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 39, jun. 2000.



DETERMINAÇÃO DE REGIÕES HOMOGÊNEAS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DA PARAÍBA

Caroline de Sá Soares¹; Madson Tavares Silva²; Adriana de Souza Costa³

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo aplicar a técnica de análise de agrupamentos na identificação de grupos homogêneos de precipitação no estado da Paraíba, para o período de 1994 a 2018. A partir de ferramentas do geoprocessamento e análise de agrupamentos, foi possível delimitar a distribuição espacial de precipitação do estado, assim como a classificação de seis grupos homogêneos, correspondentes ao grau médio quantitativo de precipitação pluviométrica de cada local.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Agrupamento; Precipitação; Grupos Homogêneos.

Autor para correspondência: c4rolinedesa@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3 Discente de Pós Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



RAINFALL ANALYSIS FOR THE DETERMINATION OF HOMOGENEOUS REGIONS OF THE STATE OF PARAIBA

ABSTRACT

The main objective of this work was to apply the cluster analysis technique to identify homogeneous precipitation groups in Paraíba State, from 1994 to 2018. From the geoprocessing and cluster analysis tools, it was possible to delimit the spatial distribution of rainfall, as well as the classification of six homogeneous groups, corresponding to the quantitative average degree of rainfall at each location.

KEY-WORDS: Cluster Analysis; Precipitation; Homogeneous Groups.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A compreensão da climatologia de uma dada região é essencial para as condições de vida na sociedade. A identificação de fenômenos naturais promove o uso de métodos numéricos para estudos de distribuição espacial de variáveis climáticas.

Dentre inúmeras pesquisas que abordam essa variabilidade, tem-se destacado a identificação de fenômenos atmosféricos associados aos ciclos da variabilidade natural, que descrevam a distribuição espacial de séries temporais de regiões que sejam climaticamente homogêneas, especialmente aquelas de precipitação, que atinge diretamente a vida no Nordeste brasileiro, sobretudo perante possíveis alterações climáticas regionais atuais (ARAÚJO, 2012).

A região Nordeste do Brasil apresenta grande variabilidade espacial e temporal da precipitação, sendo bastante distinta das outras regiões do país. Apresentando períodos irregulares entre os estados e suas microrregiões (RAO *et al.* 1993). Em determinadas localidades do estado da Paraíba são comuns à ausência de chuvas durante períodos prolongados, ocasionando graves problemas para a sociedade e para os ecossistemas.

Uma ferramenta que vem sendo usada com êxito no controle e monitoramento ambiental é o geoprocessamento. Segundo SILVA (2003), geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados. Envolve técnicas e conceitos de cartografia, sensoriamento remoto, e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Visando classificar regiões homogêneas quanto à uma determinada variável, a Análise de Agrupamento (AA) tem se consolidado como uma das maneiras mais úteis no processo de filtrar dados para descobrir grupos homogêneos e identificar padrões ocultos nos dados (HALKIDI *et al.*, 2001).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Determinar regiões homogêneas de precipitação no estado da Paraíba, a partir do uso das técnicas de geoprocessamento e de análise de agrupamento.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O Estado da Paraíba possui 223 municípios, localiza-se na região Nordeste do Brasil (Figura 1), com uma área de 56.467 km², correspondente a 0,66% do território nacional e a 3,6% do Nordeste (IBGE, 2018).

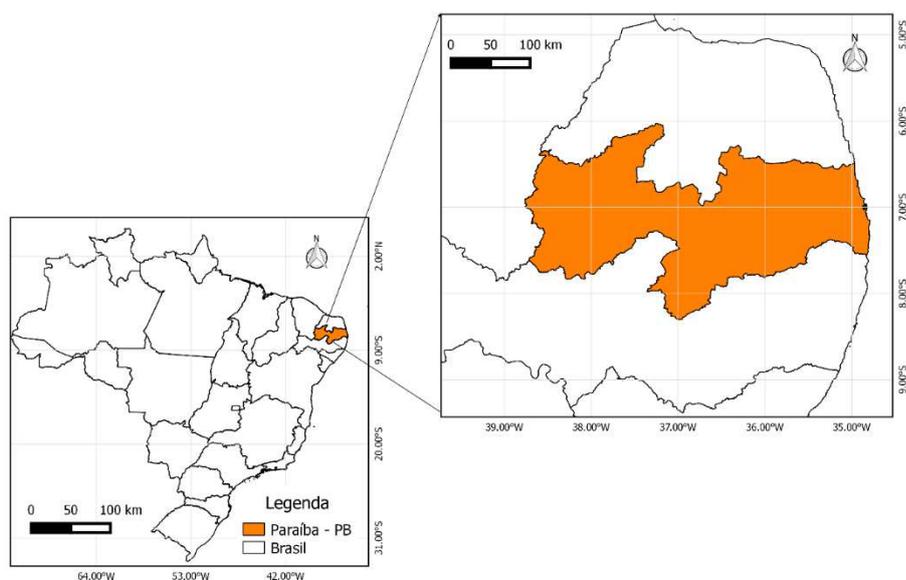


Figura 1: Mapa de localização do estado da Paraíba.

Os dados de precipitação mensal usados neste trabalho são de postos pluviométricos distribuídos no estado da Paraíba, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2018, obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

Alguns dos procedimentos usados foram: a interpolação de dados, extração de pontos, combinações de rasters, entre outros, juntamente com a aplicação do método de agrupamento hierárquico que resultou na determinação dos grupos.

A análise de agrupamento (AA) consiste no agrupamento de indivíduos com base em suas características, objetivando a formação de grupos relativamente homogêneos de uma determinada variável, onde se reúnem os indivíduos que apresentam maior similaridade entre si e dissimilaridade entre grupos.

Para medir a similaridade entre as estações, empregou-se a distância euclidiana quadrática, que é a soma dos quadrados das diferenças (HAIR *et al.*, 2005). Logo, a distância euclidiana é obtida pela equação:

$$d_{ij} = [x_i - x_j] = [\sum_{k=1}^n (x_{i,k} - x_{j,k})^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Em que: $i \neq k = 1, \dots, n$ (total de elementos amostrais); $X_{i,k}$ é o elemento observado da j -ésima variável do elemento amostral i ; $X_{j,k}$ é o elemento observado da j -ésima variável do elemento amostral k .

Foi utilizado o método de classificação hierárquico, cujo critério de agrupamento foi o de WARD (1963). Tal método dispõe-se de uma análise de variância para mensurar a distância entre os grupos. O método hierárquico procura por partições que minimizem a perda associada a cada agrupamento (BUSSAB *et al.*, 1990; MINGOTI, 2005).

Nos métodos hierárquicos, a obtenção dos grupos pode ser feita por cortes transversais no dendograma a partir do critério de agregação entre os grupos e conhecimento prévio da região em estudo (BOUROCHE e SAPORTA, 1982). O resultado final da aplicação desta técnica culmina em um gráfico (dendograma) no qual é possível verificar as fusões sucessivas dos indivíduos, formando diversos grupos até que se forme um único grupo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A princípio utilizou-se a interpolação dos valores médios de precipitação do período de estudo, 1994 a 2018, em destaque na Figura 2.

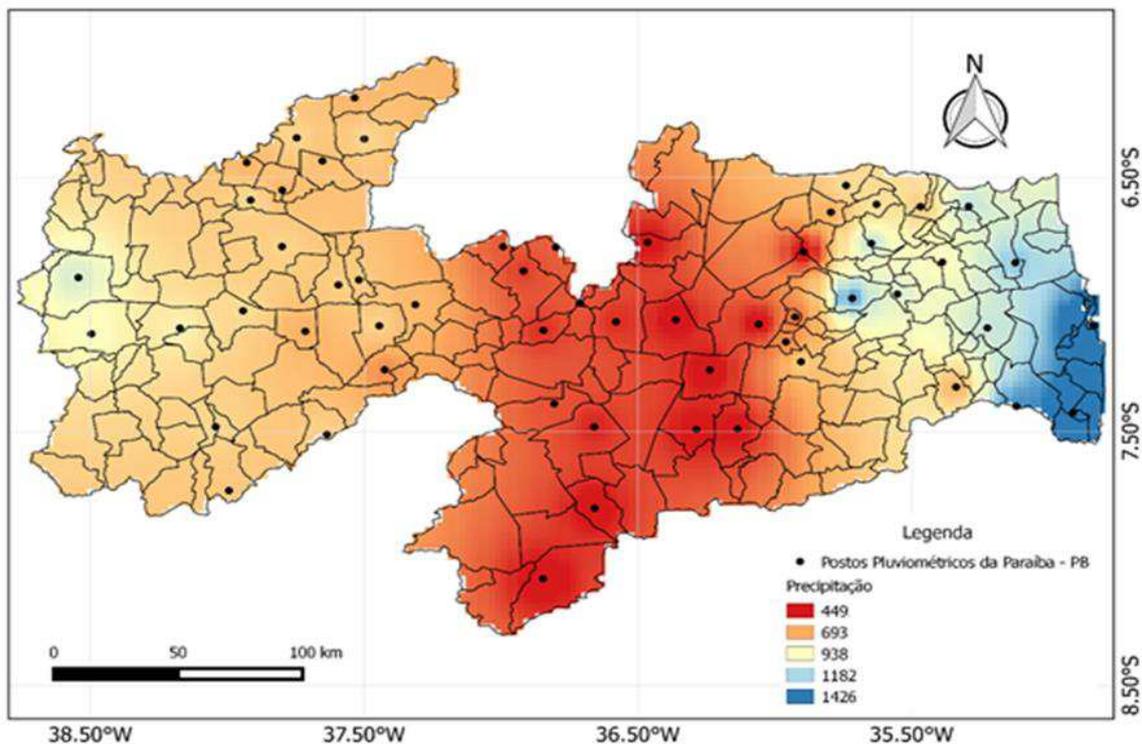


Figura 2: Distribuição espacial média da precipitação do estado da Paraíba, no período de 1994 – 2018.

Observa-se um rápido decréscimo dos totais médios anuais de precipitações no sentido leste oeste, do litoral ao Cariri/Curimataú, a qual pode indicar a influência da maritimidade e continentalidade sobre a distribuição da precipitação no estado, em seguida um leve aumento até o alto Sertão do estado, com valores de precipitação máxima de 1692 mm na cidade de Cabedelo e precipitação mínima de 459 mm na cidade do Congo. Na faixa litorânea do Estado os totais médios anuais ultrapassam 1300 mm, atingindo os menores valores inferiores a 500 mm no interior da Paraíba, estes resultados estão de acordo com (FREITAS *et al.*, 2013).

Através do dendograma da precipitação mensal (Figura 3), podemos observar as distâncias (similaridade) do agrupamento formado. A delimitação dos municípios que apresentam padrões homogêneos no comportamento da precipitação foi obtida pelo método de agrupamento de WARD (1963). Utilizando-se a distância euclidiana como medida de similaridade, verificou-se a formação de 6 grupos estatisticamente distintos entre si (Figura 4).

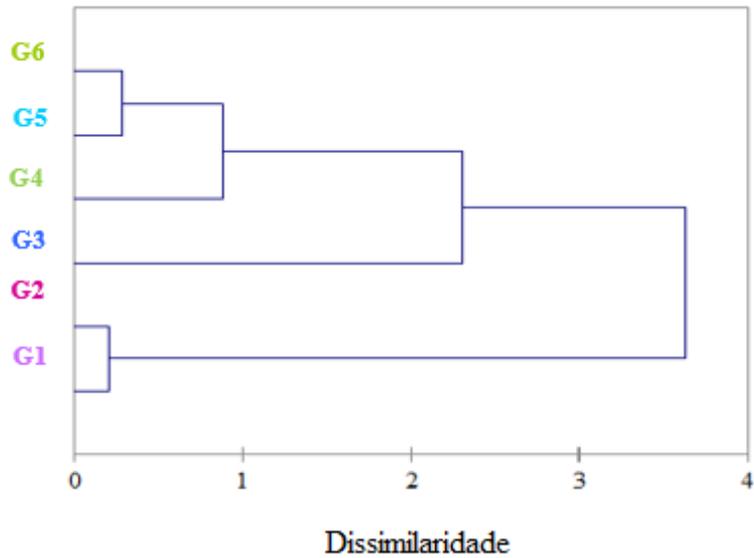


Figura 3: Dendrograma de agrupamento para as áreas analisadas.

A partir da Figura 4 foi possível verificar a distribuição espacial dos grupos homogêneos, que foram delimitados de acordo com os padrões de similaridade das precipitações médias das estações, dividindo o estado em 6 grupos.

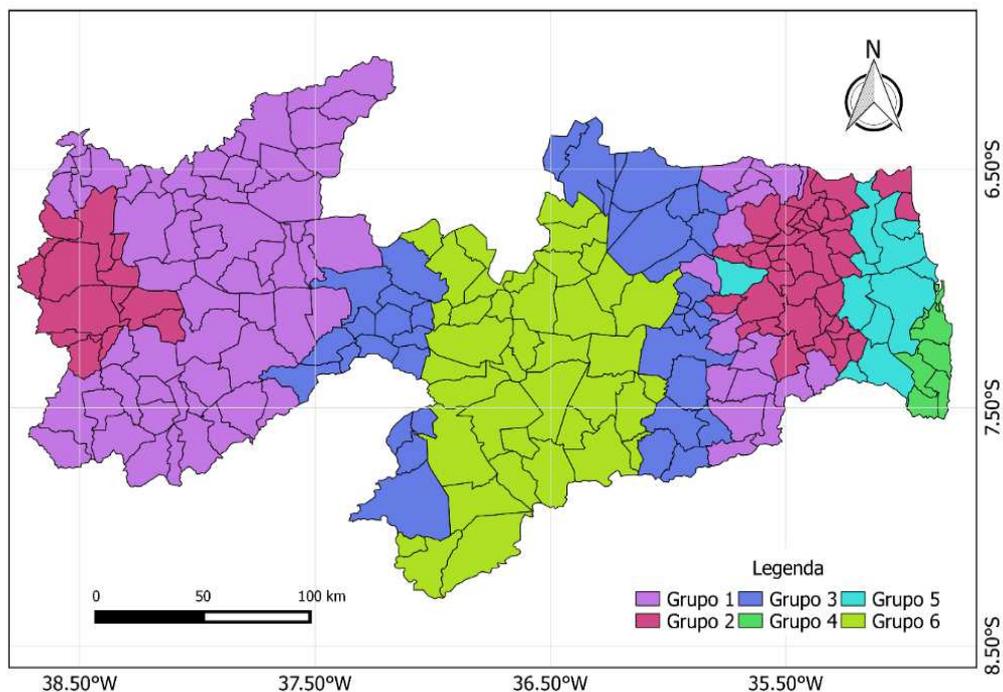


Figura 4: Distribuição espacial dos grupos com base na precipitação média anual da Paraíba.



O G1 se localiza no Sertão e Agreste, com precipitação total média anual de 525 mm. O G2 se divide em duas áreas, uma no Alto Sertão, outra no Brejo e ainda dois municípios situados no Litoral Norte, com precipitação média anual de 651 mm. G3 também se divide parte no Cariri/Curimataú e outra parte no Sertão, sendo dividido pelo G6, a precipitação média anual é de 793 mm. Sendo razoável supor que essas partições dos grupos em cidades pertencentes a outras microrregiões, sejam devido a fatores ambientais, como a orografia e a topografia dessas localidades. O G4 se localiza em parte do Cariri/Curimataú e tem precipitação média anual de 952 mm. Grande parte da precipitação ocorrida entre os meses de março e abril nas regiões norte e oeste do estado da Paraíba é decorrente da atuação mais ao sul do equador da ZCIT (SILVA *et al.*, 2017).

O G5 compreende praticamente toda a faixa litorânea e tem precipitação média anual de 1608 mm, observa-se que esta região possui os maiores índices pluviométricos do Estado. O G6 está localizado no Litoral Sul, sua precipitação total média anual é de 1170 mm, esses dois grupos apresentam precipitações médias máximas, localizados ao leste do estado podendo ser influenciados pela presença de sistemas meteorológicos atuantes em determinadas épocas do ano, como as ondas leste.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A classificação da precipitação pluvial usando o método aglomerativo de Ward, foi possível, possibilitou a obtenção de seis grupos homogêneos para a Paraíba, estes definidos pela similaridade dos valores médios de precipitação.

Pode-se comprovar através da análise de agrupamentos a característica geral da Paraíba quanto à precipitação. Como era de se esperar, os maiores índices encontraram-se no Litoral, Brejo e Agreste, destacando também parte do Alto Sertão. Este fato não ocorreu no Cariri/Curimataú.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ARAÚJO, W. S. **Identificação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Nordeste do Brasil Usando Análise Multivariada.** Revista Brasileira de Climatologia. Vol. 10, 2012.



- BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de Dados**. Rio de Janeiro, Zahar. 117p. 1982.
- BUSSAB, W.O. et al. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: ABE, 1990. 105p.
- FREITAS, J. C.; ANDRADE, A. N. S.; BRAGA, C. C.; NETO, A. H. G.; ALMEIDA, T. F. **Análise de Agrupamentos na Identificação de Regiões Homogêneas de Índices Climáticos no Estado da Paraíba, PB – Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, n.4, (2013) 732-748.
- HALKIDI, M., BATISTAKIS, Y., and VAZIRGIANNIS, M.: On clustering validation techniques, **Journal of Intelligent Information Systems**, 17:2/3, 107–145, 2001.
- HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. Ed. Bookman. 5ª edição, 593 pág. Porto Alegre, 2005. ISBN 85-363-0482-0.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. Cidades e Estados. Disponível em :< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb.html> >. Acesso em: 25 nov. 2019.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.
- RAO, V. B.; LIMA, M. C. de; FRANCHITO, S. H. Seasonal and interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil. **American Meteorological Society**. v.6, September 1993. 1754-1763.
- SILVA, J. S. V. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Taquari MS/MT**. 2003. 307



f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, M. J.; GALVÍNCIO, J. D.; COSTA, V. S. O. **Abordagem Interdisciplinar sobre a Influência da Zona de Convergência Intertropical — ZCIT no Nordeste Brasileiro.** Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, Recife, V. 6, N. 1, 2017 (107-117).

WARD, J. H. **Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function.** Journal of the American Statistical Association, v. 58, p. 236-244, 1963.





DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA A CRIAÇÃO DE SUÍNOS NO MUNICÍPIO DE BARBALHA - CE

Nayanne Lopes Batista Dantas¹; Bruna Marques Felipe²; Bonifácio Benício de Souza³; Nágela Maria Henrique Mascarenhas⁴; Luanna Figueirêdo Batista⁵

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar as condições climatológicas do município de Barbalha – CE para a criação de suínos em diferentes fases de produção, estabelecendo estratégias de manejo para melhorar os índices zootécnicos e como consequência a produtividade da suinocultura na região. Foram utilizados dados climatológicos mensais obtidos no INMET (2019) no período de dez anos, de janeiro de 2008 a dezembro de 2017. Foram utilizadas medidas de temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade. A temperatura máxima da região apresentou-se superior ao que seria ideal durante todo o ano para suínos da primeira até a oitava semana de vida. Com base nas temperaturas médias da região, durante todo o ano apenas para a fase de leitões/nascimento apresentaram-se inferiores ao exigido pelos animais. A umidade relativa do ar na região, em todas as fases de produção durante os meses de fevereiro a maio mostrou-se superior à exigida pelos suínos. Em relação ao ITU observou-se que o mesmo é superior durante todas as fases do ano para todas as fases de produção, podendo caracterizar a região como tendo um clima estressante para a criação de suínos.

PALAVRAS-CHAVE: Aclimação; Temperatura; Suinocultura.

Autor para correspondência: nayanne.lb@gmail.com

1Doutora em Medicina veterinária, UFCG, Patos-PB; 2Mestranda do PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB; 3Professor Titular, UAMV, UFCG, Patos-PB; 4Doutoranda do PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB; 5Doutoranda do PPGCSA, UFCG, Patos-PB



BIOCLIMATE DIAGNOSTICS FOR BREEDING BREEDS IN THE CITY OF BARBALHA – CE

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the climatic conditions of the municipality of Barbalha - CE for the rearing of pigs in different stages of production, establishing management strategies to improve the zootechnical indexes and consequently the swine productivity in the region. Monthly climatological data obtained from INMET (2019) were used over a ten-year period, from January 2008 to December 2017. Measurements of maximum, average and minimum temperatures, relative humidity and temperature and humidity index were used. The maximum temperature of the region is higher than ideal throughout the year for pigs from the first to the eighth week of life. Based on the region's average temperatures throughout the year only for the piglets / birth phase were lower than those required by the animals. The relative humidity in the region at all stages of production from February to May was higher than that required by pigs. In relation to the UTI, it was observed that it is superior during all phases of the year for all production phases, and may characterize the region as having a stressful climate for pig breeding.

KEY-WORDS: Acclimatization; Temperature; Pig farming.

INTRODUÇÃO

O rebanho suíno da região nordeste é muito pequeno, 5.833.845 cabeças, quando comparado com o rebanho nacional, 39.950.320 cabeças (IBGE, 2018). Esse número baixo pode ser explicado por diversos fatores, entre eles, a baixa incidência de chuvas durante boa parte do ano, diminuindo a produção de alimentos de qualidade fornecidos aos animais.

A carne suína é a fonte de proteína animal mais produzida no mundo, e maior parte dessa produção é proveniente da China, União Europeia, Estados Unidos e Brasil. Dados da EMBRAPA (2017) mostram que o Brasil é o quarto maior produtor e exportador de carne suína do mundo, chegando a exportar em 2017 mais de 786 mil toneladas. Diferente dos outros animais, o suíno não conta com a sudorese como mecanismo de proteção às altas temperaturas, utilizando exclusivamente, a frequência respiratória e mudanças comportamentais (VERUSSA; CORASSA, 2013).

A associação da umidade relativa do ar e a temperatura do ar propicia um excelente indicador de conforto térmico, como o índice de temperatura e umidade (ITU), índice que pode auxiliar na indicação de conforto e desconforto térmico em que os animais estão



submetidos (AZEVEDO, 2005), podendo auxiliar os produtores na escolha de meios mais adequados para o condicionamento térmico dos suínos.

Para a construção de instalações que atendam às exigências de confortos dos suínos, é necessária a sistematização dos dados climáticos da região onde será implantada a criação, fazendo uma comparação com as exigências dos suínos, definindo-se quais medidas são necessárias para promover conforto térmico, com menor custo (SARTOR; SOUZA; TINOCO, 2003).

Diante disso, foi realizado um diagnóstico bioclimático mensal para a produção de suínos para matrizes e para as fases de cria, recria e terminação no município de Barbalha - CE, como orientação para os produtores da região.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente estudo foi avaliar as condições climatológicas do município de Barbalha – CE para a criação de suínos em diferentes fases de produção, estabelecendo estratégias de manejo para melhorar os índices zootécnicos e como consequência a produtividade da suinocultura na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

O diagnóstico bioclimático foi desenvolvido para o município de Barbalha – CE, localizado na região semiárida do nordeste brasileiro, com latitude de 7° 18' S e longitude de 39° 18' W, próximo das cidades de Crato e Juazeiro do Norte, onde compõe o triângulo Crajubar na região do cariri cearense; a região apresenta um clima seco semiárido com predominância de Aw (tropical chuvoso) segundo a classificação climática de Köppen e Geiger (1928).

A suinocultura na região do cariri cearense ainda é bastante rústica com uso de poucas ou nenhuma melhoria na estrutura dos galpões para favorecer melhor sensação térmica para os animais, sendo que poucos criadores adotam técnicas de manejo adequadas.

Foram consideradas para o diagnóstico ambiental as seguintes variáveis climáticas: temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$, °C), Temperatura média ($T_{m\acute{e}d}$), Temperatura mínima ($T_{m\acute{i}n}$, °C), umidade relativa do ar (UR%) e o índice de temperatura e umidade (ITU). Os dados

climáticos foram obtidos no INMET (2019) para o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017 (Quadro 1), o ITU foi calculado conforme a equação de THOM (1959):

$ITU = (0,8 \times T + (UR/100) \times (T - 14,4) + 46,4)$, onde T = temperatura ambiente (°C) e UR = umidade relativa do ar (%).

Quadro 1. Dados climáticos no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017 para o município de Barbalha – CE.

Mês	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Mínima (°C)	UR (%)	ITU
Janeiro	32,8	26,0	22,5	65	84,6
Fevereiro	31,8	25,9	22,3	73	84,5
Março	31,2	25,2	22,6	80	84,8
Abril	31,0	24,5	22,2	81	84,6
Mai	31,0	24,8	22,0	75	83,6
Junho	30,4	24,2	21,0	68	81,6
Julho	30,5	24,3	20,4	62	80,7
Agosto	32,2	25,0	20,4	51	81,2
Setembro	34,1	26,9	20,8	43	82,1
Outubro	35,0	27,9	22,7	42	83,0
Novembro	35,1	27,7	23,2	48	84,4
Dezembro	33,5	27,1	23,4	55	83,7

ITU= $(0,8 \times T + (UR/100) \times (T - 14,4) + 46,4)$, Thom (1959).

Os valores das variáveis climáticas (Quadro 1) foram utilizados para comparar com as condições de conforto térmico ideais para suínos, em suas diferentes fases de produção (Quadro 2 e Quadro 3). Para ser feita uma comparação com as exigências dos suínos com os valores climáticos das microrregiões, foi adotada a seguinte simbologia:

- I – Inferiores aos exigidos pelos suínos;
- C – confortáveis aos exigidos pelos suínos e;
- S – superiores aos exigidos pelos suínos.

Quadro 2. Valor do ITU para suínos.

	ITU
Conforto	61 – 65
Estresse moderado	66 – 69
Estresse severo	70 – 73

Fonte: Adaptado: Roll, Zanusso & Correa (2010).

Quadro 3. Zona de termoneutralidade dos suínos nas fases de produção.

Categorias	Temperatura Ideal (°C)		Umidade Relativa (%)
	Máxima	Mínima	Ótima
Matrizes	18	12	50 – 70
Leitões/Nascimento	32	30	70
1 semana	28	27	70
2 semana	26	25	70
3 semanas	24	22	70
4 semanas	22	21	70
5 a 8 semanas	22	20	50 – 70
20 a 30 kg	20	18	50 – 70
30 a 60 kg	18	16	50 – 70
60 a 100 kg	18	12	50 – 70

Fonte: Adaptado: Silva (1999).

Com os dados climáticos e os índices de conforto térmico para suínos, foi estabelecido em que épocas do ano e idade a microrregião é ideal para criação desses animais e se existe a necessidade de adoção de meios artificiais de condicionamento térmico e indicação de modificação ambiental nas instalações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climatológicos do município foram comparados com as condições ideais de conforto térmico para suínos, tendo como base as recomendações de temperatura e umidade relativa do ar. Deste modo, foi estabelecido em que época do ano de acordo com a fase de produção do animal haverá necessidade de modificações ambientais nas instalações ou mesmo se existe necessidade de adoção de meios artificiais de conforto térmico.

O diagnóstico bioclimático para o município de Barbalha – CE está descrito nos quadros 04 e 05, para cada fase de produção dos suínos.

A temperatura máxima da região apresentou-se superior ao que seria ideal durante todo o ano, para suínos da primeira até a oitava semana de vida. Já a temperatura mínima foi inferior a ideal para os suínos na primeira semana de vida; da segunda até a oitava semana

de vida, a temperatura mínima da região foi superior em relação à temperatura mínima de conforto para os animais.

As cortinas podem ser utilizadas como ferramenta para auxiliar no controle da temperatura dentro dos galpões e, com o manejo correto, podem diminuir a velocidade dos ventos dentro dos galpões, a incidência direta de sol nos animais, e como consequência, a temperatura no interior da instalação (FERREIRA, 2005).

Com base nas temperaturas médias da região, durante todo o ano apenas para a fase de leitões/nascimento apresentaram-se inferiores ao exigido pelos animais nessa fase, porém nos meses de outubro a dezembro a temperatura média é confortável para os animais que estão na fase de primeira semana de vida; nos meses de janeiro a março e agosto as temperaturas são confortáveis para suínos na segunda semana de vida.

Quadro 4. Diagnóstico bioclimático para o município de Barbalha – CE, para as fases de leitões/nascimento até a oitava semana de vida.

Categorias	Leitões/nascimento	Semanas				
		1	2	3	4	5 a 8
Janeiro	<i>SsiIs</i>	<i>SiiIs</i>	<i>SscIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssCs</i>
Fevereiro	<i>IsiSs</i>	<i>SiiSs</i>	<i>SscIs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>
Março	<i>IsiSs</i>	<i>SiiSs</i>	<i>SscIs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>
Abril	<i>IsiSs</i>	<i>SiiSs</i>	<i>SsiIs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>
Mai	<i>IsiSs</i>	<i>SiiSs</i>	<i>SsiIs</i>	<i>ScsSs</i>	<i>SssSs</i>	<i>SssSs</i>
Junho	<i>IsiSs</i>	<i>SiiIs</i>	<i>SsiIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>ScsIs</i>	<i>SssCs</i>
Julho	<i>SsiIs</i>	<i>SiiIs</i>	<i>SsiIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>SssCs</i>
Agosto	<i>SsiIs</i>	<i>SiiIs</i>	<i>SccIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>SssCs</i>
Setembro	<i>SsiIs</i>	<i>SiiIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>SisIs</i>	<i>SssIs</i>
Outubro	<i>SsiIs</i>	<i>SicIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>
Novembro	<i>SsiIs</i>	<i>SicIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>
Dezembro	<i>SsiIs</i>	<i>SicIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssIs</i>	<i>SssCs</i>

A letra maiúscula refere-se à situação térmica para T_{max} ; a letra minúscula refere-se à situação térmica para T_{min} ; letra minúscula em negrito refere-se a situação térmica para temperatura média (T_{med}); a letra maiúscula itálica refere-se à Umidade relativa (UR%); a letra minúscula itálica refere-se ao ITU.

Quadro 5. Diagnóstico bioclimático para o município de Barbalha – CE, para matrizes e fases de terminação (20 a 30kg; 30 a 60kg; 60 a 100kg).

Categorias	Matrizes	Terminação		
		20 a 30kg	30 a 60kg	60 a 100kg
Janeiro	SssCs	SssCs	SssCs	SssCs
Fevereiro	SssSs	SssSs	SssSs	SssSs
Março	SssSs	SssSs	SssSs	SssSs
Abril	SssSs	SssSs	SssSs	SssSs
Mai	SssSs	SssSs	SssSs	SssSs
Junho	SssCs	SssCs	SssCs	SssCs
Julho	SssCs	SssCs	SssCs	SssCs
Agosto	SssCs	SssCs	SssCs	SssCs
Setembro	SssIs	SssIs	SssIs	SssIs
Outubro	SssIs	SssIs	SssIs	SssIs
Novembro	SssIs	SssIs	SssIs	SssIs
Dezembro	SssCs	SssCs	SssCs	SssCs

A letra maiúscula refere-se à situação térmica para T_{max} ; a letra minúscula refere-se à situação térmica para T_{min} ; letra minúscula em negrito refere-se a situação térmica para temperatura média (T_{med}); a letra maiúscula itálica refere-se à Umidade relativa (UR%); a letra minúscula itálica refere-se ao ITU.

Conforme os resultados das temperaturas médias, o produtor irá precisar de um sistema de aquecimento para os animais durante todo o ano na fase de leitões/nascimento; para animais com uma semana de vida, durante os meses de janeiro a setembro e para animais com três semanas de vida, durante os meses de abril a julho. A partir da terceira semana até a fase de terminação a temperatura média da região apresenta-se superior à exigida pelos animais.

Visto que a fase de terminação é considerada uma das mais complexas devido à alta taxa de desenvolvimento que os animais apresentam, com metabolismo acelerado, há necessidade de resfriamento para essa fase (MAIA et al, 2013). A umidade relativa do ar na região, em todas as fases de produção durante os meses de fevereiro a maio mostrou-se superior ao exigido pelos suínos. Nas fases de leitões/nascimento até a quarta semana durante os meses de junho a dezembro, a umidade apresentou-se inferior ao exigido, durante o mês de janeiro a mesma está dentro dos padrões de conforto para todas as fases de produção dos animais.

A UR tem efeito importante sobre a temperatura crítica superior, pois em altas temperaturas, quando a umidade está baixa, as perdas de calor por evaporação aumentam, trazendo como consequência um incremento das perdas totais de calor e aumento da temperatura crítica superior tornando o animal mais resistente ao calor (TOLON, 2002). O ITU apresentou-se superior durante todo o ano para todas as fases de produção, podendo caracterizar a região como detentora de clima estressante para a criação de suínos, sendo necessário uso de modificações ambientais para melhorar o conforto térmico dos animais.

CONCLUSÕES

A região analisada no cariri cearense não apresentou condições ótimas para o desenvolvimento dos suínos, sendo necessários investimentos em equipamentos para correção do microclima nas instalações para estabelecer níveis de conforto ideais.

É necessária a realização de estudos sobre a viabilidade econômica, levando em consideração as condições de conforto térmico para criação de suínos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. de et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34. n.6. p.2000-2008, 2005.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Estatísticas: Desempenho da Produção**. Central de Inteligência de Aves e Suínos. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 05 Mai. 2019.

FERREIRA, R. A. **Ambiência em construções rurais para suínos**. In: Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, 2005. p.97-158.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário de 2017**. Sistema IBGE de recuperação de dados - SIDRA. 2018. Acesso em: 16 jul. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Dados históricos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.



MAIA, A. P. A.; et al. Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, v.14, p.2862-2877, 2013.

SARTOR, V.; SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F. **Informações básicas para projetos de construções rurais: Instalações para suínos**. Viçosa: UFV, 2003. 19p.

THOM, E.C. **The discomfort index**. *Weatherwise*, v.12, p.57-59, 1959.

TOLON, Y.B. de. **Avaliação do ambiente gerado pelo resfriamento adiabático em maternidade de suínos e determinação de modelos de previsão de parâmetros de conforto**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Unicamp, Campinas, 2002.

VERUSSA, G. H.; CORASSA, A. Aspectos bioclimáticos de porcas em lactação na região de transição cerrado-amazônia. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, p.2895-2908. 2013.





DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DA ALFACE NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE – PB

Daniele Ferreira de Melo¹; Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; Rafaela Felix Basílio Guimarães³; Adriana Maria dos Santos⁴; Dermeval Araújo Furtado⁵

RESUMO

A presente pesquisa foi realizada para o município de Campina Grande-PB com a finalidade de avaliar as condições climatológicas do município para a produção da hortaliça alface em diferentes fases, estabelecendo assim estratégias de manejo para melhorar a produtividade da mesma na região. Para isso foram utilizados dados climatológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia dos últimos 20 anos (1998 – 2018). Os elementos meteorológicos avaliados foram às temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), média (T_{med}) e mínima ($T_{\text{mín}}$) do ar, umidade relativa do ar (UR) e precipitação. Foram registrados os períodos nos quais as temperaturas máximas, médias e a umidade relativa do ar apresentaram valores superiores à faixa ideal para a produção da alface em todas as fases, durante todo o ano, já para a variável temperatura mínima foram constatadas valores dentro da faixa ideal para o cultivo da alface apenas entre os meses junho a outubro. Para a variável precipitação foi averiguado precipitação variando entre 56,4 e 130,6 mm entre os meses de janeiro a agosto. Logo se faz necessário desenvolver técnicas construtivas de capacitação de água da chuva para suprir a demanda hídrica da cultura durante todo o ano, além de técnicas construtivas que minimizem os impactos das demais variáveis meteorológicas estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência vegetal; Agrometeorologia; Produção.

Autor para correspondência: danimelo.ufcg@hotmail.com

1Doutoranda da Pós Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Doutoranda da Pós Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Doutoranda da Pós Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Mestre pela Pós Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 5Professor Orientador da Pós Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



BIOCLIMATE DIAGNOSIS FOR LETTUCE PRODUCTION IN CAMPINA GRANDE – PB

ABSTRACT

This research was conducted for the municipality of Campina Grande-PB with the purpose of evaluating the climatic conditions of the municipality for the production of lettuce vegetables in different phases, thus establishing management strategies to improve its productivity in the region. For this we used climatological data provided by the National Institute of Meteorology of the last 20 years (1998 - 2018). The meteorological elements evaluated were the maximum ($T_{\text{máx}}$), average ($T_{\text{méd}}$) and minimum ($T_{\text{mín}}$) air temperatures, relative humidity (RH) and precipitation. The periods in which the maximum, average temperatures and relative humidity were higher than the ideal range for lettuce production in all phases throughout the year were recorded, while for the minimum temperature variable values were found within the range. Ideal for lettuce cultivation only between June and October. For the variable precipitation it was found precipitation ranging between 56.4 and 130.6 mm between the months of January to August. Therefore it is necessary to develop constructive techniques of rainwater capacitation to supply the water demand of the crop throughout the year, as well as constructive techniques that minimize the impacts of the other studied meteorological variables.

KEY-WORDS: Vegetal environment; Agrometeorology; Production.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A alface (*Lactuca Sativa L.*) é uma hortaliça sensível a temperaturas do ar superiores a 20°C e elevada intensidade da radiação solar (Estefanel et al., 1978). As condições meteorológicas das regiões áridas e semiáridas do nordeste brasileiro, limitam a produção da alface, tendo em vista a alta radiação solar, baixa nebulosidade, altas temperaturas, baixas taxas de umidade relativa do ar e baixo índice pluviométrico, distribuídos irregularmente no tempo e no espaço, e limitados a um período muito curto do ano (Andrade-Lima, 1981).

Segundo Sganzerla (1997), as temperaturas ótimas para a alface dependem do estágio de desenvolvimento da cultura: na germinação 15 a 20°C e no desenvolvimento 14 a 18°C, devendo estes valores de temperatura estarem conjugados com umidade relativa do ar entre 60 e 70%.

Hortaliça folhosa amplamente consumida pela população mundial, sendo o Brasil produção em aproximadamente 39 mil hectares de área plantada no ano de 2017, ocupando a segunda posição entre as hortaliças produzidas, fato que é justificado pela demanda, associada à alta perecibilidade do produto e a grande extensão do Brasil, o



cultivo da alface deve ser realizado em todas as regiões, logo justificasse a produção da alface em todas as regiões do Brasil (Garcia Filho, 2017).

A radiação solar é considerada uma das principais variáveis meteorológicas e de maneira indireta influência em outros parâmetros como a temperatura, pressão atmosférica, vento, precipitação, umidade relativa do ar. Essa radiação além de atuar como fonte primária de energia para a maioria dos processos terrestres, em especial a fotossíntese, fenômeno responsável pela produção de energia para os vegetais (Viana, 2012). Com o aumento do fluxo da radiação pode ocasionar o fechamento estomático, induzindo a ocorrência da redução da transpiração, podendo ser prejudicial ao desenvolvimento da cultura (Andriolo, 1999; Paiva et al. 2005).

Nesse contexto a presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um estudo climatológico do município de Campina Grande com o intuito de verificar a viabilidade da produção da alface, a ser realizado um diagnóstico bioclimático.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Realizar um diagnóstico bioclimático para a produção da alface no semiárido paraibano, em especial ao município de Campina Grande, como orientação aos produtores de hortaliças da região na ação de sistemas de controle ambiental adequados.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado na zona centro oriental do estado da Paraíba ($7^{\circ}13'11''S$; $35^{\circ}53'31''O$ e 547 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como tropical de estações úmida e seca (AS'), com características climáticas quente e úmido, com temperatura máxima anual de $28,6^{\circ}C$, mínima de $19,5^{\circ}C$ e pluviosidade média anual de 765 mm (INMET, 2019).

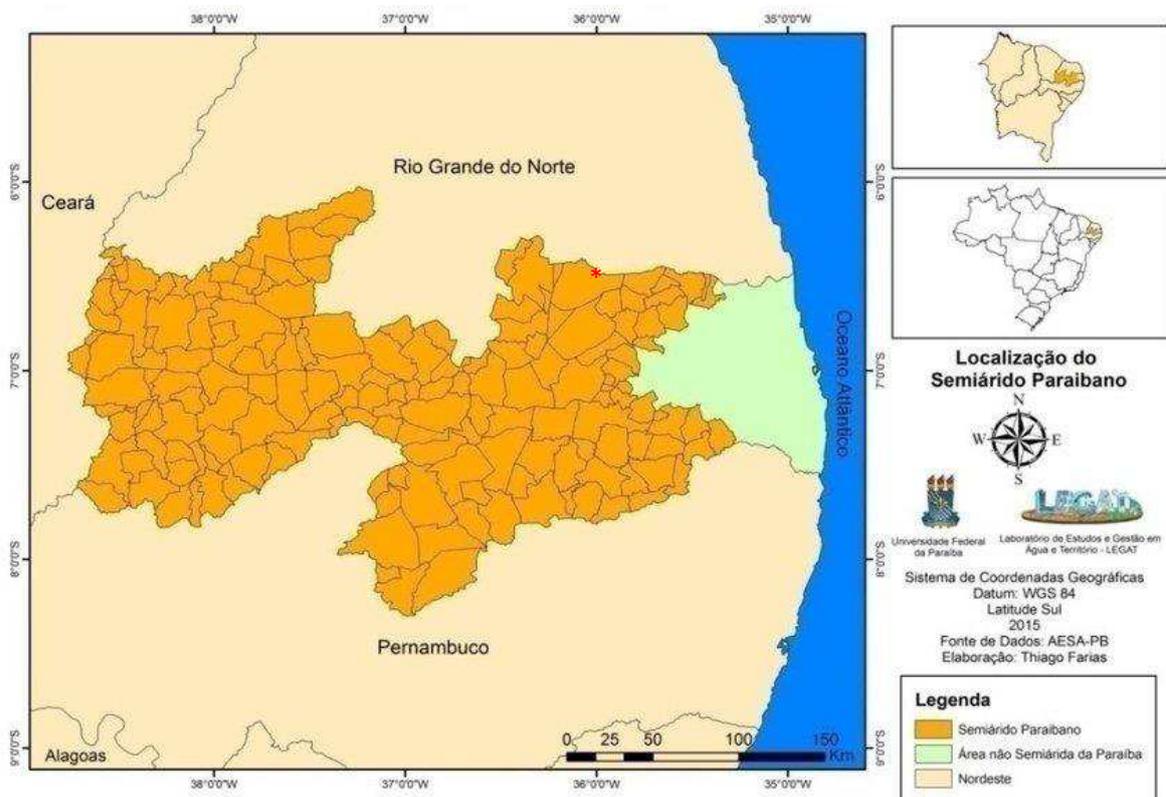


Figura 1: Mapa representativo dos municípios do semiárido paraibano (* - Localização do município de Campina Grande).

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizaram-se dos dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação totais mensais, no período de 1998 a 2018.

A partir daí foi desenvolvido o diagnóstico bioclimático, em que foram comparados os dados climatológicos tabelados (Tabela, 01) e confrontado com as dados ideais para a produção da alface (Tabela 02). Para comparar as exigências da alface com os parâmetros climáticos das microrregiões, foi adotada a seguinte simbologia:

I – Inferiores aos exigidos pela alface;

C – Confortáveis aos exigidos pela alface e;

S – Superiores aos exigidos pela alface.

Com isso, foi estabelecido em que época do ano é ideal para a produção da alface e em que época do ano existe a necessidade de adoção de meios artificiais de para proporcionar o ambiente mais próximo do ideal para a hortaliça alface.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Obtiveram-se os valores da série histórica do município de Campina Grande, conforme registrado na tabela 1.

Tabela 1 - Valores de temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar e precipitação para o município de Campina Grande (1998 a 2018).

Meses	Temperaturas (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)
	Máxima	Média	Mínima		
Janeiro	30,6	24,7	21,1	75,8	56,4
Fevereiro	30,5	24,8	21,3	76,6	69,9
Março	30,4	24,5	21,4	77,7	88,0
Abril	29,7	23,7	21,3	79,0	85,7
Maiο	28,1	22,4	20,5	81,9	104,0
Junho	26,4	21,5	19,4	84,2	130,6
Julho	25,7	21,7	18,6	84,0	113,7
Agosto	26,8	22,4	18,4	80,1	66,2
Setembro	28,2	23,4	19,0	76,1	32,4
Outubro	29,9	24,0	19,8	73,0	14,6
Novembro	30,7	24,5	20,4	71,9	10,0
Dezembro	30,9	24,5	20,8	73,2	14,0

O diagnóstico climatológico para a produção da alface no município de Campina Grande está descrito na tabela 2.

Tabela 2 – Diagnóstico bioclimático para o município de Campina Grande-PB, para o cultivo da alface.

Meses	Produção da alface	
	Germinação	Desenvolvimento
Janeiro	SssS	SssS
Fevereiro	SssS	SssS
Março	SssS	SssS
Abril	SssS	SssS
Mai	SssS	SssS
Junho	SscS	SssS
Julho	SscS	SssS
Agosto	SscS	SssS
Setembro	SscS	SssS
Outubro	SscS	SssS
Novembro	SssS	SssS
Dezembro	SssS	SssS

A primeira letra maiúscula refere-se à situação térmica para $T_{m\acute{a}x}$; a letra minúscula subsequente refere-se à situação térmica para T_{med} ; Veja à letra minúscula itálica refere-se à situação térmica para T_{min} ; Veja à letra maiúscula após, refere-se a umidade relativa do ar. Constatou-se que a alface produzida a campo no município de Campina Grande, se encontra durante todo o ano em condições superiores aos exigidos pela hortaliça em sua fase de desenvolvimento sendo confortáveis apenas para o fator temperatura mínima entre os meses de junho a outubro para a fase de germinação segundo Sganzerla (1997) que para o estágio de desenvolvimento da cultura: na germinação 15 a 20°C e no desenvolvimento 14 a 18°C, devendo estes valores de temperatura estarem conjugados com umidade relativa do ar entre 60 e 70%. Quanto ao fator precipitação a cidade de campina grande se mostra com médias de precipitação variando entre 56,4 e 130,6 mm entre os meses de janeiro a agosto, sendo necessário desenvolver técnicas construtivas de capacitação de água da chuva para suprir a demanda hídrica da cultura durante todo o ano.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

As condições climáticas averiguada no município de Campina Grande – PB constatou-se que a mesma não possui condições ideais para a produção da alface em campo,



necessitando de investimentos construtivos que promova um microclima em níveis ideais a produção da alface. Entretanto, devesse desenvolver um estudo mais detalhado quando a viabilidade econômica para implantação das técnicas construtivas/produção.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ANDRADE-LIMA, D. (1981). The Caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, 4: 149-153.
- ANDRIOLO, J. L. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria: Ed. UFSM. 1999. 142p., il.
- ESTEFANEL, V., BURIOL, G.A., SACCOL, A.V., et al. Variabilidade e probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar no Estado do Rio Grande do Sul. *Rev Centro de Ciências Rurais, Santa Maria*, v. 8, n. 4, p. 363-384, 1978.
- GARCIA FILHO, E.; NAKATINO, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; ASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GEBASI, T.. (2017). *Mapeamento e Quantificação da Cadeia Produtiva das Hortaliças*. Brasília-DF. 79p. ISBN: 978. 85.87331.59-5.
- PAIVA, A. S.; Fernandes, E. J.; Rodrigues, T. J. D.; José E. P.; Turco, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Engenharia na Agricultura. Jaboticabal*, jan./abr. 2005. v.25, n.1, p.161-169.
- SGANZERLA, E. (1997) - *Nova agricultura, a fascinante arte de cultivar com os plásticos*. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha. 297p.
- VIANA, E. P. T.. (2012). *Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições ambientais*. Dissertação. UFCG. Campina Grande PB.





DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM SÃO LUÍS – MA

Raimundo Calixto Martins Rodrigues²; Gypson Dutra Junqueira Ayres¹; Raquel Dias Oliveira Vieira¹; Demerval Araújo Furtado³; Nágela Maria Henrique Mascarenhas²;

RESUMO

Objetivou-se nesse estudo, realizar um diagnóstico bioclimático para avaliar a viabilidade para a produção de frangos de corte na região de São Luís- MA, com dados meteorológicos, no período compreendido de 2008 a 2018, onde foram avaliados os fatores climáticos de temperaturas média, mínima e máxima e umidade relativa do ar, os quais foram utilizados para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), em intervalos mensais. A região apresentou condições climáticas acima do exigido para o conforto térmico e bem estar do animal, demonstrando a necessidade do emprego de técnicas de manejo e de condicionamento térmico para tornar empreendimentos viáveis. **PALAVRAS-CHAVE:** avicultura, índice de temperatura e umidade, conforto térmico.

Autor para correspondência: fgypsond@gmail.com

1 Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB; 2 Doutoranda (o) em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB; 3 Professor Titular, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB



BIOCLIMATIC DIAGNOSIS FOR CHICKEN PRODUCTION CUTTING IN SÃO LUÍS – MA

ABSTRACT

The objective of this study was to perform a bioclimatic diagnosis to evaluate the viability for the production of broilers in the region of São Luís-MA, with meteorological data, from 2008 to 2018, where the climatic factors of average, minimum and maximum temperatures and relative humidity, which were used to calculate the temperature and humidity index (UTI) at monthly intervals. The region presented climatic conditions above that required for the thermal comfort and welfare of the animal, demonstrating the need for the use of handling techniques and thermal conditioning to make projects viable.

KEY-WORDS: poultry farming, temperature and humidity index, thermal comfort.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A criação de frangos de corte é uma atividade do setor agropecuário, onde ideias tecnológicas vêm sendo implantadas na criação de frangos com o objetivo de proporcionar ambientes que permitam que o animal expresse seu máximo potencial genético de produção. Para a concepção dos locais de criação dos frangos se faz necessário a sistematização dos dados climáticos da região onde serão implantadas as edificações e a sua comparação com as exigências dos animais, para assim, definir quais as técnicas construtivas são necessárias para promover o conforto térmico e bem estar animal com menor custo, praticidade na manutenção e maior durabilidade, não comprometendo o desempenho produtivo das aves. A zona de conforto térmico está relacionada com diversos fatores, tais como: peso, idade, estado fisiológico, nível de alimentação, genética, além de fatores ligados ao ambiente, como a temperatura e umidade do ar. Quando submetida ao estresse por calor, a ave busca manter a homeotermia, por meio da diminuição na produção de calor, fazendo uso dos mecanismos termorregulatórios (mecanismo evaporativo), já em situação de estresse por frio processo ocorre de forma inversa (Oliveira e Knies, 2017). A temperatura interna das aves oscila em torno de 41°C, sendo que a temperatura ambiente indicada para frangos de corte, poedeiras e matrizes, pode oscilar entre 15 e 28 °C, sendo que nos primeiros dias de vida a temperatura deve ficar entre 33 a 34 °C, dependendo da umidade relativa do ar, que pode variar de 40 a 80%. (Santos, 2012; Silva, 2007). De acordo com Casa e Ravelo

(2003), a associação da umidade relativa do ar e a temperatura do ar, propiciam um excelente indicador de conforto térmico, com o Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Diante do descrito, objetivou-se com o trabalho realizar um diagnóstico bioclimático para a produção de frangos de corte na cidade de São Luís – MA, correlacionando-o com os fatores climáticos de temperatura do ar e umidade relativa, como orientação aos avicultores à implantação de sistemas de controle ambiental de acordo com o diagnóstico climático.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O diagnóstico bioclimático foi desenvolvido para o município de São Luís – MA, localizado na latitude 02° 53' S e longitude: 44° 21' O, com o clima, segundo Köppen (1936), é classificado com Awh, isto é, clima tropical. As variáveis climáticas consideradas para o diagnóstico foram: temperatura máxima (TMÁX, °C), Temperatura mínima (TMÍN, °C) e umidade relativa do ar (UR, %). Os dados climáticos foram coletados conforme disponibilidade em INMET (2019), para o período de 10 anos, Janeiro de 2008 a Dezembro de 2018. Onde as médias mensais e o desvio padrão foi realizado em planilha eletrônica.

Os dados climatológicos foram comparados com as condições de conforto térmico ideais para aves de postura, com base nas recomendações de temperatura e umidade relativa do ar (Abreu & Abreu, 2011), conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Condições térmicas ideais para frangos de corte em função da idade conforme Santos (2012).

IDADE EM SEMANAS	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do Ar (%)
1	32 a 35	50 a 70
2	29 a 32	50 a 70
3	26 a 29	50 a 70
4	23 a 26	50 a 70
5	20 a 23	50 a 70
6	15 a 20	50 a 70

Tabela 2. Intervalos de conforto térmico baseados no Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) para frangos de corte com idades de 1 a 7 semanas.

Idade (semanas)	Intervalo de ITGU
1 ^a	[77,00-81,30]
2 ^a	[74,90-76,55]
3 ^a	[69,80-70,75]
4 ^a	[68,85-69,00]
5 ^a	[68,85-69,00]
6 ^a	[68,85-69,00]
7 ^a	[68,31-68,70]

Fonte: (Oliveira et al., 2006; Staub et al., 2016).

O índice de temperatura e Umidade (ITU) foi calculado levando em consideração as médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar média, a partir do modelo imposto por Thom (1959) descrito por Staub et al. (2016) na equação (1).

$$ITU = (0,8 \times TA + (UR/100) \times (TA - 14,4) + 46,4) \quad (1)$$

Em que;

T = temperatura do ar (°C);

UR = umidade relativa do ar (%).

Para avaliação do conforto térmico no interior de instalações de frango de corte e outros sistemas de produção de proteína animal, definir o ITU de referência, utilizando as condições de conforto térmico ideais para frangos aplicando no modelo imposto por THOM (1959). Para o diagnóstico bioclimáticos foram utilizadas as seguintes variáveis:

- Média da temperatura do ar Máxima – T_{MÁX} ;
- Média da temperatura do ar Mínima - T_{MÍN} ;
- Umidade média relativa do ar (UR) e
- Índice de temperatura e umidade (ITU).

De posse desses valores para o ITU considera-se: inferior ao mínimo como conforto; entre o mínimo e o máximo estresse moderado (providências são necessárias para evitar perdas); acima do máximo estresse severo. Esses valores foram utilizados para comparar as condições de conforto térmico ideais para frangos de corte, em função da idade.

Para comparar as exigências dos frangos com os valores climáticos da região em estudo foi adotada a seguinte simbologia: I – inferiores aos exigidos pelos frangos; C – confortáveis aos exigidos pelos frangos; e S – superiores aos exigidos pelos frangos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A média dos dados climáticos para o período avaliado apontam que durante os meses de Dezembro a Abril estão as maiores temperaturas médias registradas, máximas e mínimas. A umidade relativa do ar se manteve estável variando entre 71,30% para o mês de Junho a 84,70% para o mês de Dezembro. Quanto ao ITU, seu valores foram diretamente influenciados pelas temperaturas, visto que em pouco a umidade variou, com oscilações proporcionais às temperaturas (Tabela 3).

Tabela 3. Dados climáticos mensais no intervalo de janeiro de 2008 a dezembro de 2018 para a cidade de São Luís- MA.

Variáveis climáticas	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
T _{MÉD}	29,01	28,52	28,44	28,62	28,95	29,09	29,04	29,53	29,93	30,16	30,35	30,08
T _{MÁX}	31,59	31,41	31,48	32,06	32,14	32,39	32,58	33,82	33,93	33,57	33,00	32,30
T _{MÍN}	22,97	22,82	22,79	22,58	21,61	20,33	19,86	20,70	22,28	23,19	23,45	23,40
UR	82,59	82,54	82,93	81,31	78,84	75,73	73,51	69,53	72,90	77,27	79,48	81,62
ITU	81,77	81,92	82,49	83,06	83,00	81,33	80,89	82,03	83,53	83,81	83,56	81,84

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Esta condição ambiental de elevada umidade relativa do ar é prejudicial ao animal no tocante à perda de calor para o ambiente, especificamente nos mecanismos não evaporativos (condução, convecção e irradiação) que se tornam menos eficientes.

Conforme a utilização das condições de conforto térmico ideais para frangos, aplicando no modelo imposto por Thom (1959), foi possível definir o intervalo de conforto térmico

para cada categoria. Onde a zona de termoneutralidade para os valores de ITU estão no intervalo entre os valores mínimos encontrados e os valores máximos encontrados para cada categoria (Tabela 2).

Figura 1 – Diagnóstico bioclimático para a cidade de São Luís- MA.

Semana	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1ª	IIIS	IIIS	IIIS	IIIS	IIIS	IIIC	IIIC	ICII	ICIC	IIIS	IIIS	IIIS
2ª	IIIS	ICIS	ICIS	ICIS	ICIS	ICIC	ICIC	ISII	ISIC	ICIS	ICIS	IIIS
3ª	ICIS	ISIS	ISIS	ISIS	ISIS	ISIC	ISIC	CSII	CSIC	CSIS	ISIS	ICIS
4ª	CSIS	CSIS	CSIS	CSIS	CSIS	CSIC	CSIC	SSII	SSCC	SSCS	CSIS	CSIS
5ª	SSCS	SSCS	SSCS	SSCS	SSCS	SSCC	SSCC	SSCI	SSSC	SSSS	SSCS	SSCS
6ª	SSSS	SSSS	SSSS	SSSS	SSSS	SSSC	SSSC	SSSI	SSSC	SSSS	SSSS	SSSS
7ª	SSSS	SSSS	SSSS	SSSS	SSSS	SSSC	SSSC	SSSI	SSSC	SSSS	SSSS	SSSS

De acordo com o diagnóstico bioclimático para cidade de São Luís – MA (Tabela 04), ao longo do ano o ITU se manteve com variação, observou-se que durante a 1ª semana de vida, as médias do índice caracterizaram um ambiente inferior ao exigido pelos frangos. Já na 2ª e 3ª semana, caracterizou um ambiente com temperatura variável. Na 4ª semana a temperatura se manteve superior, contudo, admissível um pouco confortável.

Diagnosticou no decorrer da 5ª, 6ª e 7ª semanas, o ITU caracterizou ambiente em situação de alerta e perigo, com temperaturas superiores ao exigido para criação de frangos de corte, indicando um ambiente com extremo estresse térmico, fazendo-se necessário o usos de modificações primárias (vegetação circundando, orientação dos galpões) e secundárias (uso de sistemas de arrefecimento). O frango de corte é muito sensível à temperatura ambiente elevada, tendo seu desempenho prejudicado resultando em crescimento retardado e baixo peso à idade de abate além de desta causar aumento na temperatura retal e a frequência respiratória (Silva, 2003) e estresse pelo calor.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conclui-se que durante todo o ano, os animais estão sujeitos a condições de desconforto ambiental, principalmente, quando se avalia os valores de temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU). Os valores encontrados



para ITU indicaram que para todo o período experimental os frangos se encontravam em estresse térmico e que não é recomendada a criação desses animais nessa região.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABREU, Valéria Maria Nascimento.; ABREU, Paulo Giovanni de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v.40, n.1-2, ago./set. 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreosistemas.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2019.

CASA, Antonio del.; RAVELO, Andres. Assessing temperature and humidity dairy cattle in Córdoba, Argentina. **International Journal of Biometeorology**, v.48. n.1, set./out. 2003. Disponível em:< <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12783291>>. Acesso em: 30 out. 2019.

COBB. **Manual de manejo de frangos Cobb 500: guia de manejo**. São Paulo: mar. 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Dados histórico. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/portal/> >. Acesso em: 21 set 2019.

OLIVEIRA, Rita Flávia Miranda de.; DONZELE, Juarez Lopes.; ABREU, Márvio Lobão Teixeira de.; FERREIRA, Rony Antônio.; VAZ, Roberta Gomes Marçal Vieira.; CELLA, Paulo Segatto. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35. n.3, mai./jun. 2006. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000300023&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 05 nov. 2019.



OLIVEIRA, Zanandra Boff.; KNIES, Alberto Eduardo. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves de corte em diferentes municípios do RS. **Energia na Agricultura**, v.32, n.4, nov./dez. 2017. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2402>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SANTOS, Marcos José Batista dos.; RABELLO, Carlos Bôa-Viagem.; PANDORFI, Heliton.; TORRES, Thaysa Rodrigues.; SANTOS, Priscila Antão dos.; CAMELO, Luiz Carlos Lemos. Fatores que interferem no estresse térmico em frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v.9, n.1, p.1779-1786, 2012. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/162_ebook_Maio_2012_.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SILVA, Marco Aurélio Neves da.; HELLMEISTE Filho, Paulo.; ROSÁRIO, Millor Fernandes do.; COELHO, Antonio Augusto Domingos.; SAVINO, Vicente José Maria.; GARCIA, Antonio Augusto Franco.; SILVA, Iran José Oliveira da.; MENTEN, José Fernando Machado. Influência do sistema de criação sobre o desempenho, condição fisiológica e o comportamento de linhagens de frango de corte. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.1, jan./fev. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982003000100026&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 06 nov. 2019.

SILVA, Eduardo Teixeira. Índice de temperatura e umidade (ITU) na produção de aves para a mesoregião do Nordeste e Norte pioneiro paranaense. **Revista Acadêmica**, v.5, n.4, out./dez. 2007. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/10190>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

STAUB, Lidiane.; MOARES, Marcela Daiane Gouveia de.; SANTOS, Mirian Garcia dos.; KOMIYAMA, Claudia Marie.; GONÇALVES, Nariane Silva.; FERNANDES JUNIOR, Reinaldo Bueno.; TON, Ana Paula Silva.; ROQUE, Fabricia Arruda.



Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Nativa**, Sinop, MG, v.4, n.3, mai./jun. 2016. Disponível em: < <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3302> >. Acesso em: 01 nov. 2019.





DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT

Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; Hygor Cesar Soares Rodrigues¹; Karoline Carvalho Dornelas²; Dermeval Araújo Furtado³; Raimundo Calixto Martins Rodrigues²

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se realizar o diagnóstico bioclimático do município de Sinop-MT, para a produção de frangos de corte. Utilizaram-se os dados meteorológicos do período de 1981 a 2018, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os valores da temperatura do ar média, máxima, mínima, umidade relativa do ar e o índice de umidade e temperatura (ITU) foram utilizados para confrontar com os valores de conforto térmico ideais para as aves em função da idade. Os valores médios e máximos de ITU indicaram que situações de estresse térmico podem ocorrer durante todos os meses do ano para frangos de corte a partir da 3^a semana de vida. Com o diagnóstico bioclimático observou-se a necessidade de modificações ambientais nas instalações a fim de se alcançar as condições ideais de conforto térmico para as aves em diferentes idades.

PALAVRAS-CHAVE: ambiência animal; conforto térmico; produção de aves.

Autor para correspondência: hygor2_soares@hotmail.com

1 Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB; 2 Doutoranda (o) em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB; 3 Professor Titular, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB



BIOCLIMATIC DIAGNOSIS FOR BROILERS PRODUCTION IN THE CITY OF SINOP-MT

ABSTRACT

The objective of this study was diagnose the bioclimate of Sinop-MT for broiler production. Weather data from 1981 to 2018 provided by INMET were used. Average, maximum, minimum air temperature, relative humidity and humidity and temperature index (ITU) values were used to compare the ideal thermal comfort values for the birds, according to age. The average and maximum values of UTI indicated that heat stress situations may occur during all months of the year for broilers from the 3rd week of life. With the bioclimatic diagnosis it was observed the necessity of environmental modifications in the installations in order to reach the ideal conditions of thermal comfort for broilers at different ages.

KEY-WORDS: animal ambience; thermal comfort; poultry production.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A produção animal para corte no Brasil é uma cadeia competitiva que visa alta produtividade e lucratividade, crescendo a cada ano em número de animais abatidos e comercializados. Um dos destaques do setor é a avicultura, onde, o Brasil ocupa o segundo lugar no ranking mundial de produção de frangos de corte (ABPA, 2018). Apesar do mercado promissor, as condições climáticas constituem fatores limitantes para a avicultura brasileira (Dalólio et al., 2016), já que o país é predominantemente de clima tropical, caracterizado pelas altas temperaturas, principalmente no verão, que proporcionam desafios constantes ao desempenho zootécnico das aves durante o ciclo produtivo (Araujo et al., 2017). As aves são classificadas como animais homeotérmicos, ou seja, são animais capazes de manter a temperatura corporal dentro de limites bastante estreitos, sofrendo consideráveis perdas produtivas quando o ambiente térmico excede seus limites de conforto. Entre os fatores ambientais, a temperatura e a umidade relativa do ar no interior dos galpões são os principais desafios para as aves (Staub et al., 2016; Araujo et al., 2017). Nesse contexto, o índice de temperatura e umidade (ITU) tem sido amplamente utilizados na análise das características bioclimáticas dos galpões avícolas, visando diagnosticar a efetividade da instalação na manutenção do conforto térmico (Dalólio et al., 2016).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Assim sendo, buscou-se com o presente trabalho realizar o diagnóstico bioclimático para avaliar a relação das variáveis climáticas e do índice de conforto térmico com a produção de frangos de corte no município de Sinop - MT, e assim subsidiar informações consistentes para o entendimento da relação climática da região com as exigências térmicas dos animais.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Foram tomadas como base para o diagnóstico bioclimático os dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do banco de dados da estação meteorológica automática de Sinop-MT (latitude 11°58'S e longitude 55°33' W, altitude 371 m), referentes ao período compreendido entre 1981 e 2018. O município de Sinop- MT situa-se em uma região de transição Cerrado/Floresta Amazônica. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é Aw (clima tropical quente e úmido), com precipitação anual média de 1974 mm. ano⁻¹, temperatura anual média de 24,7°C e duas estações bem definidas, chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro) (Araujo et al., 2017). As variáveis climáticas consideradas para o diagnóstico da região foram temperatura média ($T_{MÉD}$, °C), máxima ($T_{MÁX}$, °C), mínima ($T_{MÍN}$, °C), de ponto de orvalho (T_{PO} , °C) e umidade relativa do ar média (UR, %), Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas médias, máximas, mínimas, de ponto de orvalho e umidade relativa do ar média do município de Sinop – MT.

Variáveis climáticas	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$T_{MÉD}$	24,8	25,0	25,3	25,6	25,0	24,5	24,9	26,2	27,0	26,4	25,6	25,0
$T_{MÁX}$	28,8	29,0	29,4	29,9	30,4	30,2	31,0	32,5	32,5	31,2	30,2	28,9
$T_{MÍN}$	22,4	22,5	22,7	22,6	21,1	20,2	20,1	21,3	23,0	23,2	22,7	22,7
T_{PO}	23,2	23,1	23,3	23,1	21,7	19,5	18,7	18,2	20,8	22,6	22,9	23,0
UR	85,4	83,7	83,5	81,2	76,2	67,4	57,9	52,8	61,4	73,8	81,3	84,3

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para confrontar as condições ideais de conforto térmico para aves, em função da sua idade em semanas de vida (Tabela 2) com os dados climatológicos (Tabela 1) e ITU calculados (Tabela 3) para região norte do estado do Mato Grosso, adotou-se a seguinte simbologia: (I) – inferior ao exigido pelas aves, (S) – superior ao exigido pelas aves) e (C) –

confortável ao exigido pelas aves.

A determinação do ITU foi feita a partir dos dados de temperatura média, máxima e mínima, resultando respectivamente em $ITU_{MÉD}$, $ITU_{MÁX}$ e $ITU_{MÍN}$ (Equação 1), aplicando-se metodologia proposta por Thom (1958) conforme descrito por Staub et al. (2016).

$$ITU = Tbs + 0,36 Tpo - 330,08$$

(1)

em que, ITU - Índice de temperatura e umidade; Tbs - temperatura de bulbo seco, K (temperaturas médias, máximas e mínimas para o período considerado); Tpo - temperatura de ponto de orvalho, K.

Tabela 2. Condições de conforto térmico ideais para frangos de corte em função da idade.

Idade (Semanas)	Temperatura Ambiente (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	ITU
1 ^a	32 – 35	60 – 70	72,4 – 80
2 ^a	29 – 32	60 – 70	68,4 – 76
3 ^a	26 – 29	60 – 70	64,8 – 72
4 ^a	23 – 26	60 – 70	60,5 – 68
5 ^a	20 – 23	60 – 70	60,5 – 68
6 ^a	20	60 – 70	56,6 – 60
7 ^a	20	60 – 70	56,6 – 60

Adaptado de Abreu e Abreu (2011) e Costa et al. (2012).

Tabela 3. ITU calculado referente ao período de 38 anos para o município de Sinop.

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$ITU_{MÉD}$	74,3	74,5	74,9	75,1	74,0	72,7	72,8	74,0	75,7	75,7	75,0	74,5
$ITU_{MÁX}$	8	2	0	4	9	5	3	2	5	8	5	2
$ITU_{MÍN}$	78,3	78,5	79,0	79,5	79,4	78,4	78,9	80,3	81,1	80,5	79,7	78,4
	7	7	1	1	6	9	8	0	9	7	3	3
	72,0	72,0	72,3	72,1	70,1	68,4	68,0	69,0	71,7	72,6	72,2	72,1
	4	6	8	9	7	8	6	6	0	1	4	8

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Para os dados de temperaturas e umidade relativa do ar (Tabela 4), constatou-se que na 1ª e 2ª semana de vida das aves, os valores de $T_{MÁX}$ foram inferiores ao exigido pelas aves no período de outubro a julho e, em todos os meses, $T_{MÉD}$ e $T_{MÍN}$ permaneceram inferiores. Dados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2012), ao realizarem diagnóstico bioclimático para produção de aves na Paraíba. A UR apresentou-se acima da faixa de conforto, exceto nos meses de junho, julho e setembro (estação seca). O sistema termorregulador das aves ainda não se encontra completamente desenvolvido nas duas primeiras semanas de vida. Sendo assim, faz-se necessário o uso de sistemas de aquecimento do ambiente (Costa et al., 2012; Araújo et al., 2017).

Tabela 4. Diagnóstico bioclimático para o município de Sinop.

Idade (semanas)	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1ª	<i>Ii</i> <u>S</u>	<i>Ii</i> <u>C</u>	<i>Ii</i> <u>C</u>	<i>Ic</i> <u>I</u>	<i>Ic</i> <u>C</u>	<i>Ii</i> <u>S</u>	<i>Ii</i> <u>S</u>	<i>Ii</i> <u>S</u>				
2ª	<i>Ii</i> <u>S</u>	<i>Ic</i> <u>C</u>	<i>Ic</i> <u>C</u>	<i>Is</i> <u>I</u>	<i>Is</i> <u>C</u>	<i>Ic</i> <u>S</u>	<i>Ic</i> <u>S</u>	<i>Ii</i> <u>S</u>				
3ª	<i>Ic</i> <u>S</u>	<i>Is</i> <u>C</u>	<i>Is</i> <u>C</u>	<i>Cs</i> <u>I</u>	<i>Cs</i> <u>C</u>	<i>Cs</i> <u>S</u>	<i>Is</i> <u>S</u>	<i>Ic</i> <u>S</u>				
4ª	<i>Cs</i> <u>S</u>	<i>Cs</i> <u>C</u>	<i>Cs</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>I</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Cs</i> <u>S</u>	<i>Cs</i> <u>S</u>				
5ª	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>								
6ª	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>I</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>				
7ª	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>I</u>	<i>Ss</i> <u>C</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>	<i>Ss</i> <u>S</u>				

As letras referem-se respectivamente, maiúscula a $T_{MÉD}$, (°C); minúscula a $T_{MÁX}$, (°C); minúscula itálica a $T_{MÍN}$, (°C); e maiúscula sublinhada a UR (%).

Na 4ª semana de vida das aves, nota-se que, apesar das $T_{MÉD}$ estarem dentro da zona de conforto de novembro a julho, as $T_{MÁX}$ e $T_{MÍN}$, respectivamente, são superiores e inferiores ao que é demandado pelo animal em todos os meses analisados, com exceção apenas dos meses de setembro e outubro ao qual as $T_{MÍN}$ foram confortáveis. Elevados teores de UR foram observados da 4ª até a 7ª semana de vida, no período compreendido de outubro a maio (estação chuvosa), com exceção de junho, julho e setembro que foram confortáveis, e de agosto que foi inferior ao demandado pelas as aves. Para a 5ª semana, constatou-se que as $T_{MÉD}$ e $T_{MÁX}$ foram superiores as temperaturas exigidas pelas aves durante todos os meses. Entretanto, ao longo dos 12 meses as $T_{MÍN}$ ficaram na faixa confortável, com exceção dos meses de setembro e agosto, que foram superiores. Para esse caso, recomenda-se monitoramento e controle do ambiente. Na 6ª e 7ª semana, para

todos os meses, as $T_{MÉD}$, $T_{MÁX}$ e $T_{MÍN}$ foram superiores aos exigidos pelas aves. Quanto aos dados obtidos do ITU ao longo do ano (Tabela 5), constatou-se que durante a 1ª semana de vida, as médias do índice caracterizaram um ambiente dentro do exigido pelas aves. No decorrer dos meses de janeiro a julho e novembro a dezembro o $ITU_{MÁX}$ apresentou valores dentro da faixa caracterizada como confortável. Entretanto, o $ITU_{MÍN}$ caracterizou um ambiente potencialmente estressante para frangos de corte na 1ª semana, estando inferiores ao exigido, necessitando de aquecimento do ambiente praticamente em todos os meses do ano (exceção de outubro), no período do dia em que se registram as temperaturas mínimas, ou seja, condições confortáveis nos períodos em que se registram as médias e máximas do índice e necessidade de aquecimento durante as mínimas.

Tabela 5. Diagnóstico do ITU médio, máximo e mínimo para o município de Sinop.

Idade (semanas)	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1ª	<i>Cci</i>	<i>Csi</i>	<i>Csi</i>	<i>Csc</i>	<i>Cci</i>	<i>Cci</i>						
2ª	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csi</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>	<i>Csc</i>
3ª	<i>Sss</i>	<i>Sss</i>	<i>Sss</i>	<i>Sss</i>	<i>Ssc</i>	<i>Ssc</i>	<i>Ssc</i>	<i>Ssc</i>	<i>Ssc</i>	<i>Sss</i>	<i>Sss</i>	<i>Sss</i>
4ª	<i>Sss</i>											
5ª	<i>Sss</i>											
6ª	<i>Sss</i>											
7ª	<i>Sss</i>											

As letras referem-se respectivamente, maiúscula a $ITU_{MÉD}$; minúscula a $ITU_{MÁX}$ e minúscula itálica a $ITU_{MÍN}$.

Para 2ª semana de idade, o $ITU_{MÉD}$ permaneceu dentro da faixa de conforto térmico de janeiro a dezembro, contudo, o $ITU_{MÁX}$ apresentou-se superior ao recomendado para as aves dessa idade em todos os meses e o $ITU_{MÍN}$ permaneceu dentro da faixa recomendada, com exceção do mês de julho. Diagnosticou-se a necessidade de sistema de resfriamento no galpão da 3ª até a 7ª semana de idade das aves, pois, durante todos os meses, os valores excederam o limite superior da faixa de conforto térmico, tanto para o $ITU_{MÉD}$ quanto o $ITU_{MÁX}$, indicando um ambiente com estresse térmico. Condições semelhantes foram encontradas por Araujo et al. (2017). Durante a 3ª semana de idade, os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro apresentaram $ITU_{MÍN}$ dentro do recomendado. Em contrapartida, para a 4ª, 5ª, 6ª e 7ª semana de vida, o $ITU_{MÍN}$ caracterizou microclima nos galpões superiores aos exigidos pelas aves ao longo de todos os meses, necessitando



adoção por parte dos produtores de modificações ambientais primárias nas instalações e, caso estas não sejam suficientes, de modificações secundárias, tais como um eficiente sistema de ventilação e/ou resfriamento, no intuito de evitar perdas produtivas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O diagnóstico bioclimático do município de Sinop caracterizou condições térmicas superiores ao adequado em alguns períodos do ano, para todas as idades das aves de corte. Os valores médios e máximos de ITU indicaram que situações de estresse térmico podem ocorrer durante todos os meses do ano para frangos de corte a partir da 3ª semana de vida, sendo notória a necessidade de correção do microclima para que sejam alcançadas condições ideais de conforto térmico para a produção de aves. Sugere-se levantamento da viabilidade econômica, levando-se em consideração os investimentos necessários para obter condições de conforto térmico para produção de aves.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual ABPA (2018)**. São Paulo, Brasil, 2018. 176 p. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2019.

ABREU, Valéria Maria Nascimento.; ABREU, Paulo Giovanni de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v.40, n.1-2, ago./set. 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciosoossistemas.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2019.

ARAÚJO, José Anchieta de.; MONÇÃO, Andressa Fernandes.; VIEIRA, Romero Kadran Rodrigues. Avaliação bioclimática para frangos de corte na época das chuvas na região sudeste do estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, Santarém, PA, v.9, n.1, jan./fev. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/4772>>. Acesso em: 15 out. 2019.



COSTA, José Henrique Souza.; SANTOS, Luana Fatima. D. dos.; DANTAS, Renilson T. Diagnóstico bioclimático para produção de aves. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v.7, n.4, nov./dez. 2012. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1392>>. Acesso em: 03 set. 2019.

DALÓLIO, Felipe Santos.; MOREIRA, Joerley.; COELHO, Diogo José de Rezende.; SOUZA, Cecília de Fátima. Caracterização bioclimática de um galpão experimental de criação de frangos de corte na região de Diamantina-MG. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.24, n.1, mar./abr. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/585>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

STAUB, Lidiane.; MOARES, Marcela Daiane Gouveia de.; SANTOS, Mirian Garcia dos.; KOMIYAMA, Claudia Marie.; GONÇALVES, Nariane Silva.; FERNANDES JUNIOR, Reinaldo Bueno.; TON, Ana Paula Silva.; ROQUE, Fabricia Arruda. Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Nativa**, Sinop, MG, v.4, n.3, mai./jun. 2016. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3302>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM MACEIÓ E PIRANHAS- AL

Thayna Silva Vila Nova¹; Ismael Guidson Farias de Freitas²; Djane Fonseca da Silva³;
Dimas de Barros Santiago²; Iwldson Guilherme da Silva Santos⁴

RESUMO

Evapotranspiração é a perda de água de uma superfície, sendo assim de grande relevância para diferentes áreas do conhecimento especificamente para as aplicações em meteorologia e hidrologia de diversas atividades humanas. A variável é pouco medida nas estações meteorológica, devido a dificuldade para aferir, portanto tem sido utilizado métodos para estimar. O objetivo é avaliar as estimativas de evapotranspiração de referência (ET₀) a partir de métodos alternativos comparando com o método padrão de Penman-Monteith nos municípios de Maceió e Piranhas em Alagoas. Os métodos alternativos foram: Jensen&Haise, Linacre, Ivanov e Makking, todos os dados diários utilizados para realizar as estimativas foram do Instituto Nacional de Meteorologia, onde foram comparados os métodos alternativos com padrão através de ferramentas estatísticas (coeficiente de correlação e determinação, índice de Willmott e Confiança, e Erro Médio Absoluto). Os resultados mostraram que Maceió o método de Linacre e Jensen&Haise apresentaram índice e coeficientes estatísticos altos acima de 0,85. No município de Piranhas o método que apresentou melhor desempenho foi de Jensen&Haise, Linacre e Makking com coeficiente de correlação de 0,85 e índice de Willmott 0,99. Portanto, os métodos alternativos podem ser empregados na estimativa nestes municípios.

PALAVRAS-CHAVE: métodos alternativos de evapotranspiração; estimativas de evapotranspiração; Penman-Monteith.

Autor para correspondência: vilanova2510@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 2Discente de Doutorado na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Professora da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 4Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.

ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN MACEIÓ AND PIRANHAS-AL

ABSTRACT

Evapotranspiration is the loss of water from a surface and is therefore of great relevance to different areas of knowledge specifically for meteorological and hydrological applications of various human activities. The variable is little measured in weather stations, due to the difficulty to measure, so methods have been used to estimate. The objective is to evaluate the reference evapotranspiration estimates (ET_0) from alternative methods comparing with the standard Penman-Monteith method in the municipalities of Maceió and Piranhas in Alagoas. The alternative methods were: Jensen & Haise, Linacre, Ivanov and Makking, all daily data used to make the estimates were from the Instituto Nacional de Meteorologia, where the alternative standard methods were compared using statistical tools (correlation and determination coefficient, Willmott and Confidence, and Absolute Mean Error). The results showed that Maceió the Linacre and Jensen & Haise method presented high index and statistical coefficients above 0.85. In Piranhas, the best performing method was Jensen & Haise, Linacre and Makking, with a correlation coefficient of 0.85 and a Willmott index of 0.99. Therefore, alternative methods can be employed in the estimation in these municipalities.

KEY-WORDS: alternative methods of evapotranspiration; evapotranspiration estimates; Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A evapotranspiração é definida por Pereira et al. (1997) como sendo um elemento climatológico fundamental, onde é expressa em milímetro e realiza o processo contrário da chuva. O processo de evapotranspiração é realizado através da combinação de transferência de água do solo para a atmosfera, incluindo também a evaporação da água do solo diretamente e a transpiração através dos tecidos das plantas (VESCOVE e TURCO, 2005). Conhecer os valores da ET_0 é de suma importância, uma vez que é necessário determinar a quantidade de água para irrigar diferente culturas, podendo realizar corretamente o planejamento, dimensionamento e o manejo dos sistemas de irrigação.

Existem dois métodos para medir a ET_0 , que são: diretos e indiretos (MENDONÇA et al., 2003), os métodos indiretos possuem bons resultados, mas necessitam de equipamentos de alto custo, e os métodos indiretos são obtidos através de estimativas, onde o método Penman-Monteith é considerado o padrão (ALENCAR et al., 2011). Desta forma, para calcular o método de Penman-Monteith necessita de vários dados, assim tem sido utilizado métodos alternativos que realizam as mesmas estimativas de evapotranspiração



com menor número de variáveis, como os métodos de Linacre, Makking, Ivanov, Jensen e Haise, entre outros (CARVALHO et al., 2011).

Este estudo possui grande relevância, uma vez que não são realizadas medições da evapotranspiração de referência e a falta de estações meteorológicas impossibilita a utilização do método de Penman-Monteith, assim é importante avaliar métodos alternativos. Além disso, o trabalho visa contribuir para viabilizar a análise e monitoramento da ET_0 na área.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo desta pesquisa é avaliar as estimativas de evapotranspiração de referência (ET_0) a partir de métodos alternativos comparando com o método padrão do modelo de Penman-Monteith nos municípios de Maceió e Piranhas no estado de Alagoas.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A área de estudo localiza-se nos municípios de Maceió ($09^{\circ} 39' 57''$ S $35^{\circ} 44' 06''$ O) e Piranhas ($09^{\circ} 37' 26''$ S $37^{\circ} 45' 25''$ O) no estado de Alagoas. O município de Piranhas está localizado na mesorregião do sertão alagoano, banhada pelo rio São Francisco e com uma vegetação de caatinga, enquanto o município de Maceió apresenta uma vegetação herbáceas. A Figura 1 mostra a localização das áreas de estudo e as duas estações meteorológicas utilizadas.

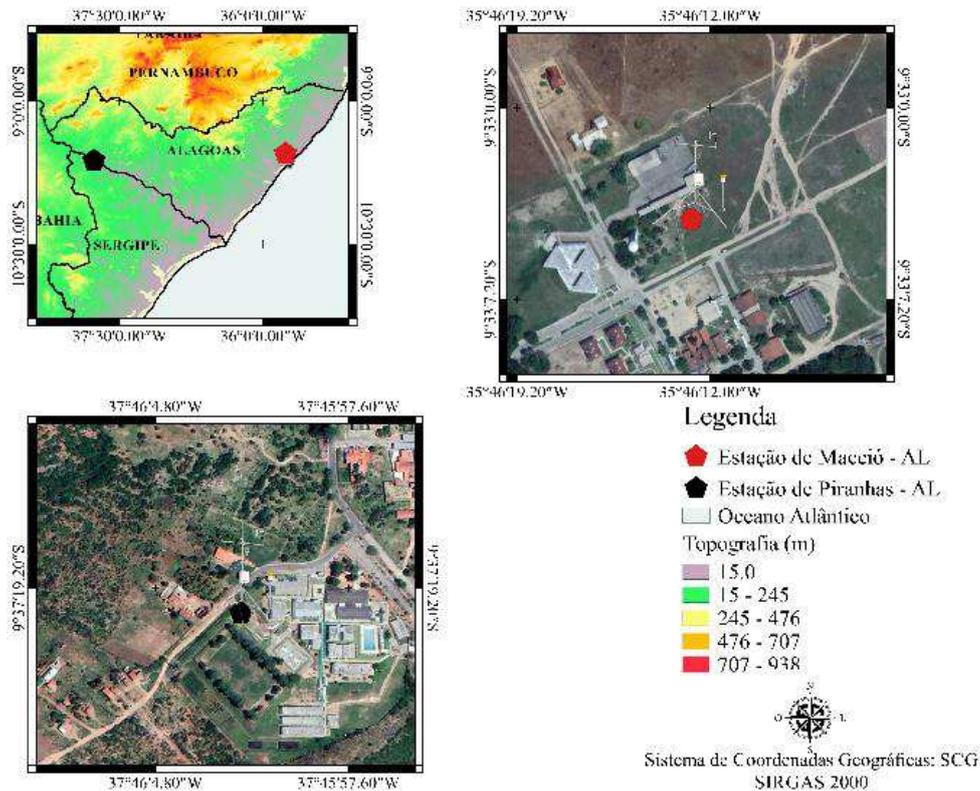


Figura 1: Localização dos municípios de Piranhas e Maceió. Fonte.

Através dos dados meteorológicos extraídos das duas estações automáticas nas quais pertencem ao INMET, foram usados dados de umidade relativa, radiação solar, temperatura e velocidade do vento. Para a realização de estimativa de evapotranspiração, foram realizados cálculos para os métodos alternativos de Jensen & Haise- J&H (JENSEN; HAISE, 1963), Linacre- LI (LINACRE, 1977), Ivanov- IV (detalhado por JENSEN; HAISE, 1963) e Makking- MK (MAKING, 1957), e para o método padrão Penman Monteith (BEVEN, 1979).

Após os cálculos, foram calculados alguns índices para verificar o desempenho dos métodos, como: correlação de Pearson (r), o coeficiente de Willmott (d), índice de confiança (c), o coeficiente de determinação (r^2) e o erro médio absoluto (EMA), (WILKS, 2011). Para o índice de confiança, foi utilizado a classificação proposta por Oliveira et al. (2008), representada através da tabela 1.

Tabela 1 – Interpretação do desempenho dos métodos de estimativa da ET_0 , pelo índice “c”.

Índice de Confiança- c	Grau - Classificação
>0,86	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,50 – 0,60	Sofrível
0,41 – 0,50	Mau
$\leq 0,40$	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se nos resultados que os métodos de J&H e Linacre apresentaram um índice de Willmott com valores acima de 0,90 para a cidade de Maceió (tabela 2), com uma correlação de Pearson acima de 0,84 em relação a todos os métodos. O coeficiente de confiança foi melhor para os métodos de J&H e Linacre, no qual obtiveram valores de 0,78 e 0,83 respectivamente, apresentando um grau de satisfação muito bom. O coeficiente r^2 apresentou valores acima de 0,74 para os métodos de Linacre e Ivanov. Enquanto o método de Ivanov apresentou um coeficiente de confiança de grau sofrível e o índice de Willmott com o valor de 0,61. Mas em relação aos outros métodos, Ivanov apresentou a maior correlação ($r > 0,88$).

Tabela 2 - Valores do coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2), índice de Willmott (d), Erro Médio Absoluto (EMA) e índice de concordância (c), calculados para todos os métodos alternativos no município de Maceió - AL.

Métodos	r	r^2	d	EMA	c	classificação
J&H	0,86	0,74	0,90	0,36	0,78	Muito bom
LI	0,87	0,75	0,96	0,22	0,83	Muito bom
IV	0,88	0,77	0,61	1,34	0,53	Sofrível
MK	0,85	0,72	0,87	0,45	0,74	Bom

Na figura 2 que mostra os gráficos de regressões lineares entre o método padrão e os

métodos alternativos, observou-se que todos os métodos avaliados apresentaram coeficiente de determinação entre 0,72 e 0,77, indicando a boa representatividade dos métodos alternativos em comparação ao método padrão. Ivanov e Linacre (figura 2b e 2c) foram os métodos que apresentaram r^2 mais altos, enquanto os métodos de J&H e MK apresentaram os valores mais baixos 0,74 e 0,72 respectivamente.

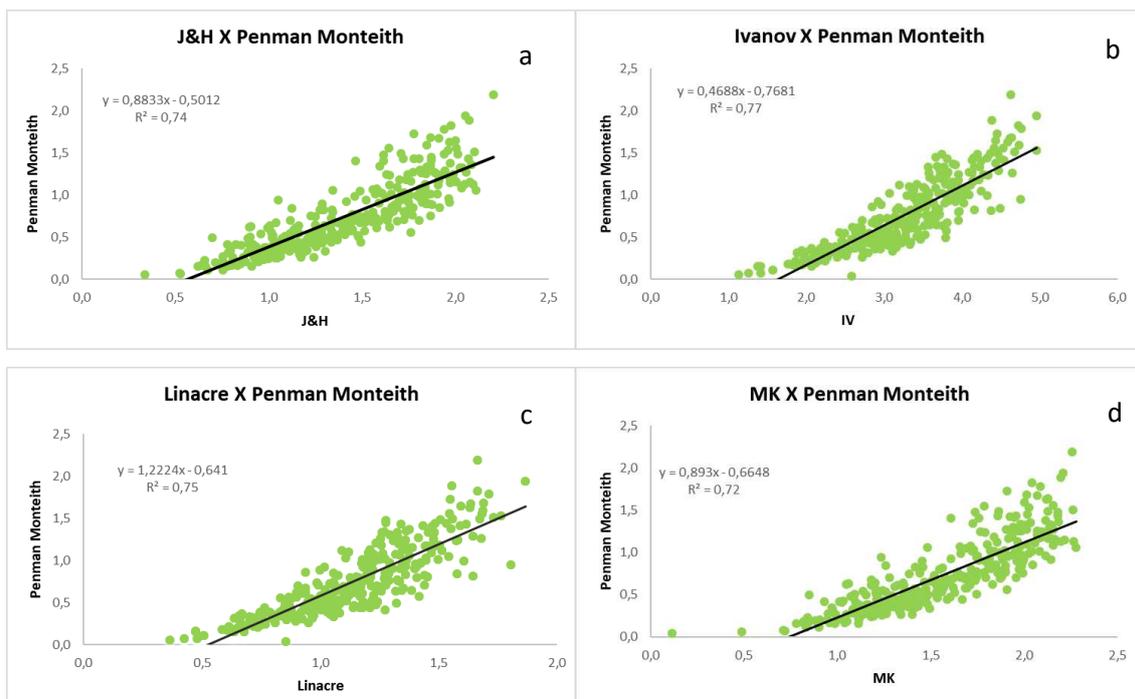


Figura 2 – Regressão Linear entre os métodos alternativos (Jensen&Haise (a), Linacre (b), Ivanov (c) e Makking (d)) e o método padrão (Penman-Monteith) para o município de Maceió - AL.

Conforme os resultados apresentados na tabela 3, notou-se que os métodos de J&H, LI e MK apresentaram um índice de Willmott muito satisfatório ($d > 0,99$) para o município de Piranhas. Todos os métodos apresentaram uma correlação alta ($r > 0,85$). Os métodos de J&H, LI e MK apresentou coeficiente de confiança com grau muito bom, enquanto o método de IV obteve um grau mediano. O coeficiente de determinação se mostrou muito bem representados por todos os métodos. O método de IV foi o único em que apresentou valores inferiores aos outros métodos em todos os índices calculados, apresentando um coeficiente de confiança de grau sofrível, assim não apresentando uma

boa representatividade.

Tabela 3 – Tabela 2 - Valores do coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2), índice de Willmott (d), Erro Médio Absoluto (EMA) e índice de concordância (c), calculados para todos os métodos alternativos no município de Piranhas – AL.

Métodos	r	r^2	d	EMA	c	classificação
J&H	0,86	0,74	0,99	0,36	0,86	Ótimo
LI	0,85	0,72	0,99	0,53	0,84	Muito bom
IV	0,84	0,71	0,72	1,88	0,61	Mediano
MK	0,85	0,72	0,99	0,42	0,85	Muito bom

A figura 3, mostra os gráficos de regressões lineares onde foi observado que todos os métodos obtiveram um coeficiente de determinação entre 0,71 e 0,74 apresentando uma boa representatividade as quando comparado com o padrão Penman Monteith. O método de J&H mostrou 74% de representação ao método padrão. Enquanto os métodos J&H, LI e MK mostraram um excelente resultado para o índice de Willmott. b

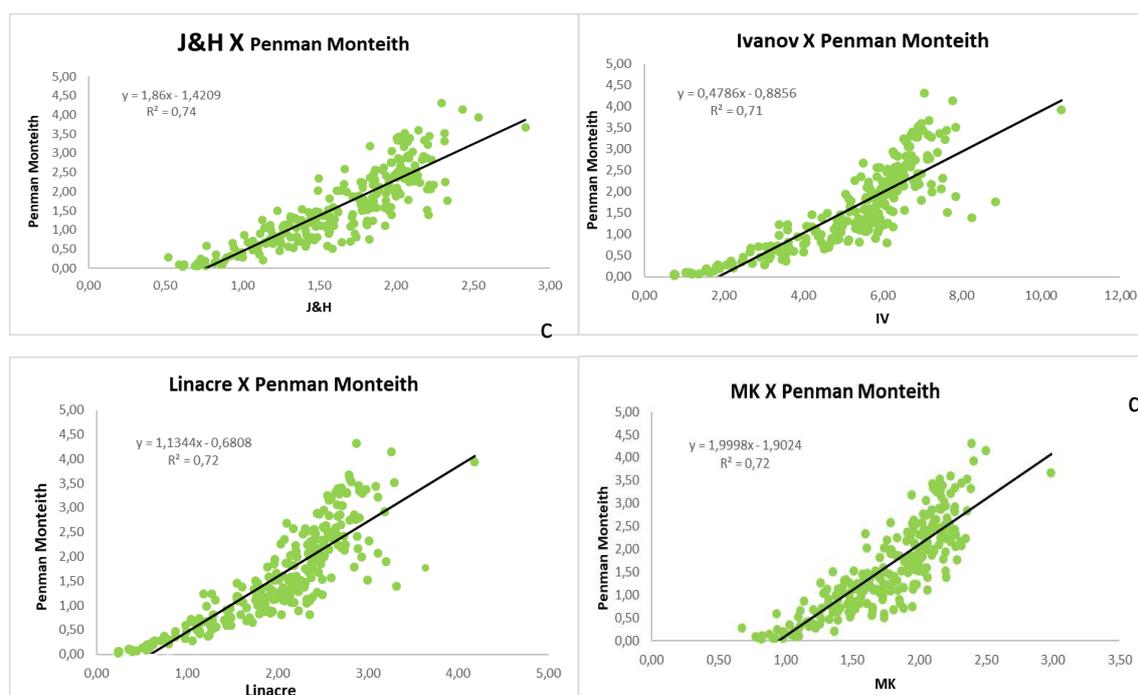


Figura 3 – Regressão Linear entre os métodos alternativos (Jensen&Haise (a), Linacre



(b), Ivanov (c) e Makking (d)) e o método padrão (Penman-Monteith) para o município de Maceió - AL.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Contudo concluiu-se que os métodos alternativos, através dos resultados obtidos podem substituir as estimativas realizadas pelo método de Penman Monteith.

No município de Maceió o método que se apresentou com uma melhor aplicabilidade foi Linacre e J&H, onde Linacre é calculado em função da temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa, enquanto em Piranhas os métodos que se aplicaram melhor foram os métodos de J&H, MK e LI.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALENCAR, Leônidas P. de; DELGADO, Rafael C.; ALMEIDA, Thomé S.; WANDERLEY, Henderson S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, n. 2, 2011.

BEVEN, Keith. A sensitivity analysis of the Penman-Monteith actual evapotranspiration estimates. **Journal of Hydrology**, v. 44, n. 3-4, p. 169-190, 1979.

CARVALHO, Luis Gonsaga.; RIOS, Gervásio Fernando; MIRANDA, Wezer Lismar; CASTRO, Neto Pedro. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, n.3, 2011.

JENSEN, Marvin E.; HAISE, Howard R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division**, n. 1, 1963.

LINACRE, Edward T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural meteorology**, n. 5, 1977.

MAKKING, G. F. Ekzameno de la formulo de Penman. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, n. 6, 1957.

MENDONÇA, José C.; SOUSA, Elias F.; BERNARDO, Salassier; DIAS, Gutemberg P.; GRIPPA, Sidney. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia**



Agrícola e Ambiental, n. 2, 2003.

OLIVEIRA, Luis. F. C.; ANTONINI, Jorge C.; GRIEBELER, Nori P. Estimativas de chuvas intensas para o Estado de Goiás. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola**, n. 1, 2008.

PEREIRA, Antonio Roberto; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; VILLA NOVA, Nilson Augusto. **Evapo (transpi) razão**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

VESCOVE, Humberto V.; TURCO, José E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Engenharia Agrícola**, n. 3, 2005.

WILKS, Daniel S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Amsterdam: Academic press, 2011.





ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA O CERRADO NORDESTINO BRASILEIRO

Carla Taciane Brasil dos Santos¹; Washington Luiz Félix Correia Filho²; Bárbara Alves Batista¹; José Francisco de Oliveira-Júnior³; Dimas de Barros Santiago⁴

RESUMO

A Evapotranspiração potencial (ETP) é considerada um elemento climático de demanda hídrica com aplicabilidade em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos. Assim, o objetivo é estimar a ETP Anual do Cerrado Nordeste, durante a ocorrência de ENOS no período de 1979 a 2013, a partir do método de Thornthwaite. Os dados de precipitação e de temperatura média do ar foram provenientes do produto *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas* (CHELSA), manipulados no software em ambiente R de versão 3.14, para obtenção da ETP mensal, e posteriormente, anual. Em seguida, com base no critério no *Oceanic Nino Index* (ONI) foram selecionados quatro episódios da fase fria (La Niña – anos de 1985, 1989, 1999 e 2011) e quente (El Niño - anos de 1983, 1993, 1998 e 2012) dos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), para avaliar sua influência na ETP. O resultado da ETP anual no cerrado nordestino apontou que durante os El Niños houve aumento de 20%, em virtude da irregularidade das chuvas. Em 2012 exibiu os valores que ultrapassam 2500mm/ano, no Norte do Maranhão e Piauí.

PALAVRAS-CHAVE: El Niño; CHELSA; Bioma; Thornthwaite.

Autor para correspondência: carlataciane01@gmail.com

1Estudante de Graduação do Instituto de Ciências Atmosféricas da UFAL, Maceió, Alagoas; 2Bolsista CNPq DTI-C do Instituto de Ciências Atmosféricas da UFAL, Maceió, Alagoas; 3Professor do Instituto de Ciências Atmosféricas da UFAL, Maceió, Alagoas; 4Estudante de Pós-Graduação da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da UFCG, Campina Grande, Paraíba.



POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION FOR CERRADO NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

The Potential evapotranspiration (PET) is considered a climatic element of water demand with applicability in meteorological, climatological, and hydrological studies. Thus, the main objective is to estimate the PET Annual of the Cerrado of Northeastern Brazil during ENSO occurrences in the period from 1979 to 2013, using the Thornthwaite method. The precipitation and average air temperature databases were from the Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas (CHELSA) product, manipulated on the R software version 3.14, to obtain the monthly PET, and subsequently, annually. Then, based on the Oceanic Niño Index (ONI) criteria, four episodes of the cold (La Niña - 1985, 1989, 1999, and 2011 years) and warm (El Niño - 1983, 1993, 1998, and 2012 years) phases of the El Niño-Southern Oscillation (ENOS) were selected to evaluate their influence on PET. The annual PET of the Northeastern Cerrado showed that during El Niños there was a 20% increase due to irregular rainfall. In 2012, it exhibited values exceeding 2500 mm/year in northern Maranhão and Piauí.

KEY-WORDS: El Niño; CHELSA; Biome; Thornthwaite.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A evapotranspiração (ET) é um importante parâmetro agrometeorológico que avalia a perda hídrica por evaporação do solo e transpiração da planta (CARVALHO et al., 2011), e também, considerada um elemento climático de demanda hídrica com aplicabilidade em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos (SENTELHAS et al., 2010). O uso da ET é imprescindível na avaliação do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica para dimensionar a perda hídrica por evaporação (MEZA, 2005; MOURA et al., 2019), e principalmente, no balanço hídrico agrícola ao qual avalia a necessidade de irrigação do cultivo (TUCCI, 2012).

O comportamento da ET está associado há uma série de fatores, como por exemplo, o modo de Variabilidade El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (MEZA, 2005; MOURA et al., 2019). Moura et al. (2019) avaliaram a relação dos ENOS com a evapotranspiração, precipitação e temperatura na Bacia Amazônica, e constataram que durante a ocorrência dos El Niños há uma redução nas médias mensais de precipitação, em contrapartida, um aumento na evapotranspiração e temperatura, favorecendo a ocorrência de secas na região Amazônica.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Estimar a Evapotranspiração Potencial Anual para o Cerrado Nordestino Brasileiro durante a ocorrência de ENOS baseados no produto CHELSA, no período de 1979 a 2013.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O bioma Cerrado possui o segundo maior bioma da América do Sul, situado na região central do Brasil, ao qual atravessa o Brasil de norte a sul, com uma área de 2,03 milhões de km² equivalente a 22% do território nacional.

Em relação ao bioma Cerrado situado no Nordeste Brasileiro (Figura 1), está localizado nos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, com uma área estimada de 465.5 mil km² (cerca de 30% da área total do NEB) (CORREIA FILHO et al., 2019).

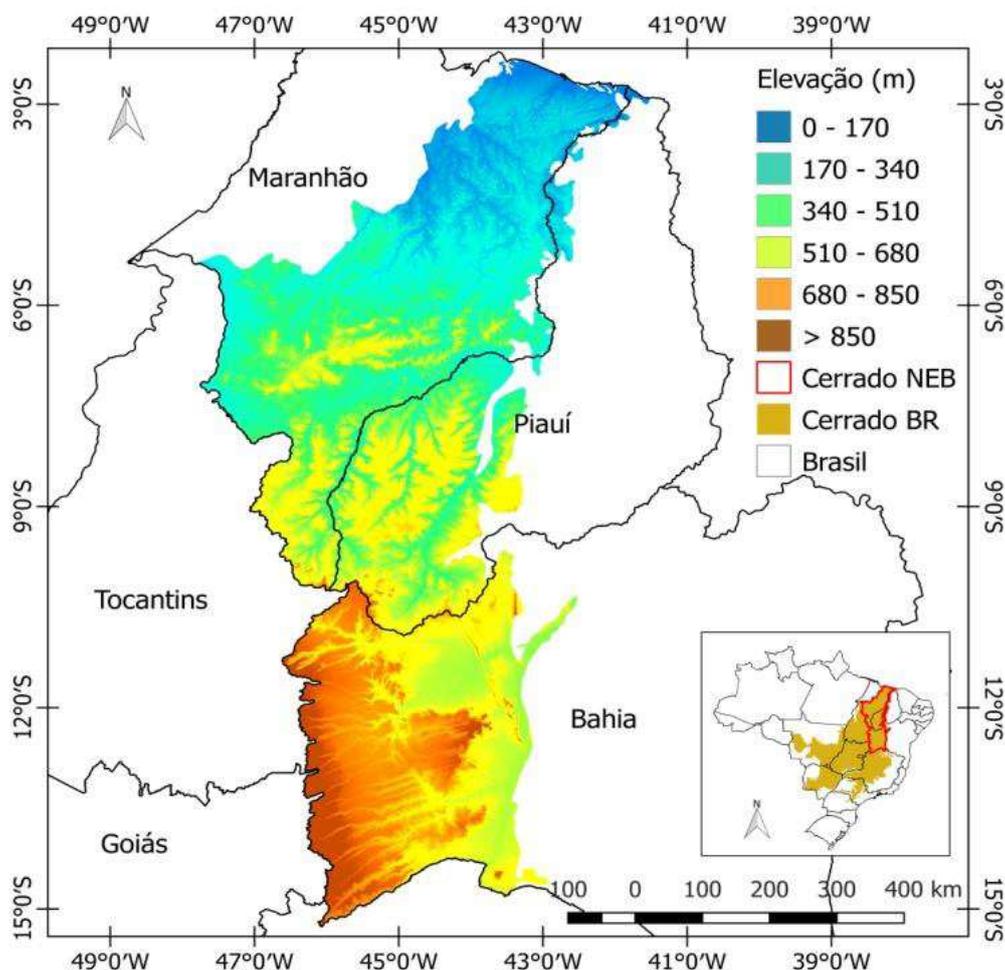


Figura 1: Localização do Cerrado Nordestino Brasileiro.

Dados

Para a obtenção da Evapotranspiração Potencial Anual (ETP), inicialmente utilizou-se dados de precipitação e temperatura média do ar para a inclusão provenientes do produto *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas* (CHELSA) (KARGER et al., 2017), de resolução espacial de 1km x 1 km, e temporal em escala mensal, correspondente ao período de 1979 a 2013, os dados estão em extensão *Geotiff*. Após a obtenção destes arquivos, a próxima etapa foi à manipulação dos dados correspondente a área do Cerrado Nordeste Brasileiro. Todas as etapas de processamento dos dados e ilustração das imagens da ETP foram realizadas no software de ambiente R versão 3.41 (R DEVELOPMENT TEAM, 2017), a partir do pacote raster versão 2.6-7 (HIJMANS, 2017).

Cálculo para obtenção da ETP Anual

Neste trabalho, o método de estimação para obtenção da ETP mensal é o de Thornthwaite (1948), que considera a “a perda de água de um solo vegetativo, sem déficit hídrico em um determinado período” e a grama como cultura padrão para a calibração da ETP. Nesse contexto, a ET é tida como igual à "chuva ideal" para que uma região não apresente nem excesso nem deficiência hídrica durante o ano. O conjunto de equações desenvolvido por Thornthwaite baseia-se no balanço hídrico de bacias hidrográficas e em medidas de ETP realizadas em lisímetros, e utiliza apenas a temperatura do ar como variável independente. A ETP média mensal padrão (ETPp, mm, mês') para um mês de 30 dias e cada dia tem 12 horas de fotoperíodo está descrita pelo conjunto de equações:

$$ETPp = 16 * \left(10 * \frac{Ti}{I}\right)^a \quad Ti > 0^\circ C$$

(1)

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} * I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} * I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} * I + 0,49239$$

(2)

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2 * Ti)^{1,514} \quad Ti > 0^\circ C$$

(3)

em que T_i é a temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$), e I é o índice de calor da região e que deve ser calculado com valores normais (média climatológica). O subscrito i representa o mês do ano (i.e., $i = 1$, jan; $i = 2$, fev; etc).

Para estimar a ETP mensal (ETP, mm, mês⁻¹) para um mês de ND dias, e fotoperíodo médio mensal N , ajusta-se a ETP_p multiplicando-a por fatores de correções, isto é:

$$ETP = ETP_p \frac{N}{12} \frac{ND}{30} \quad (4)$$

Os valores de N correspondentes ao 15 $^{\circ}$ dia de cada mês em função da latitude local. Frequentemente, assume-se que o 15 $^{\circ}$ dia representa a média mensal para N .

Seleção de episódios do El Niño-Oscilação Sul (ENOS)

Após a obtenção dos dados mensais, realizou-se o somatório mensal de ETP para dados anuais. Em seguida, com base no critério no *Oceanic Niño Index* (ONI) foram selecionados quatro episódios da fase fria (La Niña) e quente (El Niño) dos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), para avaliar sua influência na ETP. O ONI está disponível no site <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>

, correspondente a região 3.4 do Oceano Pacífico Tropical, quando a anomalia de Temperatura à Superfície do Mar for superior a 0.5°C (inferior a -0.5°C) é classificado como El Niño (La Niña) (HUANG et al., 2015). Assim, foram selecionados para La Niña os anos de 1985, 1989, 1999 e 2011, enquanto que para o El Niño os anos de 1983, 1993, 1998 e 2012 (Este não é um ano El Niño, mas foi considerado por ser atípico).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

ETP Anual durante os ENOS

Com base nos quatro episódios selecionados de ocorrência de La Niña, ilustradas na Figura 2, nota-se aumento no valor de ETP a cada novo episódio, principalmente na região norte do cerrado, no caso de 2011 (Figura 2d), os máximos variam entre 1600/ano

e 2200mm/ano. Enquanto que os valores de ETP diminuem a medida no sentido ao sul, no leste da Bahia, com valores entre 800mm/ano e 1200mm/ano.

Em relação ao comportamento dos episódios de El Niño, dos anos de 1983, 1993, 1998 (Figura 3a-c), e um episódio de La Niña de 2012 de características atípicas (Figura 3d), mostraram similaridade ao comportamento verificado pelo La Niña, com aumento progressivo no valor de ETP na parte norte do Cerrado, com uma maior extensão e intensidade, os maiores valores foram verificados em 2012 (Figura 3d) que variam entre 2000mm/ano e 2600mm/ano.

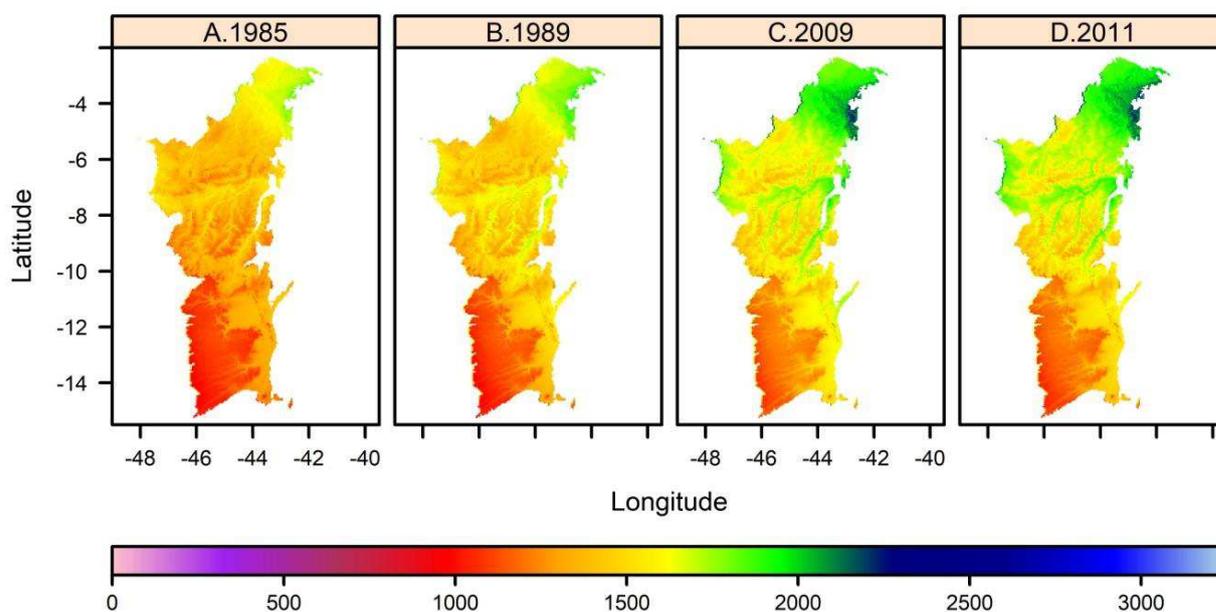


Figura 2: Distribuição da Evapotranspiração Potencial (mm/ano), no Cerrado nordestino em quatro episódios de La Niña: (a) 1985, (b) 1989, (c) 2009, e (d) 2011.

Esta parte do Cerrado apresenta solo arenoso e três bacias hidrográficas estão situadas na região: Rio São Francisco, Rio Tocantins, e o Rio da Prata, o que contribui para o aumento na ETP.

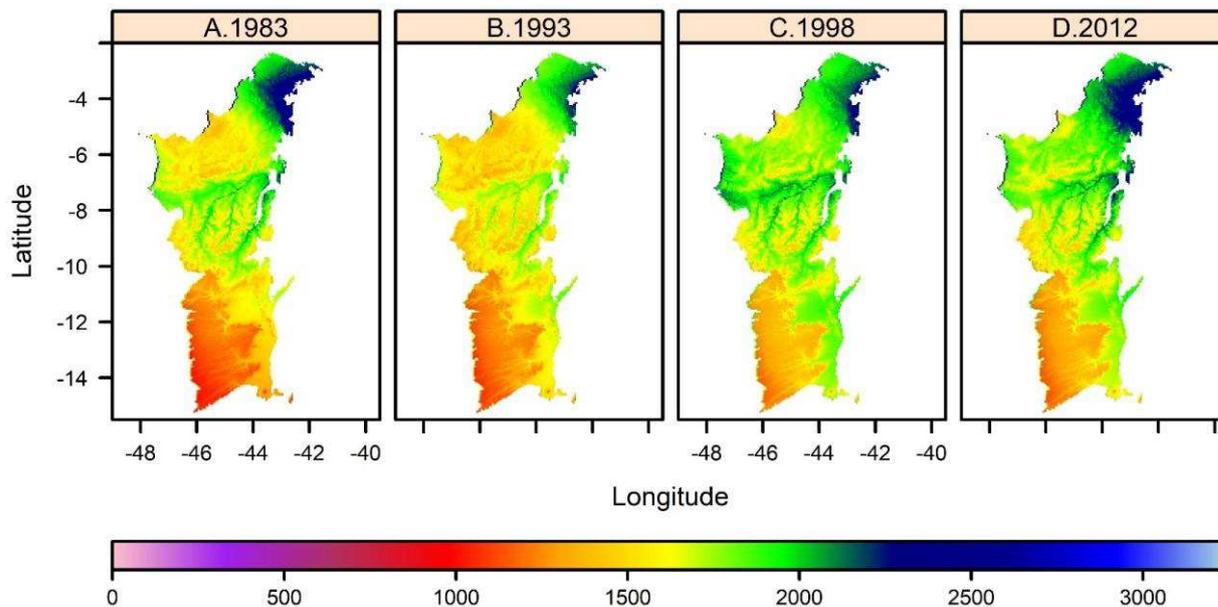


Figura 3: Distribuição da Evapotranspiração Potencial (mm/ano), no Cerrado nordestino em quatro episódios de El Niño: (a) 1983, (b) 1993, (c) 1998, e (d) 2012.

Além disso, verifica-se uma diferença significativa no valor de ETP entre os episódios de El Niño e La Niña, possivelmente ocasionada pela irregularidade do regime pluviométrico conforme verificado por Correia Filho et al. (2019), que avaliaram a precipitação sobre os biomas nordestinos brasileiros. Os autores identificaram que em anos de El Niños há uma perda média de pelo menos 13% do total pluviométrico na região do Cerrado, e em 2012, este déficit atinge 284mm/ano (redução de 27,3% do total pluviométrico). Este resultado corrobora com Meza (2005), que detectou uma diferença de 30% na ETo entre as fases quente (El Niños) e fria (La Niña), além disso, em anos de La Niña há um aumento de 20% na demanda hídrica na bacia do Rio Maipo, no Chile.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Com base nos resultados de ETP no cerrado nordestino, apontou que durante os El Niños, os seus efeitos resultaram no aumento de 20% na ETP, em virtude da irregularidade das chuvas. Em 2012, considerado um ano atípico atingiu valores de ETP superiores a 2500mm/ano, principalmente no Norte do Maranhão e Piauí.



REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO P. C. Evapotranspiração de referência: Uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativas. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, vol. 41 (3): p. 456-465, 2011.

CORREIA FILHO, W. L. F. et al. Rainfall Variability in the Brazilian Northeast Biomes and their interactions with Meteorological Systems and ENSO via CHELSA product. **Big Earth Data**, 2019. (*In press*)

HIJMANS, R. J. raster: Geographic data analysis and modeling. R package version 2.6-7. 2017, <https://CRAN.R-project.org/package=raster>

HUANG, B. et al. Extended reconstructed sea surface temperature version 4 (ERSST v4). Part I: Upgrades and intercomparisons. **Journal of Climate**, vol. 28(3), p. 911–930, 2015.

KARGER, D. et al. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Sci Data* **4**, 170122 (2017) doi:10.1038/sdata.2017.122

MEZA, F. J. Variability of reference evapotranspiration and water demands. Association to ENSO in the Maipo river basin, Chile. **Global and Planetary Change**, vol. 47 (2-4) p. 212-220, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.r-project.org>. ISBN 3-900051-07-0. 2017.

SENTELHAS P. C.; GILLESPIE T.J.; SANTOS E. A. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, vol. 97(5), p. 635-644, 2010.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª. Edição. Porto Alegre/RS: Editora UFRGS/ABRH -2012.

ESTIMATIVA DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO PARA AVICULTURA DE POSTURA NA MICRORREGIÃO DO CURIMATAÚ PARAIBANO

Adriana Maria dos Santos¹; Daniele Ferreira de Melo²; Fabiana Terezinha Leal de
Morais³; Romulo Wilker Neri de Andrade³; Dermeval Araújo Furtado⁴

RESUMO

Neste trabalho foram analisados os índices de conforto térmico de poedeiras, em galpões que se diferem pela estrutura de ventilação artificial instalada, ambos estão localizados na microregião do curimataú paraibano, Todos os galpões foram avaliados através do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), da carga térmica de radiação (CTR) e da umidade relativa do ar (UR). A análise das médias mostrou que o ambiente proporcionou índices ambientais confortáveis para as aves na fase de recria, onde os índices encontram na zona de conforto, comparando com a literatura existente para ITGU até 78°C e CTR abaixo de 515,4 W m⁻².

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura; Galinhas Poedeiras; Estresse Térmico.

Autor para correspondência: ttstadiana@gmail.com

1Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Campinha Grande, Paraíba;

2Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Campinha Grande; 3Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Campinha Grande, Paraíba;

4Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba; 5Professor Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Campinha Grande, Paraíba

ESTIMATION OF THERMAL COMFORT CONDITIONS FOR POULTRY IN THE MICROREGION OF CURIMATAÚ PARAIBANO

ABSTRACT

In this work, the thermal comfort indexes of laying hens were analyzed, in sheds that differ by the artificial ventilation structure installed both are located in the microregion of the curiatop paraibano, All sheds were evaluated through the black globe temperature index and humidity (ITGU), radiation thermal load (CTR) and relative air humidity (RH). The analysis of the means showed that the environment provided comfortable environmental indices for birds in the recreate phase, where the indices are in the comfort zone, comparing with the existing literature for ITGU up to 78°C and CTR below 515.4 W m⁻².

KEY-WORDS: Temperature; Laying Hens; Thermal Stress.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A maior parte da produção brasileira de ovos é comercializada no mercado interno, entretanto mudanças têm ocorrido no setor nos últimos anos com a finalidade de incrementar as exportações. (BOTELHO et al, 2016). Assim, para atender as exigências do mercado nacional e internacional, existe a necessidade da contínua implementação de programas que garantam elevado padrão de qualidade dos ovos (STEFANELLO, 2011). Para isso, a maioria das granjas vem adotando, em seus processos produtivos, sistemas cada vez mais automatizados que, aliados à genética, nutrição e bem-estar proporcionam melhores condições de produção e qualidade de ovos.

Em países tropicais, como o Brasil, os principais fatores limitantes para o bem-estar das aves e para a obtenção de alta produtividade são os fatores ambientais, que incluem altas temperaturas e alta umidade nas instalações, causando estresse ao animal e, portanto, diminuição da produção (JACÔME et al, 2007).

Os parâmetros de conforto abrangem em um único valor, o efeito combinado dos elementos meteorológicos e o ambiente construído no indivíduo estudado (OLIVEIRA et al., 2006). Entre os parâmetros de conforto mais utilizados, encontramos a Carga Térmica de Calor, Globo Negro e Índice de Umidade (NAZARENO et al., 2011).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Objetivou-se, com este trabalho, analisar os índices de conforto térmico galinhas poedeiras na fase de recria, comparando as variáveis relacionadas ao conforto térmico

ambiente: umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR).

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Local de estudo

O trabalho foi realizado em unidades de produção avícola, no setor de criação de aves de postura, em galpões localizados na microrregião do Curimataú Paraibano, latitude 06° 29' 01" S, longitude: 36° 09' 13" W e 649 m de altitude. O clima da região caracteriza-se como tropical quente-úmido, com pluviosidade média de 735 mm e temperatura média anual de 22,1 °C.

O experimento aconteceu em 02 galpões, estilo californiano, (GCCV – galpão californiano com ventilação/ GCSV – galpão californiano sem ventilação). Ambos, possuem duas baterias de 5 andares de gaiolas plásticas na cor vermelha medindo 0,70m de largura x0,45m de altura x0,60m de profundidade, totalizando uma média de 7.700 gaiolas. Em cada gaiola encontravam-se alojadas 7 a 8 aves da raça Dekalb Brown, encontra-se alojadas ±16.000 aves, com idades a partir de 16 semanas no período do experimento. O GCCV possui 08 ventiladores localizados o centro geométrico, no espaço entre as baterias de gaiolas em seu aspecto construtivo possuem 84 m X 120 m de comprimento, com cobertura metálica, e pé direito era de 5,70 m.

Avaliação do ambiente

O ambiente térmico foi avaliado por meio das variáveis, temperatura do bulbo seco (Tbs), temperatura de globo negro (Tgn), umidade relativa (UR) e velocidade do ar (Var), medidos por equipamentos/registradores (precisão ± 3%) programados para coletar estas variáveis ambientais em intervalos de 10 minutos, gerando médias a cada 2 horas.

Para o cálculo dos índices térmicos de Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), Carga térmica de radiação (CTR), foram utilizadas as equações 1, 2, e 3, respectivamente.

O ITGU pode ser obtido através da equação proposta por Buffington et al. (1981) :

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo + 41,5 \quad (1)$$

Onde: T_{gn} = temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$) e T_{po} = temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$). Outro parâmetro importante para a avaliação da condição ambiental é a carga térmica de radiação (CTR), que pode ser determinada pela equação 2.

$$CTR = \sigma \cdot (TRM)^4 \quad (2)$$

Onde: σ = constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$; e TRM = temperatura radiante média, em K, sendo calculada conforme a equação 3.

$$TRM = 100 [2,51 v^{1/2} (T_{gn} - T_a) + (T_{gn} / 100)^4]^{1/4} \quad (3)$$

Onde: V = velocidade do ar (m s^{-1}), T_{gn} = temperatura de globo negro (K) e T_{bs} = temperatura Bulbo seco (K).

Todos os dados foram estudados suas médias e transformados em tabelas e gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

O resumo da análise das variáveis ambientais estudadas da temperatura do ar (T_{bs}), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), carga térmica de radiação (CTR) e entalpia (H), em função dos galpões GCSV e GCCV, para o período experimental avaliado, encontra-se relacionado no quadro abaixo.

Conforme observado pelo quadro 1, verificou-se diferença significativa de temperatura em média de $0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ao longo do tempo de experimento, a umidade relativa este entre a faixa indicada para conforto térmico de 40% e 80%.

Quadro 1: Variáveis ambientais analisadas

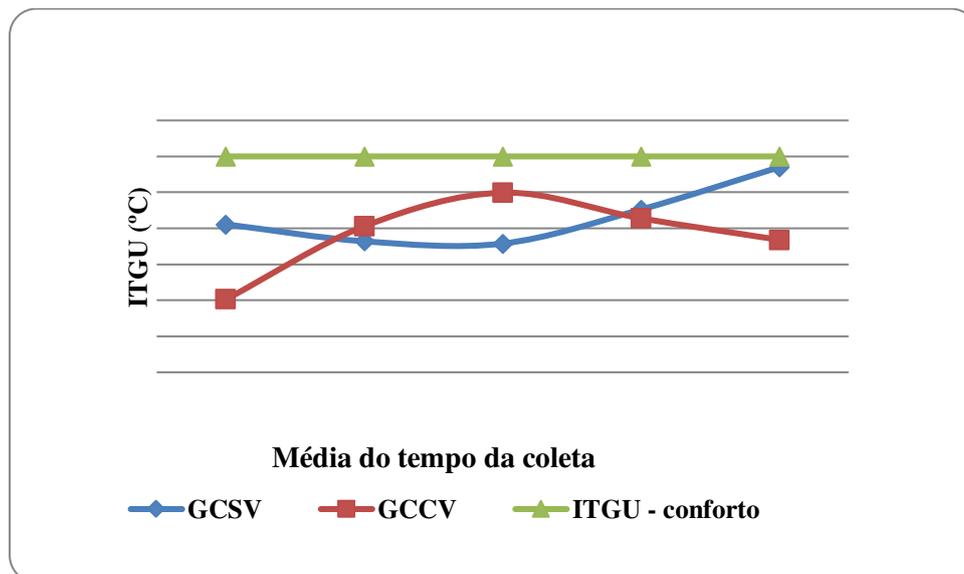
Variáveis ambientais	GCSV					GCCV				
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00
Velocidade do vento	1,1	1,3	0,7	1,1	1,2	1,1	1,4	0,9	1,4	1,4
Umidade relativa	68,9	60,7	60,9	55,2	58,3	69,5	57,3	57,8	51,2	58,1
Temperatura	25,0	28,8	28,9	28,9	28,3	25,2	30,1	30,5	31,1	28,2
Índice de Globo Negro e Umidade	24,3	25,1	29,8	27,1	24,8	24,9	24,8	29,3	28,5	27,4
Carga Térmica Radiante	432,5	443,2	476,7	459,9	446,0	442,1	445,4	473,5	424,7	461,7

Nos galpões avaliados, respectivamente tiveram aumento da temperatura nas horas mais quentes iniciando das 10:00 às 16:00 h. No caso da CTR os valores médios encontrados nos galpões estão abaixo do encontrado por Rosa (2009), $515,4 \text{ W m}^{-2}$ e Moraes et al. (1999), $487,9 \text{ W m}^{-2}$, sendo estes valores a média das horas mais quentes do dia, para galpões com telhas de cimento-amianto.

Na Figura 1, observar-se os valores médios de ITGU, função do horário de coleta, foi adicionada linha que definem o limites conforto térmico conforme Oliveira Neto et al., (2000) com limite de 78° C .

O que assemelha os estudos de Furtado et al. (2003), Sarmiento et al. (2005) encontraram em trabalhos com aves na região semi-árida nordestina, no ambiente interno, valores de ITGU crescentes até as 14 h, decrescendo a partir deste horário, sendo que nos horários das 12 e 14 h, considerados os mais críticos do dia, ocorreu situação semelhante à encontrada nesta pesquisa; referidos valores divergem, em parte, dos encontrados por Teixeira (1983), que encontrou valores de conforto térmico ideal entre $78,5$ e $81,6$ para frangos de corte, nos horários das 12 e 14 h.

Figura 1: Cálculo ITGU para aves poedeiras



Para o galpão GCSV percebe-se um aumento dos valores de ITGU após às 08:00 da manhã resultado da incidência solar no galpão nas primeiras horas do dia. Conforme Botelho et al, (2016), o uso de avaliações ambientais permite a determinação do reflexo

do desconforto no lote de aves em decorrência de situações completamente adversas à zona de conforto térmico. Uma vez que os índices de conforto térmico (ITGU, CTR) obtidos no interior dos galpões permaneceram por mais tempo na zona de conforto para as aves, pode-se considerar que foram caracterizadas situações adequadas e inexistência de temperaturas estressantes para criação de aves de postura no interior destas instalações.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Em ambos os galpões analisados os índices ambientais ficaram no patamar desejado, mesmo no galpão convencional sem ventilação o ambiente proporcionou índices ambientais dentro da zona de termoneutralidade indicada por pesquisadores da área. Revelando a necessidade de manter e melhorar o sistema de resfriamento natural nos galpões.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- BOTELHO, M. W.; , OLIVEIRA, JOFRAN LUIZ DE , DAMASCENO F. A; SCHIASSI, L.. CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÃO COMERCIAL DE AVES POEDEIRAS NO CENTRO-OESTE DO BRASIL. *Energ. Agric., Botucatu*, vol. 31, n.1, p.64-71, janeiro-março, 2016.
- FURTADO, D. A.; DANTAS, R.T.; NASCIMENTO, J. W. B.; SANTOS, J. T.; COSTA, F. G. P. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 10, p. 484–489, 2005.
- FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.7, n.3, p.559-564, 2003.
- JACOMÉ, I.M.T.D.; FURTADO, D.A.; LEAL, A.F.; SILVA, J.H.V.; MOURA, J.F.P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.11, n.5, p.527-531, 2007.
- MORAES, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento-amianto e suas diferentes associações.



Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, p. 89-92, 1999.

NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; VIGODERIS, R. B.; PEDROSA, E. M. R. Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.1, fevereiro, 2011.

OLIVEIRA NETO, A. R. D.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; CARMO, H. M. D. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 29, p. 1132-1140, 2000.

ROSA, J. F. V. Avaliação de painéis porosos constituídos de argila expandida em sistema de resfriamento adiabático evaporativo. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

SARMENTO, L. G. V.; DANTAS, R. T.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e desempenho de frangos de corte. *Agropecuária Técnica*, Areia, v.26, n.2, p.117-122, 2005.

STEFANELLO, C. Análise do sistema agroindustrial de ovos comerciais. Agrarian, Dourados, v. 4, p.375-382, 2011.

SOUSA, P. *Avicultura e clima quente: como administrar o bem estar às aves?* Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Área de Transferência de Tecnologia, 2005.





ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERENCIA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Lorena Conceição Paiva de Ataíde¹; Vicente de Paulo Rodrigues da Silva²; Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão³; Jéssica Sousa Dantas¹; Madson Tavares Silva²

RESUMO

A agricultura é a atividade econômica que mais depende das condições climáticas. Os elementos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo (INMET, 2009). Para obter maior eficiência no processo agrícola é necessário estimar a evapotranspiração de referência (ET_o). O método considerado padrão para se estimar a ET_o é o de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998). Visto isso, este trabalho tem por objetivo estimar a evapotranspiração de referência para o Município de Belém através de dois softwares distintos, SEVAP e ET_o Calculator, analisando seus coeficientes de desempenho. Os índices estatísticos mostraram excelentes resultados, garantindo a eficiência dos softwares e permitindo o uso da ET_o nos estudos de uso da água das culturas.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração de Referência, Penman-Monteith, Agrometeorologia.

Autor para correspondência: lorenaataide07@gmail.com

¹Discente de Mestrado em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ²Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ³Discente de Doutorado em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE ESTIMATE IN EASTERN AMAZON

ABSTRACT

Agriculture is the economic activity that most depends on weather conditions. Meteorological elements affect not only the metabolic processes of plants, directly related to crop production, but also the most diverse activities in the field (INMET, 2009). To obtain greater efficiency in the agricultural process it is necessary to estimate the reference evapotranspiration (ET_o). The standard method for estimating ET_o is the FAO parameterized Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Therefore, this paper aims to estimate the reference evapotranspiration for the city of Belém through two different software, SEVAP and ET_o Calculator, analyzing their performance coefficients. Statistical indices showed excellent results, ensuring software efficiency and allowing the use of ET_o in crop water use studies.

KEY-WORDS: Reference Evapotranspiration; Penman-Monteith; Agrometeorology.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A agricultura é a atividade econômica que mais depende das condições climáticas. Os elementos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo (INMET, 2009). Pereira et al., (2002) explana que muitas práticas agrícolas de campo, como o preparo do solo, a semeadura, a adubação, a irrigação, as pulverizações, a colheita, dentre outras, dependem também de condições específicas de tempo e de umidade no solo, para que possam ser realizadas de forma eficiente.

Para obter a maior eficiência no processo de cultivo, produção e colheita de uma determinada cultura é necessário estimar a evapotranspiração da área. A taxa de evapotranspiração refere-se à transferência de água para a atmosfera, da superfície do solo e das plantas pela combinação da evaporação com a transpiração (SEDIYAMA, 1998). Marengo et al. (2009) elucidam que a evapotranspiração influencia a chuva por meio de processos de reciclagem atmosférica e, particularmente por meio desse mecanismo nos trópicos, influencia também os padrões regionais de temperatura e a umidade do ar, e a umidade do solo.

A evapotranspiração de referência (ET_o), originalmente introduzida sob o termo evapotranspiração potencial (ET_p), é um importante parâmetro agrometeorológico,



principalmente para planejamento e manejo de irrigação, mas, também, é considerada elemento climático de demanda hídrica, daí sua aplicação em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos (CARVALHO et al., 2011).

Os métodos para a estimar ETo são baseados em variáveis atmosféricas, como temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa. Segundo Doorenbos & Pruitt (1977), dentre os mais diversos métodos para se estimar a evapotranspiração, a escolha do método está condicionada à precisão dos dados meteorológicos medidos durante alguns anos. Atualmente o método considerado padrão para se estimar a ETo é o de Penman-Monteith parametrizado pela FAO que incorpora aspectos termodinâmico e aerodinâmico da cultura (ALLEN et al., 1998; SOUSA et al., 2010).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

É nítida a importância da ETo para o desenvolvimento sustentável e manejo de culturas. Visto isso, este trabalho tem por objetivo estimar a evapotranspiração de referência através de dois softwares distintos e analisar seus coeficientes de desempenho.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O experimento foi realizado para o Município de Belém - Pará (Figura 1). Compreende as coordenadas latitude $-1,41^{\circ}$, longitude $-48,44^{\circ}$ e altitude de 21 metros. A cidade apresenta clima quente e úmido com temperatura média anual de 26°C e precipitação de 2.834 mm/ano. Está na zona climática Af, conforme classificação de Köppen-Geiger. Apresenta solo latossolo amarelo distrófico e cobertura vegetal de floresta secundária ou capoeiras.

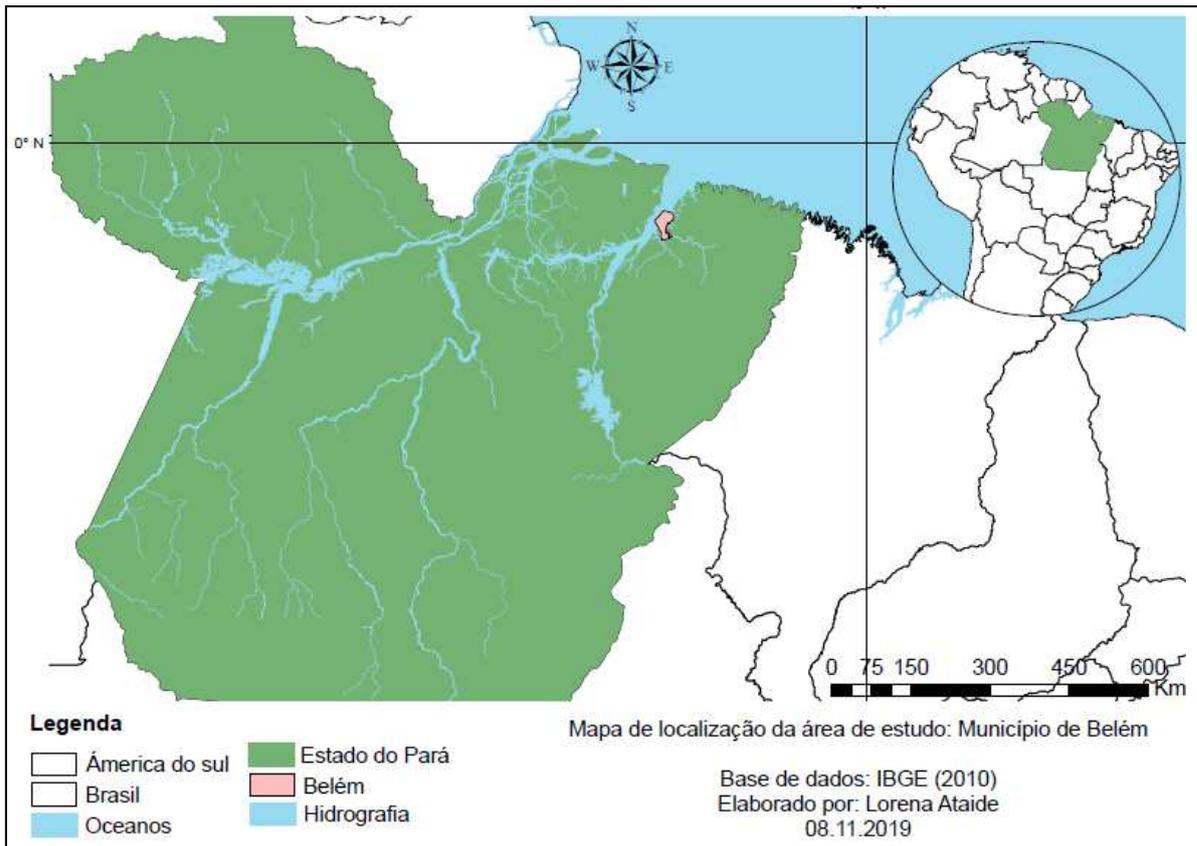


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Foram obtidos os dados da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nomeada Belém-A201, código OMM: 81680. Para calcular a estimativa de ET_o foram utilizadas as informações climatológicas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento (m/s), umidade relativa (%) e Radiação (kJ/m^2), para os dias 01/10/2019 a 31/10/2019.

Método de Penman-Monteith - (PM)

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda a equação de Penman-Monteith (PM-FAO 56) (Equação 1), como padrão para calcular ET_o ,

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T+273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad \text{Eq. (1)}$$

SEVAP – Sistema de Estimativa de Evapotranspiração

O Software SEVAP foi desenvolvido no Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. Oferece a possibilidade do cálculo de ETo por 8 métodos diferentes, atendendo a comunidade acadêmica e contribuindo para o manejo de recursos hídricos e irrigação. O SEVAP pode ser utilizado no monitoramento local e regional da evapotranspiração de referência, em escala diária ou mensal, em função dos dados meteorológicos disponíveis (SILVA et al., 2005).

ETo Calculator

É um software desenvolvido pela Divisão de Terras e Águas da FAO. Sua principal função é calcular a evapotranspiração de referência (ETo) de acordo com os padrões da FAO. O ETo calculator avalia o ETo a partir de dados meteorológicos por meio da equação de FAO Penman-Monteith. O programa pode lidar com dados climáticos diários, dez dias e mensais e estes podem ser fornecidos em uma ampla variedade de unidade.

Índices Estatísticos de Desempenho

O coeficiente de correlação de Pearson (R) Equação 2, mede o grau da correlação e a direção dessa correlação. Este coeficiente assume valores entre -1 e 1.

$$R = \frac{\sum(X-\bar{X}).(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2.\sum(Y-\bar{Y})^2}} \quad \text{Eq. (2)}$$

O R² é definido como a relação que mede a proporção da variação total da variável dependente que é explicada pela variação da variável independente Equação 3.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n(\hat{Y}_I - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n(Y_I - \bar{Y})^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe-NS, Equação 4, utilizado para avaliar o desempenho de modelos hidrológicos (Nash; Sutcliffe, 1970).

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n(EVAPOR_{EST} - EVAPOR_{OBS})^2}{\sum_{i=1}^n(EVAPOR_{OBS} - EVAPOR_{OBS})^2} \quad \text{Eq. (4)}$$

O índice de concordância de Willmott (d) varia de zero a um, sendo zero, nenhuma concordância e um, concordância perfeita e é dado por:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (EVAP_{EST} - EVAP_{OBS})^2}{\sum_{i=1}^n (|EVAP_{EST} - \bar{EVAP}_{OBS}| + |EVAP_{OBS} - \bar{EVAP}_{OBS}|)^2}$$

Eq. (5)

O coeficiente de U (Theil) Equação 6, consiste em uma medida qualitativa de precisão, ao compara os dados estimados com os dados observados (Serrão et al., 2019).

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (EVAP_{EST} - EVAP_{OBS})^2}{(\sum_{i=1}^n (EVAP_{OBS})^2)}}$$

Eq. (6)

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Na figura 2 é possível comparar os resultados de evapotranspiração de referência para os dois softwares. Observa-se que os valores para ambos são aproximadamente iguais, o que confirma que os dois modelos são eficientes para o cálculo de ETo.

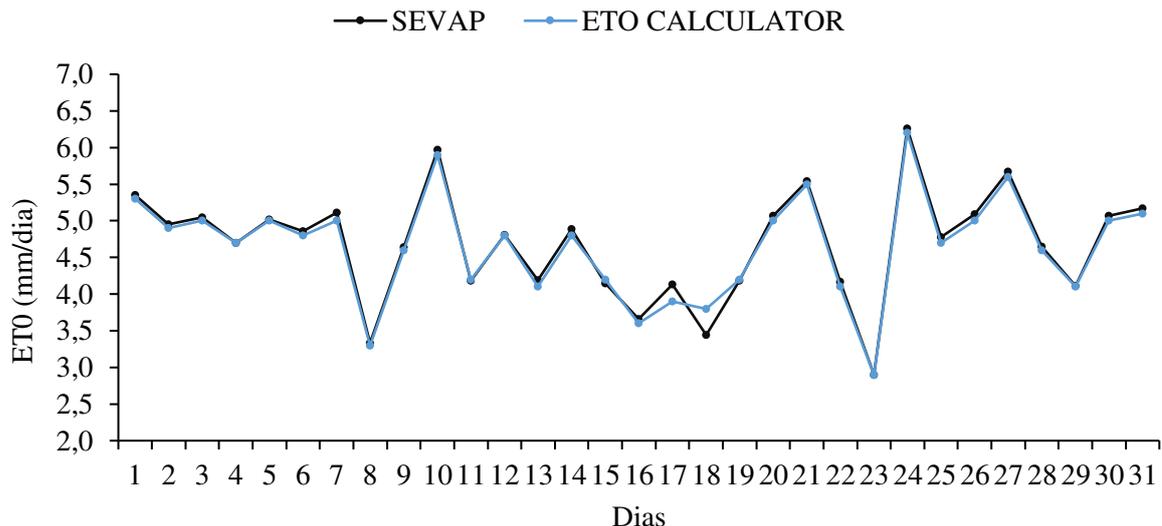


Figura 2. Comparação do resultado de ETo para os softwares SEVAP e ETo Calculator.

Verifica-se ainda, que houve uma queda brusca no valor de ETo nos dias 08/10 e 23/10/2019, fato esse que se justifica pela grande porcentagem de Umidade Reativa para esses dias, $UR_8 = 75\%$ e $UR_{23} = 79\%$, o que indica alto teor de vapor de água na atmosfera,

ou seja, grande quantidade de nuvens (céu nublado), impedindo que os raios solares atinjam a superfície e diminuindo o valor de ETo.

Já para os dias 10/10 e 24/10/2019 houve os maiores valores de evapotranspiração, onde a UR atingiu os menores valores médios, 60% e 66%, respectivamente. Ressalta-se que apesar de menores, os valores de umidade relativa ainda são altos em relação à outras regiões, visto que a região amazônica, apresenta alto índice de nebulosidade e precipitação.

Na figura 3 é observado os resultados da validação estatística. Analisando os índices estatísticos R e R² apresentam o grau de correlação igual a 0,99 considerada quase perfeita. Para NS o desempenho do modelo é considerado excelente e para o índice Willmott (d) a concordância é perfeita. O coeficiente U apresenta relação qualitativa subestimando o real.

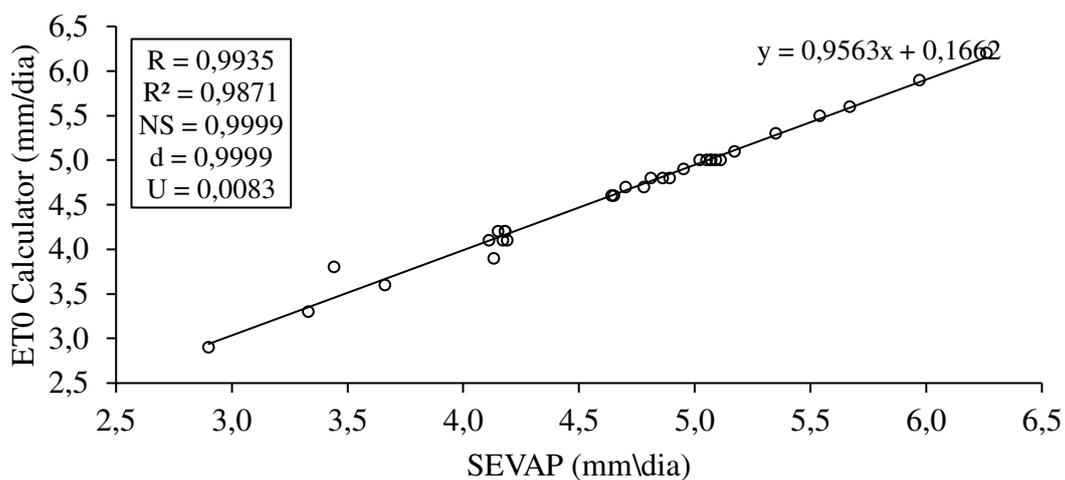


Figura 3. Relação entre as estimativas de ET0 e Índices Estatísticos de desempenho.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os dois modelos são eficientes no cálculo de evapotranspiração de referência. Para validação, todos os índices estatísticos apresentados mostraram excelentes desempenho, garantindo ótimo resultado nas estimativas.

Os softwares podem ser utilizados tanto para fins acadêmicos, quanto para fins profissionais, auxiliando os agro-meteorologistas, agrônomos, engenheiros de irrigação e



pequenos e grandes agricultores a realizar cálculos padrão para o ETo, que serão utilizados posteriormente nos estudos de uso da água das culturas.

A estimativa de evapotranspiração permite analisar os fatores climáticos que afetam o ciclo hidrológico e conhecer o balanço hídrico de uma certa região. Além disso, com valores de ETo é possível estimar a necessidade hídrica de uma cultura através da estimativa da evapotranspiração de cultura (ETc) mediante valores tabelados de coeficientes de cultura (Kc), sendo essencial para promover a economia de água e evitar o desperdício, garantindo os recursos naturais para as gerações futuras por meio da sustentabilidade.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo financiamento concedido e estrutura cedida.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; PEDRO CASTRO NETO, P. C. Evapotranspiração de Referência: Uma Abordagem Atual de Diferentes Métodos de Estimativa. **Pesq. Agropec. Trop**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, jul./set. 2011.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. In: **Irrigation and Drainage**, Roma, FAO, 1977, 198p. Paper 24.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355291/37056285/Bases+climatol%C3%B3gicas_G.R.CUNHA_Livro_Agrometeorologia+dos+cultivos.pdf/13d616f5-cbd1-7261-b157-351eaa31188d?version=1.0 Acesso em: 20 nov 2019.



- MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, Impactos e adaptação as mudanças de clima no semi árido do Brasil**, In Parcerias Estrategicas/Centro de Gestão de Estudos Estratégicos-Ministerio da Ciencia e Tecnologia, v.1, n.1, Braslia DF, p. 149-176, 2009.
- NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models: a discussion of principles. **Journal of Hydrology**, v. 10, p. 282–290, 1970.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.
- SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração: necessidades de água para as plantas cultivada**. Brasília, DF: ABEAS, 1998, 181 p. (Curso de especialização por tutoria à distância).
- SERRÃO, E. A. O.; SILVA, M. T.; SOUSA, F. A. S.; LIMA, A. M. M.; SANTOS, C. A.; ATAIDE, L. C. P.; SILVA, V. P. R. Four decades of hydrological processes simulation in the watershed of the Itacaiúnas river, Southeast of the Amazon. **Boletim de Ciências Geodésicas**. v. 25, n. 3, p. 1-18, 2019.
- SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.6, p.633–644, 2010.
- SILVA, P. M. O.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; COELHO, G. Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Rev. bras. eng. agríc. Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 258-265, 2008.
- SILVA, V. P. R, FILHO, A. F. B., SILVA, B. B., CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.547-553, 2005.





ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E DA LA NIÑA NA PRECIPITAÇÃO DAS CIDADES DE ARACAJU/SE, NATAL/RN, SÃO LUÍS/MA E TERESINA/PI

Clara Livia Câmara e Silva¹; Amanda Carolina da Silva Queiroz¹; Wellingson Farias de Oliveira¹, Hermínio Sabino de Oliveira Júnior¹; Amanda Teotônio da Silva¹

RESUMO

O NEB (Nordeste do Brasil) apresenta uma variabilidade climática interanual, principalmente quando se trata da precipitação, com períodos de anos muito secos e outros muito chuvosos. A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para o estudo do clima. O El Niño (EN) e a La Niña (LN) são uns dos exemplos de fenômenos climáticos que podem ser associados à precipitação. Neste sentido, é de suma importância o aprimoramento dos conhecimentos a respeito da relação dos fenômenos climáticos citados anteriormente com a precipitação. Com isso, o foco da pesquisa é analisar a influência desses fenômenos na precipitação das cidades de Aracaju/SE, Natal/RN, São Luís/MA e Teresina/PI. Para isso foram usados dados de precipitação do BDMEP (Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa) do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), além de dados de intensidade do EN e LN provenientes do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) no período de 1961-2010. A dispersão na precipitação acumulada observada em São Luís, Teresina, Natal e Aracaju é devido à grande variabilidade climática interanual presente na região Nordeste do Brasil. Observou-se uma pequena influência no aumento da precipitação acumulada anual das quatro cidades em anos de ocorrência de La Niña. Porém, quando se tratou dos anos que ocorrem o El Niño, notou-se tanto um aumento, quanto, uma diminuição da precipitação acumulada anual. Possivelmente existem outros fenômenos atuando em contraposição ao El Niño

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática; Nordeste brasileiro; Eventos extremos.

Autor para correspondência: claralivia_sga@hotmail.com

¹Discente de Pós-Graduação em Ciências Climáticas na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, Rio Grande do Norte.



STUDY OF THE INFLUENCE OF EL NIÑO AND LA NIÑA ON THE PRECIPITATION OF ARACAJU / SE, NATAL / RN, SÃO LUÍS / MA AND TERESINA / PI

ABSTRACT

NEB (Northeastern Brazil) has an interannual climate variability, especially when it comes to precipitation, with periods of very dry and other very rainy years. Precipitation is one of the most important meteorological variables for the study of climate. El Niño (EN) and La Niña (LN) are examples of climatic phenomena that can be associated with precipitation. In this sense, it is of utmost importance to improve knowledge about the relationship of the above-mentioned climatic phenomena with precipitation. Thus, the focus of the research is to analyze the influence of these phenomena on the precipitation of the cities of Aracaju / SE, Natal / RN, São Luís / MA and Teresina / PI. For this, precipitation data from the BDMEP (Meteorological Database for Teaching and Research) from INMET (National Institute of Meteorology) were used, as well as EN and LN intensity data from INPE (National Institute for Space Research) during the period. 1961-2010. The dispersion in the accumulated precipitation observed in São Luís, Teresina, Natal and Aracaju is due to the great interannual climate variability present in the Northeast region of Brazil. There was a small influence on the annual accumulated precipitation increase of the four cities in La Niña years of occurrence. However, when it came to the El Niño years, there was both an increase and a decrease in annual cumulative rainfall. Possibly there are other phenomena acting in opposition to El Niño.

KEY-WORDS: Climatic variability; Brazilian Northeast; Extreme events.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta uma variabilidade climática interanual, principalmente quando se trata da precipitação, com períodos de anos muito secos e outros muito chuvosos (CAVALCANTI et al., 2009). Dentre diversas variáveis meteorológicas, a precipitação é uma das mais importantes para o estudo da climatologia. Tal importância deve-se as consequências do que elas podem ocasionar, quando em excesso ou em deficiência, tanto do ponto de vista econômico (agricultura, transporte, hidrologia, entre outros) quanto no social (enchentes, secas, inundações, assoreamento dos rios, quedas de barreiras, entre outros) (ORTOLANI & CAMARGO, 1987).

Não incomum, são observadas instabilidades climáticas bruscas na região do NEB, mudando o padrão esperado para aquela determinada época. A origem dessas variações climáticas bruscas são os fenômenos de circulação atmosférica provenientes de alterações no gradiente de pressão, que formam ventos que modificam a circulação global, causando fenômenos climáticos diversos. (MARCUIZZO & ROMERO, 2013). Do meio dos



fenômenos climáticos temos como exemplo o El Niño (EN) e a La Niña (LN), estes ligados a variabilidade anual da precipitação.

O EN e a LN têm causado impactos em todas regiões do Brasil, que vai desde as alterações das condições climáticas e intensidade dos ventos alísios, a mudanças na precipitação, causando secas ou cheias, além de frentes frias (SANTANA et al., 2007). Estudos constatam que a ocorrência de eventos extremos no sul do Brasil pode estar relacionada com a atuação do EN e LN. Segundo Grimm et al. (1998), o EN e LN estão respectivamente associados às precipitações acima e abaixo da normal na primavera, nessa mesma região. Historicamente, a região Nordeste também sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias.

Desde o início do século XX, as relações entre EN, LN e a precipitação vêm sendo estudadas. Hoje, principalmente, busca-se quantificar a influência destes fenômenos na precipitação. Em algumas regiões é comprovado o efeito desses eventos no clima, causando anomalias diversas inclusive sobre a região Nordeste do Brasil (XAVIER, 2001). Diante desse contexto, é sempre importante aprimorar os conhecimentos a respeito da relação da precipitação com os fenômenos EN e LN.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo do estudo é analisar estatisticamente a influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña na precipitação de algumas capitais do NEB.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O NEB possui uma área de 1.558.196 km², está localizada a leste da Floresta Amazônica e é banhado ao norte e a leste pelo Oceano Atlântico. Possui ainda nove capitais, sendo contempladas no presente estudos apenas quatro delas: Aracaju/SE, Natal/RN, São Luís/MA e Teresina/PI.

Nesta pesquisa, trabalhou-se com a precipitação média acumulada das localidades citadas acima para o período de 1961 a 2010. Os dados referentes a esse período são provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizaram-se também os dados da intensidade das

ocorrências de EN e LN distribuídos anualmente com o mesmo período de tempo da precipitação, retirados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Durante a obtenção dos dados de uma série histórica, podem ocorrer períodos sem informações ou com falhas nas observações. Portanto, os dados coletados devem ser submetidos a uma análise antes de serem utilizados (BERTONI; TUCCI, 1993)

O software estatístico utilizado para fazer as análises necessárias foi o R, que é um software livre para computação estatística e construção de gráficos. A princípio foi realizada a estatística descritiva dos dados e na sequência a definição da quadra chuvosa de cada localidade.

Dada a não normalidade dos dados encontrados, foi feita a transformação Box-Cox. A transformação Box-Cox é amplamente usada para transformar dados hidrológicos em aproximadamente gaussianos (THYER et al. 2002).

Após essa etapa, as especificações e os parâmetros do processo (média, variabilidade inerente e total) são obtidos para os dados transformados, aplicando a análise da mesma forma que aplicamos para os dados normais. Agora, com os dados transformados, os índices são calculados com a distribuição normal.

Com o intuito de compreender a relação entre duas variáveis, foi aplicada a regressão linear simples. Neste caso, as variáveis são a precipitação, variável dependente, e o ano, variável independente. Os testes de Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan e Ljung-Box foram feitos para testar a normalidade, homocedasticidade e a independência, respectivamente. O teste de Barlett também testa a homocedasticidade, ou seja, as variâncias e foi realizado de maneira complementar no presente estudo.

Após a realização da regressão foi feita a análise de variância (ANOVA), teste este que visa comparar médias de diferentes amostras para verificar se essas amostras possuem médias iguais ou não. Assim, essa técnica permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A partir das médias de precipitação acumulada mensal nas quatro localidades em estudo apresentadas na Tabela 1, a quadra chuvosa de São Luís começa em fevereiro e termina em maio. Verifica-se também esse resultado na figura 1a, que corresponde ao boxplot da

precipitação acumulada mensal das quatro cidades. Para Teresina, a quadra chuvosa se inicia em janeiro e tem seu fim em abril (Tabela 1 e Figura 1b). A quadra chuvosa em Natal se inicia em março e termina em junho (Tabela 1 e Figura 1c) e, por fim, em Aracaju começa e termina, respectivamente, em abril e julho (Tabela 1 e Figura 1d).

Aplicados o Teste de Tukey e a transformação BoxCox, houve diferença significativa entre as médias de precipitação acumulada anual dos fenômenos LN e EN, LN e EN-LN, anos Neutros e LN. A Figura 2 apresenta os boxplots da dispersão da precipitação acumulada anual em relação aos fenômenos EN, LN e anos neutros. No gráfico de dispersão de São Luís (Figura 2a) é possível notar indício de que a precipitação acumulada anual é afetada por esses fenômenos, que o LN apresenta. Nas Figuras 2b, 2c e 2d observar-se evidências os fenômenos não diferem entre eles. Com nível significância de 5%, o teste de Tukey mostra que não houve diferença significativa entre as médias de precipitação acumulada anual dos fenômenos (Shapiro Wilk - 0,2498; Box-Ljung - 0,3547; Bartlett - 0,2998).

Tabela 1. Médias das precipitações acumuladas mensais em quatro capitais do Nordeste do Brasil no período de 1961 a 2010. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2019).

Capitais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
São Luís	237,1	311,4	416,3	419,9	288,8	165,4	121,1	44,0	27,6	17,0	23,6	70,1	2142,2
Teresina	163,1	182,0	213,2	211,0	105,9	40,9	44,3	38,6	36,0	40,2	75,4	96,4	1247,0
Natal	101,2	114,4	193,9	229,0	215,2	256,9	192,1	129,1	72,8	47,0	40,2	44,7	1636,2
Aracaju	83,9	99,7	135,8	194,6	257,8	193,3	159,5	115,1	76,5	69,2	54,6	48,6	1488,5

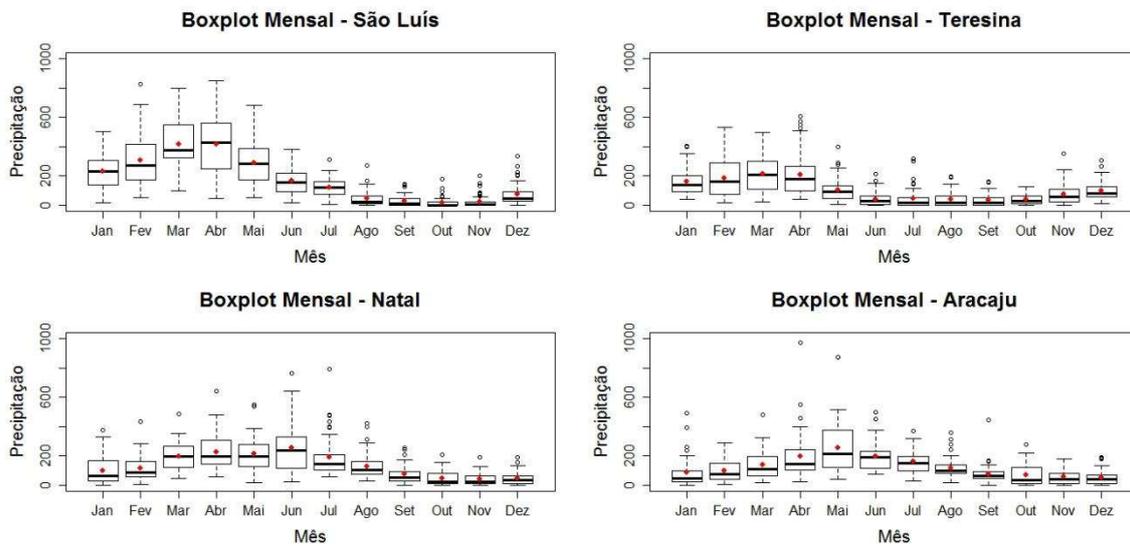


Figura 1: Boxplot da precipitação acumulada mensal para as 4 localidades em estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Para Natal, a ANOVA mostrou que as médias populacionais não diferem ($P(F_{cal} > F_0) = 0,658$). Com nível significância de 5%, o teste de Tukey mostrou que não houve diferença significativa entre as médias de precipitação acumulada anual dos fenômenos (Shapiro Wilk - 0,2498; Box-Ljung - 0,3547; Bartlett - 0,2998). A ANOVA para Teresina e Aracaju mostraram médias populacionais iguais ($P(F_{cal} > F_0)$ de 0,703 e 0,207, respectivamente), porém, pelo menos um dos testes que fazem análise do resíduo rejeitaram H_0 ao nível de significância de 5%.

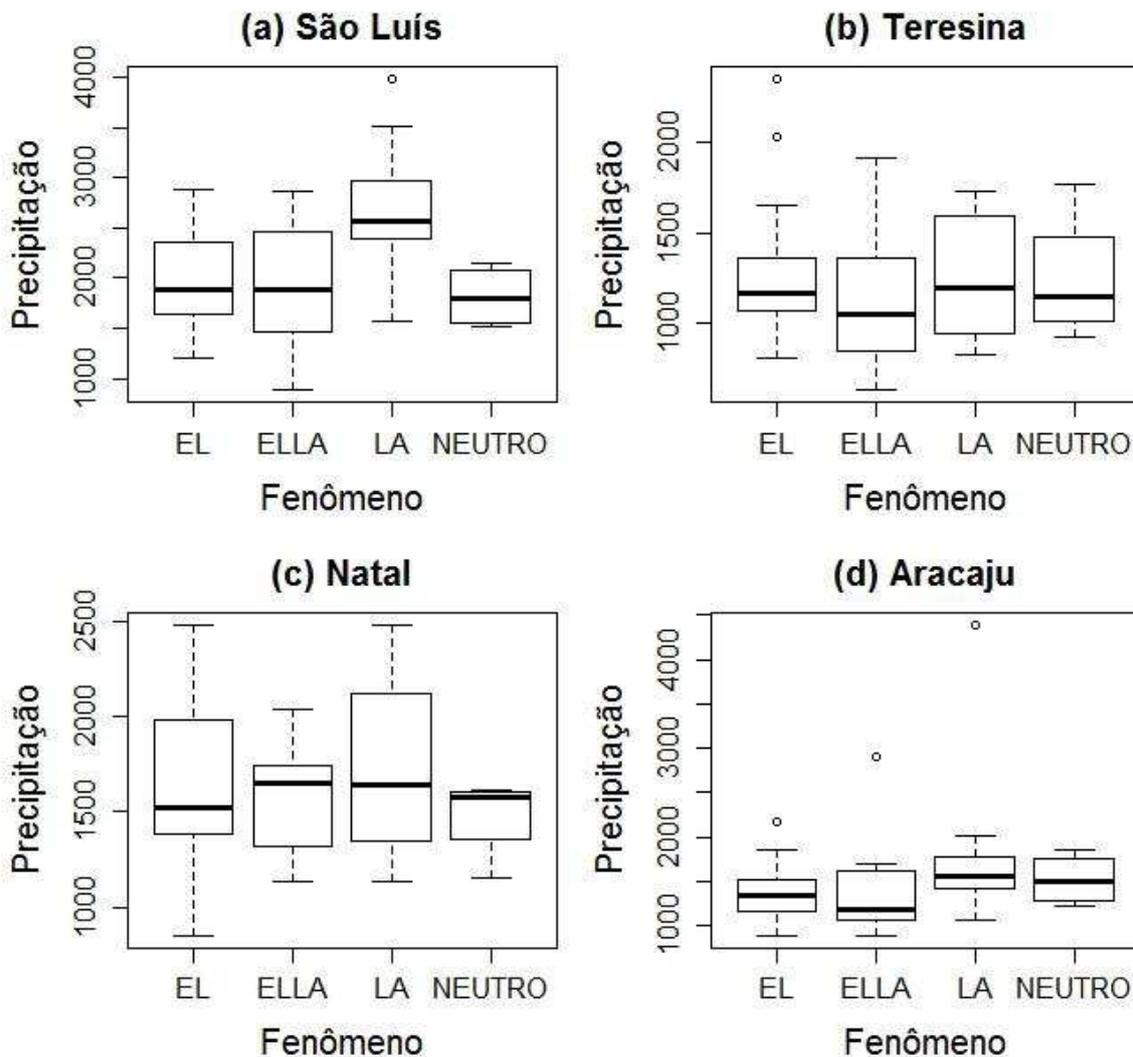


Figura 2: Boxplot da análise de dispersão da precipitação acumulada anual em relação aos fenômenos EN, LN e anos Neutros. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Concluídas às análises estatísticas dos dados apresentados neste estudo, foi possível observar que a dispersão na precipitação acumulada observada em São Luís, Teresina, Natal e Aracaju é devido à grande variabilidade climática interanual presente na região Nordeste do Brasil.

Os ajustes dos modelos de regressão linear simples não foram apropriados para expressar a precipitação acumulada anual, bem como, os modelos com a transformação BoxCox,



que também mostrou valores de ajustes baixos. Dessa forma, um modelo de regressão linear múltipla seria mais adequado para esse caso.

A precipitação acumulada anual apresentou uma dispersão maior em anos de ocorrência de El Niño e de La Niña, se comparado há anos Neutros. Observou-se que a La Niña possui valores de precipitação acumulada anual maiores que os demais fenômenos, essa discrepância é mais evidente para a capital São Luís.

Observou-se para a cidade de São Luís, quando se trata do fenômeno La Niña, que a média da precipitação acumulada anual é diferente das médias correspondentes aos anos em que ocorre o El Niño, o El Niño e a La Niña, e anos Neutros. Para Natal, a média de precipitação acumulada anual não apresentou uma diferença significativa entre os tratamentos. Notou-se também, que a dispersão da precipitação acumulada anual referente aos anos de ocorrência do EL Niño e da La Niña exibiu uma variabilidade considerável, em comparação as outras cidades. As cidades de Teresina e Aracaju não mostraram resultados significativos, não apresentando uma conclusão relevante sobre a relação desses fenômenos com a precipitação acumulada anual.

Observou-se uma pequena influência no aumento da precipitação acumulada anual das quatro cidades em anos de ocorrência de La Niña. Porém, quando se tratou dos anos que ocorrem o El Niño, notou-se tanto um aumento, quanto, uma diminuição da precipitação acumulada anual. Possivelmente, havia outros fenômenos atuando em contraposição ao El Niño no período observado.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Programa de Pós Graduação de Ciências Climáticas -PPGCC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (Processo nº88882.376092/2019-01), pelo apoio à presente pesquisa.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia/ Ciência e Aplicação**. São Paulo: Universidade / ABRH: EDUSP, 1993.



- CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v.11, p.2863-2880, 1998
- MARCUZZO, F. F. N. ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n.4, p. 429 - 440, 2013.
- ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Potafos, 249 p., 1987.
- XAVIER, T. M. B. S. 2001. Tempo de chuva. **Estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. ABC Editora, Fortaleza, 478 pp.
- SANTANA, M.O., SEDIYAMA, G.C., RIBEIRO, A., SILVA, D. D. da. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.114-120, 2007.
- THYER, M.; KUCZERA, G.; WANG, Q. J. Quantifying parameter uncertainty in stochastic models using the Box–Cox transformation. **Journal of Hydrology**, v.265, p.246–257, 2002. DOI: [org/10.1016/S0022-1694\(02\)00113-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00113-0)





ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO DO ESTADO DA BAHIA ATRAVÉS DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Valneli da Silva Melo¹; Wanessa Luana de Brito Costa²; Lourivaldo Mota Lima³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar zonas pluviometricamente homogêneas no Semiárido do estado da Bahia e analisar as condições climáticas de cada zona entre 1984 e 2016. Foi aplicada a técnica de mineração de dados, *Clusterização* (agrupamento de dados), por meio do uso do algoritmo *k-means*, para transformação das séries históricas de precipitação em cinco zonas pluviometricamente homogêneas, em resposta à orografia, maritimidade e sistemas meteorológicos atuantes na região. Foram utilizados dados de médias mensais de precipitação de 91 estações meteorológicas. Através dos resultados observou-se que a alta variabilidade pluviométrica ocorre em quase todas as zonas, e que as estações secas e chuvosas são bem definidas.

PALAVRAS-CHAVE: Mineração de Dados; Análise de Cluster; Variabilidade Pluviométrica.

Autor para correspondência: valnelismello@gmail.com

1Discente de Pós-graduação na Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, PB; 2Discente de Pós-graduação na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB; 3Professor Dr. na Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, PB

PRECIPITATION STUDY IN THE SEMI-ARID STATE OF BAHIA THROUGH STATISTICAL TOOLS

ABSTRACT

The objective of this study was to identify homogeneous rainfall in the semiarid state of Bahia and to analyze the climatic conditions of each zone between 1984 and 2016. The data mining technique, Clustering (data clustering) was applied using the algorithm. k-means, for the transformation of historical rainfall series into five rainfall homogeneous zones, in response to orography, maritimity and meteorological systems operating in the region. Monthly average rainfall data from 91 weather stations were used. Through the results, if the high rainfall variability occurs in almost all areas, and that the dry and rainy seasons are well defined.

KEY-WORDS: Data Mining; Cluster Analysis; Rainfall Variability.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A análise do comportamento das chuvas é de suma importância devido à grande variabilidade espaço-temporal, não somente sob o enfoque climático e hídrico, mas também pelas consequências nas instâncias econômicas, sociais e culturais advindas (LUCENA et al., 2011). Dentre as alterações que os índices pluviométricos proporcionam nas atividades, a mais vulnerável a essas mudanças é a agricultura (LOPES et al., 2016). De forma geral, as modificações no quantitativo interanual de precipitação podem afetar os sistemas agrícolas com sérias consequências (OLIVEIRA; BÜHLER, 2016).

As alterações dos fenômenos climáticos observadas no Brasil e no mundo têm sido intensamente debatidas nas últimas décadas. Algumas pesquisas tendem para as linhas de mudanças nos ciclos naturais do planeta (Cruz et al., 2014) e outras tendem determinar as modificações provocadas pelas ações antrópicas (SOLOMON, 2010; BERLATO E CORDEIRO, 2017). Apesar da incerteza da origem de fontes das alterações de temperaturas globais, o aumento já é constatado em diversas regiões (LOPES E LEAL, 2015; MANSSIGNAM et al., 2017; NANGOMBE et al., 2018). Alguns estudos já estão direcionados para a verificação das condições climáticas de regiões semiáridas, a exemplo de Almeida et al. (2014) para o Nordeste do Brasil, em que foi observado tendências significativas de aumento de temperatura média para o período de 2071 a 2100.

As variações da distribuição espaço-temporal das chuvas, associadas aos baixos totais anuais pluviométricos, impactam diretamente a agricultura de sequeiro. O



conhecimento dessa variável agrometeorológica pode orientar a tomada de decisão sobre as medidas necessárias para minimizar danos (ROMANI et al., 2010).

Técnicas de análise multivariada e geoestatística têm sido amplamente utilizadas na análise de séries climáticas com o intuito de reduzir a dimensão do conjunto de dados e facilitar a sua interpretação. As técnicas da estatística multivariada podem ser aplicadas em diferentes situações. Dentre as ferramentas da estatística multivariada, a análise de agrupamento é uma das técnicas mais utilizadas. Segundo Linden (2009) a análise de agrupamento é um procedimento formado por um conjunto de técnicas computacionais, com objetivo de separar objetos diferentes e unir objetos semelhantes, formando dessa forma grupos distintos. Muitos trabalhos nas áreas de agrometeorologia e climatologia enfatizam a aplicação da análise de agrupamento para a definição de regiões climáticas homogêneas em várias partes do Brasil.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho é identificar zonas pluviometricamente homogêneas no estado da Bahia, e analisar as condições climáticas de cada zona para o período de 1984 a 2016.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Descrição dos dados

Os dados utilizados nesse estudo foram cedidos pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Nacional de Águas (ANA), as falhas existentes foram preenchidas com o uso de imputação múltipla, tem-se um total de 91 postos pluviométricos, com tamanho amostral de 30 anos (1910 à 2016), a partir das quais foram calculadas estatísticas descritivas básicas, para a confecção dos mapas, utilizou-se o software de geoprocessamento QGis.

Delimitações por análise de agrupamento

A análise de agrupamento (AA) é ferramenta útil para análise de dados pluviais. Esta técnica pode ser usada para reduzir a dimensão de um conjunto de dados, reduzindo uma ampla gama de objetos à informação do centro do seu conjunto. Pode ser usada não

só para identificar uma estrutura presente nos dados, mas também para impor estrutura num conjunto de dados homogêneos que têm de ser separados.

A análise de agrupamento (AA), utilizada em processos de classificação, consiste em determinar o nível de similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos, aplicando função de agrupamento a determinada variável, transformando um conjunto heterogêneo de unidades, neste caso estações meteorológicas, em grupos caracterizados pela homogeneidade interna e encontrando-se, também, grande número pela heterogeneidade externa (LOPES et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Observa-se na Tabela 1 que os meses de fevereiro, março, abril e maio apresentam o maior índice de precipitação. Essa precipitação pode estar associada à atuação da Zona de Convergência Intertropical (CIRILO et al., 2007). Em contrapartida, setembro foi o mês que apresentou a maior ausência de chuvas, onde setembro, outubro e novembro compõem o período menos chuvoso.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de precipitação de 91 municípios do estado da Bahia no período de 1984 a 2016.

Meses	Mín	Máx	1°Quartil	Mediana	3°Quartil	Média	CA	CC
Jan	5,7	279,7	63,4	90,6	117,4	94,0	1,3	3,7
Fev	15,8	288,3	95,7	129,3	164,7	132,4	0,3	0,2
Mar	74,4	484,2	164,1	204,2	238,4	211,2	1,3	2,9
Abr	43,5	380,8	149,3	178,7	215,9	185,6	0,6	1,0
Mai	3,5	310,7	78,0	104,4	139,7	110,2	0,9	1,7
Jun	3,9	139,5	29,8	43,6	63,0	48,3	0,9	1,0
Jul	0,6	66,0	16,2	23,7	30,6	24,4	0,9	1,1
Ago	0,0	85,2	7,4	12,7	22,1	16,3	2,2	6,3
Set	0,0	19,5	1,1	2,7	4,4	3,3	2,1	6,1
Out	0,0	59,2	4,2	8,0	13,3	10,2	2,5	7,7
Nov	0,0	62,1	5,6	11,3	18,0	13,7	1,7	3,5
Dez	0,0	91,5	14,4	25,0	34,0	26,8	1,0	1,6

Legenda: CA= Coeficiente de assimetria; CC= Coeficiente de curtose, as unidades são medidas em mm.

A aplicação da técnica de agrupamento permitiu a identificação das diferentes regiões pluviométricas do estado da Bahia, de acordo com a similaridade do volume

pluvial, calculada por meio da distância Euclideana entre cada par de séries temporais (Figura 1). Para esta etapa do trabalho, foi adotado como padrão do estudo a escala mensal do banco de dados. Optou-se pela divisão de cinco zonas pluviometricamente homogêneas, uma vez que este número está em consonância com pareceres de especialistas da área e registros na literatura referentes à distribuição, a orografia, a maritimidade e aos sistemas pluviométricos que atingem o estado (CAVALCANTI et al., 2009; SILVA et al., 2012).

Dourado et al. (2013) reportou resultados de variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica, no período de 1981 a 2010 em regiões semiáridas do estado da Bahia bem similares ao do presente estudo. Regiões inseridas em ambientes de clima semiárido apresentam baixos índices pluviométricos e elevada sazonalidade desses eventos durante os anos em escala intrasazonal e interanual (MARTINS et al., 2018).

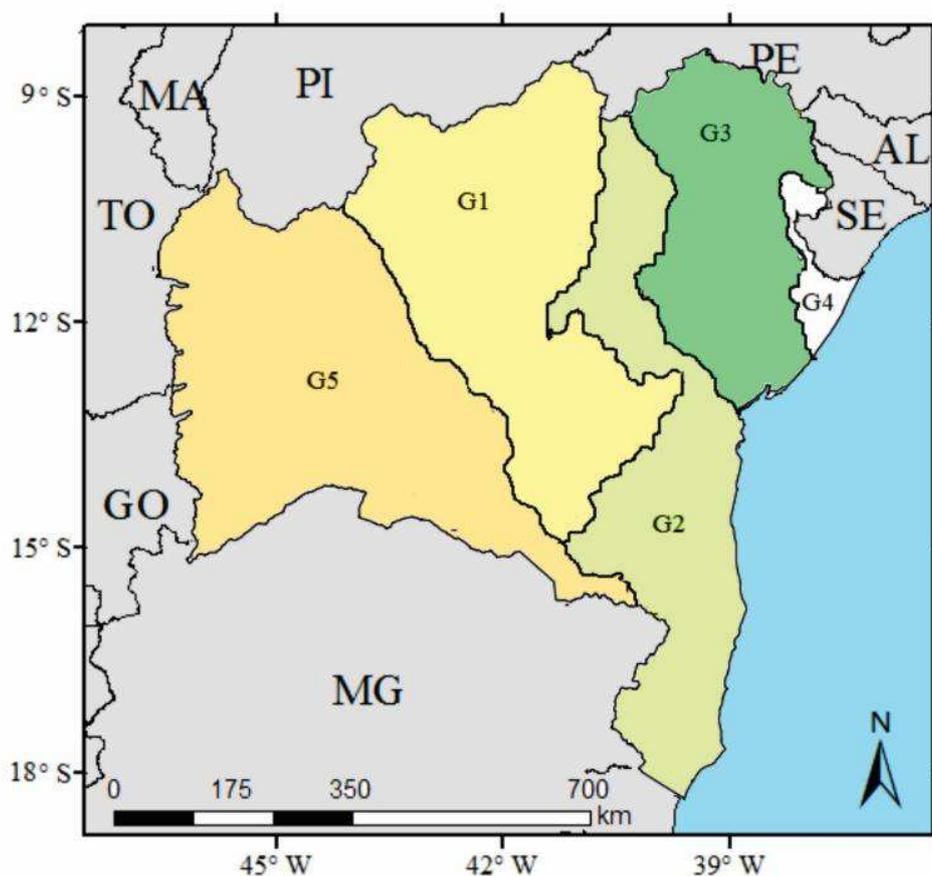


Figura 1: Zoneamento da distribuição espacial da precipitação no estado da Bahia, utilizando o método de agrupamento de Ward. (Fonte: Autor)

A disposição dos agrupamentos apresenta configurações genéricas bem definidas, o estudo mostrou que existem diferenças significativas entre os valores médios de precipitação mensal quando comparadas as localidades (Figura 2). Presume-se que a escala anual perde os efeitos de sazonalidade, e reduz a influência das oscilações mensais que modulam os sistemas influenciadores das precipitações (frequência, intensidade, durabilidade) condicionadas pelo tipo de clima de cada localidade.

Portanto, os regimes de chuva em termos de totais são muitos similares entre localidades. Salienta-se que, a Bahia devido a sua posição geográfica, seu território é influenciado por sistemas atmosféricos de várias escalas, em diferentes épocas do ano, fazendo com que, alguns grupos com alturas pluviométricas semelhantes, pertençam a grupos distintos.

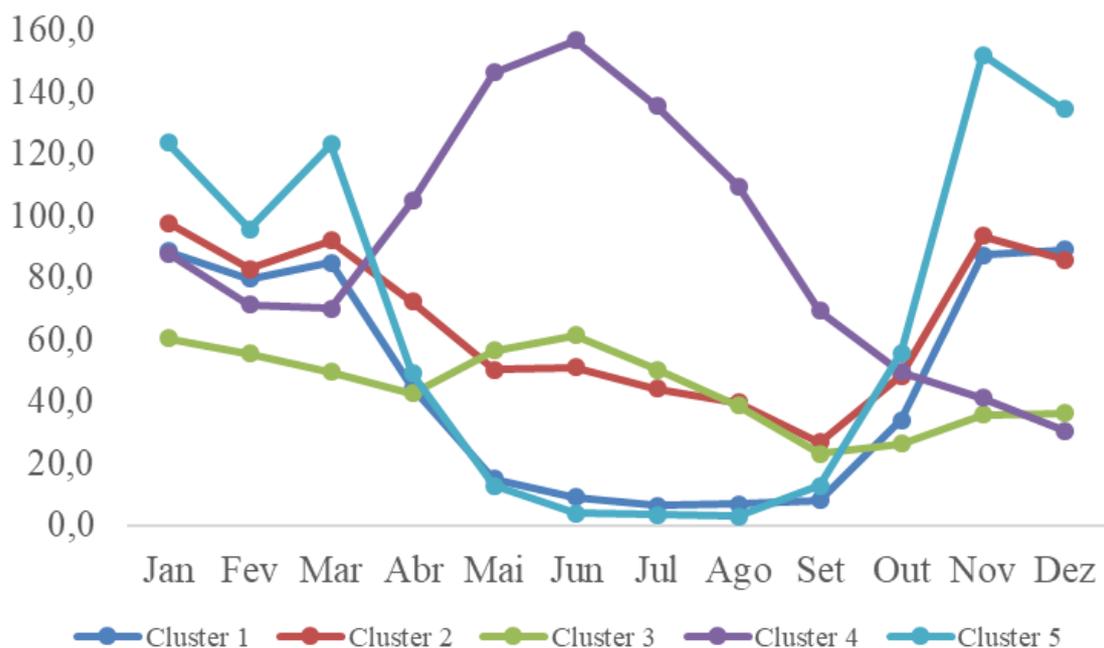


Figura 2: Comportamento da precipitação nas regiões homogêneas do Semiárido da Bahia, BA. (Fonte: Autor)

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A técnica de mineração de dados, análise de *cluster* (agrupamento de dados), delimitou com coerência as regiões pluviométricas do Estado, mostrando-se eficiente para esta aplicação. Foram distinguidos cinco grupos homogêneos de precipitação, traçando um padrão comum de precipitação dentro de cada um deles, as estações secas e chuvosas são bem definidas, sendo os volumes pluviométricos do período chuvoso responsáveis por grande parte dos totais anuais de precipitação.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- ALMEIDA, H. A.; AGUIAR, D. B.; SILVA, J. N.; DAMASECENO, J. Indicadores hídricos do núcleo de desertificação da Microrregião do Seridó Ocidental da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 5, p. 1-10, 2014.
- BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Sinais de mudanças climáticas globais e regionais, projeções para o século XXI e as tendências observadas no Rio Grande do Sul: uma revisão. *Agrometeoros*, v. 25, p. 273-302, 2017.
- CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A. *Terra e clima no Brasil*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, p.464, 2009.
- CIRILO, J. A. et al. *O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007. 508 p.
- CRUZ, F. R. M. ; SILVA, L. A. ; PEREIRA, E. M. ; LUCENA, R. L. Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima. *GeoTextos*, Vol. 10, N. 1. p. 243-258, 2014.



DOURADO, C.S.; OLIVEIRA, S.R.M.; AVILA, A.M.H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.2, p.192-198, 2013.

LINDEN, R.,2009, “Um Algoritmo Híbrido Para Extração De Conhecimento Em Bioinformática”, Tese de Doutorado, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil

LOPES, I., LEAL, B. G. Índice de aridez e tendência a desertificação para estações meteorológicas nos estados da Bahia e Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, p. 155-172, 2015.

LOPES, J. R. F.; DA SILVA, D. F. Tendências e distribuição espacial de variáveis climáticas no estado do Ceará. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.12 n.1 p. 127 - 145 Jan./Abr. 2016.

LOPES, I.; MELO, J. M. M.; CARVALHO, A. A.; MOURA, G. B. A. M.; LEAL, B. G. Análise multivariada no estudo da variação do índice de aridez da Bahia e Pernambuco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.1, p.93-102, 2018.

LUCENA, D. B.; GOMES FILHO, M; F.; SERVAIN, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos pacífico e atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira Meteorologia*. vol.26, n.2, pp. 297-312. 2011.

MANSSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C.; SANTI, A.; CARAMORI, P. H.; VICARI, M. B. Impact of climate change on climatic zoning of common bean in the South of Brazil. *Agrometeoros*, v. 25, p. 313-321, 2017.

MARTINS, M.A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D.A.; ALVALÁ, R.C.S.; GIAROLLA, A.; GAROFOLO, L.L.; SIQUEIRA JÚNIOR, J.L.; PAOLICCHI, L.T.L.C.; PINTO, G.L.N. Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. *Agricultural Systems*, v.160, p.21-30, 2018.



NANGOMBE, S.; ZHOU T.; ZHANG, W.; WU, B.; HU, S.; ZOU, L.; LI, D. Record-breaking climate extremes in Africa under stabilized 1.5 °C and 2 °C global warming scenarios. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 4, p. 1-8, 2018.

OLIVEIRA, V.L. de; BÜHLER, È.A. Técnica e natureza no desenvolvimento do “Agronegócio.” *Caderno CRH*, Salvador, v.29, n.77, p.261-280, 2016.

ROMANI, L.A.S.; ÁVILA, A.M.H.; ZULLO, J.J.; TRAINA, C.J.; TRAINA, A.J.M. Mining relevant and extreme patterns on climate time series with CLIPSMiner. *Journal of Information and Data Management*, v.1, p.245-260, 2010.

SILVA, V.P.R.; PEREIRA, E.R.R.;ALMEIDA, R.S.R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, p.163-172, 2012. DOI: 10.1590/S0102-77862012000200005.

SOLOMON, S.; DANIEL, J. S.; SANFORD, T. J.; MURPHY, D. M.; PLATTNER, G.-K.; KNUTTI, R.; FRIEDLINGSTEIN, P. Persistence of climate changes due to a range of greenhouse gases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 43, p. 18354-18359, 2010.





ESTUDO DE MINIGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR: CAIXAS DE JUNÇÃO CENTRALIZADAS OU DISTRIBUÍDAS

Guilherme Fernandes Gouvea¹; Fernando Augusto Battistini Pestana ²;

RESUMO

Levando em conta a preservação ambiental e a crescente busca por fontes renováveis de produção de energia elétrica, o estudo tem como principal objetivo analisar uma usina de minigeração de energia fotovoltaica, utilizando placas de face simples instaladas a inversores com duas configurações diferentes, sendo elas, caixas de junção centralizadas ou distribuídas, verificando-se as características principais de cada configuração e quais as vantagens e desvantagens de cada uma. Foram comparados dois tipos de montagens, ambos em uma área de 4000 metros quadrados (m²), em um lote de 100mx40m no município de Araraquara, estado de São Paulo, Brasil. O projeto foi embasado nas normas técnicas vigentes, considerando melhor aproveitamento do lote e áreas para possíveis manutenções e/ou limpeza do sistema. Ao final, apresentam-se as conclusões.

PALAVRAS-CHAVE: Minigeração, fontes renováveis, energia fotovoltaica.

Autor para correspondência: guifgouvea@yahoo.com.br

1Graduando em Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara, Araraquara-SP; 2Orientador, Docente do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara, Araraquara-SP, e-mail: fabpestanda@uniara.edu.br;

***SOLAR ENERGY MINISTRY STUDY:
CENTRALIZED OR DISTRIBUTED STRING BOXES***

ABSTRACT

Considering account environmental preservation and the goal for renewable sources of electricity production, the main objective of this research is to analyze a photovoltaic minigeneration plant, using single-sided modules installed with inverters on two different configurations. Centralized or distributed junction boxes, checking the main characteristics of each configuration and the advantages and disadvantages of each one. Two types of assemblies was compared, both in an area of 4000 square meters (m²), with 100mx40m plot in the municipality of Araraquara, state of São Paulo, Brazil. This study was based on current technical standards, considering better use of the lot and areas for possible maintenance and / or system cleaning. At the end, the conclusions are presented.

KEY WORDS: Minigeneration, renewable sources, photovoltaic energy.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

As fontes de energia limpa estão atualmente em evidência; devido ao aumento da demanda e preocupação com o meio ambiente, a energia solar ou geração fotovoltaica, tornou-se uma das opções mais interessantes por apresentar uma excelente eficiência e impacto ambiental muito inferior comparado a diversos outros tipos de geração de energia. (PINHO, J. T., GALDINO, M. A. Org. 2014). Aliado a este fator, o Brasil conta com altos níveis de irradiação solar, superiores até mesmo aos de países que possuem amplos projetos de aproveitamento desta fonte de energia, como Alemanha, Espanha e França, no entanto, apesar destes altos níveis, o uso desta fonte ainda vem evoluindo vagarosamente. (NASCIMENTO, R. L. 2017). A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade através das células fotovoltaicas; tratam-se de dispositivos fabricados com materiais semicondutores que convertem raios solares em corrente elétrica. Esse efeito é conhecido como efeito fotovoltaico. As células fotovoltaicas por sua vez podem ser conectadas entre si, resultando em um módulo fotovoltaico (ou painel fotovoltaico) que gera tensões próximas de 46 Vcc. Esse módulo então, pode ser conectado a um inversor de tensão, cuja função é modelar e sincronizar a energia produzida, cuja finalidade é disponibilizá-la em tensão alternada (Vca), permitindo seu consumo em seu local de geração ou a injeção na rede da distribuidora de energia. Uma planta fotovoltaica é composta por módulos fotovoltaicos, caixas de junção dos arranjos fotovoltaicos, cabos e conectores, dispositivos de proteção contra surtos

elétricos (DPS), inversores e quadro de proteção de CA. (PINHO, J. T., GALDINO, M. A. Org. 2014). A minigeração distribuída é a central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utiliza cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL (REN n° 235/2006, de 14/11/2006), ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. É também denominada acessante de minigeração distribuída. (CPFL, NORMA TÉCNICA, 10/2018). Considerando o aumento de geração de energia com fontes renováveis e o melhor aproveitamento das grandes áreas livres, o objetivo deste estudo é estimar qual a viabilidade econômica e as vantagens de duas configurações de montagens em uma usina de minigeração de energia solar, ambas contendo os mesmos componentes. A área para simulação do sistema é de 4000m², localizada na cidade de Araraquara-SP, situada na Latitude 21°46'24" Sul e Longitude 48°10'58" Oeste, desconsiderando possíveis obstáculos e sombreamentos. Os tipos de ligações que serão estudadas são: caixas de junção centralizadas ou distribuídas. No primeiro caso, os arranjos de módulos fotovoltaicos serão conectados a três caixas de junção centralizadas, de forma que atinjam a potência desejada. As caixas de junção estarão localizadas junto aos inversores em uma construção de alvenaria localizada no centro sul da planta. No segundo caso, os arranjos de módulos fotovoltaicos serão conectados a três caixas de junção, de forma que atinjam a potência desejada, porém presas em suportes abaixo dos módulos fotovoltaicos, isto é, distribuídas pela planta. Ambos os casos terão o mesmo ponto de saída para rede, também alocado na construção de alvenaria localizada no centro sul da planta.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho é verificar as vantagens obtidas ao efetuar os dois tipos de montagens, com caixas de junção centralizadas ou distribuídas em planta. São analisados nos dois casos propostos os gastos com os condutores em relação as seções nominais utilizadas, bem como a possibilidade de expansão do sistema e ganhos com manutenções e limpezas.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O local escolhido para o estudo foi um terreno de 4000m² localizado na cidade de Araraquara-SP, em uma área plana sem sombreamentos e obstáculos, sendo 100m x 40m totalmente disponíveis para instalação da usina de minigeração fotovoltaica. Considerou-se no centro sul da planta uma construção de alvenaria de 3m x 1,5m x 2,5m (Largura; Comprimento; Altura), para acomodação do quadro de proteção C.A., inversores, ponto saída para rede, e no primeiro caso as caixas de junção. Foram disponibilizados corredores de circulação medindo 1,20m ao redor da área conforme ilustrado na figura 1. O dimensionamento do sistema foi efetuado de acordo com Resolução Normativa N°687 da ANEEL, Normas Técnicas da Companhia Paulista de Força e Luz e Normas ABNT NBR16690:2019, 16149:2013 e 16150:2013.

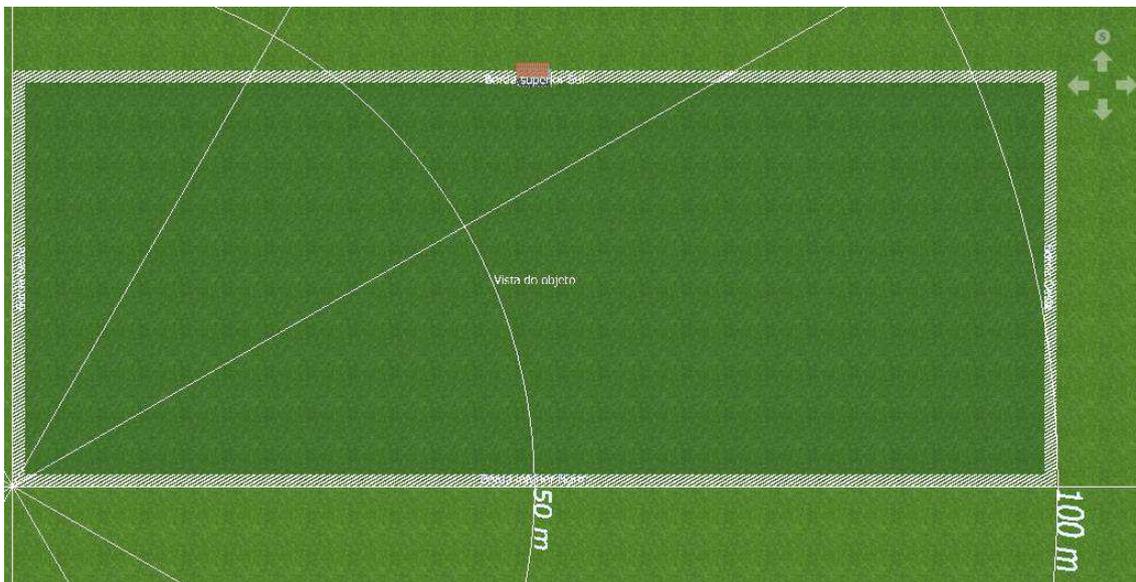


Figura 1: Área da usina de geração fotovoltaica.

Fonte: O autor, extraído de *PV Sol Premium 2019*

ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA E INCLINAÇÃO DOS PAINÉIS

Através das coordenadas geográficas do terreno, Latitude 21°46'24" Sul e Longitude 48°10'58" Oeste, o painel foi orientado diretamente ao Norte geográfico com ângulo de 0° e inclinação de 21°, visando o melhor aproveitamento da irradiação solar. O cálculo de inclinação dos módulos foi realizado com o *software* de simulação de sistemas fotovoltaicos *PV Sol Premium 2019* e confirmado através da tabela e gráfico abaixo (Figura 2), gerado no *Sun Data* disponibilizada pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRECESB).

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Araraquara
Município: Araraquara, SP - BRASIL
Latitude: 21,801° S
Longitude: 48,049° O
Distância do ponto de ref. (21,773333° S; 48,032778° O): 3,5 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,59	5,91	5,10	4,71	4,00	3,74	3,93	4,83	4,94	5,51	5,76	5,96	5,00	2,22
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	22° N	5,07	5,63	5,23	5,31	4,91	4,82	4,97	5,70	5,24	5,37	5,28	5,31	5,24	,88
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	5,10	5,66	5,23	5,30	4,88	4,79	4,94	5,67	5,24	5,39	5,31	5,35	5,24	,89
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	25° N	4,96	5,55	5,20	5,35	4,99	4,93	5,07	5,77	5,24	5,31	5,17	5,19	5,23	,84

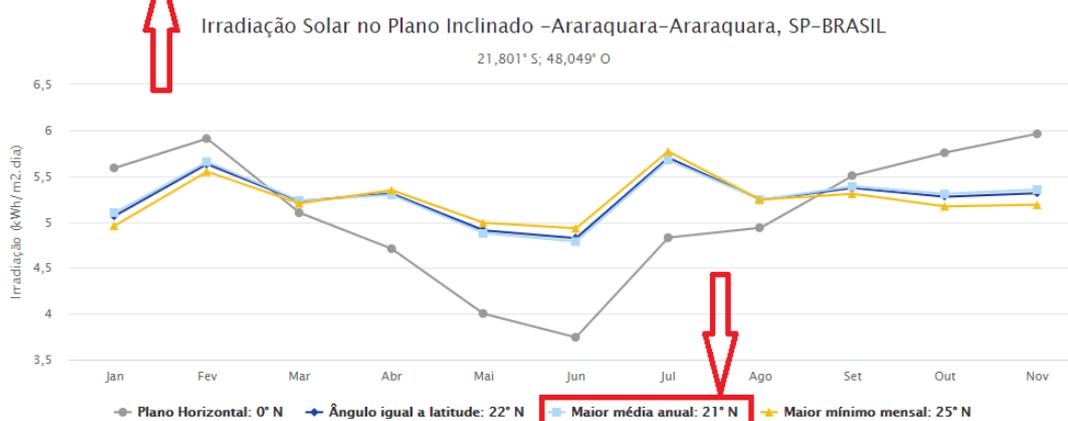


Figura 2: Irradiação Solar no plano inclinado em Araraquara-SP

Fonte: O autor, extraído de CRESESB, 2019.

SOMBREAMENTO DOS PAINÉIS

Apesar de não ter considerado nenhum obstáculo ou sombreamento externo no projeto, haverá o sombreamento causado pelos módulos solares inclinado e alinhados em fileiras, sendo assim foi necessário o cálculo de distanciamento entre fileiras, o qual foi realizado no *software PV Sol Premium 2019*. Também foi simulada a trajetória do sol durante todos

dias do ano, para verificação da frequência de sombreamento, a qual resultou totalmente satisfatória.

QUANTIDADE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

O dimensionamento foi realizado para obter o melhor aproveitamento possível da área disposta, contando com o auxílio do *software PV Sol Premium 2019*, foi realizada a distribuição de 10 fileiras alinhadas igualmente, contendo 96 módulos fotovoltaicos cada, totalizando 960 unidades conforme ilustrado abaixo pela figura 3.



Figura 3: Distribuição dos módulos fotovoltaicos

Fonte: O autor, extraído de *PV Sol Premium 2019*

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Foram utilizados 960 módulos fotovoltaicos ou também conhecidos como painéis solares de face simples; o modelo escolhido é um dos mais utilizados no mercado devido seu custo benefício e características técnicas. Os dados técnicos do módulo estão descritos nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: – Características elétricas modulo fotovoltaico modelo CS6U 330P

Fonte: O autor, adaptado de *Canadian Solar*

CS6U	330P
<i>Nominal Max. Power (Pmax)</i>	330 W
<i>Opt. Operating Voltage (Vmp)</i>	37.2 V
<i>Opt. Operating Current (Imp)</i>	8.88 A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	45.6 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	9.45 A
<i>Module Efficiency</i>	16.97%
<i>Operating Temperature</i>	-40°C ~ +85°C
<i>Max. System Voltage</i>	1000 V (IEC/UL) or 1500 V (IEC/UL)
<i>Max. Series Fuse Rating</i>	15 A
<i>Application Classification</i>	Class A
<i>Power Tolerance</i>	0 ~ + 5 W

Tabela 2: – Características mecânicas modulo fotovoltaico modelo CS6U 330P

Fonte: O autor, adaptado de *Canadian Solar*

CS6U	330P
<i>Cell Type</i>	<i>Poly-crystalline, 6 inch</i>
<i>Cell Arrangement</i>	72 (6 x 12)
<i>Dimensions</i>	1960 x 992 x 35 mm
<i>Weight</i>	22.4 kg (49.4 lbs)
<i>Front Cover</i>	3.2 mm tempered glass
<i>Frame Material</i>	Anodized aluminium alloy
<i>J-Box</i>	IP68, 3 bypass diodes
<i>Cable</i>	4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
<i>Connector</i>	T4 series
<i>Per Pallet</i>	30 pieces

INVERSORES

Foram utilizados 3 inversores comuns no mercado brasileiro e que atendem todas exigências técnicas dos órgãos regulamentadores do país. Foram ligados de modo a atingir a potência de geração desejada e obter-se o melhor aproveitamento possível. A tabela 3 demonstra seus dados técnicos.

Tabela 3: – Dados técnico do inversor. **Fonte:** O autor, adaptado de SMA

DADOS TÉCNICOS	
Entrada (CC)	Data
Máx. potência do gerador fotovoltaico	112500Wp
Potência atribuída (CC)	76500W
Tensão máx. de entrada	1000V
Intervalo de tensão MPP	570 V a 800 V / 685 V a 800 V
Tensão mín. de entrada	565 V/680 V
Tensão inicial de entrada	600 V/720 V
Corrente máx. de entrada/corrente máx. de curto-circuito	140 A/210 A
Número de entradas MPP independentes/ <i>strings</i> por entrada MPP	1/1 (repartição através de caixas de ligação de gerador)
Tensão atribuída de entrada CC	630 V/710 V
Saída (CA)	
Potência atribuída com tensão nominal	75000 W
Potência aparente máx. CA	75000 VA
Potência reactiva máx.	75 000 VAR
Tensão nominal CA	3 / PE, 400 V a 480 V, $\pm 10\%$
Intervalo de tensão CA	360 V a 530 V
Frequência de rede CA/intervalo	60 Hz / 54 Hz a 65 Hz
Corrente máx. de saída (com 400 Vca)	109 A
Fases de injeção/fases de ligação	Trifásico

CAIXAS DE JUNÇÃO

Foram utilizados 3 caixas de junção devido a quantidade de módulos, corrente e tensão do sistema. As caixas de junção escolhidas são comuns no mercado, contendo 20 entradas e 1 saída, com todos os sistemas de ligação e proteção já inclusos, cujos dados técnicos são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: – Dados técnico da caixa de junção. **Fonte:** O autor, adaptado de Proauto

Modelo	SB-20E-1S-1500DC
Entradas	20
Saídas	1
Tensão máxima	1500vdc
Corrente máx. P/saída	315a
Fusível +/-	15a
Dimensões da caixa	1000x800x300
Material	Caixa metálica

Foram conectadas em sua entrada 20 arranjos fotovoltaicos (*strings*) cada e em sua saída um inversor, conforme ilustrado na “Figura 4”

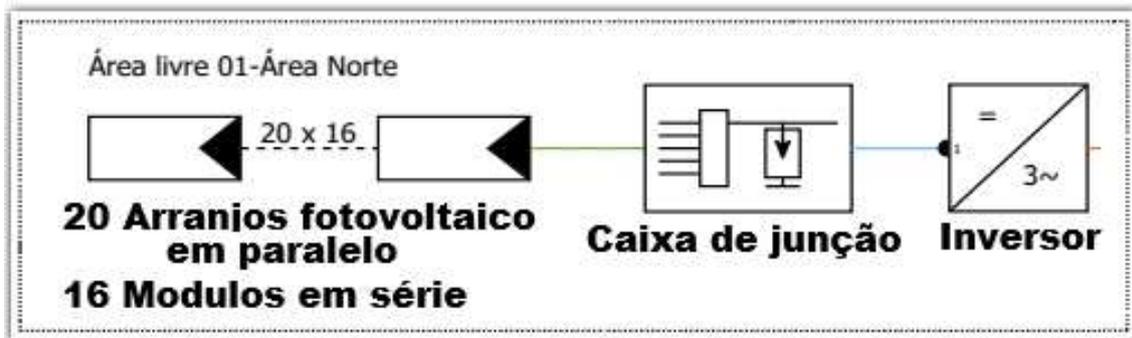


Figura 4: Esquema de ligação. **Fonte:** O autor

CONDUTORES PARA LIGAÇÃO

Os condutores utilizados no estudo foram próprios para instalações de geração fotovoltaica, atendendo todos os requisitos normativos nacionais. As características físicas e elétricas dos condutores utilizados no projeto são descritas na tabela 5.

Tabela 5: – Características dos condutores

Fonte: O autor, adaptado de *General Cable*

Seção Nominal mm ²	Diâmetro Externo (mm)	Peso Kg/Km	Ampacidade (A)
4	6,6	60	45
50	16,3	555	219

Condutor: cobre estanhado flexível, encordoamento de classe 5.

Isolação: Elastômero termofixo livre de halogênios.

Tensão: 1.8 kV CC

Com base nas seções dos condutores (determinadas através da tabela 5), foram levadas em conta as associações realizadas, corrente nominal de cada região e quedas de tensão devido às distâncias. As seções foram satisfatórias para os dois casos estudados, o quadro 1 mostra as seções por região.

Quadro 1: Seção de condutor por região.

Região	Corrente (A)	Seção do Cabo (mm ²)
Arranjos fotovoltaicos / Caixas de junção	8,88	4
Caixas de junção / Inversor	177,6	50

A queda de tensão considerada no dimensionamento foi de 3%, conforme NBR 16690:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019, p.21)

Sendo S a seção mínima do condutor, ρ a resistividade do cobre com valor de 0,01724 ohm, d a distância total do trecho considerando ida e volta, I a corrente que passa pelo condutor e ΔV a queda de tensão tolerada no cabeamento, utiliza-se a equação 1.0 abaixo: (MAMEDE FILHO, 2010, p. 6)

$$S(\text{mm}^2) = \rho(\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}) \frac{d(\text{m}) \cdot I(\text{A})}{\Delta V(\text{V})} \quad \text{Eq. (1.0)}$$

Desta forma foram efetuados os cálculos e os resultados obtidos estão descritos na tabela 6.

Tabela 6: – Queda de tensão nos condutores

Fonte: O autor

QUEDA DE TENSÃO NOS CONDUTORES					
Seção em mm ²	Maior distância (m)	Corrente (A)	Tensão (V)	Queda de tensão (V)	Queda de tensão (%)
4	162	8,88	729,6	12,747	1,75
50	70	177,6	729,6	8,813	1,21

Para os cálculos foram utilizados somente as maiores distâncias, os resultados obtidos estão dentro do valor exigido pela norma, tornando assim, as demais também satisfatórias.

MONTAGEM DA USINA FOTOVOLTAICA

Em ambos os casos estudados, o esquema de ligação bem como os componentes da usina de mineração fotovoltaica são os mesmos, a figura 5 ilustra de forma genérica como

foi idealizada a montagem da mesma, onde posteriormente serão analisadas as principais diferenças entre as duas configurações.

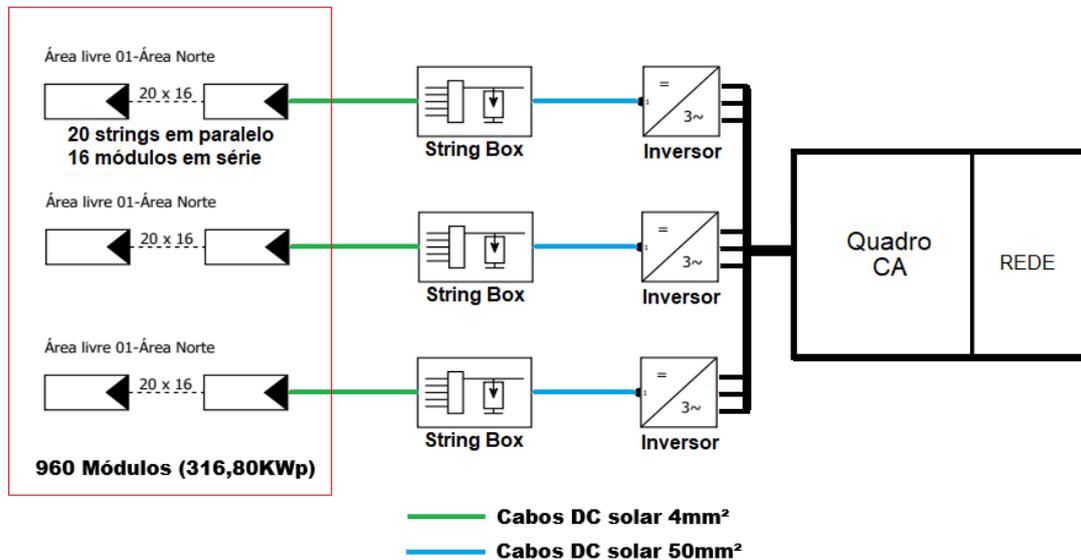


Figura 5: Esquema de ligação genérica. **Fonte:** O autor

OPÇÃO 1 - CAIXAS DE JUNÇÃO CENTRALIZADAS

Nesse caso, as 3 caixas de junção utilizadas foram todas centralizadas em um único lugar, fixadas próximas a seus inversores em uma construção de alvenaria no centro sul da planta. As figuras 6 e 7 mostram o esquema da montagem e a localização das mesmas.

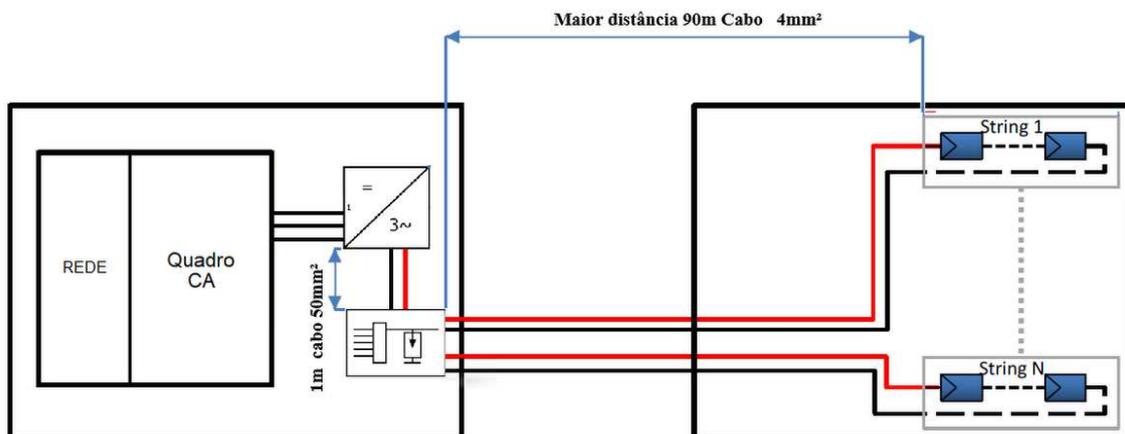


Figura 6: Esquema de ligação para caixas de junção centralizadas

Fonte: O autor

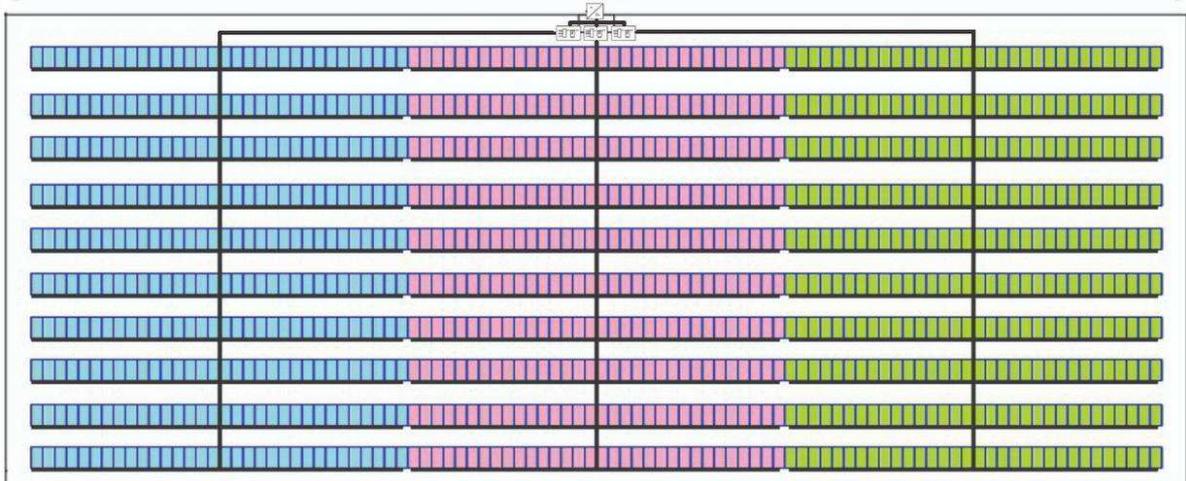


Figura 7: Esquema de ligação para caixas de junção centralizadas

Fonte: O autor

OPÇÃO 2 - CAIXAS DE JUNÇÃO DISTRIBUIDAS

Nesse caso, as 3 caixas de junção utilizadas foram consideradas distribuídas pela planta, fixadas atrás das placas da última fileira. As figuras 8 e 9 mostram o esquema da montagem e a localização das mesmas.

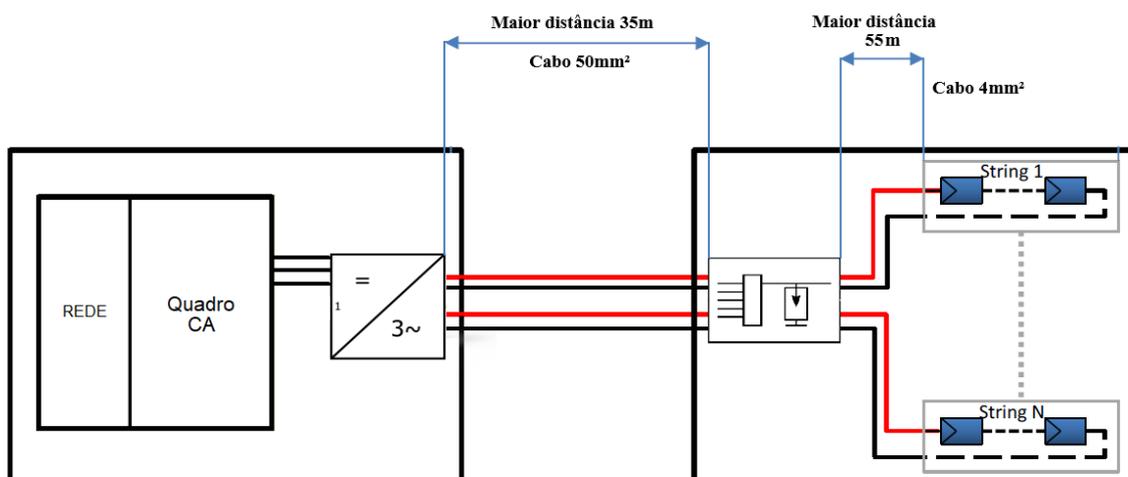


Figura 8: Esquema de ligação para caixas de junção distribuídas

Fonte: O autor

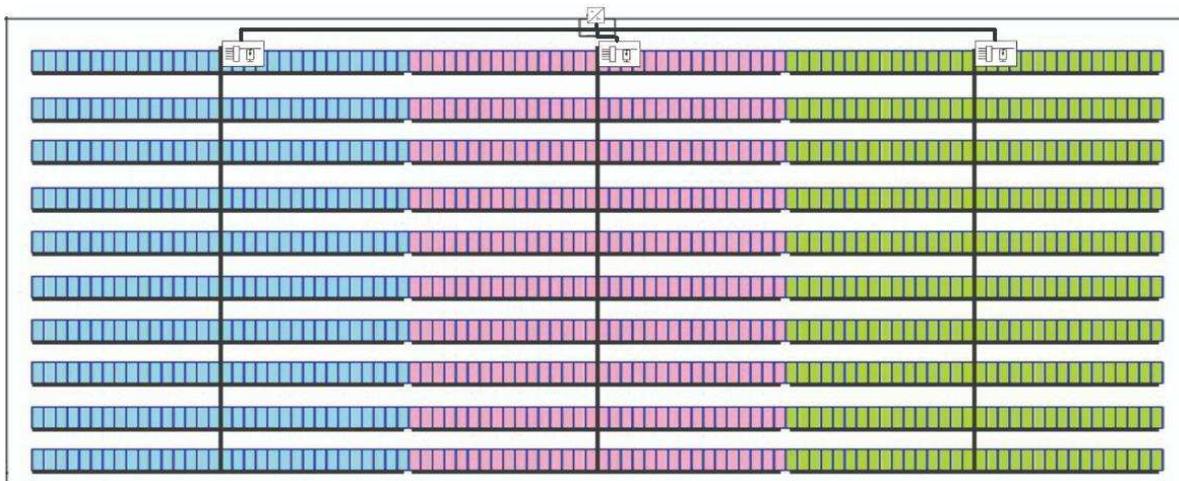


Figura 9: Esquema de ligação para caixas de junção distribuídas

Fonte: O autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Após a análise foi verificada a diferença entre o comprimento dos condutores em corrente contínua. No primeiro caso, há uma distância elevada percorrida por cabos com seção de 4mm² e uma pequena distância de cabos com seção de 50mm². No segundo caso, a distância percorrida por cabos de seção de 4mm² reduz, já a de 50mm² tem um aumento considerável.

Para comparar a diferença entre as duas configurações, foram feitas cotações no mercado nacional, levando em conta a diferença de quantidade de material encontrada.

Os quadros 2 e 3 mostram os valores encontrados em cada configuração.

Quadro 2: Custos da opção: Caixas de junção centralizadas.

Descrição		Preço	
960 unidades de módulos fotovoltaicos 3 unidades de inversores, 3 unidades de caixa de junção, acessórios e mão de obra		R\$	1.700.000,00
6294 metros	Cabo 4 mm ²	R\$	28.448,88
6 metros	Cabo 50 mm ²	R\$	290,28
Total		R\$	1.728.739,16

Quadro 3: Custos da opção: Caixas de junção distribuídas.

Quantidade	Item	Preço
960 unidades de módulos fotovoltaicos 3 unidades de inversores, 3 unidades de caixa de junção, acessórios e mão de obra		R\$ 1.700.000,00
3294 metros	Cabo 4 mm ²	R\$ 14.888,88
150 metros	Cabo 50 mm ²	R\$ 7.257,00
	Total	R\$ 1.722.145,88

Outros custos não descritos nos quadros acima como: conectores, suportes, parafusos, abraçadeiras, fixadores, condutores CA e quadro CA, estão inclusos na categoria acessórios.

Analisando-se os custos dos quadros 2 e 3, percebe-se uma vantagem econômica no valor de R\$ 6.593,28 no caso de caixas de junção distribuídas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Conforme apresentado nas configurações do projeto da usina de minigeração de energia fotovoltaica, foi possível analisar a diferença de custos para os dois tipos de montagens, utilizando os mesmos componentes, porém em quantidades diferentes. Considerando-se as características analisadas, percebeu-se uma vantagem econômica no valor de R\$ 6.593,28 no caso de caixas de junção distribuídas; a facilidade de expansão do sistema é também uma vantagem, vez que, utiliza-se menos espaço, devido às caixas de junção serem atrás dos módulos. No caso de caixas de junção concentradas, a vantagem predominante é a manutenção do sistema em caso de falhas, devido as mesmas estarem reunidas em um mesmo ponto da planta. Em ambos os casos não houve diferenças significativas em relação a limpeza.

Portanto, devido ao valor apresentado entre os dois casos ser praticamente inexpressivo face ao montante do investimento, conclui-se que a opção pela utilização de uma ou outra opção fica a critério do projetista, o qual poderá adotar a alternativa que melhor atenda tecnicamente o seu projeto.



REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16690. Instalações Elétricas de Arranjos Fotovoltaicos – Requisitos de projeto.** 1ª Edição, 2019.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia Elétrica para Sistemas Fotovoltaicos.** [s.n.],2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf> Acesso em: 28 mai. 2019.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia solar no brasil:** situação e perspectivas, 2017. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ihI9TjOdWYIJ:bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf%3Fsequence%3D1+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 28 de maio de 2019.

CPFL. Companhia Paulista de Força e Luz. **Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica, 2018.** Disponível em: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-15303.pdf>>. Acesso em: 01 de abril de 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 687.** Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015_687.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

CRESESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. **Potencial Solar Sun Data v3.0.** Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em 18 de setembro de 2019.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.ISBN ed., LTC, 2010. ISBN: 8521615205. 8521615205

CANADIAN SOLAR. **Datasheet de produtos.** Disponível em: <canadiansolar.com/upload/db6510218c769393/7434ad71443f89b8.pdf> Acesso em: 7 Set. 2019

SMA SOUTH AMERICA SPA. **Datasheet de produtos.** Disponível em:



< <https://files.sma.de/dl/30188/SHP75-10-DEN1744-V23web.pdf>>

Acesso em: 9 Set. 2019

PROAUTO ELECTRIC. **Datasheet de produtos.** Disponível em:

< <https://www.proautomacao.com.br/produtos/linha-de-produtos/?g=3100>>

Acesso em: 4 Set. 2019

GENERAL CABLE. **Datasheet de produtos.** Disponível em:

<<https://www.generalcable.com/assets/documents/LATAM%20Documents/Brazil%20Site/Catalogo-ExZHellent-Solar.pdf?ext=.pdf>>

Acesso em: 15 Set. 2019

ESTUDO EXPLORATÓRIO DO DESEMPENHO DA ZCIT COM ÍNDICES DE INSTABILIDADE E INIBIÇÃO CONVECTIVAS

Wendy Kaori Matsunaga¹; Julia Amanda Nanini²; Matheus José Arruda Lyra³;
Eliton Sancler Goes Sales⁴; Josefina Moraes Arraut⁵

RESUMO

O principal objetivo desse estudo foi avaliar o comportamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Oceano Atlântico no que diz através dos índices de instabilidade *Convective Available Potential Energy* (CAPE) e *Convective Inhibition Energy* (CINE). A análise foi realizada a partir de dados de reanálise ERA-Interim do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) em conjunto com o software Open Grid and Analysis Display System. Os dados de precipitação utilizados para análise foram fornecidos pelo *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP). As regiões de maiores valores pluviométricos localizaram-se sobre uma faixa profunda de elevada concentração de umidade, o que conseqüentemente, gerou alta temperatura potencial equivalente (θ_e). De forma geral foi observada instabilidade potencial e faixas de mínima inibição convectiva, porém esta faixa tornou-se ainda menor na faixa da ZCIT ao compará-la com a região da Amazônia. A menor inibição convectiva na ZCIT dá um significado mais preciso à hipótese de a convecção ser mais eficiente sobre o oceano.

PALAVRAS-CHAVE: índices de instabilidade; CAPE; CINE.

Autor para correspondência: wkmatunaga@gmail.com

1Doutoranda na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba; 2Doutoranda na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba;

3Doutorando na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba; 4Doutorando na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba;

5Orientadora na Instituição UFCG, Campina Grande, Paraíba.

EXPLORATORY STUDY OF ITCZ PERFORMANCE WITH CONVECTIVE INSTABILITY AND INHIBIT INDEXES

ABSTRACT

The main objective of this study is to evaluate the behavior of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) in the Atlantic Ocean with regard of instability indices to the *Convective Available Potential Energy* (CAPE) and *Convective Inhibition Energy* (CINE). The analysis are perform from ERA-Interim reanalysis data from the *European Center for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) in combination with the software Open Grid and Analysis Display System. Precipitation data used for analysis are provided by the *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP). The regions with higher rainfall values are located over a deep range of high humidity concentration, which consequently generates a high equivalent potential temperature (θ_e). Overall, potential instability and minimal convective inhibition ranges are observed, but this range become even smaller in the ZCIT range by comparing it with the Amazon region. The lower convective inhibition in ZCIT gives more precise meaning to the hypothesis that convection is more efficient over the ocean.

KEY-WORDS: instability indices; CAPE; CINE.

INTRODUÇÃO

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ocorre na grande região de confluência e convergência dos ventos alísios de nordeste e de sudeste, oriundos dos anticiclones subtropicais dos Hemisférios Norte e Sul (HASTENRATH, 1985). Além de grande produtora de chuva sobre a região equatorial, a ZCIT é fundamental para o balanço térmico global. A ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley e é responsável pelo transporte do calor liberado na convecção tropical para os altos níveis, que em seguida segue em sentido polar, vindo a descer sobre os subtrópicos (Waliser & Somerville, 1994).

Nas imagens de satélite a ZCIT aparece como uma banda de nebulosidade sobre as regiões equatoriais e subtropicais nos Oceanos Pacífico e Atlântico principalmente. Sobre os continentes, este sistema tende a se desorganizar, pois interage com a intensa convecção tropical nos meses de verão sobre a Amazônia (América do Sul) e o Congo (África) e na região da Indonésia (Ásia) (Rosa & Silva, 2016).

Diversos autores têm mostrado que a precipitação na ZCIT é formada a partir da interação entre a convergência dos ventos alísios, a região do cavado equatorial e a faixa de máxima temperatura da superfície do mar (TSM) (Uvo, 1989; Ferreira, 1996; Gu &



Adler, 2009); este estudo busca analisar outras características deste sistema precipitante, focando em aspectos termodinâmicos. A saber, o comportamento da distribuição de *Convective Available Potential Energy* (CAPE) e *Convective Inhibition Energy* (CINE) na área oceânica e continental do estudo.

OBJETIVO DO TRABALHO

Estudar o comportamento da Zona de Convergência Intertropical no Oceano Atlântico no que diz respeito a CAPE e CINE. Além disto, as instabilidades e inibição convectivas são estudadas não apenas nas suas formas integradas, mas também numa forma em que fica explícita a sua estrutura vertical.

MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo exploratório, que toma por base apenas um dia, 2 de março de 2018.

Dados de reanálise ERA-Interim disponibilizados pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), com resolução de $0,75^\circ$ de latitude por $0,75^\circ$ de longitude para os quatro horários sinóticos (00, 06, 12, 18 UTC), foram utilizados com o auxílio do software *Open Grid and Analysis Display System* (OpenGrADS). As variáveis utilizadas para o estudo foram a temperatura e umidade relativa do ar, umidade específica, velocidade vertical, componentes zonal (u) e meridional (v) do vento e CAPE.

Essas variáveis foram usadas para o cálculo do perfil vertical de temperatura potencial (θ), temperatura potencial equivalente (θ_e) e temperatura potencial equivalente de saturação (θ_{es}), a partir da equação criada por Bolton (1980). Além disso, foram feitas estimativas de CAPE e CINE, diferença entre temperatura potencial equivalente em 1000 hPa e temperatura potencial equivalente de saturação em todos os níveis, na qual a integral vertical dos valores negativos dessa grandeza indica a região de inibição convectiva. Os dados de precipitação foram fornecidos pelo *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) provenientes do *Global Precipitation Measurement*, com resolução de $2,5^\circ$ de latitude por $2,5^\circ$ de longitude.

As áreas de estudo analisadas foram selecionadas através de regiões na faixa latitudinal entre 0° e 5° S e longitudes fixadas de 30° e 70° W que influenciadas pela ZCIT

apresentaram maiores picos de precipitação, durante o dia 2 de março de 2018. O estudo de caso foi selecionado devido a maior influência da ZCIT no hemisfério Sul, na faixa oceânica e continental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região de máximo CAPE sobre o oeste da Amazônia, atinge valores acima de 1800 J/Kg. Em 30° W, na região oceânica correspondente a localização da ZCIT o CAPE supera 1000 J/Kg somente em pequenas áreas, assumindo valores máximos entre 600 e 800 J/Kg (Figura a). E no campo da precipitação o acumulado diário (Figura b) em 70° W encontram-se valores acima de 40mm e entre 30 a 35mm próximo a 30° W. É possível que os os valores de CAPE consideravelmente menores na ZCIT indique menor necessidade de acúmulo de energia para que ocorra convecção.

Na longitude fixada em 70°W e entre 5° N e 15° S aproximadamente, observa-se o máximo de umidade entre 1000hPa e 750hPa. Em superfície, a umidade atinge valores máximos de 15 a 17 J/Kg e de 8 J/Kg em 750hPa com forte movimento vertical ascendente, o que estende a espessura da camada úmida (Figura c). Nessa faixa, não há perturbação em θ (Figura d), no entanto há um máximo de θ_e (Figura e) na camada entre 1000 e 750hPa com valores a superfície entre 350 e 355 K e instável verticalmente; esta discrepância entre θ e θ_e indica que o máximo de θ_e deve-se ao conteúdo de umidade enquanto que θ mostra-se estável, podendo ser justificada pela razão entre a variação da temperatura potencial e a variação da altura mostrar-se positiva e portanto estável devido ao horário do estudo, às 12 UTC ou 9h local, em que a atmosfera ainda não foi aquecida suficientemente para provocar a instabilidade na temperatura potencial.

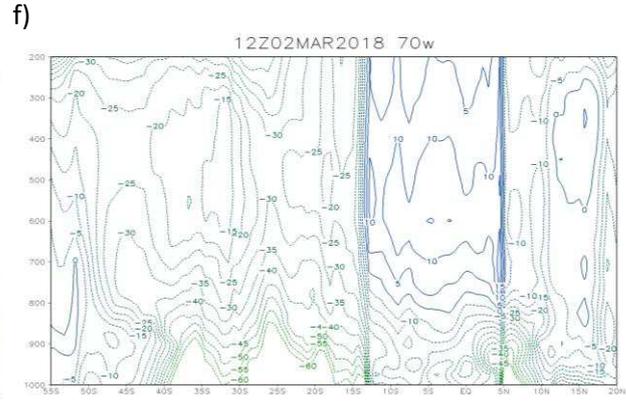
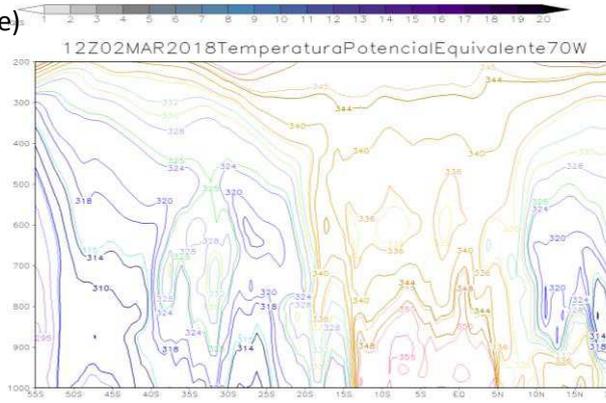
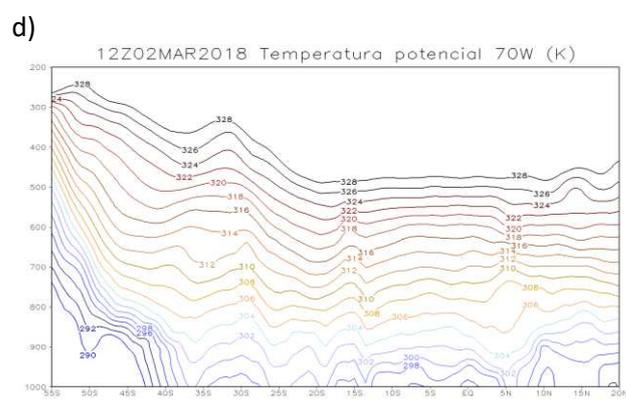
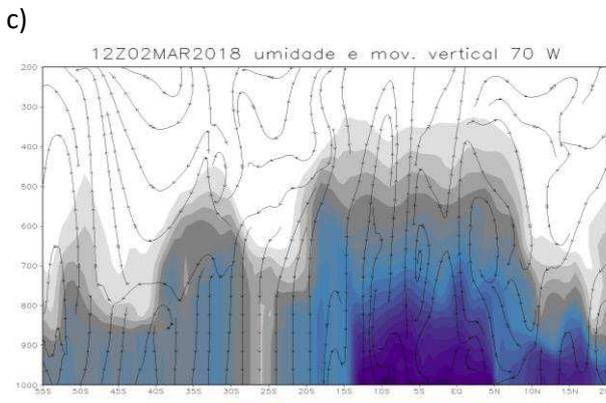
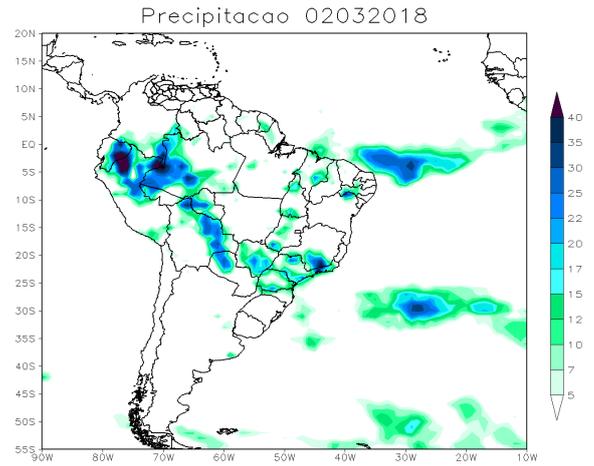
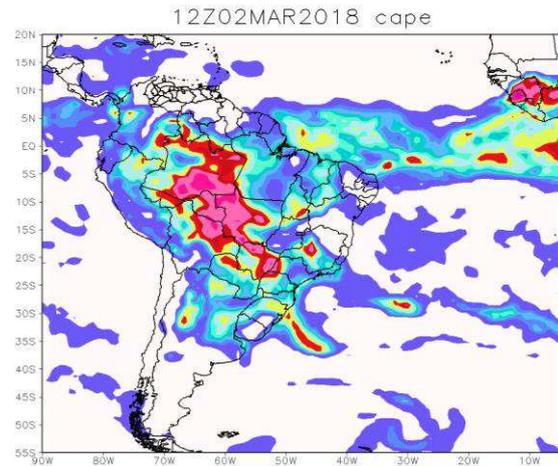
A Figura 'f' ilustra integral vertical da diferença entre temperatura potencial equivalente em 1000 hPa e temperatura potencial equivalente de saturação para cada nível, na qual integral vertical dos valores positivos e valores negativos são proporcionais ao CAPE e CINE, respectivamente. Nota-se a intensidade da resistência a convecção nos níveis de pressão, assim como a profundidade da camada em que essa resistência ocorre. Analogamente, é possível ver a estrutura vertical da “tendência a convecção” em cada nível. Dito isto, é perceptível que a faixa com menores valores negativos corresponde com a região com precipitação mais intensa.

Na Figura 'g' a faixa meridional de 30°W e entre 5°S e 0°S mostrou-se uma área com forte convergência de umidade a partir de 750hPa, assumindo valores de 14 g/Kg e chegando a 18 g/Kg em superfície e forte movimento ascendente até a alta troposfera. Assim como na região Amazônica, foi observado a estabilidade em θ para a faixa oceânica (Figura h). Já θ_e (Figura i) encontra-se fortemente instável, com o decréscimo de na temperatura até o nível de entre 344 e 350K e proximidade das isolinhas com a concentração da umidade.

Encontram-se baixíssimos valores de inibição convectiva na região entre 5°S e 0° (Figura j), tornando a utilização da energia potencial disponível para convecção mais eficiente.

a)

b)



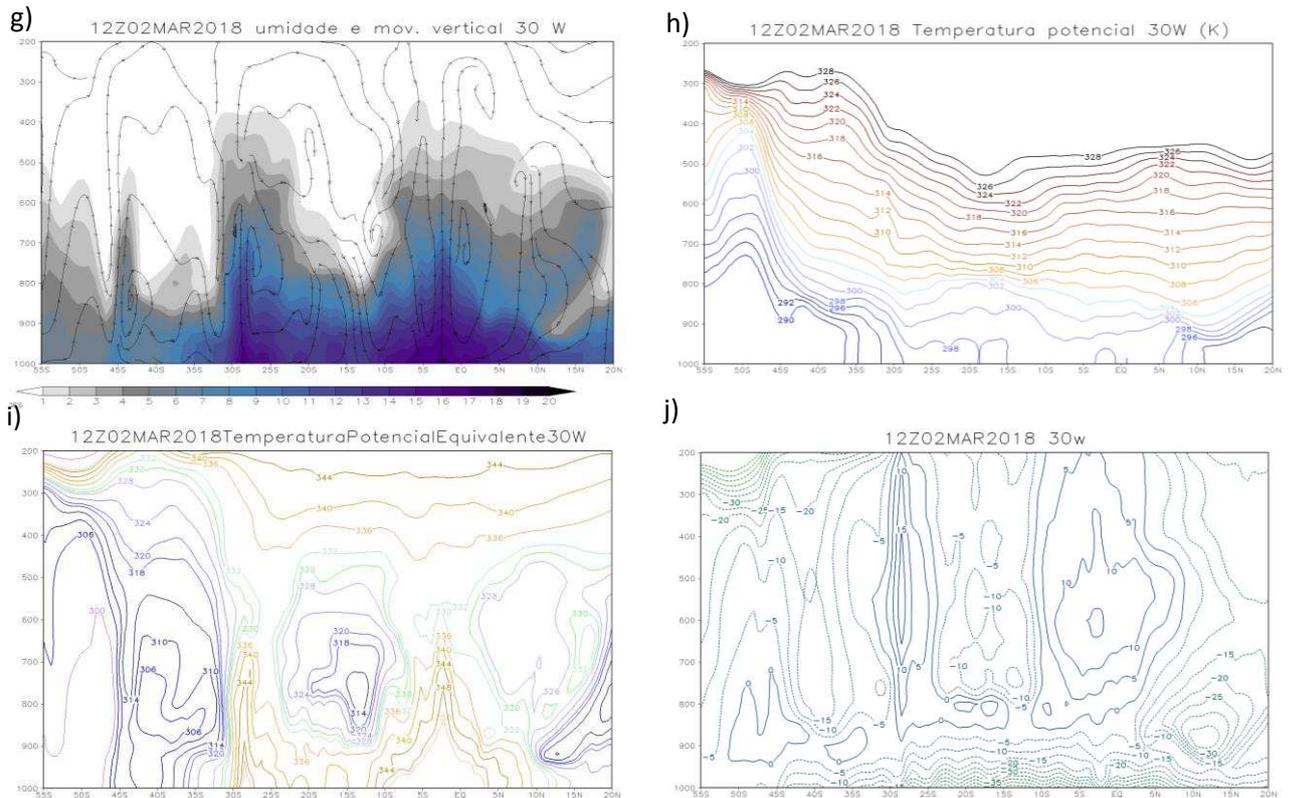


Figura 1: a) Convective Available Potential Energy (CAPE) (J/Kg) , em cores. b) Precipitação (mm/dia), em cores. c) Perfil de umidade (g/Kg), em cores e circulação meridional vertical do vento (m/s), em vetores, para 30° W d) Perfil de temperatura potencial (θ), em K, para 30°W. e) Perfil de temperatura potencial equivalente (θ_e), em K, para 70°W. f) Perfil da estimativa de CAPE e CINE, para 30°W (J/Kg). g) Perfil de umidade (g/Kg), em cores e circulação meridional vertical do vento (m/s), em vetores, para 70° W h) Perfil de temperatura potencial (θ), em K, para 70°W. I) Perfil de temperatura potencial equivalente (θ_e), em K, para 70°W. j) Perfil da estimativa de CAPE e CINE, para 70°W (J/Kg).

CONCLUSÃO

Cada região de chuva está localizada em uma faixa profunda de concentração de umidade, o que torna também faixas de alta temperatura potencial equivalente (θ_e). Ambas mostram instabilidade potencial equivalente e faixas de mínima inibição convectiva, contudo esta faixa torna-se ainda menor na ZCIT ao compara-la com a Amazônia. A menor inibição convectiva na ZCIT dá um significado mais preciso à hipótese da convecção ser mais eficiente sobre o oceano.



APOIO

Agradecemos a CAPES pela bolsa de pesquisa concedida aos integrantes do trabalho.

REFERÊNCIAS

BOLTON, D. **The Computation of Equivalent Potential Temperature**. Monthly Weather Review, v. 108, p. 1046-1053, Julho, 1980.

FERREIRA, N.S. **Zona de convergência intertropical**. Boletim do Climanálise Especial - Comemoração dos 10 anos, São Paulo, 1996.

GU, G.; ADLER, R. F. Interannual variability of boreal summer rainfall in the equatorial Atlantic. International Journal of Climatology, v. 29, p. 175-184, 2009.

HASTENRATH, S. **Climate and circulation of the tropics**. Reidel, Dordrecht, Boston, Lancaster, Tokyo. 455 f. 1985.

ROSA, M.B., & SILVA, L.T. 7 - **Alguns Aspectos Climatológicos da ZCIT sobre o Atlântico**. Climanálise - edição especial de 30 anos, p 2016.

UVO, C.B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na Região Norte do Nordeste Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE. São José dos Campos, SP. 1989.

WALISER, D. E.; GAUTIER, C. **A Satellite-Derived Climatology of the ITCZ**. Journal of Climate, v. 6, p. 2162-2174, 1993.



ESTUDO TERMODINÂMICO DE UM VÓRTICE CICLÔNICO DE ALTOS NÍVEIS SOBRE O NORDESTE DO BRASIL

Matheus José Arruda Lyra¹; Josefina Moraes Arraut²; João Pedro Gonçalves Nobre³;
Ismael Guidson Farias de Freitas⁴; Dimas de Barros Santiago⁵

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar as características termodinâmicas de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) ocorrido em janeiro de 2004 sobre o Nordeste do Brasil (NEB). A análise foi realizada a partir de dados de reanálise ERA-Interim trabalhados em conjunto com o software Open Grid and Analysis Display System. Durante os dias de precipitação mais elevada a periferia oeste do VCAN manteve-se fixada sobre o NEB, onde, em contato com os elevados valores da temperatura de superfície e altos valores de umidade entre a superfície e médios níveis da atmosfera favoreceram a atividade convectiva na região. A avaliação dos campos meteorológicos indicou a variação de movimentos verticais em conjunto com a forte instabilidade devido ao elevado CAPE em determinados pontos da periferia do vórtice, o que se tornou crucial para a variação das taxas de precipitação entre o sertão/semiárido e a costa leste do NEB.

PALAVRAS-CHAVE: VCAN; Instabilidade; Precipitação.

Autor para correspondência: matheuslyraa@gmail.com

1,4,5 Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba;

2 Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3 Mestrando em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, São Paulo.

THERMODYNAMIC STUDY OF AN UPPER-TROPOSPHERIC CYCLONIC VORTEX OVER NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

The main purpose of this study was to analyze the Upper-Tropospheric Cyclonic Vortex (UTCV) thermodynamic characteristics that occurred in January 2004 over the Brazilian Northeast (BNE). The analysis was performed from ERA-Interim reanalysis with Open Grid and Analysis Display System software. The western UTCV periphery remained fixed over the BNE during the days of higher precipitation, where, in contact with the high surface temperature and high humidity values between low and medium atmospheric levels favored the convective activity in the region. The detailed assessment of the meteorological fields indicated the variation of vertical movements together with strong instability due to the high CAPE in certain points of the vortex periphery, which became crucial for the variation of the precipitation rates between the hinterland/semiarid and the east coast of BNE.

KEY-WORDS: UTCV; Instability; Precipitation.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são sistemas sinóticos de baixa pressão que se formam na alta troposfera (GAN, 1982). Estes sistemas também se caracterizam por possuir um centro de circulação mais frio em relação à sua periferia (GAN, 1982). Estudos realizados por Kousky e Gan (1981) mostraram que a formação do VCAN ocorre devido à intensificação da Alta da Bolívia associada ao adiantamento de sistemas frontais de origem subtropical.

O VCAN é caracterizado como um sistema de pré-estação, onde durante os meses de verão é o principal produtor de chuva em regiões localizadas sobre a sua periferia, porém quando posicionado sobre o NEB, pode contribuir para maior escassez de chuva (REBOITA et al., 2016). Sazonalmente, durante o verão astronômico, os VCANs ocorrem com maior frequência nas regiões litorâneas e centro-sul do estado da Bahia, região central de Pernambuco, enquanto no outono, a região central e litorânea da Bahia possui a maior incidência dos vórtices (REIS, 2018).

Segundo Gomes et al. (2019), o mês de janeiro é, climatologicamente, um dos meses mais chuvosos do centro-sul do NEB e o mês mais chuvoso da pré-estação do setor norte do NEB. Devido ao potencial dos VCANs em influenciar o regime pluviométrico em regiões do semiárido e sertão do NEB, eles são classificados como sistemas



extremamente importantes, por produzir grandes totais pluviométricos em curtos espaços de tempo.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O principal objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso no intuito de avaliar as condições termodinâmicas de um VCAN sobre o NEB, através de secções verticais de diversos campos meteorológicos distintos.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A área de estudo consiste na região Nordeste do Brasil, situada entre as latitudes 0 – 15°S e meridianos 30°W – 45° W. A região é demarcada em **quatro sub-regiões climáticas**, observando-se aspectos característicos de cada área: Zona da Mata, Agreste, Sertão e o Meio Norte. Os mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no NEB podem ser classificados em mecanismos de grande escala, responsáveis por cerca de 30% a 80% da precipitação observada dependendo do local. Durante os meses de verão os principais sistemas produtores de chuva na região são a ZCIT e o VCAN (REBOITA et al., 2010).

Dados de reanálise global ERA-Interim fornecidos pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), com resolução de 0,75° de latitude por 0,75° de longitude. Com o auxílio do software *Open Grid and Analysis Display System* (OpenGrADS), estes dados foram utilizados para confecção de campos meteorológicos para os quatro horários sinóticos (00, 06, 12, 18 UTC), permitindo a análise sinótica dos vórtices originados sobre o NEB. Foram plotados os campos de *Convective Available Potential Energy* (CAPE) em (J/kg), linhas de corrente ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) e vorticidade relativa (s^{-1}) em 300hPa e secções verticais de umidade ($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$) e movimentos verticais (1000-100hPa) e temperatura potencial equivalente (K) entre 1000 e 100hPa.

As informações referentes às precipitações provocadas pelo VCAN foram consultadas através dos dados de precipitação estimada do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) através do produto 3B42, com resolução espacial de 0,25° de latitude por 0,25° de longitude.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

O sistema em estudo se desenvolveu entre os dias 16 e 25 de janeiro de 2004. Este apresentou formação oceânica, perdurando por cerca de dois dias, passando a ter seu núcleo fixado ao continente durante o restante de sua duração. A análise em detalhes do VCAN consistiu entre os dias 22 e 24, onde os maiores valores pluviométricos associados à sua convecção foram identificados. Os campos de linhas de corrente e vorticidade relativa em 300hPa (Figura 1) mostram o desenvolvimento do vórtice ao longo dos dias analisados.

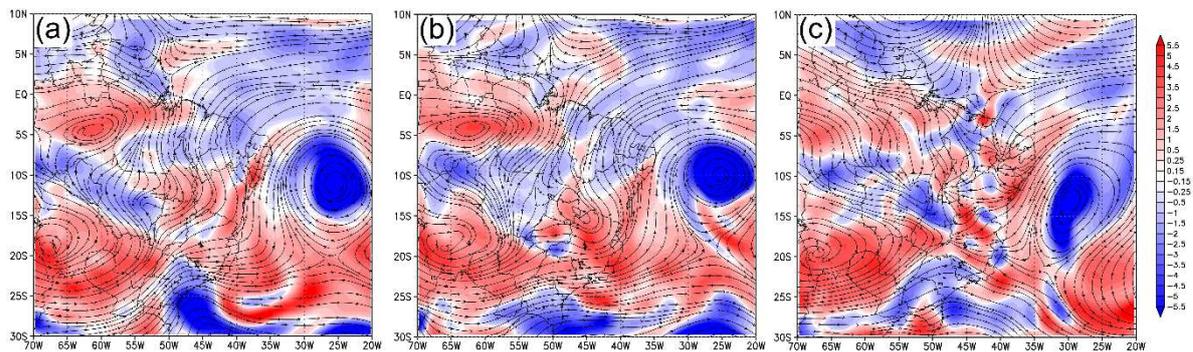


Figura 1: Campos de linhas de corrente e vorticidade relativa em 300hPa para os dias 22 (a), 23 (b) e 24 (c) de janeiro de 2004 às 00UTC.

Janeiro de 2004 caracterizou-se pelos elevados valores pluviométricos registrados sobre o NEB, após um longo período de estiagem, desde 1998. O maior destaque para este estudo remete à importância do açude Epitácio Pessoa, o qual é fundamental para o abastecimento de água para a população do semiárido e sertão do estado da Paraíba. Os valores pluviométricos causados pelo vórtice em estudo reabasteceram expressivamente o volume dos reservatórios após 6 anos de estiagem. Os dados estimados do volume do reservatório do açude indicavam que até o dia 12 de janeiro seu volume concentrava-se em torno de 23,9%, já no dia 29 este volume passou para 88,8% de sua capacidade total.

Entre os dias 22 e 24, a periferia Oeste do VCAN manteve-se sobre a costa leste e região semiárida do NEB. As maiores formações de nebulosidade, bem como precipitação. Os maiores valores de precipitação registrados para esse caso ocorrem no dia 22 (Figura 2a) sobre os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, enquanto

no dia 23 estes picos concentraram-se sobre o Maranhão e Piauí (Figura 2b). Já no dia 24 (Figura 2c) a precipitação ocorreu sobre o Oceano, onde estava localizada a periferia norte do vórtice.

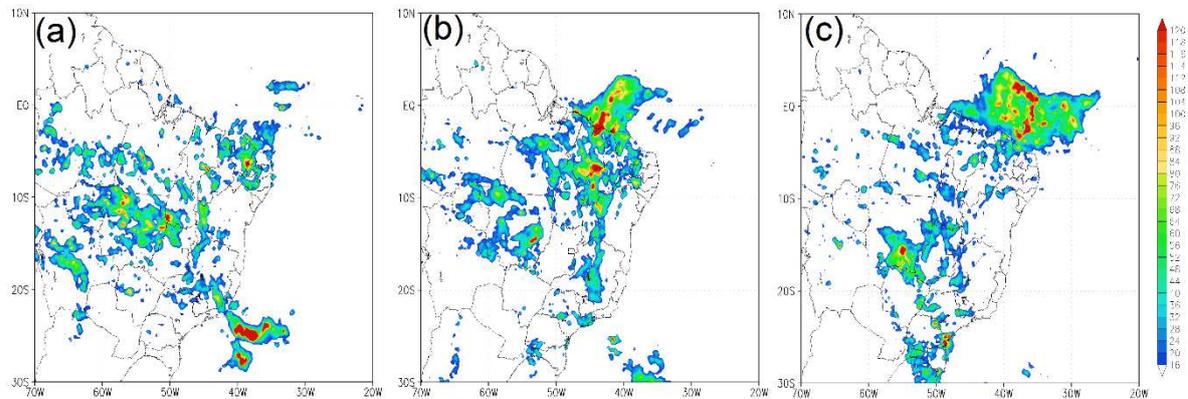


Figura 2: Precipitação acumulada (mm/24h) calculada pelo TRMM para os dias 22 (a), 23 (b) e 24 (c) de janeiro de 2004.

A análise dos campos de temperatura potencial foi realizada através dos recortes meridionais em 45°W e 25°W às 00UTC e 12UTC. O recorte realizado nas regiões de máxima precipitação em 45°W mostraram elevadas temperaturas próximo à superfície, porém com pouca variação em médios e altos níveis tanto às 00UTC (Figura 3a) quanto para as 12UTC (Figura 3c). Para o recorte da região onde localizava-se o centro do vórtice observou-se valores mínimos de temperatura potencial equivalente a 318K com uma região de fortes gradientes térmicos entre 900-800hPa para ambos os horários analisados. Para o nível entre 500-300hPa, onde o centro do VCAN foi identificado (8°S) notou-se um aumento da temperatura potencial equivalente e consequentemente inibição da convecção sobre esta área, impossibilitando formação de nuvens (Figuras 3b e 3d).

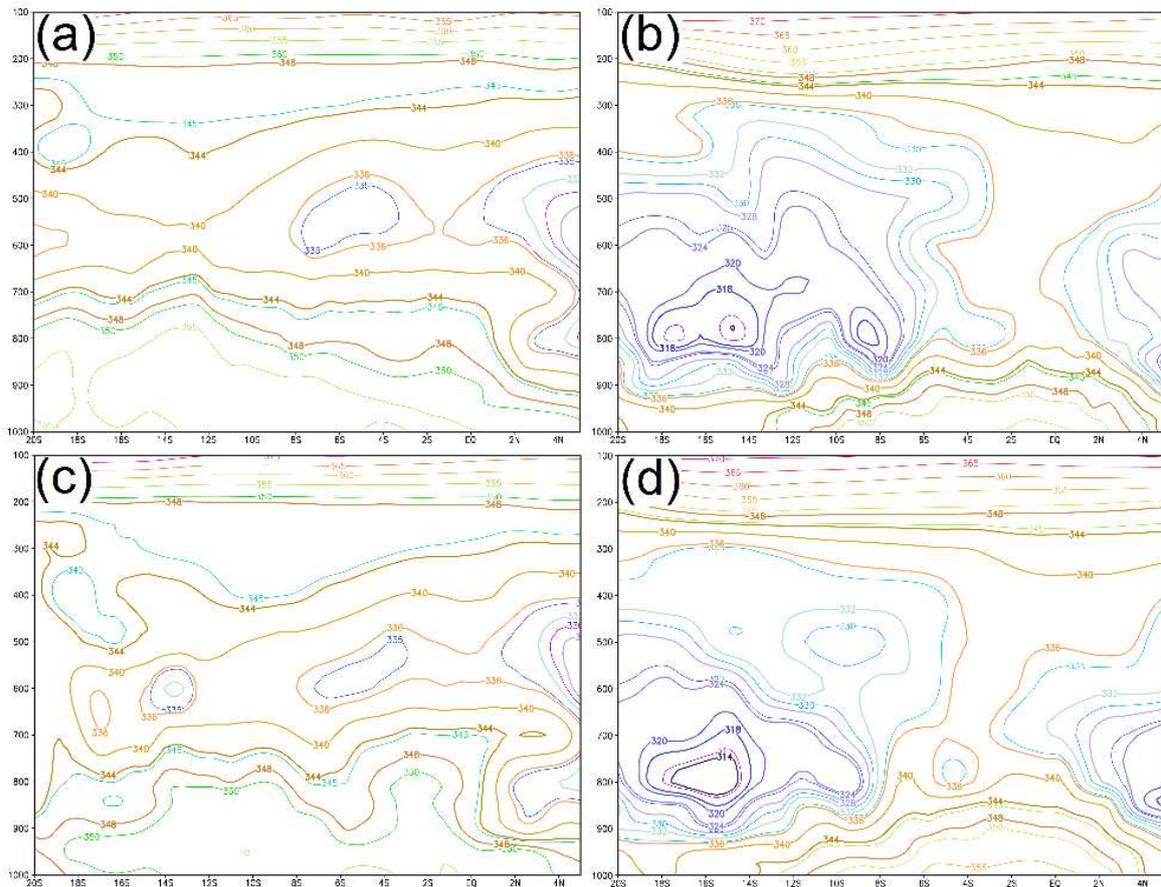


Figura 3: Secções verticais entre 1000 e 100hPa para o campo de temperatura potencial equivalente (θ_e) para os meridianos 45°W às 00TC (a); 12UTC (c) e 25°W às 00UTC (b); 12UTC. Ambos para o dia 23 de janeiro de 2004.

A análise de umidade e movimentos verticais foi realizada para os mesmos recortes e horários supracitados. Na região periférica do VCAN (Figura 4a e 4c) observou-se movimentos ascendentes sobre a região com valores mais altos de umidade ao longo da secção em diferentes níveis verticais. Na região de maiores valores de precipitação observou-se aumento dos valores de umidade entre 35°-45°W, onde localizava-se a periferia do sistema, assim como os movimentos ascendentes e elevados valores de temperatura em superfície, o que resultou nesta grande atividade convectiva sobre grande parte do NEB. Entre 45° e 40°W, pontos de maiores valores pluviométricos registrados, foi observada umidade elevada até aproximadamente 300hPa. Já as secções verticais plotadas para 25°W indicaram valores mínimos de umidade observados no centro do VCAN, como se pode observar entre 6°-10°S às 00UTC (Figura 4b),

acompanhado de movimentos descendentes. Já às 12UTC (Figura 4d) pôde-se observar fracos movimentos ascendentes na mesma região supracitada, em decorrência da forte divergência no horário anterior.

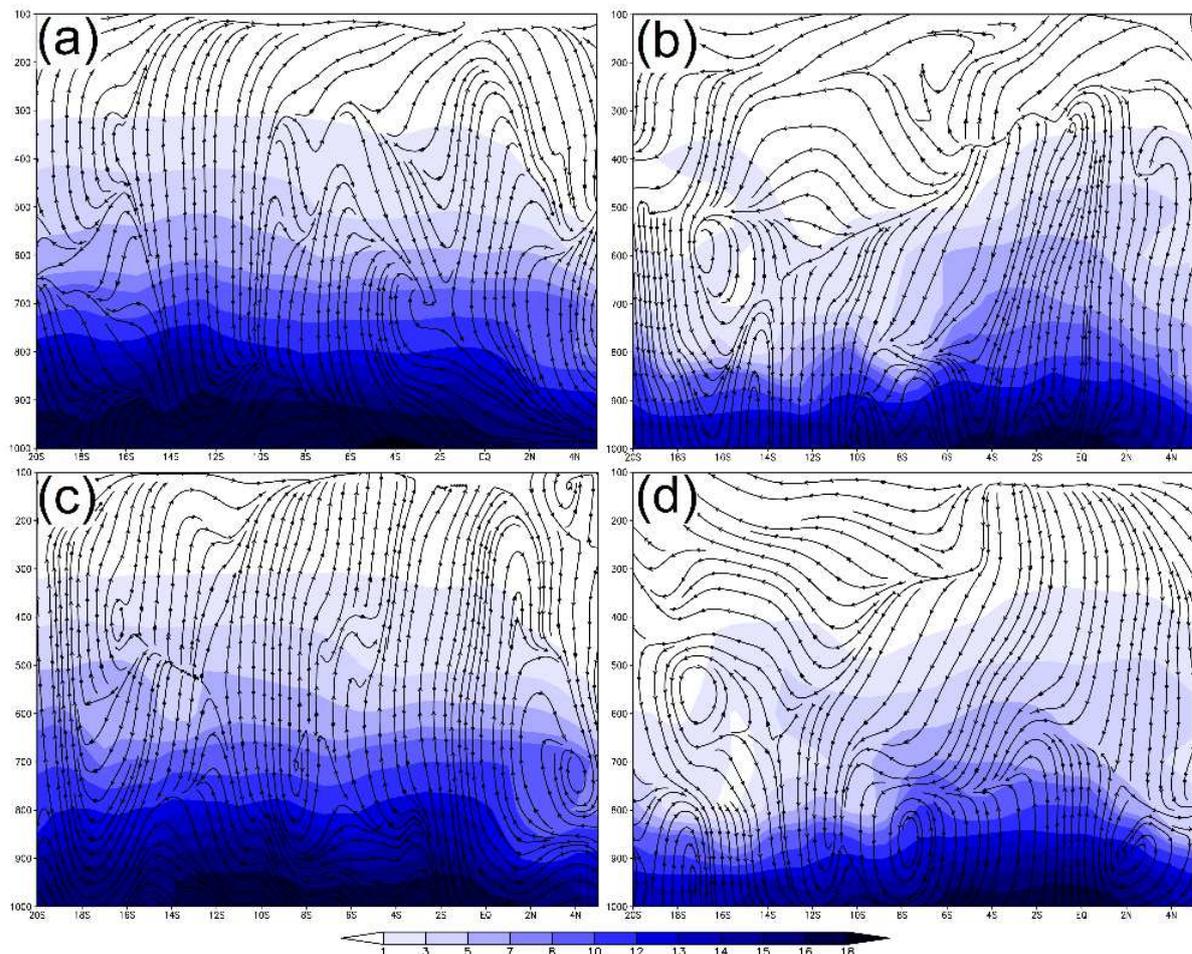


Figura 4: Secções verticais entre 1000 e 100hPa para os campos de umidade específica ($\cdot 10^3$) e movimentos verticais para os meridianos 45°W às 00UTC (a); 12UTC (c) e 25°W às 00UTC (b); 12UTC (d). Ambos para o dia 23 de janeiro de 2004.

O campo do CAPE apresentou valores entre 1000-1400 J/Kg entre os estados do Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Bahia, caracterizando forte instabilidade, tornando a região favorável a formação convectiva e justificando a precipitação registrada para o dia estudado (Figura 5). De forma geral, os maiores valores identificados se concentraram sobre a periferia oeste e centro do vórtice.

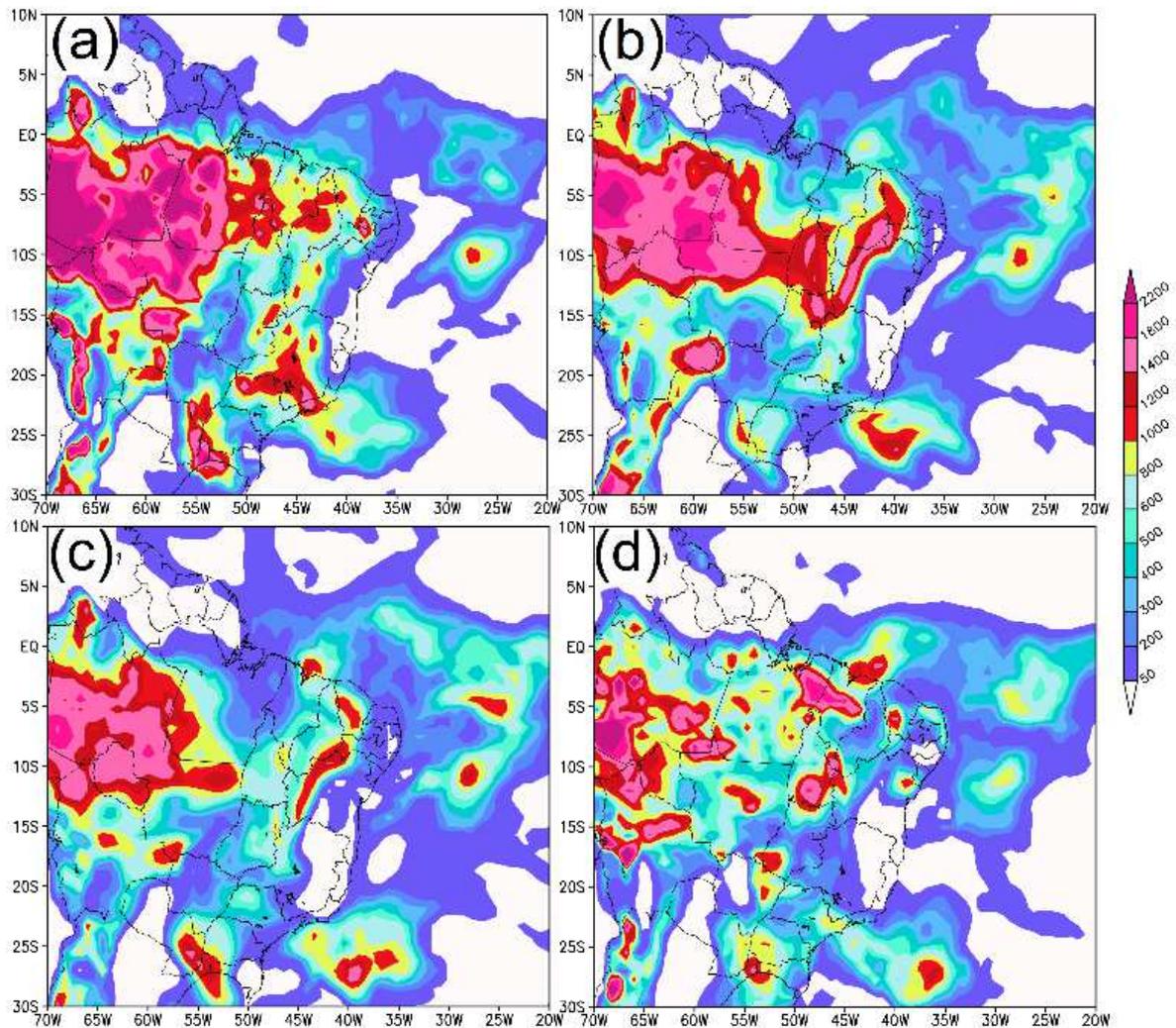


Figura 5: Campo de CAPE para o dia 23/01/2004 às 00 (a), 06 (b), 12(c) e 18UTC (d).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O VCAN analisado se desenvolveu por um período de 09 dias, onde gerou grandes valores pluviométricos sobre o sertão e semiárido do Nordeste brasileiro entre os dias 22 e 24 de janeiro. Durante estes três dias a periferia oeste do vórtice manteve-se fixada sobre o NEB, onde, em contato com os elevados valores da temperatura de superfície e altos valores de umidade entre a superfície e médios níveis da atmosfera favoreceram a atividade convectiva na região.

A avaliação em detalhes dos campos meteorológicos indicou grandes movimentos ascendentes sobre a periferia do vórtice, junto à elevada instabilidade convectiva



provocada pelos elevados valores do CAPE tornaram-se fatores cruciais para os elevados valores de precipitação no sertão/semiárido do NEB (aproximadamente entre 45-40°W)

REFERÊNCIAS / REFERENCES

GAN, Manoel Alonso. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico sul e leste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1982. Acesso em: 18 nov. 2019.

GOMES, Helber Barros; AMBRIZZI, Tercio; PONTES DA SILVA, Bruce Francisco; HODGES, Kevin; SILVA DIAS, Pedro L.; HERDIES, Dirceu L.; SILVA, Maria Cristina; GOMES, Heliofábio Barros. Climatology of easterly wave disturbance over the tropical South Atlantic. **Climate Dynamics**, v. 53, p. 1393-1411. 2019. Acesso em 25 nov. 2019.

KOUSKY, Vernon Edgar. Frontal Influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 107, p. 1140–1153. 1979. Acesso em: 18 nov. 2019.

KOUSKY, Vernon Edgar, GAN, Manoel Alonso. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v.33, p. 538-551, 1981. Acesso em: 18 nov. 2019.

REBOITA, Michelle Simões.; GAN, Manoel Alonso.; ROCHA, Rosmeri Porfírio; AMBRIZZI, Tercio. Regimes de precipitação da América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 25, p. 185-204. 2010. Acesso em: 18 nov. 2019.

REBOITA, Michelle Simões; RODRIGUES, Marcelo; ARMANDO, Rodolfo Pereira; FREITAS, Cleverson; MARTINS, Débora; MILLER, Gabriel. Causas da Semiáridez no sertão nordestino. **Revista brasileira de Climatologia**. v. 19. 2016. Acesso em: 18 nov. 2019.



REIS, Jean Souza. **Características dinâmicas e termodinâmicas dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 77p. 2018. Acesso em: 18 nov. 2019.



INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE A REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ

Sherlly Teles de Oliveira¹; Djane Fonseca da Silva²

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo de gerar e interpretar as análises de Ondeletas, para identificação dos eventos climáticos chuvosos e secos, e suas causas climáticas, para a região metropolitana de Maceió. Para isso foram adquiridos os dados de precipitação para o período de 1987 a 2017 nos sites do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e da Agência Nacional de Águas – ANA, usou-se o software Matlab para a obtenção das Ondeletas, para identificar os eventos extremos de secas e de precipitações acima da média para a região metropolitana, foram feitas as análises para os 3 municípios da região sendo eles: Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo. Com a aplicação da Análise de Ondeletas foram identificados os anos com eventos/precipitações extremas e supõe-se como causas climáticas: sazonalidade, variabilidade interanual, ENOS, Dipolo do Atlântico, Manchas Solares e Oscilação Decadal do Pacífico. Pode-se concluir através das análises de Ondeletas, que em todos os municípios da região metropolitana tiveram uma forte influência causado pelo ENOS.

PALAVRAS-CHAVE: Seca; Precipitação, Matlab.

Autor para correspondência: sherllyteles@outlook.com

1Mestranda em meteorologia do Centro de Ciências Atmosférica (ICAT) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL); 2Professora Doutora do Centro de Ciências Atmosférica (ICAT) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).



CLIMATE INFLUENCE ON THE METROPOLITAN REGION OF MACEIÓ

ABSTRACT

The objective of this work was to generate and interpret Ondeletas analyzes, to identify rainy and dry climatic events, and their climate causes, for Maceió metropolitan area. For this reason, precipitation data were acquired for the period from 1987 to 2017 on the websites of the National Institute of Meteorology – INMET and the National Water Agency – ANA. Matlab software was used to obtain the Wavelets to identify extreme events for average droughts above and precipitation for the metropolitan area, analyzes were made for the 3 towns of the area, namely: Maceió, Marechal Deodoro and Rio Largo. With the application of Wavelet Analysis, the years with extreme events / precipitations were identified and it is assumed as climatic causes: seasonality, interannual variability, ENSO, Atlantic Dipole, Solar Spots and Pacific Decadal change-overs. It can be concluded through the analysis of Wavelets, that in all the towns of the metropolitan area had a strong influence caused by ENSO.

KEY-WORDS: Dry; Precipitation; Matlab.

INTRODUÇÃO

O desempenho da agricultura, em termos de produtividade é condicionado por diversos fatores, como disponibilidade de áreas a serem cultivadas, tecnologias aplicadas, características agronômicas locais, entre outros fatores, entretanto o fator que merece destaque é o climático, pois é fator principal para se ter resultados positivos e lucrativos nas atividades agrícolas, eventos extremos como secas e precipitações acima da média podem favorecer ou prejudicar as produções agrícolas cultivadas. A região metropolitana Maceió sofre com a influência desses sistemas e fenômenos climáticos, a mesma possui uma grande participação na economia do estado Alagoas, através da produção de cana de açúcar, devido isso, percebeu-se a necessidade de estudar quais são os fenômenos e sistemas climáticos que interferem na produção de cana de açúcar na região metropolitana de Maceió. Então foi utilizado a técnica das análises de Ondeletas, que cada vez mais vem ajudando a identificar os eventos climáticos e as causas desses eventos climáticos. Os trabalhos de Da Silva (2009; 2010; 2013; 2017) e Silva (2015), são alguns dos inúmeros trabalhos que comprovam a grande aplicabilidade desta análise na área meteorológica, principalmente para identificar eventos extremos de precipitações e secas.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Gerar e interpretar as análises de Ondeletas, para identificação dos eventos climáticos chuvosos e secos, e suas causas climáticas, para a macrorregião metropolitana de Maceió;

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados

Foram utilizados dados de precipitação (Prp) dos municípios pertencentes a macrorregião metropolitana de Maceió, extraídos dos sites da ANA e do INMET. O período de dados utilizados foi de 1987 a 2017. Entretanto devido à ausência das séries completas dos referidos dados, para todos os municípios pertencentes a macrorregião metropolitana de Maceió, foram apenas analisados 3 (três) município sendo eles os municípios de: Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo.

Análise de Ondeleta/ Ondaleta ou Wavelet

A análise de Ondeletas (AO) foi gerada no software Matlab, em busca de identificar escalas temporais dos sistemas e fenômenos meteorológicos que influenciaram as séries de Prps, ou seja, as causas climáticas da variabilidade. No entanto, foi gerada uma Ondeleta por município, sendo no total de 3 (três) Ondeletas. Os índices de Prps que foram submetidos à análise de Ondeleta foram tratados e calculados a partir da climatologia mensal e normalizados pelos desvios padrão (DA SILVA 2009; 2010; SILVA, 2015), entretanto só foi adotado essa metodologia de preenchimento de falhas para séries que apresentaram até no máximo 16,66% de falhas, em anos não consecutivos, foi então gerando um índice médio por município, através da Equação 1.

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var}_i) / \sigma_i \quad (1)$$

Em que: $AVar_{i,j}$ é a anomalia da variável, no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $Var_{i,j}$ é a variável no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$, o qual foi calculado sua anomalia; Var_i é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e σ_i é o desvio padrão utilizado para cada mês i específico.

A Ondeleta Morlet pode ser considerada complexa pois apresenta características próximas às de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria, e variação temporal brusca ou suave. Segundo a literatura, este é um critério para escolha da função Ondeleta, usado por Silva (2015); Da Silva (2017), (Equação 2).

A função de Morlet é dada pela seguinte expressão:

$$\psi(t) = e^{iw_0t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

Em que: a = pequenas ondas geradas por dilatação; b = pequenas ondas geradas por translação; $\Psi(t)$ = função simples de variável real t; i = parâmetro de dilatação e compressão da onda; w_0 = parâmetro de frequência e t = tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o município de Maceió (Figura 1a) foram detectadas algumas Prps acima da média nos anos: 1989, 1994, 2000, 2001, 2004, 2009, 2011, 2014 e 2017. Já as que ficaram abaixo do esperado e que acarretaram em anos secos, foram os anos: 1989, 1993, 2001, 2002, 2011, 2015 e 2016.

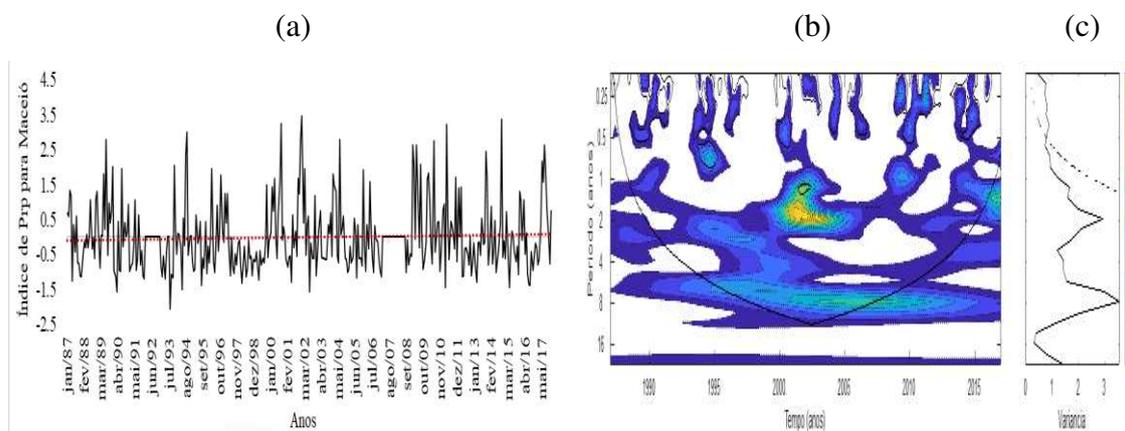
No ano de 1989, por exemplo, ocorreram eventos nas escalas: sazonal (0,25 anos), semestral (0,5 anos), ENOS (entre 1 e 2 anos) ligada à La Niña do ano 1988 a 1989. Ocorreu também ENOS estendido e o Dipolo do Atlântico (entre 4 e 7 anos) e escala decadal da ODP (22 anos) (DA SILVA, 2017). A união dessas escalas resultou em precipitações acima da média em Maceió (Figura 1b). Já os anos de 2002 e 2017 apresentaram causas climáticas semelhante ao ano de 1989, acrescentando a escala de 11 anos, relacionada às Manchas Solares (figura 1b) (DA SILVA, 2017).

Também ocorreram eventos de seca em decorrência da união de eventos/fenômenos de escalas distintas, que aconteceram de forma simultânea, todavia, a não ocorrência de alguns sistemas, também ocasionaram a seca em Maceió. Temos como exemplos os anos secos: 1993 e 2002. O ano de 1993 houve a ausência das escalas sazonal, semestral e interanual curta (1 ano), que somado à presença da escala de ENOS, junto com o ENOS estendido (Figura 1b), resultou em seca nesse período (Figura 1a). O ano de 2002

apresentou sistema meteorológico significativo na escala sazonal, que se estendeu à escala de até 8 anos (Figura 1b), gerou a seca desse ano em Maceió (Figura 1a).

Por fim, a Figura 1c que mostra Espectro de Potência Global (EPG), indicando que a escala de 8 anos, ligada ao ENOS estendido e ao Dipolo do Atlântico é a escala dominante, seguida pela escala entre 1 - 2 anos associada ao ENOS.

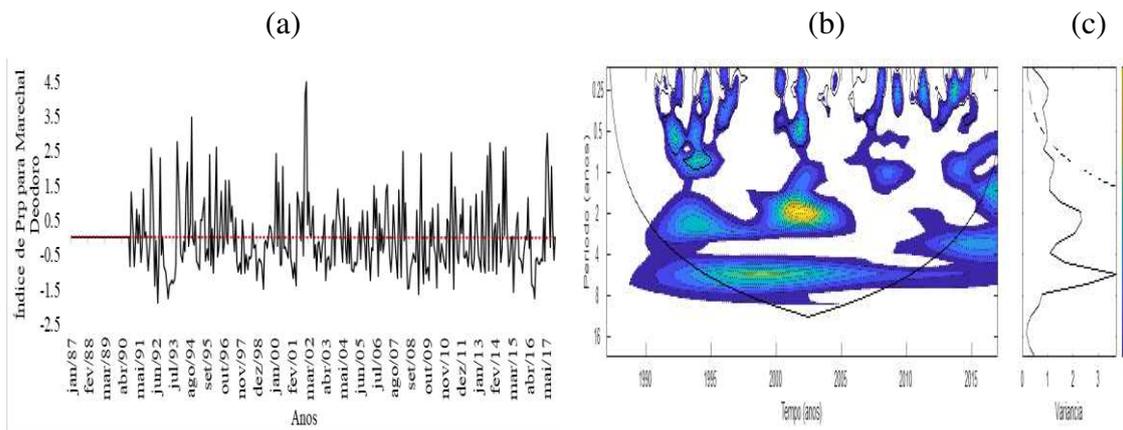
Figura 1: a) Índice de Prp para o município de Maceió de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) EPG, com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.



Na série de Prp do município de Marechal Deodoro (Figura 2a) os maiores valores de precipitação ocorreram nos anos de 1994, 2001 e 2017. No entanto, no ano de 1994, a precipitação foi acima da média (Figura 2a), isso ocorreu devido à escala sazonal somada à escala semestral, a escala interanual curta, escala do ENOS estendido (4 a 7 anos) e à escala dominante de 8 anos (Figura 2c), ligada ao Dipolo do Atlântico. Entretanto, no ano de 2001, as mesmas escalas ocorreram, porém, a de ENOS estendido deve uma maior intensidade devido ao fenômeno La Niña, que intensificou Prps no Nordeste. Por fim, o ano de 2017, por não ter eventos/sistemas nas escalas sazonal e semestral, apresentou Prp um pouco menor que as anteriormente citadas (Figura 2b). Os eventos de secas em Marechal Deodoro também têm forte relação com ENOS. A seca de 1991/1992 (Figura 2a) por exemplo, foi decorrente do El Niño somados com o fraco sinal da escala sazonal e semestral (Figura 2b). A mesma causa climática causou a seca do ano de 2016. As Prps poderiam ter extremos de secas/chuvas mais intensos se tivesse ocorrido a presença das

escalas de 11 anos, ligada às manchas solares, e a de 20 - 22 anos ligada à ODP (Figura 2b) (DA SILVA, 2017).

Figura 2: a) Índice de Prp para o município de Marechal Deodoro de 1987 a 2017; b) EPO. Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) EPG, com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.



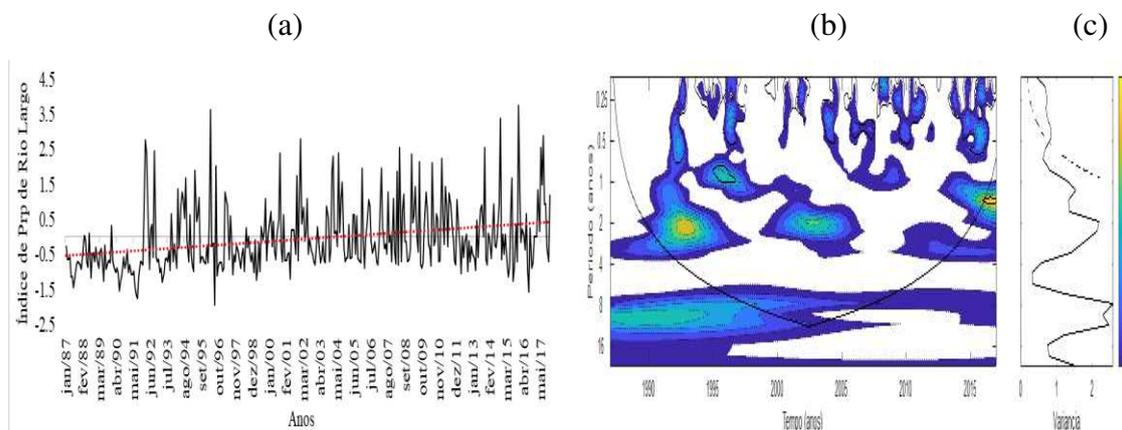
Eventos de baixa Prp ocorreram devido ausência de eventos/sistemas nas escalas sazonal, semestral e interanual curta, conforme hipótese defendida por Da Silva (2017). Isso pode ser visto na Figura 3a nos anos de 1987 a 1990, 1999 e 2012, os quais apresentaram anomalias negativas de Prp. Na Figura 3a, também mostra o índice de Prp de Rio Largo, os anos que apresentaram altos valores de Prps foram os anos de 1992, 2001 a 2003 e 2017, devido à associação das escalas sazonal, semestral, interanual, eventos de ENOS, ENOS estendido, Dipolo do Atlântico e ODP (Figura 3b).

As escalas de 8 a 11 anos, ligadas ao Dipolo do Atlântico foram as escalas dominantes (Figura 3c). Rio Largo também mostrou a influência da escala de 11 anos ligada ao ciclo de manchas solares e a escala de 20 - 22 anos ligada à ODP (Figura 3b), presentes ao longo de toda série, ao contrário do ocorrido na cidade de Marechal Deodoro.

Da Silva et al. (2009), usando AO para Bacia hidrográfica do rio Mundaú, também encontraram essas escalas temporais relacionadas aos sistemas/fenômenos climáticos encontrados aqui, confirmando os seus resultados obtidos nesse trabalho.

Figura 3: a) Índice de Prp para o município de Rio Largo de 1987 a 2017; b) EPO. Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível

de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) EPG, com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.



CONCLUSÃO

Pode-se concluir através das análises de Ondeletas que ambas tiveram a forte influência do ENOS em todos os municípios pertencentes a região metropolitana apresentando assim um comportamento semelhante como já era esperado para essa região, isso contribuiu para extremos de secas e extremos de precipitações nos municípios estudados.

APOIO

Agradecimentos a CAPES e a UFAL, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp104595.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro de 2019.

DA SILVA, D. F. Aplicação de análises de Ondeletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 187 – 198, 2017. Disponível em: <



<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n2/0102-7786-rbmet-32-02-0187.pdf>>. Acesso em 20 de novembro de 2019.

DA SILVA, D. F.; GALVÍNIO, J. D. Estudo da influência da Oscilação Decadal do Pacífico na subbacia do Baixo São Francisco. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 105 - 116, 2013. Disponível em: <[file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/EAPT-2011-808%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/EAPT-2011-808%20(1).pdf)>. Acesso em: 20 de novembro de 2019.

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F. A. S. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica da Bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 324 - 332, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n3/a04v25n3.pdf>>. Acesso em 20 de novembro de 2019.

SILVA, G. **Análise da influência climática sobre a produção agrícola em Aiuba (CE)**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – UFCA/ Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Crato, CE, 2015.



INFLUÊNCIA DAS PRECIPITAÇÕES NA PRODUTIVIDADE DE MILHO NA MICRORREGIÃO DO CURIMATAÚ OCIDENTAL

José Jurandez Buriti de Melo Júnior¹, Allef de Souza Silva¹, Alexandre Ferreira Do Nascimento¹, Péricles de Farias Borges² & Lázaro de Souto Araújo³

RESUMO

Neste estudo, correlacionaram-se os dados da produtividade de milho e a variação das precipitações na microrregião do Curimataú Ocidental — PB, entre os anos de 2009 a 2018, com o intuito de verificar os impactos desse fator atmosférico sobre a produção. O milho (*Zea mays* L.), importante cultura no cenário agrícola brasileiro, trata-se de um produto estratégico para as regiões semiáridas do Brasil, devido ser utilizado tanto para alimentação humana quanto para a alimentação animal. O cultivo do milho no Curimataú é realizado por pequenos produtores, tendo como característica a agricultura de sequeiro, sendo estes dependentes da precipitação pluviométrica e, em consequência, suas variações provocam prejuízos econômicos e sociais. O Curimataú Ocidental, tem como características climáticas marcantes, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal, do seu regime de chuvas. Apesar das dificuldades a agricultura familiar ainda está entre a principal fonte de renda para a localidade. A produção agrícola familiar é setor altamente sensível as mudanças climáticas, então fazem-se necessários estudos para que haja planejamento de políticas sócias para o desenvolvimento regional.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L; chuvas; agricultura de sequeiro.

Autor para correspondência: jurandez_j@hotmail.com

1 Graduando em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba; 2 Professor Doutor na da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba; 3 Professor Doutor na da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba.

INFLUENCE OF PRECIPITATIONS IN CORN PRODUCTIVITY IN THE MICRO-REGION CURIMATAÚ WESTERN

ABSTRACT

In this study, we correlated maize yield data and rainfall variation in the micro region Curimataú Western, from 2009 to 2018, in order to verify the impacts of this atmospheric factor on yield. Corn (*Zea mays* L.), an important crop in the Brazilian agricultural scenario, is a strategic product for the semiarid regions of Brazil, due to its use for both human and animal feed. The cultivation of corn in Curimataú is carried out by small producers, having rain agriculture as a characteristic, which is dependent on rainfall and, consequently, its variations cause economic and social losses. The Curimataú Western, as features striking climates, the irregularities, both spatial and temporal, of its scheme of rains. Although the difficulties of family farming are still one of the main sources of income of the locality. Family agricultural production is highly sensitive to climate change; Therefore, studies are needed to plan partner policies for regional development.

KEY-WORDS: *Zea mays* L, rainfall, rainfed agriculture.

INTRODUÇÃO

A variabilidade climática deve ser considerada em diversos setores, como economia, pecuária, engenharia e produção de energia. A agricultura é uma das atividades mais vulneráveis às mudanças climáticas. Os sistemas agrícolas regionais podem ser afetados, com sérias consequências para a produção de alimentos. (Silva, 2007)

A região do Curimataú Ocidental apresenta como uma de suas principais características marcantes a ocorrência de longos períodos de estiagem, que se configuram como sendo umas das principais dificuldades para produção agrícola. Apesar das dificuldades, a agricultura ainda é uma das principais atividades que compõem o cenário econômico da região, com destaque para a produção de alimentos, desenvolvida em sistema de sequeiro, está atividade de produção se desenvolve em base precária e voltada para a subsistência.

O Curimataú Ocidental está situado na Paraíba, inclusa na mesorregião do Agreste Paraibano, abrange uma de área 3.894,7 km², constituída pelos seguintes municípios: Algodão de Jandaíra, Arara, Barra de Santa Rosa, Cuité, Damião, Nova Floresta, Olivedos, Pocinhos, Remígio, Soledade e Sossego.

O clima do Território do Curimataú, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, que significa semiárido quente. As temperaturas mínimas variam de 18 a 22 °C nos meses de julho e agosto e as máximas se situam entre 28 e 31°C, nos meses de



novembro e dezembro. (Lacerda, 2005) A precipitação nos municípios que compõem o território varia de 333,6 a 714,6 mm/ano. (AESAs, 2006)

A agricultura de sequeiro é o cultivo sem irrigação em regiões onde a precipitação anual é inferior a 500 mm. A agricultura de sequeiro depende de técnicas de cultivo específicas, que permitem um uso eficaz e eficiente da limitada humidade do solo. (Quaranta, 1999)

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este trabalho teve como objetivo analisar eventuais relações existente entre os totais anuais de precipitação e o rendimento médio da cultura do milho na microrregião do Curimataú Ocidental, entre os anos de 2009 a 2018, com o intuito de verificar os impactos desse fator atmosférico sobre a produção.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Escolheu-se a microrregião do Curimataú Ocidental para o estudo das relações entre a produtividade de milho e as precipitações pluviais na Paraíba, em virtude dessa área está inserido na faixa semiárida, sendo, dessa forma, afetado por longas e graves secas, mas apesar disto a agricultura prevalece como única fonte para muitas pessoas, por isto faz necessária análise nesta localidade para que seja discutido planos de desenvolvimento.

Para se estudar as relações entre precipitação pluvial e a produtividade agrícola foi realizado um levantamento bibliográfico que propiciou mais entendimento sobre a influência do clima na agricultura. Para relacionar a influência das chuvas na produção do milho, foram realizadas análises com bases nos dados de produtividade e de precipitação pluviométrica para o período de 2009 a 2018.

A coleta de dados de precipitação pluviométrica fora obtido através do banco de dados de meteorologia da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

Os dados referentes a área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio da produção pertence ao Levantamento Sistemático da Produção

Agrícola (LSPA), foram coletados no acervo do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA).

Para a obtenção das informações, a partir da sistematização e estruturação em planilhas e gráficos foi processamento dos dados no software Excel. Com base nesses resultados foi realizada a análise e interpretação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Os dados obtidos mostraram que precipitação na microrregião, no período estudado, apresentou oscilação entre o volume de chuva observado e a normal climatológica.

Tabela 2 - Precipitação Pluviométrica

Precipitação / Microrregião geográfica / Curimataú Ocidental					
Ano	Observ. (mm)	Climat. (mm)	Desvio (%)	Anomalia de Precipitação (mm)	Nº de Postos
2009	706,2	442,9	59,4	263,3	12
2010	466,9	442,9	5,4	24	12
2011	883,2	442,9	99,4	440,3	11
2012	302,7	442,9	-31,7	-140,2	12
2013	404,8	442,9	-8,6	-38,1	12
2014	411,5	442,9	-7,1	-31,4	12
2015	345,6	442,9	-22	-97,3	12
2016	348,9	442,9	-21,2	-94	12
2017	306,8	442,9	-30,7	-136,1	12
2018	444,3	442,9	0,3	1,4	12

Fonte - AESA – PB

Figura 3 - Precipitação Pluviométrica entre 2009 a 2018



Fonte – AESA-PB

No período em análise, os anos de 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017 foram observadas precipitações abaixo da média, sendo 2012 o ano com o menor índice de precipitação, registrando apenas 307 mm/ano. Esta variabilidade pluviométrica está associada a ocorrência do fenômeno meteorológico El Niño.

El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. (INPE)

Para o período em análise no trabalho foram obtidos os seguintes resultados de área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras para produção de milho.

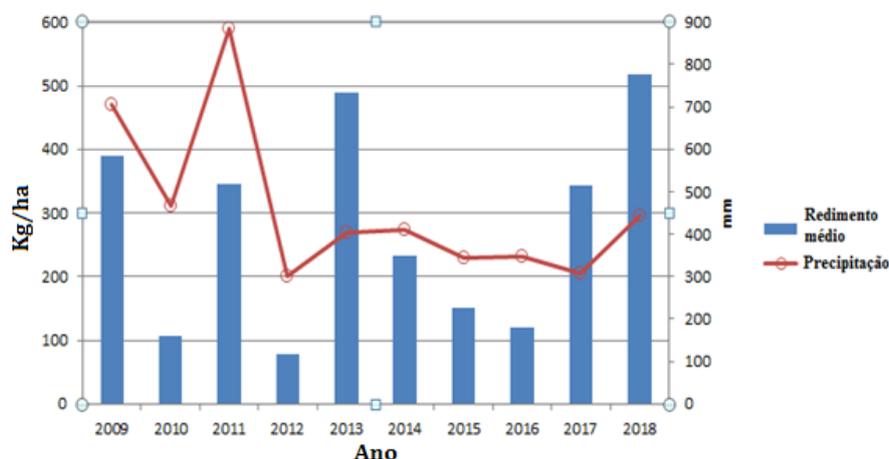
Tabela 3 - Rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Redimento Médio (Kg/ha)	389	107	345	79	488	233	151	120	344	517

Fonte - IBGE - Produção Agrícola Municipal

A partir dos dados de regime da precipitação e a produtividade de milho, é possível observar que a relação não ocorre de forma linear (Figura 2), devido à dinâmica atmosférica se composta pela articulação de diversos fatores de modo sistêmico.

Figura 4 - Relação entre rendimento médio e precipitação



Fonte – **IBGE**

Observamos que os anos em que se registraram as maiores precipitações não foram aqueles que obtiveram maior índice de produtividade. Sendo assim a precipitação não é suficiente para estimar a produtividades devido aos diversos fatores atmosféricos e formas de manejo da cultura.

De acordo com a CONTINI et al. (2019), a origem de muitos dos problemas defrontados pelos sistemas produtivos de milho decorre da falta de adesão a princípios fundamentais de boas práticas agrícolas. Dentre os fatores que ocasiona menor rendimentos da produção, envolvem o manejo do solo, qualidade da semente, controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os dados referentes ao período de 2009 a 2018 permitiram identificar a suscetibilidade do milho às variações atmosféricas na região do Curimataú Ocidental, mostrando que apesar todos os longos períodos de estiagem contribuírem para menor rendimento na produção agrícola, a precipitação não é o único fator que influenciaram na produtividade. Fazendo-se necessário a elaboração de planos ambientais agrícolas efetivos e coerentes com a realidade local.



REFERÊNCIAS / REFERENCES

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=20190918&produto=mi+corregiao&periodo=anual> >. Acesso em: 03 de setembro de 2019

CONTINI, Elisio et al. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Embrapa Milho e Sorgo-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE), 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&u=2260&z=t&o=4&i=P> > Acesso em: 03 de setembro de 2019

INPE/CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. El Niño Especial.. http://www.cptec.inpe.br/products/el_ninho/el_ninho1p.html. Acesso em: 20 de setembro de 2019 .

Silva, L. L. **Precipitações pluviais da pré-estação chuvosa no período chuvoso e suas influências na produtividade agrícola da Paraíba**. Campina Grande: UFCG, 2007. 114p. Dissertação Mestrado

QUARANTA, G. **Agricultura de Sequeiro**. Lucinda: Land Care in Desertification Affected Areas, 1999. Disponível em: < http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/ei/unccd-PT/ond/lucinda/c4_booklet_final_pt_rev2 > . Acesso em: 06 de setembro 2019.





INVESTIGAÇÃO BIOCLIMATOLÓGICA PARA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE EM IGUATU – CE

Airton Gonçalves de Oliveira¹; Alcía Nayana dos Santos Lima de Brito¹; Rafael Torres do Nascimento¹; Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; Dermeval Araújo Furtado³

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se analisar os dados bioclimatológicos do município de Iguatu – CE, relacionando-os com exigências para produção de frango de corte, utilizou-se uma série de dados de 11 anos obtidos no período de 2007 a 2018, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As variáveis analisadas foram temperatura do ar média (Tmed), temperatura do ar mínima (Tmín), temperatura do ar máxima (Tmáx), umidade relativa do ar média (Umed), umidade relativa do ar máxima (Umáx) e umidade relativa do ar mínima (Umín). Ficou evidenciado que na maioria dos meses do ano as temperaturas e umidade relativa do ar estão acima da zona de conforto térmico indicado para as aves, demonstrando que o município de Iguatu/CE possui baixa aptidão para produção de frango de corte em condições naturais.

PALAVRAS-CHAVE: avicultura; conforto térmico; semiárido.

Autor para correspondência: airtonufcg1454@gmail.com

1 Mestrando (a) em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB; 2 Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB; 3 Professor Titular, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB



BIOCLIMATOLOGIC INVSTIGATION FOR BROILER PRODUCTION IN IGUATU - CE

ABSTRACT

This work aimed to analyze the bioclimatological data of the municipality of Iguatu - CE, relating them to requirements for broiler production, using a series of data from 11 years obtained from 2007 to 2018, provided by the National Institute of Meteorology (INMET). The variables analyzed were mean air temperature (T_{med}), minimum air temperature (T_{min}), maximum air temperature (T_{max}), average relative humidity (U_{med}), maximum relative humidity (U_{max}) and relative humidity minimum ($U_{mín}$). It was evidenced that in most months of the year the temperatures and relative humidity are above the thermal comfort zone indicated for the birds, demonstrating that the municipality of Iguatu / CE has low aptitude for production of broilers under natural conditions.

KEY-WORDS: poultry farming; thermal comfort; semiarid.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango, produzindo um total de 13,3 milhões de toneladas de carne de frango, os estados das regiões Sul e Sudeste possuem a maior produção e menores custos comparados às demais regiões, o Ceará por sua vez contribui com menos de 1,4% da produção nacional e ainda possui elevado custo de produção (EMBRAPA, 2018). A temperatura e umidade relativa do ar possuem influência direta no conforto térmico do animal, visto que, o mesmo só atinge o máximo potencial genético estando em um ambiente compatível em níveis climatológicos, à zona de termoneutralidade. O Manual de Manejo de Frango de Corte COBB (2012), cita que o bom controle da temperatura irá propiciar melhor conversão alimentar e maior taxa de crescimento. O microambiente para a produção e bem-estar do frango de corte nem sempre é compatível com as necessidades fisiológicas dos mesmos (Souza et al., 2013). Portanto, faz-se necessário que as instalações possuam estruturas e implementos em que essas variáveis fiquem próximas a zona de conforto requerida pelas aves. Segundo Abreu & Abreu (2011), o aperfeiçoamento dos aviários com adoção de técnicas e equipamentos de condicionamento térmico ambiental tem superado os efeitos prejudiciais de alguns elementos climáticos, possibilitando alcançar bom desempenho produtivo das aves. Dentre os fatores do ambiente, os térmicos são os que afetam mais diretamente as aves, pois comprometem a função vital mais importante, que é a manutenção de sua



homeotermia (Baêta & Souza, 2010). Nesse contexto os mecanismos que mantêm a homeostase térmica em frangos são a radiação, convecção e evaporação (Dalólio et al., 2016), caso essas condições estejam próximas das ideais, é grande a probabilidade de se obter alta produtividade (Furtado et al., 2003). Tendo em vista o destaque da produção do país e a necessidade de um maior número de pesquisas referentes à produção em regiões com climas onde as temperaturas são mais elevadas, esta pesquisa vem a somar oferecendo informações aos produtores a partir de uma investigação climatológica, para planejamento de ações que torne mais rentável a produção de frango de corte.

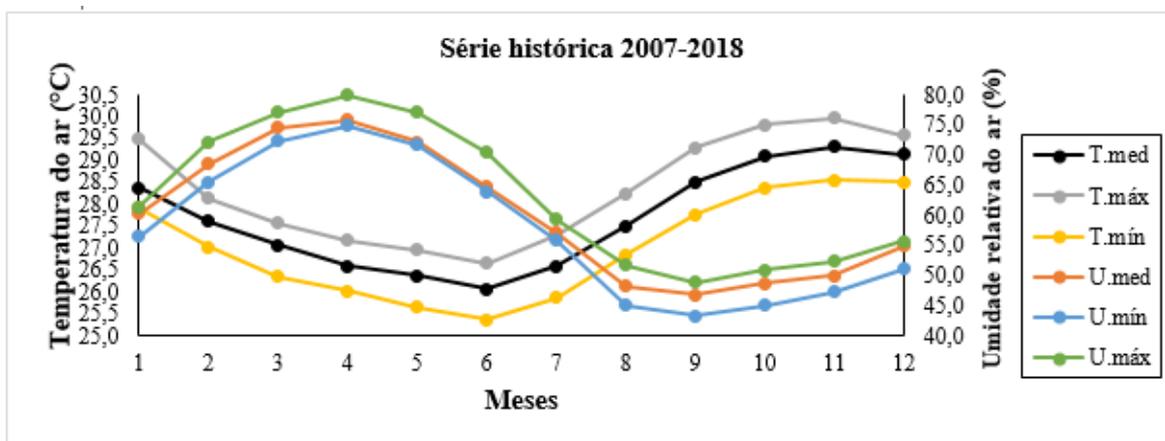
OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Diante do exposto, objetiva-se analisar os dados bioclimatológicos do município de Iguatu – CE, relacionando-os com exigências para criação de frango de corte e como consequência prática, servir como orientação para implantação de sistemas de controle ambiental dentro de aviários de acordo com a idade das aves.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Para a realização do trabalho foi utilizado dados de uma série histórica de 11 (onze) anos obtidos no período de 2007 a 2018 da Estação Climatológica Automática de Iguatu - CE, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cujas coordenadas geográficas são: Latitude de 06°23'S e longitude 39°16'W e altitude de 217 m. A zona climática de Iguatu é classificada de acordo com Koppen como semiárido BSh, o qual caracteriza-se com uma precipitação mínima e altas temperaturas (verões quentes a extremamente quente e invernos que variam de quente a frio). No levantamento foram analisadas as seguintes variáveis: temperatura do ar média (Tmed), temperatura mínima (Tmín), temperatura máxima (Tmáx), umidade relativa do ar média (Umed), umidade relativa do ar máxima (Umáx) e umidade relativa do ar mínima (Umín), Figura 01.

Figura 01. Temperatura do ar média, temperatura do ar mínima, temperatura do ar máxima, umidade relativa do ar média, umidade relativa do ar máxima, umidade relativa do ar mínima.



As variáveis (Figura 01) foram utilizadas a fim de fazer um comparativo com o índice adequado ao bem-estar das aves, citado por Abreu & Abreu (2011), de acordo com a idade das mesmas (Tabela 01), na busca de alternativas que visem conforto térmico dentro das instalações, proporcionando maior produtividade.

Tabela 01. Valores ideais de temperatura ambiente e de umidade do ar, em função da idade das aves

Idade (semanas)	Temperatura Ambiente (°C)	Umidade do Ar (%)
1	32-35	60-70
2	29-32	60-70
3	26-29	60-70
4	23-26	60-70
5	20-23	60-70
6	20	60-70
7	20	60-70

Fonte: Abreu & Abreu (2011)

Para melhor identificação das exigências das aves comparado aos valores ideais recomendados, utilizou as seguintes indicações segundo Abreu & Abreu (2011): I

(inferior ao que é exigido pelas aves), S (superior ao que é exigido pelas aves) e C (conforto ao que é exigido pelas aves).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Para a primeira semana de vida as temperaturas foram inferiores ao necessário para o conforto dos animais em todos os meses do ano (Tabela 02). Na segunda semana a temperatura média permaneceu abaixo da zona de conforto térmico entre janeiro e setembro ficando em uma temperatura confortável de outubro a dezembro. Em contrapartida, Souza et al. (2013) ao diagnosticarem o bioclima do município de Quixadá – CE para criação de frango de corte, observaram a necessidade de providenciar aquecimento até a 2ª semana de idade das aves em todos os meses do ano, seja pelo uso de aquecedores mais sofisticados, ou por meio de modificações simples, como o uso de campânulas.

Tabela 02. Diagnóstico bioclimático para o município de Iguatu/CE

Meses	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
JANEIRO	<i>Ii</i> <u>C</u> <i>Ci</i>	<i>I</i> <u>C</u> <i>Ci</i>	<i>C</i> <u>s</u> <i>C<i>Ci</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>Ci</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>Ci</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>Ci</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>Ci</i></i>
FEVEREIRO	<i>Ii</i> <u>C</u> <i>s</i>	<i>Ii</i> <u>C</u> <i>s</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>
MARÇO	<i>Ii</i> <u>S</u> <i>s</i>	<i>Ii</i> <u>S</u> <i>s</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>
ABRIL	<i>Ii</i> <u>S</u> <i>s</i>	<i>Ii</i> <u>S</u> <i>s</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>
MAIO	<i>Ii</i> <u>S</u> <i>s</i>	<i>Ii</i> <u>S</u> <i>s</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>S<i>s</i></i>
JUNHO	<i>Ii</i> <u>C</u> <i>s</i>	<i>Ii</i> <u>C</u> <i>s</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>C<i>s</i></i>
JULHO	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>
AGOSTO	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>
SETEMBRO	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>I<u>C</u><i>I<i>i</i></i></i>	<i>C</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>
OUTUBRO	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>
NOVEMBRO	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>
DEZEMBRO	<i>Ii</i> <u>I</u> <i>i</i>	<i>C</i> <u>c</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>	<i>S</i> <u>s</u> <i>I<i>i</i></i>

Representando a letra maiúscula, a temperatura média do ar; a letra minúscula a temperatura máxima; a letra minúscula em itálico e negrito temperatura mínima; a segunda letra maiúscula e sublinhada a umidade relativa do ar média; a letra minúscula e sublinhada a máxima umidade relativa do ar; a letra minúscula sublinhada em itálico e negrito a umidade relativa do ar mínima. Na terceira semana de vida, os meses de janeiro

a setembro estiveram em zona de conforto térmico e em desconforto a partir de outubro a dezembro, devido a temperatura média apresentar-se acima do recomendado para zona de termoneutralidade. No tocante a temperatura média, a região possui temperaturas acima do índice de conforto térmico a partir da quarta semana até o momento do abate em todos os meses do ano. Independentemente da idade das aves a umidade relativa média do ar ficou em níveis de conforto nos meses de janeiro, fevereiro e junho, enquanto que março, abril e maio apresentaram umidades superiores as requeridas pelos animais, independentemente da idade dos mesmos. Tal fato se dá porque esses meses correspondem ao período de maior precipitação pluviométrica da região, ocorrendo o oposto, ou seja, desconforto por baixa umidade entre os meses de julho a dezembro período de estiagem. Os resultados indicam a necessidade de aquecimento das aves nas primeiras semanas de vida, onde Dalólio et al. (2016) afirmam que entre duas ou três semanas de vida, a ave é extremamente sensível devido seu sistema termorregulador não estar totalmente desenvolvido podendo facilmente ocorrer problemas no desempenho quando submetidas a ambientes desfavoráveis de temperatura e umidade relativa do ar. Segundo Abreu & Abreu (2011) o maior problema para produção de frango de corte no Brasil são as regiões de clima quente, onde deve-se lançar mão de vários mecanismos para diminuir o impacto das altas temperaturas dentro dos galpões. Sendo as modificações primárias a serem executadas pelo produtor antes de utilizar os mecanismos sofisticados de condicionamento térmico artificial. Se nessa etapa o conjunto de decisões não forem suficientes para proporcionar às aves condições ideais de conforto térmico, deve-se optar por mecanismos secundários. Baseado no estudo feito por Furtado et al. (2003) o sistema com telha de barro, ventilação artificial e nebulização apresentou, na região do Agreste Paraibano, os melhores valores de acondicionamento térmico para aves de corte, podendo este ser adaptado para região estudada, reputado as características semelhantes a estas, sendo o Agreste Paraibano detentor de temperaturas mais amenas. Para tais concepções construtivas são preponderantes no acondicionamento térmico no interior das instalações como o tipo de telhado, orientação do galpão, lanternins, altura do pé direito, beirais, etc. O município de Iguatu/CE por se tratar de uma região de clima quente, requer a utilização de um conjunto de medidas para atenuar as altas temperaturas como por exemplo a instalação de dispositivos como cortinas, instalação de sistema de ventilação artificial



positiva ou negativa que favoreçam as trocas térmicas na forma sensível convectiva, por outro lado o uso de campânulas ou outras formas de aquecedores é necessário apenas na primeira semana de vida em todos os meses e de janeiro a setembro na segunda semana de vida. Tais dispositivos são os responsáveis pelo aumento do custo no tocante ao gasto com energia elétrica. Com relação umidade relativa do ar que possui característica inversamente proporcional a temperatura do ar (figura 01), as medidas de mitigação devem ser tomadas em conjunto para ambas de acordo com o diagnóstico bioclimático.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os resultados analisados a partir da investigação bioclimatológica da cidade de Iguatu/CE comprovam que a criação de frango de corte é de alto custo para os produtores uma vez que necessita de investimento em tecnologias de condicionamento térmico e adaptações arquitetônicas na construção dos galpões. A aplicação de modificações primárias como renques de ventilação, paisagem circundante, orientação adequada dos aviários aliados a melhor manejo dos dispositivos instalados contribuem para diminuição dos custos de produção.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABREU, Valéria Maria Nascimento.; ABREU, Paulo Giovanni de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v.40, n.1-2, ago./set. 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreosistemas.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2019.

BAÊTA, Fernando Costa.; SOUZA, Cecília de Fátima. **Ambiência em edificações rurais, conforto animal**. Viçosa: UFV, 2010. 269p.

COBB. **Manual de manejo de frangos Cobb 500: guia de manejo**. São Paulo: mar. 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.



DALÓLIO, Felipe Santos.; MOREIRA, Joerley.; COELHO, Diogo José de Rezende.; SOUZA, Cecília de Fátima. Caracterização bioclimática de um galpão experimental de criação de frangos de corte na região de Diamantina-MG. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.24, n.1, mar./abr. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/585>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS)**. Concordia, set. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 19 out. 2019.

FURTADO, Dermeval Araújo.; AZEVEDO, Pedro Vieira.; TINÔCO, Ilda Fátima Ferreira. Análise do Conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.3, mai./out. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v7n3/v7n3a25.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

SOUZA, Adilson Pacheco de.; MOTA, Luan Lima da.; ZAMADEI, Tamara.; MARTIM, Charles Campoe.; ALMEIDA, Frederico Terra de.; PAULINO, Janaina. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, MG, v.1, n.1, out./dez. 2013. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/download/1334/1076>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

NOVO MODELO DE DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR DIÁRIA NO BRASIL: RESULTADOS PRELIMINARES

Bernardo Barbosa da Silva¹; Emile Patrícia Barreto Rondon²;

Heitor Alves de Souza Santos²; Thomás Rocha Ferreira³

RESUMO

A temperatura do ar - T_a é uma variável meteorológica determinante das condições de habitabilidade e conforto humano, animal, vegetal e de inúmeros organismos. Com o crescente interesse pelas mudanças climáticas, a determinação precisa da Temperatura do Ar Média Diária - TMD se faz cada vez mais necessária. O objetivo desta pesquisa é apresentar uma nova expressão de cálculo da TMD e avaliar a sua precisão e desempenho, bem como, empreender uma comparação com outros modelos usados no Brasil e exterior. Foram considerados dados da T_a instantânea, máxima e mínima horária registrados pela estação automática do INMET localizada em João Pessoa – PB, para cada uma das estações do ano de 2015. O desempenho do modelo proposto e dos demais usados na pesquisa foi analisado segundo o Erro Absoluto Médio (EAM), Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM), Coeficiente de Correlação de Pearson (CCP) e Índice de Concordância de Willmott (ICW). Os resultados indicam claramente que, dentre todos os modelos avaliados, o melhor desempenho foi obtido pelo modelo UFCG que no VERÃO apresentou: EAM = 0,1663 °C, REQM = 0,21 °C, ICW = 0,8666 e CCP = 0,9700), seguido dos modelos SERRA e KAEMTZ. Por outro lado, o MAXMIN foi o de pior desempenho, embora seja ainda muito usado em diferentes países. Ficou evidenciado que a TMD obtida com base nas temperaturas do ar extremas diárias apresenta baixa precisão e erros que superam, com frequência, 1,5 °C. Conclui-se que para as condições da localidade estudada os métodos UFCG, SERRA e KAEMTZ se apresentaram como os de melhor desempenho e, por outro lado, deve-se evitar, sempre que possível, o TMAXMIN.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura compensada; Variabilidade climática; Temperatura máxima diária

Autor para correspondência: bernardo.silva@ufcg.edu.br

1 – Professor do Departamento de Ciências atmosféricas da UFCG - Av. Aprígio Veloso, 822, Bloco CL - Bairro Universitário, CEP 58420-120 – Campina Grande – PB; 2 – Alunos do Bacharelado em Meteorologia da UFCG - Av. Aprígio Veloso, 822, Bloco CL - Bairro Universitário, CEP 58420-120 – Campina Grande – PB; 3 – Aluno do Doutorado em Meteorologia da UFCG - Av. Aprígio Veloso, 822, Bloco CL - Bairro Universitário, CEP 58420-120 – Campina Grande – PB.

NEW MODEL FOR DAILY AIR TEMPERATURE IN BRAZIL: PRELIMINARY RESULTS

ABSTRACT

Air temperature - T_a is a meteorological variable that determines the habitability and comfort conditions of humans, animals, plants and many organisms. With growing interest in climate change, accurate determination of the Daily Average Air Temperature (TMD) is becoming increasingly necessary. The purpose of this research is to present a new formulation for TMD and to evaluate its accuracy and performance, as well as to make a comparison with other models used in Brazil and abroad. The instantaneous, maximum and minimum hourly T_a data recorded by the INMET automatic station located in João Pessoa - PB were considered for each of the 2015 seasons. The performance of the proposed model and the others used in the research was analyzed according to: the Mean Absolute Error (EAM), Root Mean Square Error (REQM), Pearson's Correlation Coefficient (CCP), and Willmott Agreement Index (ICW). The results clearly indicate that, among all evaluated models, the best performance was obtained by the UFCG model, which in the summer season presented: $EAM = 0.1663$ °C, $REQM = 0.21$ °C, $ICW = 0.8666$ and $CCP = 0.9700$; followed by the SERRA and KAEMTZ models. On the other hand, MAXMIN presented the worst performance, although it is still widely used in different countries. It was evidenced that the TMD obtained based on the daily extreme air temperatures presents low precision and errors that often exceed 1.5 °C. It can be concluded that for the conditions of the studied locality the UFCG, SERRA and KAEMTZ methods presented the best performance and, on the other hand, TMAXMIN should be avoided whenever possible.

KEY-WORDS: Compensated temperature; Climatic variability; Maximum daily temperature

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A temperatura do ar - T_a (°C) e a precipitação pluviométrica - P (mm) são, provavelmente, as duas variáveis meteorológicas mais importantes. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial - OMM, a T_a deve ser medida em ambiente protegido entre 1,20 m e 2,0 m da superfície do solo (WMS No.8, 2008). A temperatura do ar média diária - TMD (°C) é empregada em inúmeras atividades envolvendo pesquisa e planejamento agrícola e muitos estudos se destinam a avaliar a precisão das diferentes bases de dados e expressões usadas no cálculo da TMD. Apesar de ser uma variável contínua no tempo, a sua medição tem sido realizada de forma discreta e em horários pré-estabelecidos pela OMM e órgãos nacionais de meteorologia de diversos países. Historicamente, no entanto, o cálculo da TMD vem sendo obtido com diferentes algoritmos e bases de dados. Basicamente, são empregados dados instantâneos coletados



em horários fixos definidos pela Organização Meteorológica Mundial - OMM, que combinados entre si, ou em composição com as temperaturas diárias extremas têm sido usados no cômputo da TMD (Serra, 1974; Weiss & Hays, 2005). Outra base de dados amplamente empregada se limita aos registros das Ta extremas diárias (Weiss & Hays, 2004). No Brasil e em muitos países, no entanto, há um grande número de estações meteorológicas que não seguem as orientações da OMM, quanto à sistemática de obtenção de dados meteorológicos que assegurem caracterizar as condições de tempo reinantes em dado local e instante.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este trabalho faz parte de um estudo mais amplo, em que se avalia a precisão de seis diferentes modelos usados para se determinar a TMD em várias estações meteorológicas distribuídas em todo o território nacional. Especificamente, o objetivo da presente pesquisa é apresentar uma nova proposta para se obter a TMD no Brasil, ao mesmo tempo em que avalia a precisão e o desempenho do modelo proposto e de mais cinco modelos usados em diferentes países. Os resultados apresentados são restritos à estação meteorológica de João Pessoa – PB e são empregadas nas avaliações dos modelos quatro métricas estatísticas consagradas: Erro absoluto médio – EAM (°C), Raiz do erro quadrático médio – REQM (°C), Coeficiente de correlação de Pearson e Índice de concordância de Willmott (ICW).

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Foram selecionadas para a pesquisa dados da Ta instantânea, da máxima e mínima horária (horários sinóticos 00 a 24 TMG) da estação meteorológica automática - EMA localizada em João Pessoa – PB, que pertencente à rede observacional do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Elaborou-se um programa em VBA - Visual Basic for Applications para se obter os valores da TMD segundo a nova proposta (UFCG) e mais outras cinco amplamente empregadas, além das métricas estatísticas usadas na pesquisa.

Modelos matemáticos empregados

Para a pesquisa a temperatura do ar média diária - TMDreal (°C), considerada referencial ou real, foi obtida segundo a expressão:

$$TMD_{real} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} T_{a, inst_i} \quad (1)$$

em que os instantes i compreendem os horários 00, 01, ..., 23 e 24 h tempo local. Com isso ficam contempladas todas as medidas da T_a do início ao final de cada dia. O modelo empregado no Brasil desde o ano de 1938 (Serra, 1974) é comumente denominado de Temperatura Compensada de Serra, representada por TMDserra, sendo obtido por:

$$TMD_{serra} = (T_{12} + 2 \times T_{24} + T_{max} + T_{min})/5 \quad (2)$$

em que T_{12} e T_{24} representam os valores da T_a obtidos nos horários sinóticos de 12 e 24 h TMG, enquanto T_{max} e T_{min} representam as temperaturas extremas do dia. Avaliou-se, também, o modelo de Kamtz, amplamente empregado na Europa Central e que foi adotado no Brasil até 1938, cuja formulação é dada pela expressão (Dall' Amico & Hornsteiner, 2006):

$$TMD_{kamtz} = (T_{07} + T_{14} + 2 \times T_{21})/4 \quad (3)$$

em que são consideradas as temperaturas do ar medidas nos horários das 07, 14 e 21 horas, tempo local. Para se chegar ao modelo TMDufcg foram obtidas expressões de regressão linear múltipla envolvendo as medidas sinóticas dos horários sinóticos de 12, 18 e 24 TMD, mais as T_{max} e T_{min} diária, o que resultou na formulação:

$$TMD_{ufcg} = (T_{12} + T_{18} + 2 \times T_{24} + T_{max} + 2 \times T_{min})/7 \quad (4)$$

em que T_{12} , T_{18} e T_{24} (TMG) correspondem às medidas de T_a nesses horários sinóticos, enquanto T_{max} e T_{min} já foram especificadas. Por fim, avaliou-se a representatividade da média aritmética das extremas diárias:

$$TMD_{maxmin} = (T_{max} + T_{min})/2 \quad (5)$$

Para se avaliar o desempenho das expressões foram empregadas as métricas: Erro Absoluto Médio – EAM (°C), Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM (°C), Índice de concordância de Willmott - ICW e Coeficiente de Correlação de Pearson – CCP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Foram avaliados seis modelos usados em diferentes países e, de modo especial, no Brasil. O desempenho de cada modelo foi avaliado por meio das métricas apresentadas em Materiais e Métodos. Os resultados obtidos estão sumarizados na Tabela 1. Como fica evidenciado, em todas as estações do ano o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o UFCG, destacado em cinza na mencionada tabela. Em segundo lugar se destacaram os modelos SERRA e KAEMTZ. O modelo UFCG apresentou no VERÃO ICW = 0.8666, CCP = 0.9700, REQM = 0.21 °C e EAM = 0.1663 °C, enquanto o modelo MAXMIN, destacadamente o pior de todos os que foram avaliados, apresentou no VERÃO ICW = 0.6846, CCP = 0.8989, REQM = 0.52 °C e EAM = 0.4238 °C. Para as demais estações do ano o modelo UFCG também se apresentou como o de melhor desempenho. Em Serra (1974) registrou-se que o modelo SERRA apresentou um desempenho pouco inferior ao de KAEMTZ para algumas localidades brasileiras.

Tabela 1 – Resumo dos valores do Erro absoluto médio – EAM (°C), Raiz do erro quadrático médio – REQM (°C), Coeficiente de correlação de Person – CCP e Índice de concordância de Willmott – (ICW) para todas as estações do ano em João Pessoa – PB

VERÃO				OUTONO			
SERRA	UFCG	KAEMTZ	MAX_MIN	SERRA	UFCG	KAEMTZ	MAX_MIN
Índice de concordância de Willmott				Índice de concordância de Willmott			
0.7986	0.8666	0.8295	0.6846	0.8335	0.8908	0.8547	0.6741
Coeficiente de correlação de Pearson				Coeficiente de correlação de Pearson			
0.9570	0.9700	0.9521	0.8989	0.9719	0.9798	0.9536	0.9501
Erro absoluto médio (°C)				Erro absoluto médio (°C)			
0.2530	0.1663	0.2117	0.4238	0.2989	0.1902	0.2621	0.5604
Raiz do erro quadrático médio (°C)				Raiz do erro quadrático médio (°C)			
0.31	0.21	0.29	0.52	0.36	0.25	0.35	0.64
INVERNO				PRIMAVERA			
SERRA	UFCG	KAEMTZ	MAX_MIN	SERRA	UFCG	KAEMTZ	MAX_MIN
Índice de concordância de Willmott				Índice de concordância de Willmott			
0.7959	0.8786	0.7996	0.6898	0.6659	0.7967	0.6935	0.4291
Coeficiente de correlação de Pearson				Coeficiente de correlação de Pearson			
0.9533	0.9661	0.9186	0.9005	0.9472	0.9489	0.8627	0.8921
Erro absoluto médio (°C)				Erro absoluto médio (°C)			
0.2951	0.1765	0.3083	0.4293	0.2611	0.1623	0.2181	0.5945
Raiz do erro quadrático médio (°C)				Raiz do erro quadrático médio (°C)			
0.36	0.23	0.40	0.52	0.29	0.21	0.27	0.66

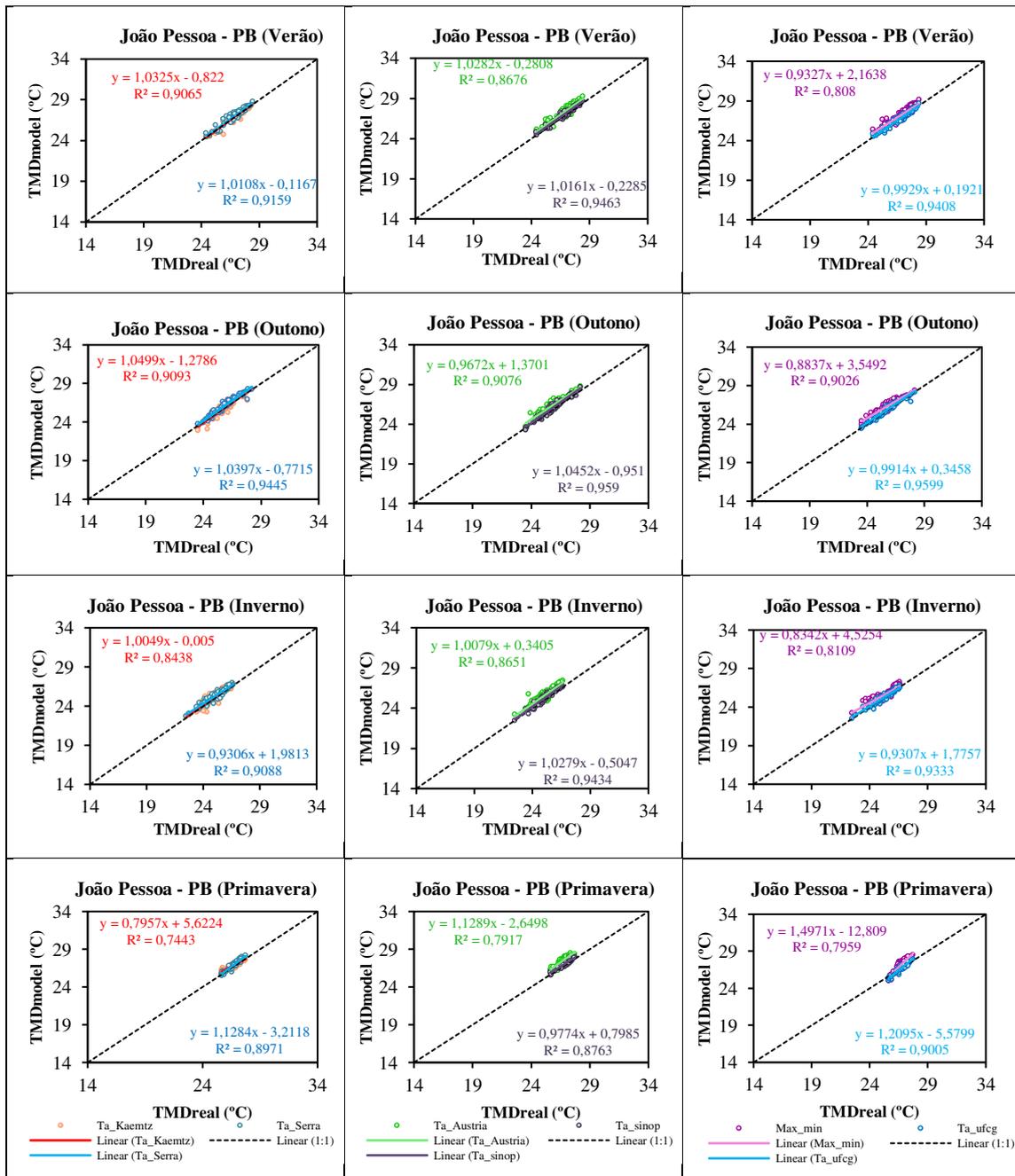


Figura 1 – Diagrama de dispersão e coeficiente de determinação relacionados com a TMDreal versus cada um dos modelos empregados na obtenção da TMD em João Pessoa – PB

Na Figura 1 estão representados os diagramas de dispersão, as retas de mínimos quadrados, os coeficientes de determinação e reta de 1:1, associados a todos os seis modelos avaliados para a cidade de João Pessoa – PB. Embora os modelos, segundo a



Tabela 1, tenham diferenciações claras segundo as métricas usadas, as diferenças entre a TMDreal versus cada um dos modelos não se apresentaram muito elevadas, excetos no caso do MAXMIN.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1 ficou demonstrado que para a cidade de João Pessoa – PB o novo modelo proposto foi o que apresentou o melhor desempenho dentre todos os modelos avaliados. Nesse sentido, propõe-se que o mesmo seja usado na cidade de João Pessoa. Por outro lado, o MAXMIN deve ser evitado, uma vez que apresenta erros que chegam a superar 2 °C num único dia.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Nossos sinceros agradecimentos ao CNPq pelas bolsas de PQ do primeiro autor, de IC ao segundo autor, e de Doutorado ao quinto autor.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- Dall’Amico, M. & Hornsteiner, M. 2006. A simple method for estimating daily and monthly mean temperatures from daily minima and maxima. *International Journal of Climatology*, 26, 1929-1936.
- Serra, A. 1974. Climatologia do Brasil. *Boletim Geográfico*, 33(243): 53-119.
- Weiss, A. & Hays, C.J. 2005. Calculating daily mean air temperatures by different methods: implications from a non-linear algorithm. *Agricultural and Forest Meteorology*, 128: 57-65.
- World Meteorological Organization, 2008: *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, WMO-No 8, Seventh edition, Geneva.





O USO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL E O POTENCIAL ENERGÉTICO DO NORDESTE BRASILEIRO

Ednaldo de Ceita Vicente de Almeida¹; Fernando Nazareno do Nascimento²;

Andresa Montenegro Lima³

RESUMO

A exploração de recursos naturais para a obtenção de energias renováveis tem sido crescente em todo o mundo, aliada a importância das fontes alternativas de energia em função de seus potenciais renováveis, das políticas ambientais e de suas fontes diversificadas de produção. O Nordeste brasileiro já desempenha um papel muito importante na matriz energética brasileira, graças às suas características climáticas favoráveis à geração de energia elétrica a partir das fontes eólicas e fotovoltaicas. O Nordeste destaca-se como região de matriz energética limpa, posto que a hidroeletricidade é responsável pela maior parte da produção de energia, entretanto há um importante fator limitante: apenas um rio fornece energia para a região, o Rio São Francisco, cujo potencial hídrico encontra-se praticamente todo explorado. Este trabalho aborda a temática da matriz energética brasileira e as soluções alternativas encontradas pelo Nordeste para a produção de energia a partir de outras fontes de energia renovável.

PALAVRAS-CHAVE: Energias Renováveis; Matriz Energética; Nordeste brasileiro.

Autor para correspondência: andresalima@gmail.com.

1 Mestrando em Desenvolvimento Regional pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Bacharel em Economia pela UFCG; 2 Mestrando em Desenvolvimento Regional pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Bacharel em Engenharia Elétrica pela UFPB; 3 Mestranda em Desenvolvimento Regional pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela UNIFACISA e pela De Montfort University- UK.



THE USE OF RENEWABLE ENERGY IN BRAZIL AND THE ENERGY POTENTIAL OF THE BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT

The exploitation of natural resources for renewable energy has been increasing worldwide, allied to the importance of alternative sources of energy due to their renewable potentials, environmental policies and their diversified sources of production. The Brazilian Northeast can play a very important role in the Brazilian energy matrix, thanks to its favorable climate characteristics for the generation of electricity from wind and photovoltaic sources. The Northeast stands out as a region of clean energy matrix, since hydroelectricity is responsible for most of the energy production, however there is an important limiting factor: only one river supplies energy to the region, the São Francisco River, whose water potential it is practically all explored. This paper addresses the theme of the Brazilian energy matrix and the alternative solutions found by the Northeast for the production of energy from other renewable energy sources.

KEY-WORDS: Renewable energy; Energy matrix; Brazilian Northeast.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O mundo globalizado solicita cada vez mais recursos da natureza para a manutenção do seu sistema. Evoluem-se as técnicas de extração/produção de energia, alargando as fontes e explorando os potenciais de diferentes localidades, o que determina constantemente o destino dos países do mundo moderno. Desenvolvimento energético e socioeconômico são assuntos extremamente relacionados. Dessa forma será difícil um país ou mesmo região atingir ápices de progresso sem melhorar a sua matriz energética. Características tais como desenvolvimento tecnológico, crescimento industrial e melhoria no padrão de vida social, estão ligadas à eficiência energética. Apesar dos primeiros estudos brasileiros sobre energia eólica remontarem a 1930 no Estado de São Paulo (BRANCO, 1930), o uso de energias renováveis no Brasil em escala industrial para a produção de eletricidade é muito recente. A primeira usina de energia eólica começou a funcionar em 1992 no arquipélago de Fernando de Noronha. Dois anos depois a primeira usina eólica foi interligada ao Sistema Integrado Nacional, em Gouveia (MG). As instalações de grandes usinas começaram a ocorrer a partir dos anos 2000, com políticas públicas liberando linhas de financiamento e abrindo o mercado ao capital estrangeiro.

A região Nordeste no cenário das energias renováveis no Brasil tem sido fundamental devido ao seu potencial de ventos e de insolação, características estas que fazem da região

umas das mais competitivas para a produção de energias eólicas e fotovoltaicas. (LEITE, 2007).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este ensaio busca ampliar a discussão sobre fontes de energias renováveis e exploração dos recursos naturais no Nordeste do Brasil, bem como apontar as políticas públicas de maior importância no incentivo às energias limpas e analisar os dados que comprovam as assertivas a cerca da importância atual do Nordeste na matriz energética brasileira e seu futuro potencial de expansão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Associando desenvolvimento e matriz energética, bem como a necessidade do uso de energias limpas em prol do meio ambiente e do futuro das sociedades, este trabalho recai sobre as potencialidades climáticas do Nordeste brasileiro que atualmente expande sua participação na geração de energia eólica e solar contribuindo para que essas fontes tenham cada vez mais espaço na matriz energética brasileira.

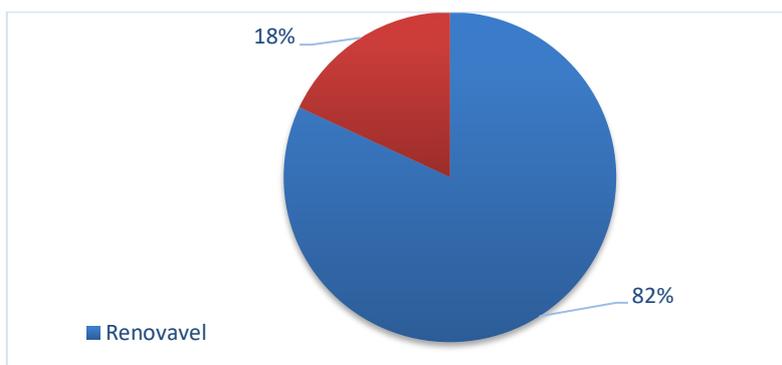
Geração de energia elétrica no Brasil/Matriz energética brasileira

No final do século XX, a humanidade fazia mais uso da energia produzida pela queima de combustíveis fósseis tais como petróleo, carvão, gás natural e através da energia nuclear. A energia gerada pela queima de combustíveis fósseis libera dióxido de carbono, o CO₂, altamente poluente, responsável pelo efeito estufa na atmosfera, contribuindo decisivamente para o aquecimento global. A energia nuclear é altamente perigosa porque quaisquer acidentes, por menores que sejam, liberam radioatividade para a atmosfera ou rios, causando doenças graves como câncer e leucemia, além de deformações genéticas nas futuras gerações. As fontes de energias renováveis são as mais indicadas pois usam recursos naturais gerenciados de forma a trazer impactos reduzidos e não apresentam o potencial destrutivo da energia nuclear e da energia gerada pelos combustíveis fósseis. (FIRMINO; SOUSA, 2015)

As energias renováveis foram consideradas um bem necessário para a nossa sociedade e o Brasil se apresenta como um grande utilizador destas fontes de energia. Segundo dados do Boletim Energético Nacional – BEN, 81,7% da geração de energia interna brasileira é

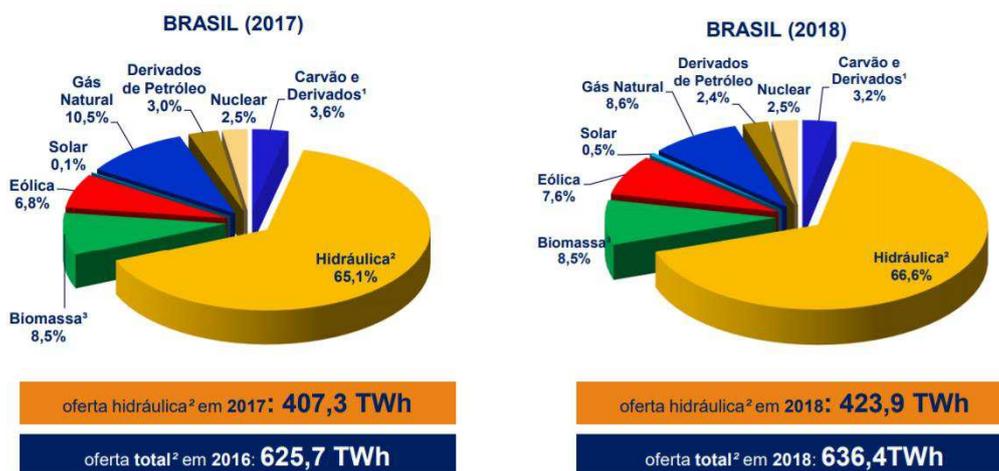
obtida por meio de fontes renováveis eólica, solar, biomassa e hidráulica, enquanto apenas 18% correspondem a energias não renováveis oriundas da queima de combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral, gás natural, além das fontes de energia nucleares (BEN, 2017).

Gráfico 1- Geração interna de energia renováveis e não renováveis



Fonte: elaboração própria a partir dados do BEN 2017.

Gráfico 2 – A composição da matriz energética brasileira.



Fonte: BEN (2019).

Observando e comparando o gráfico do ano 2017/2018 é interessante observar que a energia hidráulica é a fonte que tem a maior representatividade no que diz respeito a composição da matriz energética brasileira, tal fato deve se as questões históricas do país que desde cedo apostou na fonte hídrica para produção de energia elétrica de modo

a sustentar as indústrias. No que diz respeito ao crescimento da geração de energia a solar, esta lidera com 316% (tabela 1), fato esse extremamente relacionando á políticas públicas de incentivos a geração de energias renováveis (BEN, 2018).

Tabela 1 - Crescimento em porcentagem de fontes renováveis no Brasil entre 2017-2018.

fonte energéticas	% de crescimento
solar	316,20%
eólica	14,40%
hidráulica	4,10%
biomassa de cana	0,70%

Fonte: BEN (2019).

Políticas públicas de incentivos a geração de energias renováveis

As políticas públicas estabelecidas no Brasil para o setor de energias renováveis, tiveram como base o que se praticou em países desenvolvidos como Estados Unidos, Alemanha, França e Reino Unido. Dos países emergentes, o mais analisado e assimilado foram China, Índia e Coréia do Sul. No Brasil o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia -PROINFA adotou semelhante política, embora com um limitante de potência instalada na ordem de 3.300 MW, bastante pequena se comparada aos países desenvolvidos (BRASIL, 2002). O PROINFA estabeleceu que 60% dos equipamentos aplicados na indústria de energias renováveis sejam de fabricação nacional. Com relação a Energia Solar Fotovoltaica, o modal de energia que mais cresce no Brasil e no mundo, dada as suas facilidades de instalações de comparada a grandes parques eólicos, se identifica uma necessidade premente de instalação de uma indústria nacional de placas fotovoltaicas. O Governo abriu o mercado para esta opção de energia, de forma mais agressiva, através de leilões de áreas para investimentos e permitindo a participação de empresas estrangeiras. Graças a esta abertura de mercado foram construídos grandes parques solares em todo o Brasil, mas principalmente no Nordeste, fazendo com que a participação da energia solar fotovoltaica em nossa matriz energética duplicasse em nos últimos três anos, de 2015 a 2018, passando de 1.790 para 3.763 MW (BRASIL, 2018).

Potencial energético Nordestino solar e eólico

A exploração da energia eólica no Brasil, tem experimentado um crescimento exponencial nas últimas décadas. Em 2005 a potência instalada era de 27,1 MW; em 2012 cresceu para 2.514 MW, chegando a 14.800 MW em 2018, com previsão para 2019 de 17.765 MW. Para se ter ideia da importância do Nordeste neste contexto, dos oito principais estados produtores de energia solar no Brasil, apenas Rio Grande do Sul e Santa Catarina não estão no Nordeste, tendo 1.832 MW e 239 MW instalados respectivamente. . Esses dois estados sulistas respondem por 14,7% da capacidade instalada, ficando os 85,3% restantes no Nordeste. O Rio Grande do Norte lidera com 4.043 MW instalados, seguido da Bahia com 3.660 MW, Ceará com 2.050 MW, Piauí com 1.638 MW, Pernambuco com 782 MW e Paraíba com 157 MW instalados (LUCENA, 2019). Segundo o autor, os grandes desafios para a produção sustentável de energia eólica é a constante evolução da tecnologia com ideias inovadoras, tendo inclusive a preocupação de mitigar os impactos socioambientais. Segundo os dados apresentados pela Associação Brasileira de Energia Eólica, os dez parques eólicos mais produtivos do Brasil, todos no Nordeste, tiveram fatores de capacidade médios de entre 60,8% e 64,6% em 2017(ABEEólica, 2018). Com relação a energia solar, vive-se um momento de euforia no setor graças ao crescimento de sua exploração no país e principalmente no Nordeste. Atualmente no ranking por estados da federação, dos oito primeiros colocados nenhum é nordestino. Os oito principais estados do ranking estão localizados nas regiões sul, sudeste e centro oeste, respondendo por 76% da capacidade instalada. O Nordeste aparece neste ranking a partir do nono lugar com o Ceará com 3,4% da capacidade instalada, Pernambuco com 2,4%, seguidos pelos demais estados. No entanto o potencial nordestino para a geração de energia solar é extremamente significativo. A região já está vivendo grandes expectativas de parques solares de grande porte, como Coremas na Paraíba, Barreiras na Bahia, São José do Belmonte em Pernambuco, Ribeira do Piauí, este o maior parque solar da América Latina, em Quixeré no Ceará, além de mais de vinte parques de menores proporções espalhados pelo Rio Grande do Norte (ABSolar, 2018). Esses avanços anteriormente citados são referentes à chamada “Geração Centralizada”, isto é, energia solar gerada em grandes parques. Há também a chamada “Geração Distribuída”, que é a energia gerada por pessoas físicas ou jurídicas, em residências, indústrias,



hospitais e zona rural. Normalmente esses casos são de produtores de energia que geram para seu consumo, sendo que eventuais excessos de oferta são liberados para o Sistema Integrado Nacional. Atualmente dos 3.763 MW instalados no Brasil, 2.270 MW são de geração centralizada e 1.493 MW de geração distribuída. Segundo informe da associação Brasileira de Energia Solar, a situação climática da região Nordeste juntamente com as políticas de incentivos a geração de energias renováveis faz com que a região incremente sua posição na geração de energias eólica e solar no país. A energia solar tem experimentado um crescimento exponencial na região e no resto do Brasil. Atualmente ocupa modestos 0,8% de participação na matriz energética nacional, mas as previsões são de que até 2025 esse número seja multiplicado por 10, ou seja, 8% da matriz energética brasileira será de energia solar. O crescimento da exploração da energia solar fotovoltaica foi impulsionado a partir das Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) – nº 482, de 17 de abril de 2012 e a nº 687, de 24 de novembro de 2015 – que regulou a geração distribuída no Brasil. O Nordeste brasileiro desempenha um papel muito importante na matriz energética brasileira, sendo uma das regiões de maiores produções percentuais de energias limpas do mundo, graças às suas características climáticas extremamente favoráveis à geração de energia elétrica a partir das fontes eólicas, solar fotovoltaica e hidrelétrica.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O avanço das energias renováveis no mundo é fato irreversível. As pressões por redução de emissões de CO₂ são em escala mundial cada vez maiores. Além da questão ecológica, as demandas por energia elétrica vão crescer de forma exponencial com a massificação do carro elétrico e a irreversível tendência ao abandono da produção de carros com motores a combustão. Neste cenário de altas demandas por energia elétrica, as energias renováveis desempenharão papel fundamental na modificação das matrizes energéticas. Neste cenário, o Brasil desponta como um país promissor em termos de energias limpas e, especificamente o Nordeste, certamente assumirá a liderança da produção das energias renováveis no futuro das sociedades.



REFERÊNCIAS / REFERENCES

ABEEólica - **Associação Brasileira de Energia Eólica**.
<https://www.govserv.org/BR/São-Paulo/360712964032917/ABEEolica> consultado em 29/11/2019 às 23.21 h.

ABSOLAR - **Associação Brasileira de Energia Solar**.
<https://www.absolar.org.br/infográfico-absolar-.html> consultado em 29/11/2019 às 23:42 h.

BRANCO, C. **O homem dos moinhos de vento**. Editora Outros. São Paulo, 2013.

BRASIL . **Ministério das Minas e Energia**. Publicação da Lei 10.438/2002 que criou o PROINFA.

BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica: Resolução nº 482**. Ministério de Minas e Energia. MME/ANEEL. Brasília, 2012.

BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2018 e 2019**: Ano base 2017 e 2018 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2019.

BRASIL. **Resenha Energética Brasileira, exercício edição de dezembro de 2016**. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Ministério de Minas e Energia. Dezembro de 2018.

FIRMINO, M.; SOUSA, A. **Energia Solar**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, p. 29. 2014/2015.

LEITE, A.D. **A energia no Brasil**. Elsevier Editora. Rio de Janeiro, 2007.

LUCENA, C. **Fontes Renováveis de Energia: Inovação, Impactos e Desafios**. Editora Navegando Publicações. Uberlândia (MG), 2019.



OSCILAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM BARBALHA – CE, BRASIL

Hudson Ellen Alencar Menezes¹, Jaqueline Fernandes de Medeiros Duarte², Raimundo Mainar de Medeiros³, Rickson Ellen Alencar Menezes⁴, Vamberto de Lima Sousa⁵

RESUMO

Objetivando analisar as oscilações da precipitação enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Utilizou-se dados de precipitação mensal e anual no período de 1973 a 2014. As oscilações da precipitação máxima absoluta ocorrem entre os meses de dezembro a abril e entre os meses de maio a novembro verificar-se as menores oscilações da precipitação máxima absoluta, fator este que conhece com o período menos chuvoso. As variabilidades das oscilações mínimas absoluta da precipitação ocorrem entre os meses de junho a dezembro, sendo os seus meses críticos, vale salientar que os meses de janeiro a abril são os que apresentam os máximos dos mínimos absolutos.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática, trimestre mais úmido, média mensal e anual.

1 Meteorologista, Doutor, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: hudson.ellen@ufcg.edu.br; 2 Analista em Tecnologia da Informação, Especialista, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: jaqueline.duarte@ufcg.edu.br; 3 Meteorologista, Pós-Doutor, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; 4 Analista de Sistemas, Indra, e-mail: ricksonmzs@gmail.com; 5 Técnico em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, e-mail: vamberto.lima@ufcg.edu.br



OSCILLATION OF PRECIPITATION IN BARBALHA - CE, BRAZIL

ABSTRACT

Aiming to analyze rainfall oscillations focusing on such variations as a means to understand future changes. Monthly and annual rainfall data were used from 1973 to 2014. The oscillations of the maximum absolute precipitation occur between the months of December to April and between the months of May and November the smallest oscillations of the maximum absolute precipitation occur, factor that knows with the less rainy period. The variability of the absolute minimum oscillations of precipitation occur between the months of June to December, being its critical months, it is noteworthy that the months of January to April are the ones that present the maximums of the absolute minimums.

KEYWORDS: Climate variability, wetter quarter, monthly and annual average.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vem se observando uma crescente preocupação acerca das flutuações climáticas, seus ciclos e as várias consequências que o clima pode estar acarretando a sociedade. Outros impactos antrópicos ao meio ambiente têm exercido uma considerável influência na variabilidade climática (Marengo et al., 2006).

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia de acordo com os autores Sleiman e Silva (2008).

Por ser um país de grande extensão territorial, o Brasil possui diferentes regimes de precipitação. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. Na Região Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, com chuvas na primavera, verão e outono, contudo na parte noroeste da região praticamente não se observa estação seca. No Nordeste a estação chuvosa do semiárido apresenta índices pluviométricos relativamente baixos, que se restringe há poucos meses, em geral três meses. A pluviometria representa o atributo fundamental na análise dos

climas tropicais, refletindo a atuação das principais correntes da circulação atmosférica. No município de Barbalha - CE especificamente, as chuvas são fundamentais para o bom desenvolvimento do regime dos rios perenes, córregos, riachos, níveis dos lagos e lagoas, bem como para a ocupação do solo, sendo imprescindível ao planejamento de qualquer atividade o conhecimento da sua dinâmica e uma aplicabilidade deste elemento ao setor agrícola e pecuário.

A maioria dos estudos sobre precipitação pluviométrica utiliza como método geral a definição de tendências pluviométricas em longos períodos de tempo, para que se possa analisar a variabilidade real dos valores médios de conformidade com Figueiró e Coelho Netto (2004). Com efeito, Ayoade (1983) destacou que os totais de precipitação são normalmente distribuídos, o que permite uma análise mais confiável, exceto em áreas onde a precipitação anual seja inferior a 750 mm. Nesse sentido, a grande dificuldade de proceder a tal análise residiria na escassez de dados climáticos confiáveis, principalmente para longo período de tempo.

Atualmente, não é consenso na comunidade científica que as mudanças climáticas globais sejam oriundas das atividades antropogênicas segundo Molion (2008). Todavia, as mudanças climáticas em escala regional e local são bem documentadas, o exemplo mais significativo ocorre no ambiente urbano, no qual diversos estudos têm mostrado que as cidades criam um clima típico, decorrente dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo de conformidade com os autores Offerle et al. (2005); Coutts et al. (2007); Alves e Specian (2009).

O município de Barbalha assim como todo o Cariri cearense, destacam-se no semiárido nordestino, devido, tanto pelas suas condições naturais subúmidas, decorrentes principalmente do substrato geológico sedimentar quanto pela concentração populacional. Lima (2014) pondera que o povoamento contemporâneo do Cariri Cearense teve seu início entre os séculos XVII e XVIII e o processo de ocupação foi, a partir daí, mais intenso. Inicialmente o uso foi principalmente para criação bovina; posteriormente, visto a fertilidade do solo e recurso hídrico constante, propícios ao plantio, assim como pelas divergências e incompatibilidade de uso entre agricultores e criadores, as terras da região foram tomadas pela agricultura.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetiva-se entender as oscilações e a variabilidade temporal da precipitação no município de Barbalha – CE no período de 1973 a 2014. Visando a delimitação de regime que caracterize o trimestre seco e chuvoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Barbalha, localizado no estado do Ceará, possui uma área de 479 km². “Seu “posicionamento encontra-se entre os paralelos 7°18’18” de latitude sul e entre os meridianos de 39°18’07” de longitude oeste. Inserido na mesorregião Sul Cearense, na microrregião do Cariri, limita-se com os municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha (Figura 1). Conta com uma população de 55.373 habitantes segundo o IBGE (2010), e uma densidade demográfica de 115,56 habitantes por km². (IPECE, 2006).



Figura 5. Mapa de localização da área de estudo.

O município destaca-se pela influência que recebem da chapada do Araripe, que de acordo com Souza et al. (2006) “O enclave da Chapada da Araripe/Cariri corresponde a uma das áreas mais singulares dentre as áreas úmidas de exceção do contexto semiárido nordestino” e acrescenta que as condições de úmidas ocorrem na encosta e no pé-de-serra. Geologicamente, a chapada do Araripe é composta por materiais pertencentes à bacia sedimentar do Araripe, que se expande pelos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Caracteriza-se como cidade de relevo bastante heterogêneo, repleto de acidentes geográficos, próxima a um divisor de águas natural que é a Chapada do Araripe, o que justifica a média pluviométrica de 1.160,1 mm, de acordo com Soares et al. (2006).

A área estudada está contida numa região bastante heterogênea próxima dos centros urbanos das cidades de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte - CE, com áreas de vegetação nativa, e áreas de agricultura irrigada. A vegetação nativa predominante apresenta porte e densidade baixos, o solo possui áreas expostas, com tonalidade esbranquiçada. O município de Barbalha se desenvolveu no vale do rio Salamanca, destacam-se os riachos do Ouro e o riacho Seco que compõem a microbacia do rio Salamanca, esses riachos passam pela cidade de Barbalha e apresentam margens ocupadas por ruas e residências.

Utilizaram-se dados de precipitação pluvial da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do período de 1973 a 2014, os dados foram trabalhados e geraram-se os valores mensais e anuais. Após as etapas acima citadas foram feitos testes de consistência para ver-se a confiabilidade dos dados gerados e das informações que seriam passadas ou utilizadas para diversas finalidades, principalmente no setor agropecuário, irrigação, lazer e da saúde.

Os dados trabalhados estatisticamente foram gerados por Medeiros (2015) onde se calculou as médias, os máximos e mínimos valores absolutos, desvio padrão em relação à média e seu coeficiente de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 tem-se a variabilidade das oscilações das precipitações médias, máxima e mínimas absolutas para o município de Barbalha – CE. A precipitação anual climatológica é de 1.061,1 mm do período de 1973 a 2014, a precipitação máxima e

mínima absoluta registrada foi de 1.976,2 e 522,9 mm respectivamente. O quadrimestre chuvoso centra-se entre os meses de janeiro a abril com oscilações de 178,3 a 239,9 mm. O quadrimestre seco esta contido entre os meses de junho a outubro com oscilações entre 3,9 a 19,3 mm. Nos meses de maiores índices pluviométricos (dezembro a maio) chove 89,25% da precipitação histórica e nos meses de junho a novembro onde ocorrem os menores índices pluviométricos chove 10,74% da precipitação histórica.

Tabela 1. Representação dos valores da precipitação média, máxima e mínima absolutas para o município de Barbalha – CE.

Meses/ Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
PREC. média	178,3	204,3	239,9	185,4	57,7	19,3	18,5	3,9	7,1	24,0	41,6	84,3	1061,1
PREC. máxima absoluta	513,3	461,9	593,8	533,8	267,9	157,3	238,9	47,2	49,0	204,3	182,8	333,9	1976,2
PREC. mínima absoluta	38,6	45,3	32,3	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	522,9

Legenda: PREC. = Precipitação.

A precipitação máxima e mínima absoluta registrada foram de 1.976,2 e 522,9 mm respectivamente, as maiores intensidade de chuvas máximas mensais ocorrem nos meses de janeiro, março e abril com 513,3; 593,8 e 533,8 mm. Os menores índices de precipitação mínima absoluta registrados no período chuvoso (janeiro a abril) foram 20,3 mm/mês em abril e 32,3 mm/mês em março.

Na Figura 2 tem-se a representação da precipitação climatológica, máxima e mínima absoluta para o município de Barbalha – CE.

Observam-se as oscilações da precipitação média durante os meses onde seu trimestre chuvoso centra entre fevereiro e abril e o seu trimestre seco ocorrem entre os meses de agosto a outubro. As oscilações da precipitação máxima absoluta ocorrem entre os meses de dezembro a abril e entre os meses de maio a novembro verificar-se as menores oscilações da precipitação máxima absoluta, fator este que conhece com o período menos chuvoso. As variabilidades das oscilações mínimas absoluta da precipitação ocorrem entre os meses de junho a dezembro, sendo os seus meses críticos,

vale salientar que os meses de janeiro a abril são os que apresentam os máximos dos mínimos absolutos.

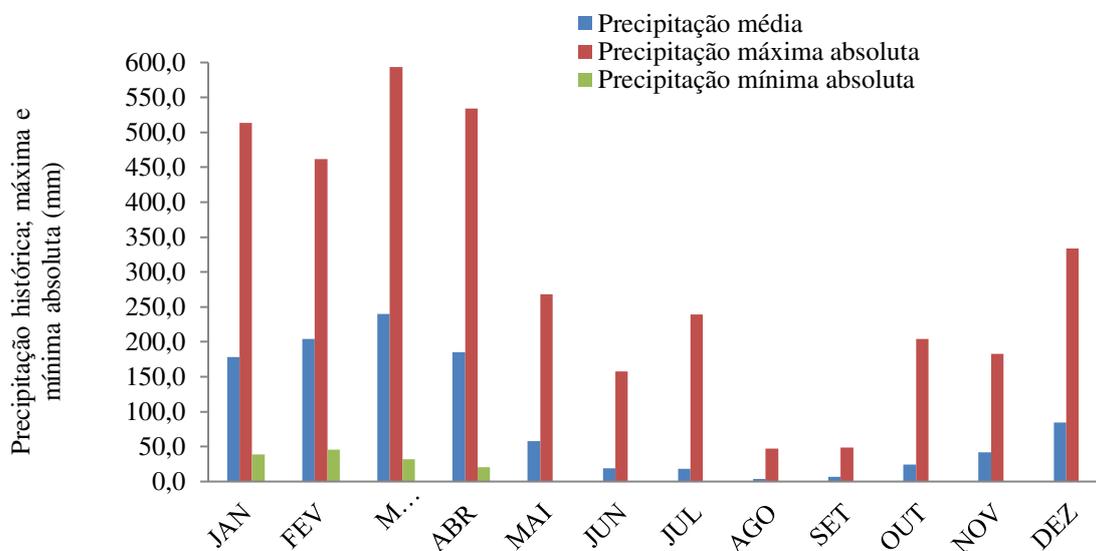


Figura 2. Representação da precipitação climatológica, máxima e mínima absoluta para o município de Barbalha – CE.

CONCLUSÕES

Precipitações pluviométricas irregulares podem causar ocorrência de veranicos, ou seja, chuvas com distribuição espacial e temporal irregulares, provocando déficits hídricos no solo, tendo efeito direto nos cultivos agrícolas, como redução no desenvolvimento da planta, abortamento e queda das flores, enchimento dos grãos ou até mesmo a perda total da plantação.

Destaca-se a importância desse estudo pela possibilidade de gerar subsídios para criação de medidas mitigadoras para a área de estudo.

As oscilações da precipitação máxima absoluta ocorrem entre os meses de dezembro a abril e entre os meses de maio a novembro verificar-se as menores oscilações da precipitação máxima absoluta, fator este que conhece com o período menos chuvoso. As variabilidades das oscilações mínimas absoluta da precipitação ocorrem entre os meses de junho a dezembro, sendo os seus meses críticos, vale salientar que os meses de janeiro a abril são os que apresentam os máximos dos mínimos absolutos.



REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intraurbanos. **Mercator**, v. 8, n. 17, p. 181-191, 2009.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel. 1983.

COUTTS, A. M.; BERINGER, J.; TAPPER, N. J. Impact of increasing urban density on local climate: Spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Australia. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 46, n. 4, p. 477-493, 2007.

FIGUEIRÓ, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Climatic variability and pluviometric trends in a humid tropical environment at Resende municipality in the middle Paraíba do Sul river valley: SE Brazil. **Journal of Hydrology**, 2004.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acesso em 19/10/2015.

INMET. **Normais climatológicas**, Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília – DF. 2014.

IPECE. **Perfil básico municipal da cidade de Barbalha**. Fortaleza, 2006

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes”. **Wall-map** 150cmx200cm. 1928.

LIMA, G. G. Análise comparativa de metodologias de mapeamento geomorfológico na bacia do rio Salamanca, Cariri Cearense. 2014. 120 f. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2014.



MARENGO, J.; SILVA DIAS, P. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: REBOUÇAS, B.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (Ed.). Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: **Editoras Escrituras**, 2006. cap. 3, p.63-109.

MEDEIROS, R. M. **Banco de dados hidrometeorológicos e suas análises para municípios do Nordeste do Brasil**. p.225. 2015.

OFFERLE, B.; JONSSON, P.; ELIASSON, I.; GRIMMOND, C. S. B. Urban Modification of the Surface Energy Balance in the West African Sahel: Ouagadougou, Burkina Faso. **Journal of Climate**, v. 18, n. 19, p. 3983-3995, 2005.

SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. A Climatologia de precipitação e a ocorrência de veranicos na porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rio Claro: **SIMP GEO/SP**, 2008.

STRANG, D. M. G. – Análise climatológica das normas pluviométricas do Nordeste do Brasil. São José dos Campos – **CTA/IAE**, 1972 (p. 70).

SOARES, R. C.; RIBEIRO, S. C. Feições erosivas e movimentos gravitacionais de massa nas áreas urbanas e periurbanas de Barbalha/CE com vistas ao planejamento urbano-ambiental: subsídios para a carta de cadastro. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Goiânia, Setembro de 2006. Disponível em: www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/345.pdf. Acesso em: 12/10/2015.





PADRÕES ESPACIAIS DE EPISÓDIOS DE SECA EM MICRORREGIÕES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Santana Livia de Lima¹; Madson Tavares Silva²; Welinagila Grangeiro de Sousa³;
Mariana da Silva de Siqueira⁴; Antônia Silânia de Andrade⁵.

RESUMO

As secas representam o tipo mais complexo e prejudicial de desastre natural e, vem afetando diversas regiões pelo mundo há muitos anos. O índice SPEI é determinado para diferentes escalas de tempo, com caráter multi escalar permitindo caracterizar condições secas ou úmidas em diferentes climas. O trabalho teve como objetivo analisar as condições de seca meteorológica com escala de tempo de 3 meses, nas microrregiões do Médio oeste, Vale do açu, Seridó oriental e o Seridó ocidental, usando valores do SPEI para 3 meses (SPEI-3). Os resultados mostram que os valores de SPEI refletem variações complexas nas condições de seca de acordo com sua classificação. Observou-se seca para as quatro microrregiões estudadas, sendo que houve uma maior atuação da seca suave e seca moderada, presente de forma significativa e de seca severa com maior intensidade porem em menor quantidade.

PALAVRAS-CHAVE: SPEI; Severidade; Caracterização.

Autor para correspondência: livialima24s@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 5Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

SPACE EPISODE STANDARDS DE DRY IN MICROORGIONS OF RIO GRANDE DO NORTE STATE

ABSTRACT

Droughts represent the most complex and damaging type of natural disaster and have been affecting many regions around the world for many years. The SPEI index is determined for different time scales, with multi-scalar character allowing to characterize dry or humid conditions in different climates. The objective of this study was to analyze the weather drought conditions with a time scale of 3 months in the microregions of the Midwest, Açu Valley, Eastern Seridó and Western Seridó using SPEI values for 3 months (SPEI-3). Results show that SPEI values reflect complex variations in drought conditions according to their classification. Drought was observed for the four microregions studied, and there was a greater role of mild and moderate drought, present significantly and severe drought with greater intensity but less.

KEY-WORDS: SPEI; severity; variability.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

As secas representam um fenômeno climático que atinge várias regiões ao redor do mundo, associando-se à irregularidade de chuvas por longos períodos, tornando a oferta hídrica incompatível com as necessidades de consumo humano e desencadeando vários tipos de efeitos danosos nos lugares onde ocorrem (NYS et al, 2016; ALPINO et al, (2014).

Na atualidade o semiárido brasileiro permanece passando por episódios de seca cada vez mais constante. De acordo com o World Metereological Organization (WMO, 2014) os anos de 2012 e 2013 foram considerados um dos piores episódios de seca em 50 anos no país, com consequências severas tanto climáticas e ambientais, quanto nas questões sociais e econômicas no semiárido brasileiro.

Verifica-se que os impactos das secas no Nordeste tendem a se intensificar diante do cenário de aquecimento global (MACHADO FILHO et al., 2016), pois a elevação das temperaturas médias do planeta aumenta a evaporação das fontes de água que abastecem os municípios da região e, em particular as microrregiões do médio oeste, vale do açu, Seridó oriental e o Seridó ocidental localizadas no estado do Rio Grande do Norte. As referidas microrregiões são analisadas nesse estudo, no qual está inserida a área de estudo.

De acordo com Fernandes et al. (2009) as secas podem ser diagnosticadas, com base em uma série histórica de dados meteorológicos, por meio de índices quantificadores

de seca. Dessa forma se destaca o Índice padronizado de Precipitação e Evapotranspiração (SPEI), que é considerado um índice universal, que permite comparações de condições de seca em diferentes regiões climáticas e em diferentes escalas de tempo.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Analisar as condições de seca meteorológica com escala de tempo de 3 meses, nas microrregiões do Médio oeste, Vale do açu, Seridó oriental e o Seridó ocidental, usando valores do SPEI para 3 meses (SPEI-3).

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O presente trabalho foi realizado apenas para as microrregiões do Médio oeste, Vale do açu, Seridó oriental e o Seridó ocidental localizadas no estado do Rio Grande do Norte. Figura 1. Para esse estudo foram utilizados dados de pontos de grade com uma distância de 38 quilômetros entre eles, obtidos de dados de reanálises do Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), e foram utilizadas séries temporais do período de 1980-2017.

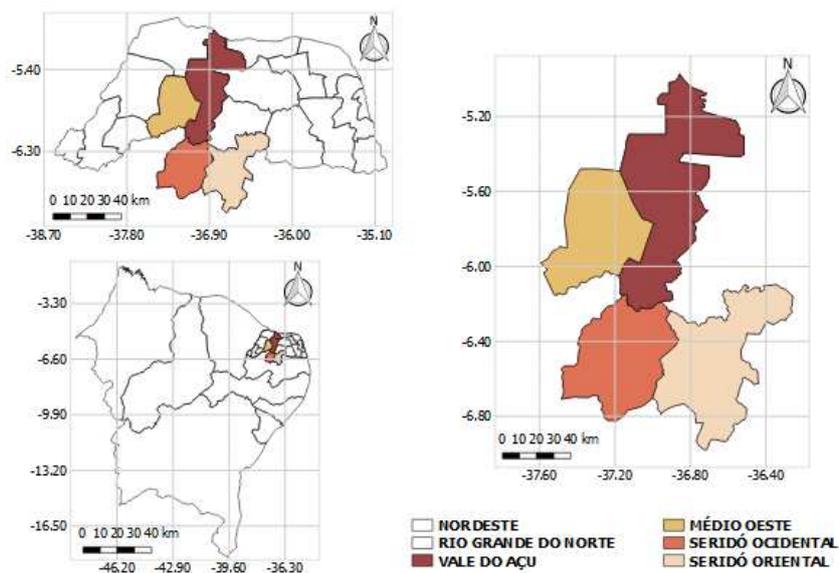


Figura 1: Localização da área de estudo (Fonte: Autor, 2019)

Para o devido trabalho calculou-se o  ndice padronizado de precipitação e evapotranspiração (SPEI) pela diferença entre a precipitação (P) e evapotranspiração

potencial (PET) (LEE et al., 2017). O SPEI pode ser facilmente obtido como os valores padronizados de $F(x)$ segundo (Serrano, 2010) pela seguinte equação:

$$SPEI = W - \frac{c_0 + c_1W + c_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3}$$

Os autores (McKee, 1993; Tan et al., 2015) classificam a seca em cinco categorias de acordo com os valores do SPEI, as quais são: sem seca ($\geq -0,5$); seca suave (-1,0; -0,5); seca moderada (-1,5; -1,0); seca severa (-2,0; -1,5) e seca extrema ($\leq -2,0$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

De acordo com Figura 2 é notório a presença de seca oscila em torno da linha de escala zero, refletindo as condições alternadas de seca ao longo do período de 1980 a 2017. Pode-se destacar uma maior concentração de seca suave e seca moderada para as microrregiões em estudo, presente nos anos de 1982-1984, 1993-1994, 1998, 2000 e 2014-2017, representando 29% dos episódios de seca. Também foi possível verificar a presença de seca severa, porem em menor quantidade, identificada nos anos de 1999 e 2013.

Mediante análise foi possível observar que dois períodos úmidos se destacam, os quais compreendem os anos de 1985-1987 e 2008-2010. Diante do exposto é evidente a atuação da seca para as quatro microrregiões analisadas, tal fato era esperado devido à alta variabilidade da chuva nessas localidades (DINIZ; PEREIRA, 2015).

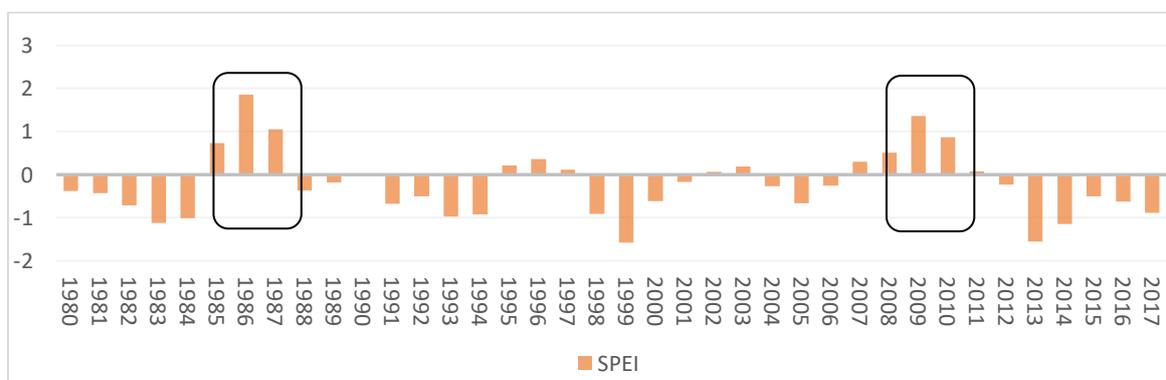


Figura 1: Distribuição média anual das secas, para as microrregiões do Médio oeste, Vale do açu, Seridó oriental e o Seridó ocidental, de acordo com o índice SPEI3, para o período de 1980 a 2017. (Fonte: Autor, 2019)



CONCLUSÃO / CONCLUSION

De acordo com os resultados obtidos, é possível compreender o comportamento e distribuição da seca para as microrregiões do Médio oeste, Vale do açúcar, Seridó oriental e Seridó ocidental para o período 1980 a 2017. O índice SPEI-3 apresentou potencial para caracterização e determinação dos tipos de seca que ocorrem, devido à sua característica multiescalar para quantificar períodos úmidos e secos.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo N°. 409499/2018-8), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a esta pesquisa. E ao Grupo de Pesquisas em Geotecnologias e modelagem de risco ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG pelo apoio técnico e científico.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALPINO, T. M. A.; FREITAS, C. M.; COSTA, A. M. Seca como um desastre. **Revista Ciência & Trópico**. Recife, v. 38, n. 2, p.109-134, 2014.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C.; Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Revista Goiânia**, v. 35, n. 3, 2015.

JINYIN, C.; XIANG, L.; HAIBING, Z.; XINTONG, B. A novel cluster center fast determination clustering algorithm. **Applied Soft Computing**, v.57, p. 539–555, 2017.

LEE, S.H., YOO, S.H., CHOI, J.Y., BAE, S., 2017. Assessment of the impact of climate change on drought characteristics in the Hwanghae Plain, North Korea using time series SPI and SPEI: 1981–2100. **Water**, 9, 579-598, Doi:10.3390/w11102184.



MACHADO FILHO, H. et al. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil. Brasília: IPC-IG/PNUD, 2016. <[https://www.ipc-undp.org/pub/port/Mudanca no clima e os impactos na agricultura familia](https://www.ipc-undp.org/pub/port/Mudanca%20no%20clima%20e%20os%20impactos%20na%20agricultura%20familia)>. Acesso em: 13 novembro 2019.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **The relationship of drought frequency and duration of time scales.** In: 8ª CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, Anaheim, California, 1993.

NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. Secas no Brasil: política e gestão proativas. Brasília: CGEE/Banco Mundial, 2016. <https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/seca_brasil-web.pdf>. Acesso em: 13 novembro 2019.

SERRANO, V.; S.; M. BEGUERÍA, S.; MORENO, J.; I.; L A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 2010.

TAN, C.; YANG, J.; LI, M. Temporal-spatial variation of drought indicated by SPI and SPEI in Ningxia Hui autonomous region, China. **Atmosphere**, v. 6, n. 10, p. 1399–1421, 2015.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), Wmo statement on the status of the global climate in 2013. World Meteorological Organization (WMO). Genebra, 2014. <https://www.preventionweb.net/files/38413_wmo1123atlas120614.pdf>. Acesso em 13 novembro 2019.



PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA À SISTEMAS LINEARES NA REGIÃO AMAZÔNICA EM ANOS DE ENOS

Lorena Martina Trindade de Lima¹; Weber Andrade Gonçalves²;

Amanda Carolina da Silva Queiroz²

RESUMO

O objetivo do presente estudo é avaliar a precipitação referente às Linhas de Instabilidade (LI) que ocorrem na região Amazônica do Brasil em diferentes anos de El Niño Oscilação Sul (ENOS). A identificação das LI foi feita utilizando o *International Satellite Cloud Climatology Project-Tracking* (ISCCP-Tracking), uma base de dados que possui 26 anos de rastreamento de Sistemas Convectivos (SC), contudo, não se utilizou todos os anos disponíveis, e sim os anos de fases extremas do ENOS identificados pelo *Oceanic Niño Index* (ONI). Além disso, a identificação dos sistemas foi feita por meio da inclinação e excentricidade, por isso adotou-se a nomenclatura Sistema Linear (SL) para se referir aos sistemas identificados. Para obter os valores de precipitação recorreu-se ao algoritmo 3B42 do *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM). Com isso, obteve-se que durante os anos de La Niña as precipitações médias e máximas apresentam valores maiores com maior frequência do que em anos de El Niño, o que indica a influência remota do Oceano Pacífico nos SL.

PALAVRAS-CHAVE: TRMM; Oceanic Niño Index; Sistemas Convectivos de Mesoescala.

E-mails: lorena.lima@inpe.br; weber.goncalves@ccet.ufrr.br; amandacarolsq@outlook.com

1Mestranda em meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, São Paulo; 2Professor doutor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas (DCAC), Natal, Rio Grande do Norte 2Mestranda em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas (DCAC), Natal, Rio Grande do Norte

PRECIPITATION ASSOCIATED WITH LINE SYSTEMS IN THE AMAZON REGION IN YEARS OF ENOS

ABSTRACT

The objective of the present study is to evaluate the precipitation related to the Squall Lines (LI) that occur in the Amazon region of Brazil in different years of El Niño Southern Oscillation (ENOS). The identification of LI was done using the International Satellite Cloud Climatology Project-Tracking (ISCCP-Tracking), a database that has 26 years of Convective Systems (SC) tracking, however, it was not used every year available, but ENSO extreme phase years identified by the Oceanic Niño Index (ONI). In addition, the systems were identified by inclination and eccentricity, so the Linear System (SL) nomenclature was adopted to refer to the identified systems. Precipitation values were obtained using the Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) algorithm 3B42. Thus, during the La Niña years, average and maximum rainfalls are higher more frequently than in El Niño years, which indicates the remote influence of the Pacific Ocean on SL.

KEY-WORDS: TRMM; Oceanic Niño Index; Mesoscale Convective Systems;

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, normalmente associa-se tempo severo com a ocorrência de inundação ou deslizamento de massa provocado por elevada taxa de precipitação (NASCIMENTO, 2006). E Cohen et al. (1989) apontou as Linhas de Instabilidade (LI) como um Sistema Convectivo (SC) responsáveis por montantes elevados de precipitação. As LI estão dentro da classificação de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) proposta por Maddox (1980), sendo elas SCM Lineares. A determinação e identificação dos SCM é feito por meio de imagens de satélite do infravermelho realçado, e seguindo limiares determinados pelo Maddox (1980).

Ainda falando sobre as LI que atuam no Brasil, sabe-se que elas possuem regiões preferenciais de formação, são elas: regiões de passagem de frentes frias (LI pré-frontal) e na costa Norte-Nordeste do país. De acordo com Kousky (1980) as LI que se formam na costa do Brasil são sistemas compostos basicamente de Cumulonimbus (Cb), nuvens com alto potencial convectivo, dispostos de forma linear, e que tem a brisa marítima como principal forçante de formação do sistema.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno interanual responsável pela variabilidade da precipitação em diversas partes do globo, sendo ele caracterizado pela interação da temperatura do Oceano Pacífico e a atmosfera (DA SILVA, 2001;

BERLATO et al. 2005). Sabe-se que, o ENOS possui duas fases distintas, uma de aquecimento (El Niño) e uma de resfriamento das águas do Oceano Pacífico (La Niña) (DA SILVA, 2001; BERLATO et al. 2005; BERLATO e FONTANA, 2003). O aquecimento do Pacífico acarreta o deslocamento da convecção para leste, provocando o deslocamento da Célula de Walker (PHILANDER, 1989). Então, durante o El Niño, nota-se inibição da precipitação na região Norte-Nordeste do Brasil (PHILANDER, 1989; COELHO; UVO; AMBRIZZI, 2002). Enquanto isso, durante a fase de resfriamento, La Niña, a Célula de Walker encontra-se em sua configuração usual, permitindo a formação de nuvens com maiores desenvolvimentos verticais (PHILANDER, 1985; COELHO; UVO; AMBRIZZI, 2002).

Segundo Lima et al. (2017) a ocorrência, frequência e deslocamento dos Sistemas Lineares (SL) são distintos quando se leva em consideração fases extremas de ENOS. Onde, na ocorrência de El Niño os sistemas apresentaram menor intensidade, e por apresentar menor aporte convectivo quando comparados com os sistemas que ocorreram durante La Niña, apresentava menor tempo de vida e menor deslocamento. Esse resultado foi alcançado a partir da avaliação das características físicas e morfológicas dos SL.

Portanto, levando em consideração que as fases distintas do ENOS proporcionam comportamento anômalo da precipitação, objetivou-se avaliar como as fases extremas de El Niño e La Niña podem influir no montante e na distribuição espacial da precipitação associada as LI que ocorrem na região norte do Brasil. Essa análise foi feita por meio dos dados do *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM).

2. MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

2.1. Caracterização climática da área de estudo

O clima na Amazônia é conhecido como quente e úmido, seu regime pluvial médio varia de 1500 até 3800 mm, suas temperaturas médias variam entre 24° e 26° com baixas variações ao longo do ano (FISCH et al. 1996). Para este estudo, foi selecionada uma área definida entre 10° N a 5° S de latitude e 60° W a 45° W de longitude (Figura 1).

Área de Estudo

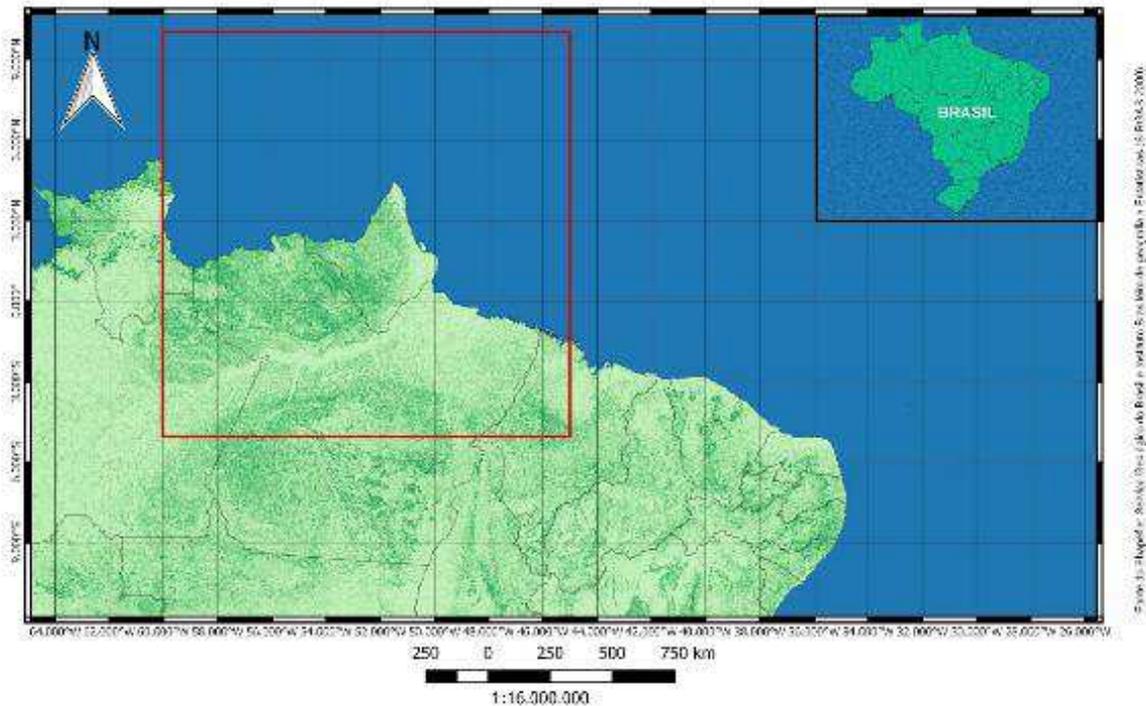


Figura 6. Mapa da região de estudo, destacando-se uma caixa de latitude e longitude onde se queria investigar os SL. Fonte: Feito pelo autor.

2.2. Material

2.2.1. Oceanic Niño Index (ONI)

A decisão dos anos de fases intensas de ENOS baseou-se no *Oceanic Niño Index* (ONI). Esse índice consiste em médias móveis trimestrais da anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico na região do Niño 3.4 (5°N-5°S e 120°-170°W). A partir dessas médias, pode-se definir a fase do ENOS ou de neutralidade, uma vez que, se o índice indicar que as águas estão 0.5°C mais aquecidas por no mínimo cinco meses seguidos está ocorrendo El Niño. Entretanto, se as águas estão 0.5°C mais fria por no mínimo cinco meses seguidos há a ocorrência de La Niña. Os anos selecionados são mencionados nas sessões posteriores.

2.2.2. ISCCP-Tracking

As informações referentes aos SL foram obtidas na base de dados do ISCCP-Tracking. Essa base de dados é composta de um conjunto de rastreamento de SC oriundos de satélites geoestacionários [*Geostationary Operational Environmental Satellte East* (GOES-E), *Geostationary Operational Environmental Satellte West* (GOES-W), *Meteosat*, *Indian National Satellite System* (INSAT) e *Geostationary Meteorological Satellite* (GMS)], possui 26 anos de observação (1983-2008), resolução temporal de 3 horas e resolução espacial de 30 km. Como a região de estudo encontra-se na América do Sul, utilizou-se os dados do GOES-E. As variáveis utilizadas neste estudo estão apresentadas na Tabela 1.

Variáveis disponíveis no ISCCP-Tracking	
Raio (km) [SIZE]	Raio médio dos aglomerados convectivos [CBSMED]
Inclinação em relação ao norte(°)[INCL]	Gradiente de temperatura do SC [GRAD]
Excentricidade [ECCE]	Temperatura média do SC (K) [TMEDCL]
Fração convectiva [FRAC]	Temperatura mínima do SC (K)[TMINCL]
Número de aglomerados convectivos no SC [CBNUM]	Temperatura média do aglomerado convectivo (K) [TMEDCB]
Maior raio de aglomerado convectivo no SC [CBSIL]	

Tabela 4: Variáveis disponibilizadas pelo ISCCP-Tracking

2.2.3. TROPICAL RAINFALL MEASUREMENT MISSION (TRMM)

O TRMM foi um satélite advindo de uma parceria entre a National Aeronautics and Space Administration (NASA), e a National Space Development Agency (NASDA) (KUMMEROW et. al 1998). Ele destacou-se por ser o primeiro satélite a possuir um radar de precipitação abordo, isso permitiu o monitoramento de nuvens, precipitação, fluxo de calor, raios e outros processos associados ao ciclo da água (PASSOW, 2010).

Dentre os algoritmos disponíveis pelo TRMM, o que foi utilizado no presente trabalho foi o 3B42, pois ele mensura a precipitação por meio da técnica TRMM *Multisatellite Precipitation Analysis* (TMPA) (HUFFMAN et al., 2007). Essa técnica consiste em uma combinação de estimativa de precipitação pelo canal de micro-ondas do TRMM *Microwave imager* (TMI), *Special Sensor Microwave* (SSM/I), *Advanced Microwave Scanning Radiometer* (AMSR-S), *Advanced Microwave Radiometer*

(AMSU-B), Canal Infravermelho e precipitação mensais de superfície (HUFFMAN et al., 1995). Os dados apresentam resolução temporal de 3 horas e resolução espacial de 0.25°.

2.3. Métodos

2.3.1. Seleção dos anos de fase positiva e negativo do ENOS

A escolha dos anos de ENOS a serem estudados foi feita levando em consideração as anomalias da temperatura do Oceano Pacífico. A partir do ONI foram selecionados 6 anos com fases distintas de ENOS, sempre priorizando anos em que a anomalia foi de moderada a muito forte, são eles: El Niño (1987, 1992, 1998) e La Niña (1989, 2001, 2008). Ainda, a avaliação foi realizada apenas para os 6 (seis) primeiros meses do ano, pois segundo a literatura é o período de maior ocorrência das LI.

2.3.2. Definição dos Sistemas Lineares (SL)

De acordo com a literatura, a identificação das LI é feita de maneira subjetiva, ou seja, as imagens de satélites são utilizadas para determinar a localização dos sistemas. Contudo, nesse estudo a identificação dos sistemas foi feita de forma objetiva, utilizando os dados do ISCCP-Tracking. A metodologia utilizada para identificar as LI é baseada na definição feita por Lima et al. (2017), onde utiliza-se limiares de excentricidade (ECCE) e inclinação (INCL) para encontrar os sistemas. Portanto, assim como Lima et al. (2017) será adotado a denominação de Sistema Linear (SL) para se referir a sistemas que apresentem $ECCE \leq 0.2$ e $INCL < 0$. Assumiu-se esse limiar, pois não foi encontrado diferenças significativas entre as médias dos sistemas com ECCE de 0.2 e 0.4, e pretendia-se avaliar os sistemas mais intensos.

2.3.3. RELAÇÃO ENTRE O ISCCP-TRACKING E O TRMM

Devido ao banco de dados do ISCCP-Tracking não possui a precipitação dos SC como uma de suas variáveis, fez-se necessário a incorporação dos dados de precipitação mensurada pelo algoritmo 3B42 versão 7 do TRMM para analisar a chuva relacionada aos SL.

Por meio das variáveis de latitude e longitude central e raio do SC disponíveis no ISCCP-Tracking, pode-se inferir a área de atuação dos SL. Sabendo a área de atuação os SL, foi possível extrair as latitude e longitudes máximas e mínimas para cada SL. Por fim, utilizando-se as latitudes e longitude máximas e mínimas dos SL, buscou-se identificá-los nas imagens do 3B42, o que possibilitou a obtenção da precipitação dos sistemas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se nas considerações feitas por Lima et al. (2017) sobre os SL, pode-se avaliar a precipitação máxima e média associada a esses sistemas dentro da região de estudo. Na Figura 2a, nota-se que os SL que atuam durante a La Niña apresentam maior frequência em valores mais elevados de precipitação média, em contrapartida, para anos de El Niño a maior frequência de ocorrência de precipitação é em valores menores. Esse resultado pode ser relacionado com a intensidade dos sistemas, já que quanto mais intenso são as correntes ascendentes no interior das nuvens, maior será o desenvolvimento vertical, de modo que mais precipitação pode ser associada ao sistema. A precipitação máxima os SL (Figura 2b) apresentaram o mesmo comportamento do registrado pela precipitação média mostrado na Figura 2a, isso corrobora com a hipótese de que os SL em anos de fase positiva do ENOS apresentam menor intensidade.

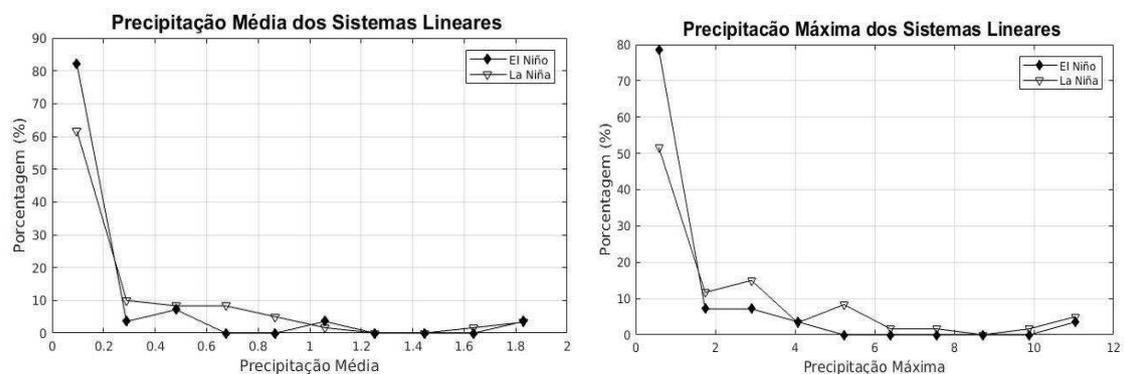


Figura 2. Curva de densidade da distribuição de a) precipitação média dos SL (mm/h) e b) precipitação máxima dos SL (mm/h).

Para avaliar espacialmente a distribuição da precipitação foi utilizado os dados do TRMM, então avaliou-se apenas os anos de 1998, 2001 e 2008, pois dentre os anos escolhido no estudo esses eram os único disponíveis. Pela Figura 3 (a, b, c) é possível ver a distribuição da precipitação acumulada para os 6 primeiros meses dos anos de estudo, sem nenhuma filtragem nos dados. Por ela, nota-se que em todos os anos (Figura 3 a, b, c) há uma região na costa dos estados do Pará e Amapá que possui valores elevados de chuva, essa localidade é exatamente a região que normalmente se formam os SL. Com relação a precipitação que ocorre durante os anos de La Niña, percebe-se a ocorrência de valores mais elevados de precipitação tanto na região costeira, quanto no interior do continente. Isso indica que os SL que atuam nos anos de La Niña são mais intensos.

Além disso, pela Figura 3 (a, b, c) é possível identificar uma banda de nebulosidade sobre o Oceano Atlântico, que está relacionada com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Durante o período de estudo a ZCIT foi melhor representada no ano de 2001 (Figura 3 b). Então, corroborando com os resultados encontrados por Ropelewski e Halpert (1987), Zolman et al. (2000), Andriole et. al (2004) e Gonçalves (2013), pode-se dizer que a variabilidade da precipitação está fortemente relaciona com as diferentes fases de ENOS.

Ainda, o ano de 2001 (Figura 3 b) apresentou dentre os anos de estudo os valores mais elevados de chuva, isso pode ser associado com o comportamento do Gradiente Inter-hemisférico do Atlântico (GRAD), já que, nesse período o GRAD estava negativo (FUNCEME, 2016), ou seja, tanto o Oceano Pacífico, quanto o Oceano Atlântico estavam favorecendo a convecção. A fase negativa do GRAD é caracterizada pelo aquecimento do Atlântico Tropical Sul e resfriamento do Atlântico Tropical Norte, isso favorece correntes ascendentes de massas de ar, o que proporciona a intensificação do processo de formação de nuvens (HASTENRATH E HELLER, 1977; MOURA E SHUKLA, 1981). Portanto, o resultado obtido reforça o encontrado por Ferreira e Da Silva Mello (2005), de que a LN associada ao GRAD negativo é normalmente responsável por anos normais, chuvosos ou muito chuvosos na região.

Já a Figura 3 (d, e, f) representa a distribuição da precipitação média dos SL. Durante o ano de 2008 foi registrado os maiores valores de precipitação média associada aos SL (Figura 3 f), quando se compara aos valores dos anos de 1998 e 2001 (Figura 3

d, e), isso pode ser um indicativo de que as fases do ENOS influenciam efetivamente na distribuição espacial da precipitação dos SL. Aliás, é possível notar diferenças entre as médias de precipitação entre os anos de 2001 e 2008 (Figura 3 e, f), ambos anos de La Niña, porém o comportamento distinto das médias pode ser relacionado com a intensidade da La Niña. Uma vez que, por mais que ambos os anos sejam considerados como de La Niña moderada, o ano de 2008 apresentou anomalias de Temperatura de Superfície do Mar mais negativos que 2001. Ainda, em ambos os anos é observado precipitação na costa do continente (Figura 3 d, e, f), na área de formação dos SL, mas o ano de 2001 é retratado com valores médios de chuva maior (Figura 3 f).

A Figura 3 (g, h, i) apresenta a relação do acumulado de chuva referentes aos SL e a precipitação acumulada de todos os sistemas convectivos que atuaram na região de estudo, com essa relação foi possível encontrar a porcentagem e a localidade da precipitação relacionada com os SL. Com relação ao ano de 1998 (Figura 3 g), nota-se que os SL são responsáveis por valores no entorno de 10% para a maior parte da região de estudo, apresentando apenas no interior do continente porcentagens mais elevadas. Já no ano de 2001 (Figura 3 h) há baixa porcentagem de precipitação relacionada com os SL, enquanto isso, no ano de 2008 (Figura 3 i), os SL aparecem como maiores influenciados na precipitação tanto na região oceânica, como na continental.

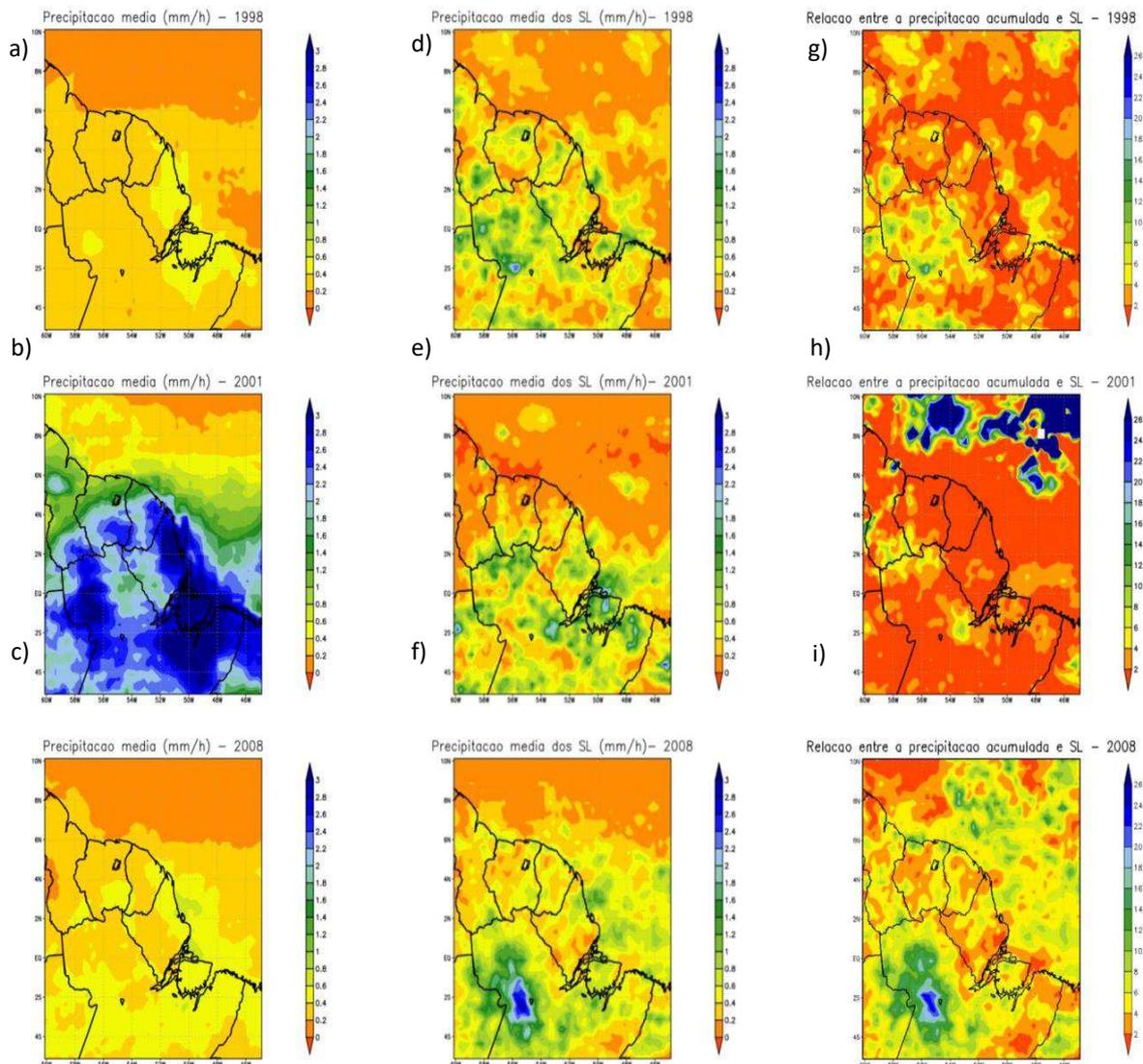


Figura 4. Distribuição da precipitação média para os anos de: (a) 1998, (b) 2001 e (c) 2008, distribuição da precipitação média dos Sistemas Lineares para os anos de: (d) 1998, (e) 2001 e (f) 2008 e distribuição espacial da porcentagem da precipitação dos SL em relação ao total acumulado na área de estudo para os anos de (g)1998, (h) 2001 e (i) 2008.

4. CONCLUSÃO

À fase do exposto, pode-se concluir que o Oceano Pacífico afeta remotamente a precipitação associada aos Sistemas Lineares que atuam na região Amazônica. Visto que, durante a ocorrência de La Niña a precipitação média e máxima foi maior que nos anos de El Niño. Sendo assim, pode-se inferir que os sistemas que se desenvolveram durante



este período foram mais intensos, o que corrobora com o encontrado por Lima et al. (2017).

Com relação a distribuição espacial da chuva, encontrou-se que durante os anos de La Niña os Sistemas Lineares apresentaram valores mais elevados de precipitação. Isso é consequência da intensidade dos sistemas atuantes, pois quanto mais intenso é o sistema convectivo, maior será a possibilidade de valores significativos de precipitação.

APOIO

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela concessão da bolsa PIBIC de Iniciação Científica para o projeto PIB14764-2017.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, R.V. et al. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 3, p. 337-344, 2004.
- AMORIM, A.C.B., et al. (2014) Influence of the Tropical Atlantic Ocean's Sea Surface Temperature in the Eastern Northeast Brazil Precipitation. *Atmospheric and Climate Sciences*, 4, 874-883.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.
- BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.
- COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. *Theoretical and applied climatology*, v. 71, n. 3-4, p. 185-197, 2002.
- COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. *Theoretical and applied climatology*, v. 71, n. 3-4, p. 185-197, 2002.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das



- linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise*, v. 4, n. 11, p. 34-40, 1989.
- COHEN, J. C. P. Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia [dissertation]. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1989.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. *Monthly Weather Review*, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995.
- FERREIRA, A.G.; DA SILVA MELLO, N.G.. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, n. 1, 2005.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. *Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática-Edição Comemorativa de*, v. 10, 1996.
- FUNCEME. O Dipolo de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical. Disponível em: http://www.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos_TSM/dipolo.htm. Acessado em: 20 de Fevereiro de 2016.
- HASTENRATH, S; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.
- LIMA, L. M. T.; GONCALVES, W. A. ; QUEIROZ, A. C. S.; A influência do ENOS sobre a ocorrência, intensidade e deslocamento das Linhas de Instabilidade sobre a Amazônia, XXVIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 2017
- MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 61, n. 11, p. 1374-1387, 1980.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the atmospheric sciences*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.
- NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades convectivas severas: teoria e aplicações básicas. Nota Técnica. Curitiba-PR: Instituto Tecnológico SIMEPAR, 2006.
- PASSOW, Michael J. TRMM-Tropical Rainfall Measuring Mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom. *Terra Didática*, v. 6, n. 1, p. 03-08, 2010.
- PHILANDER, S. G. H. El Niño and La Niña. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 42,



n. 23, p. 26522662,1985. Philander, George. "El Niño and La Niña." *American Scientist* 77, no. 5 (1989): 451-59.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly weather review*, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987.

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)(2011), TRMM (TMPA) Rainfall Estimate L3 3 hour 0.25 degree x 0.25 degree V7, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed [02/12/2018] https://disc.gsfc.nasa.gov/datacollection/TRMM_3B42_7.html

ZOLMAN, J. L.; ZIPSER, E. J.; MOHR, K. I. A comparison of tropical mesoscale convective systems in El Nino and La Nina. *Journal of climate*, v. 13, n. 18, p. 3314-3326, 2000.



PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA ÀS LINHAS DE INSTABILIDADE NO NORTE/NORDESTE DO BRASIL DE ACORDO COM O GRADIENTE DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DO ATLÂNTICO TROPICAL

Amanda Carolina da Silva Queiroz¹; Weber Andrade Gonçalves²;
Lorena Martina Trindade de Lima³

RESUMO

A região Amazônica é uma das áreas em que há casos de acumulados de precipitação significativos em alguns períodos do ano e essas precipitações podem ser geradas por Linhas de Instabilidade, que são Sistemas Convectivos de Mesoescala que iniciam no final da tarde. Deste modo, neste estudo o objetivo foi de verificar as precipitações causadas pelos Sistemas Lineares, chamados desta forma os sistemas com excentricidade menor ou igual a 0.2 e inclinação em relação ao norte menor do que zero graus utilizando como base os dados do ISCCP-*Tracking*, em diferentes anos de fase do Gradiente Inter-Hemisférico de Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Tropical. Conclui-se que a partir das precipitações máxima e média, obtidas pelo produto 3B42 do satélite TRMM, dos Sistemas Lineares nos diferentes anos de gradiente, não há um indicativo de influência do gradiente na precipitação gerada pelos Sistemas Lineares. Contudo, ao verificar a precipitação exclusivamente causada pelos Sistemas Lineares e a precipitação causada por todos os sistemas, ao oposto do que foi encontrado anteriormente, os Sistemas Lineares no ano de fase negativa explicaram mais que 60% das chuvas ocorridas nos primeiros seis meses do ano, enquanto que os SL formados no ano de fase positiva explicaram menos as chuvas que foram registradas no período de janeiro a junho.

PALAVRAS-CHAVE: ISCCP-*Tracking*. TRMM. Sistemas convectivos.

Autor para correspondência: amandacarolsq@outlook.com

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, SP, Brasil

PRECIPITATION ASSOCIATED WITH THE SQUALL LINES IN THE NORTH/NORTHEAST OF BRAZIL ACCORDING TO THE GRADIENT OF SEA SURFACE TEMPERATURE OF THE TROPICAL ATLANTIC

ABSTRACT

The Amazon region is one of the areas where there are cases of significant precipitation accumulations at some periods of the year and these precipitations can be generated by Squall Lines, which are Mesoscale Convective Systems that begin in the late afternoon. Thus, in this study the objective was to verify the precipitations caused by Linear Systems, called in this way the systems with eccentricity less than or equal to 0.2 and slope in relation to the north lower than zero degrees using as base the ISCCP-Tracking data, in different years of the phase of the Inter-Hemispheric Gradient of Anomalies of the Sea Surface Temperature of the Tropical Atlantic. It is concluded that from the maximum and average precipitations obtained by the TRMM satellite 3B42 product of the Linear Systems in the different gradient years, there is no indication of the influence of the gradient on the precipitation generated by the Linear Systems. However, when verifying the precipitation exclusively caused by Linear Systems and the precipitation caused by all systems, contrary to what was found previously, Linear Systems in the negative phase year explained more than 60% of the rainfall occurred in the first six months of the year, while the SL formed in the positive phase year explained less rainfall that was registered in the period from January to June.

KEY-WORDS: ISCCP-Tracking. Mesoscale Convective System. TRMM.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O estudo da precipitação pluvial é sempre importante, principalmente em regiões com elevados índices pluviométricos, tendo em vista os impactos causados pela mesma, além de que estes estudos podem corroborar com o monitoramento do tempo e do clima, especialmente em áreas como a região Amazônica e Nordeste do Brasil. A grande parte das tempestades convectivas são os conhecidos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), que são nuvens formadas por uma elevada instabilidade convectiva (HOUZE, 2004). Estes SCM podem assumir diversas formas e um caso especial destes sistemas é a Linha de Instabilidade (LI).

Na América do Sul, especificamente na região norte do Brasil, frequentemente atuam sistemas como as LI que se formam ao longo da costa e que são bem associadas às precipitações no leste da Amazônia com máximo no trimestre fevereiro/março/abril (CAVALCANTI et al., 2009). Na Amazônia, as LI podem afetar toda a região, já que as mesmas podem se propagar até o oeste da Amazônia, causando grandes acumulados de

precipitação. As LI, em sua totalidade, são responsáveis por grandes acumulados de precipitação, assim como são responsáveis por eventuais condições de tempo severo, tais como *downbusts* e tornados (COHEN et al., 2009);

Trabalhos a respeito das LI na precipitação na Amazônia já foram feitos como, por exemplo: a influência das LI geradas pela a interação dos ventos alísios com a circulação de brisas (CAVALCANTI, 1982; COHEN et al., 1989) dentre muitos outros que focaram neste tema almejando compreender estes sistemas e a precipitação. Além de sistemas meteorológicos de mesoescala, a Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais também agem no sentido de modular a precipitação. Estudos como GRIMM et al., 1998; DIAZ et al., 1998; GRIMM, 2003 mostraram indicativos da influência dos oceanos nas flutuações climáticas. No oceano Pacífico, tem-se a atuação de um fenômeno originado da interação oceano-atmosfera, o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), que é um dos grandes moduladores da precipitação e pode causar anomalias de precipitação em regiões tropicais (KOUSKY et al., 1984). Na modulação da precipitação na região Amazônica, o oceano Atlântico tropical também atua. Um dos modos de variabilidade do Atlântico é o modo dipolo, conhecido por Gradiente Inter-Hemisférico de Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Tropical (GRADATL), que representa um gradiente meridional de anomalias de TSM (ANDREOLI, 2003).

Diante do exposto, o objetivo principal é avaliar a variabilidade das taxas de precipitação pluvial associada às LI sobre o leste da Amazônia em anos de GRADATL em fases diferentes, utilizando as bases de dados *International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP-Tracking)* e do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

2.1 Área de estudo

A área de estudo definida compreende o leste da Amazônia (NA e NNEB) com duas latitudes e duas longitudes, compondo uma caixa (10°N, 5°S, 60°W e 45°W) que abrange o leste do estado de Roraima e do Amazonas, boa parte do Pará, oeste do



Maranhão e o Amapá, estendendo-se ainda pelo Atlântico Tropical Norte. A escolha da área deu-se pelo fato de sofrer a influência dos sistemas meteorológicos estudados.

2.2 Material

2.2.1 Dados dos satélites geoestacionários

A base de dados do *International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP-Tracking)* foi utilizada como base substancial dos dados dos sistemas, estes com uma resolução temporal e espacial de 3 horas e 30 km, respectivamente. Os satélites adotados como suporte para a presente pesquisa foram o GOES-E e o Meteosat, levando em consideração a boa consistência dos dados e que a área de cobertura se encontra sobre a região de estudo.

2.2.2 Dados da Temperatura da Superfície do Mar

O critério para a definição do período de estudo foi estabelecido considerando a neutralidade do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Oceano Pacífico Tropical e a fase positiva e a fase negativa do GRADATL. Os dados relacionados ao do Gradiente Inter-Hemisférico de Anomalias do Oceano Atlântico Tropical (GRADATL) foram obtidos no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. O método utilizado pela FUNCEME para o cálculo das anomalias segue a metodologia de Servain (1991), em que são calculadas médias nas duas bacias do Atlântico Tropical Norte (limite em 28°N) e Sul (limite em 20°S) para obter as séries mensais de TSM, sendo estabelecida em 5°N a linha de separação entre as bacias. Para identificar apenas a influência do Atlântico Tropical nas LI, procurou-se por períodos em que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) estivesse na neutralidade, isto é, períodos sem a presença de El Niño ou La Niña.

2.2.3 Dados do satélite TRMM

O satélite TRMM foi lançado em 1997, em uma cooperação entre os Estados Unidos, representado pela *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, e a *Japan Aerospace Exploration (JAXA)*, para monitorar a precipitação na região tropical. Entre os diversos produtos, o TRMM fornece o produto 3B42, sendo este utilizado para estudar a precipitação no presente trabalho. Os dados do 3B42 são distribuídos pelo *Distributed Active Archive Center (DAAC)* do *Goddard Earth Sciences Data and*

Information Services Center (GES DISC) da National Aeronautics and Space Administration (NASA) e tem uma resolução temporal de 3 horas com uma resolução espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$.

2.3 Métodos

2.3.1 Escolha do período de estudo

Os anos escolhidos para o estudo foram 2001, 2002, 2003, 2004, 2006 e 2007. Considerou-se para a escolha dos anos as fases positivas e negativas do GRADATL e os anos de fase neutra do ENOS ou próxima a neutralidade, devido ao interesse de estudar apenas a influência do GRADATL. Assim, definiu-se como período de estudo: 2002, 2003 e 2006 (fase negativa) e 2001, 2004 e 2007 (fase positiva) do gradiente, apesar de não terem sido anos de neutralidade do ENOS, mas o EN e a LN não estavam intensos.

2.3.2 Definição dos sistemas

As Linhas de Instabilidade apresentam um elevado grau de dificuldade para serem identificadas e comumente são identificadas subjetivamente por imagens de satélite no canal do infravermelho. Neste estudo, as linhas foram identificadas a partir da excentricidade (ECCE) e da inclinação (INCL), variáveis presentes nos dados do ISCCP-*Tracking*.

Queiroz et al. (2016) realizou um estudo sobre uma possível influência do dipolo do Atlântico de TSM sobre a ocorrência e a intensidade das LIs sobre a Amazônia e para definir as linhas de instabilidade foram utilizadas a ECCE e a INCL, em que definiu-se a INCL menor que zero e utilizaram-se dois valores de ECCE: 0,2 e 0,4 para analisar e definir qual o valor de ECCE para as LIs (que se convencionou de SL). Logo após, verificou-se que não houve diferença significativa entre a quantidade de SL com $ECCE \leq 0,2$ e $ECCE \leq 0,4$, então se optou por utilizar o limiar de 0,2, já que se aproxima mais da ECCE de um SL. A $INCL < 0$ foi definida considerando a inclinação da costa, determinando que as INCL dos sistemas deveriam ser inferiores a zero graus. Isto se deu pelo fato de as LI serem influenciadas pela brisa, que gera uma circulação perpendicular à costa norte do Brasil. Os sistemas identificados da forma descrita acima foram definidos como sistemas lineares (SL). Considerando o estudo realizado por Queiroz et al. (2016), assumiu-se a $INCL < 0$ e $ECCE \leq 0,2$.

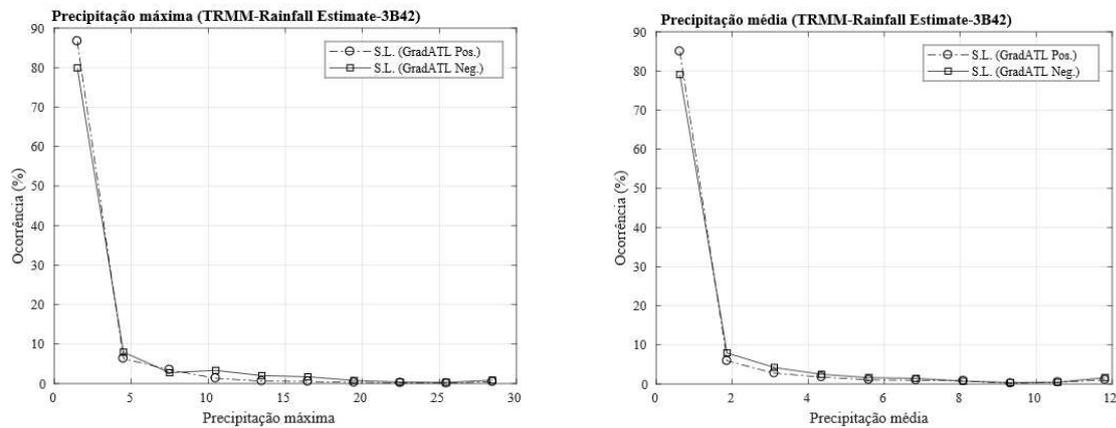
2.3.3 Relação entre os sistemas e a precipitação

Para associar a precipitação aos sistemas, utilizou-se a precipitação estimada do TRMM e os dados CS-DB, considerando a latitude e a longitude centrais e o raio do sistema convectivo. De início, os SC foram definidos considerando aqueles que possuísem $ECCE \leq 0.2$ e $INCL < 0$ e estivessem presentes dentro da caixa em que as latitudes e as longitudes são, respectivamente, iguais a $10^{\circ}N$ a $-5^{\circ}S$ e $-60^{\circ}W$ a $-45^{\circ}W$. Com as informações de hora, dia, mês e ano dos sistemas que estavam presentes dentro da região de estudo, foi avaliada a precipitação estimada pelo satélite TRMM, na hora, dia, mês e ano, correspondente a cada sistema. Então, foram encontradas as precipitações máximas e médias estimadas pelo TRMM para cada sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Inicialmente, a precipitação gerada pelos SL foi avaliada e para tal finalidade, gerou-se dois histogramas: um para a precipitação máxima e outro para a precipitação média, ambos com curvas para os períodos de atuação do GRADATL positivo e do GRADATL negativo. Nas figuras abaixo, a relação dos valores das precipitações máxima e média (Figura 2 e 3, respectivamente) com a frequência de ocorrência destas precipitações em porcentagem é apresentada. A figura 2 apresenta a precipitação máxima em anos de GRADATL positivo e negativo e mostra que não há grandes diferenças entre os índices pluviais máximos nos períodos distintos. Para taxas de precipitação até 4 mm/h, a precipitação máxima nos anos de GRADATL positivo apresentou uma superioridade em relação a precipitação da fase negativa do gradiente. As precipitações máximas no cenário de GRADATL negativo foram registradas, com mínima diferença, em uma frequência maior do que no cenário de GRADATL positivo e representam quase que 4% de frequência de ocorrência para taxas acima de 10 mm/h, aproximadamente. Vale destacar ainda que quase 90% dos SL formados em fase positiva do GRADATL apresentaram precipitações máximas de até 3 mm/h, aproximadamente, isto é, os sistemas em fase positiva não se apresentaram tão intensos.

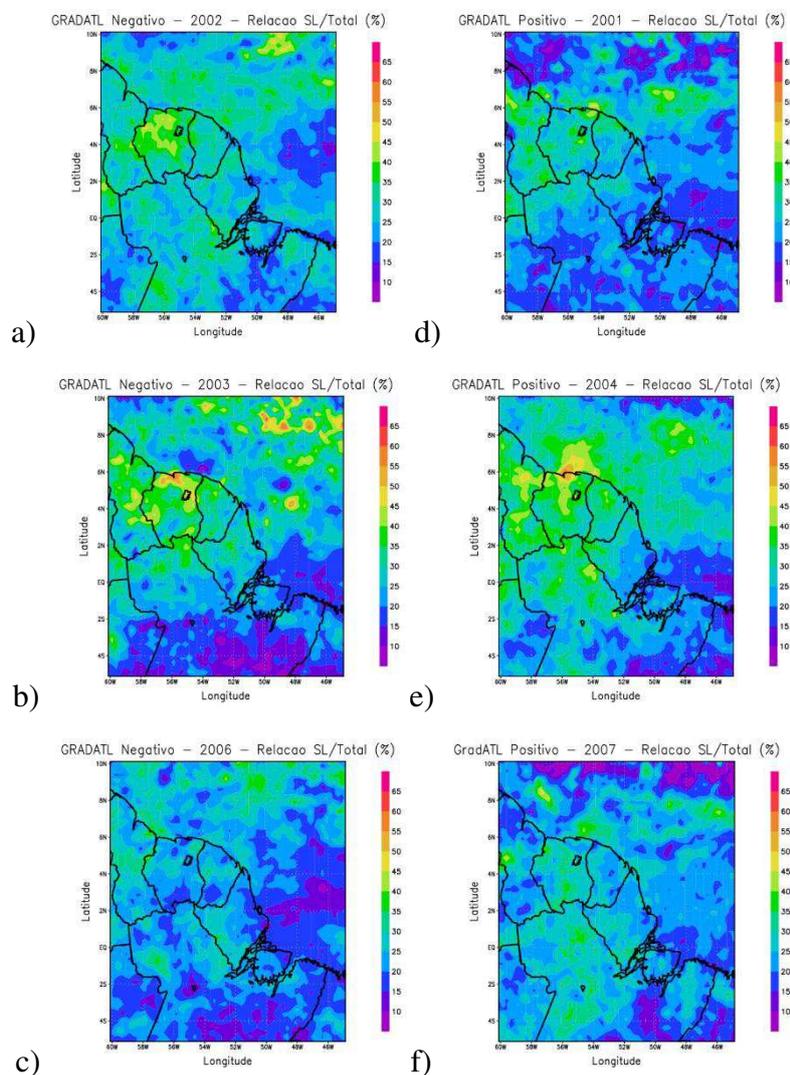
Figura 2 – Distribuição da precipitação máxima e média, respectivamente, dos SL nos anos de fase positiva e de fase negativa do GRADATL em função da ocorrência (%).



A descrição acima sobre o histograma de distribuição de precipitação máxima é válida para o histograma de distribuição de precipitação média onde o comportamento das curvas não apresentou diferença do comportamento da precipitação máxima. Para avaliar o quanto de precipitação foi gerada pelos SL em relação ao total precipitado, a Figura 4 foi gerada. Na Figura 4, que em todos os casos, os SL são mais responsáveis pelas precipitações no litoral do que no continente adentro. As figuras que representam o comportamento da precipitação gerada pelos SL em relação à precipitação total dos sistemas lineares mostram que os anos de 2002, 2003 e 2006 apresentaram comportamentos bem semelhantes, em que os SL se expressaram mais significativamente no ano de 2002 e no ano de 2003. Vale salientar que no ano de 2002, os SL foram responsáveis por acumulados elevados de precipitação tanto na região litorânea quanto na região continental. Em 2006, há pouca influência dos SL na precipitação da região. Ao Sul de 2°S, a leste de 58°W, os SL explicam pouco da precipitação ocorrida naquela região. No litoral do Suriname, os SL explicam em torno de 55% das precipitações. No oceano, principalmente ao Norte de 8°N e a leste de 50°W, os SL chegam a explicar 65% das chuvas registradas no período estudado. Considerando as Figuras 4 d), e) e f), é observado que os SL explicam mais as precipitações sobre o continente do que sobre o oceano, ou seja, o oposto do que foi observado no ano de 2003, o que pode estar relacionado ao posicionamento da ZCIT. No litoral do Suriname, por exemplo, os SL no ano de 2004 explicaram melhor as chuvas do que no ano de 2003, na mesma localidade.

No ano de 2004, os SL representaram até 55% das chuvas, enquanto que no ano de 2003, os SL representaram até 65% das chuvas ocorridas sobre o oceano. Em 2007, a precipitação associada aos SL em relação a todos os sistemas que provocaram precipitação, notou-se uma distribuição espacial maior do que nos anos de 2001 e 2004, sem valores altos de precipitação. Haja vista a similaridade entre as distribuições de precipitação apresentadas anteriormente, não se notou uma maior porcentagem de chuvas pelos SL no ano de gradiente negativo.

Figura 4 – Distribuição da precipitação da relação SL/TOTAL (%) sobre a área de estudo nos diferentes anos negativos [a) 2002, b)2003 e c)2006] e anos positivos [d)2001, e)2004 e f)2006].



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

3. Conclusões

O estudo apresentou uma ampliação da avaliação da precipitação associada às linhas de instabilidade e a relação com o GRADATL considerando os dois cenários de gradiente: o GRADATL positivo e o GRADATL negativo. Assim, verificou-se que as curvas de precipitação máxima e média são similares, não apresentando diferença significativa. Contudo, as precipitações máximas dos sistemas na fase negativa do gradiente apresentaram uma pequena superioridade em relação à precipitação dos sistemas na fase positiva do gradiente. A avaliação da distribuição da precipitação da relação entre a precipitação gerada pelos sistemas lineares e a precipitação gerada por todos os sistemas mostrou que não há padrão claro da distribuição da precipitação para GRADATL positivo e negativo. Ainda se faz importante comentar a grande porcentagem de precipitação na região de estudo gerada pelos SL, indicando que a forte atuação das linhas de instabilidade (denominadas SL) na área estudada.

Referências

ALCÂNTARA, C.R.; SILVA DIAS, M. A. F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the Role of the Low Level Jets in Amazon Squall Lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36-44, 2011.

BARROS, S. S. **Precipitação no Centro de Lançamento de Alcântara: aspectos observacionais e de modelagem**. 2008. 112 p. (INPE-15319-TDI/1362). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.13.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

BITTENCOURT, L. P. **Resposta da circulação no oceano Atlântico Tropical Oeste ao Modo Meridional do Atlântico**. 2016. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2016. Disponível em: <



http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19204/1/2016_dis_lpbittencourt.pdf>.

Acesso em: 08 out. 2018.

CAVALCANTI, I. F. d. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais.** 1982. 140 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1982.

CHANG, P.; JI, L.; LI, H. A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. **Nature**, v. 385, n. 6, p. 516-518, 1997. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/385516a0>>. Acesso em: 13 set. 2018.

COHEN, J.C.P. **Um estudo observacional de Linhas de Instabilidade na Amazônia.** 1989. 174 p. (INPE-4865-TDL/376). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1989. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.18.17.31/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2018.

FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Fortaleza, Ceará, 2018. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos_TSM/campos_atlantic_o.php>. Acesso em: 02 fev. 2018.

GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The preconditioning role of tropical Atlantic variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v. 22, p. 839-855, 2004. 11, 65, 73.

GILL, A. E. Some simple solutions of heat-induced tropical circulations. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 106, p. 447-462, 1980.



GONÇALVES, W.A. **Uma avaliação do efeito dos aerossóis na organização e estrutura das nuvens convectivas**. 2013. 125 p. Tese (Doutorado em Meteorologia). – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18/2013/04.09.10.49/doc/publicacao.pdf?languagebutton=pt-BR>>. Acesso em 13 fev. 2018.

KOUSKY, V.E., CAVALCANTI, I.F.A., Evento El Niño Oscilação Sul: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v.36, n. 11, p. 1888-1899. 1984.

KOUSKY, V.; CHU, P. S. Fluctuations in annual rainfall for northeast brazil. *J. Meteor. Soc. Japan*, v. 56, p. 457–465, 1978.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast brazil. *Monthly Weather Review*, United States of America., v. 108, n.4, p. 488–498, 1980.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical south atlantic. *Tellus*, v. 33, p. 538–551, 1981.

NOAA/National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction. Disponível em: <http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 17 set. 2018.

ROSSOW, W. B.; WALKER, A. W.; BEUSHEBEL, D.; ROITER, M. **International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) description of new cloud datasets**. Geneva. *WMO/TD*, n. 737, 1996.

SCHIFFER, R. A.; ROSSOW, W. B. ISCCP global radiance data set: A new resource for climate research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.66, p.1498–1505, 1985. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520->



0477%281985%29066%3C1498%3AIGRDSA%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em 12 jun. 2018.



PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO REGIME PLUVIAL DE POCINHOS, PARAÍBA, BRASIL

Júlio César Gonçalves Pôrto¹; Gustavo Teotônio de Oliveira Cavalcante¹;

Hermes Alves de Almeida²

RESUMO

O semiárido nordestino caracteriza-se pela elevada variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial, cuja escassez contribui de forma negativa para atender o consumo humano, a dessedentação animal e a produção agropecuária, especialmente, no recorte territorial de Pocinhos, PB. Assim sendo, procurou-se estudar os períodos de maior e menor precipitação pluvial. Diante disto, houvera a necessidade de se estabelecer as principais características do regime pluvial de Pocinhos, localizado na região geográfica imediata de Campina Grande – PB, sendo essas determinações os objetivos deste trabalho. As séries de dados mais antigas foram extraídas de documentos da SUDENE, enquanto as mais recentes foram cedidas pela AESA, Campina Grande, referentes ao período de janeiro de 1930 a outubro de 2019. Para estabelecer as principais características do regime de chuvas, utilizaram-se os critérios da estatística climatológica. Os principais resultados indicaram que os regimes pluviais nas escalas anual e mensal e na estação chuvosa são irregulares e assimétricos, recomendando-se a mediana. Além disso a estação chuvosa, que dura de quatro a cinco meses, chove o equivalente a 59,9% do total apontado pela mediana anual. Mesmo assim, há possibilidade de ocorrer estiagens.

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia, chuva, variabilidade da chuva.

Autor para correspondência: jcgporto@hotmail.com

1 Discentes de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, -mails: jcgporto@hotmail.com; gustavotoc50@gmail.com; 2 Profa Dr, Departamento de Geografia, UEPB, Campina Grande, PB, Bolsista Produtividade do CNPq, e-mail: hemes_almeida@uol.com.br.

MAIN CHARACTERISTICS OF THE PITCH PLUVIAL SCHEME, PARAÍBA, BRAZIL

ABSTRACT

The northeastern semiarid is characterized by the high spatial and temporal variability of rainfall, whose scarcity contributes negatively to meet human consumption, animal desententation and agricultural production, especially in the territorial cut of Pocinhos, PB. Thus, we sought to study the periods of highest and lowest rainfall. Given this, there was a need to establish the main characteristics of the Pocinhos rainfall regime, located in the immediate geographic region of Campina Grande - PB, and these determinations were the objectives of this work. The oldest data sets were extracted from SUDENE documents, while the most recent ones were provided by AESA, Campina Grande, for the period from January 1930 to October 2019. To establish the main characteristics of the rainfall regime, we used the criteria of climatological statistics. The main results indicated that the rainfall regimes in the annual and monthly scales and in the rainy season are irregular and asymmetric, and the median is recommended. In addition, the rainy season, which lasts four to five months, is equivalent to 59.9% of the total indicated by the annual median. Even so, there is a possibility of drought.

KEY-WORDS: Climatology; rain; rain variability.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A precipitação pluvial é a principal fonte de água e é o elemento do clima com maior variabilidade espacial e temporal, especialmente nas regiões de clima do tipo semiárido, como por exemplo, no semiárido paraibano, onde a chuva é caracterizada pela irregularidade tanto em quantidade quanto em distribuição. Mesmo na curta estação chuvosa, que perdura por cerca dois a quatro meses, os totais de chuvas são extremamente irregulares em quantidade e em distribuição, quando se compara um local com outro (ALMEIDA, FREITAS e SILVA, 2013).

Essa característica no regime pluvial tem limitado o abastecimento de água, até para fins potáveis, e, portanto, para o uso nas atividades inerentes ao meio rural. Essa insegurança hídrica contribui não somente para tornar mais frágil o ambiente do “bioma” caatinga, como também para impedir a expansão da agropecuária familiar, dificultando a sobrevivência do homem no campo e elevando os índices de desigualdades sociais. Essas condições propiciam limitações à disponibilidade de recursos hídricos superficiais e à produção agropecuária (BRITO *et al.*, 2012).

Diante disto, é possível identificar, principalmente nos municípios localizados no interior da região Nordeste do Brasil e que fazem parte do Semiárido, certa vulnerabilidade a

essas irregularidades climáticas (RODRIGUES *et al.*, 2019) Assim sendo, há necessidade de pesquisa, de planejamento e de adoção de políticas públicas relacionadas com a água visando minimizar essa adversidade climática, principalmente, na aplicação de métodos e técnicas de convivência com o semiárido (SANTOS *et al.*, 2012), alternativas essas, que mitigam os efeitos da escassez e/ou irregularidade na quantidade e distribuição da chuva.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Diante disto, procurou-se estabelecer as principais características do regime de chuvas na cidade de Pocinhos, Paraíba, Brasil, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O município de Pocinhos está localizado no Estado da Paraíba (**Figura 1**), a 640 metros de altitude média, sob às coordenadas de latitude **07°04'36" S** e de longitude **36°03'40" W**, a sotavento do Planalto da Borborema, compreendendo uma área territorial de 628,084 km² (IBGE, 2019). Quanto ao clima, sua classificação é do tipo semiárido quente (BSh), conforme classificação climática de Köppen-Geiger (1930), seco na parte do ano.

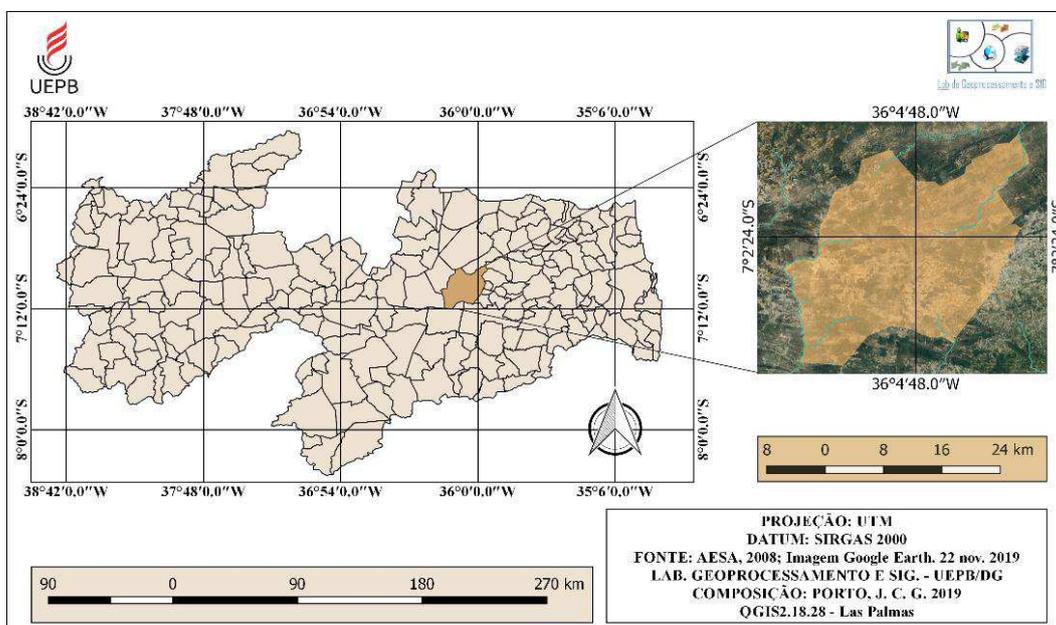


Figura 1. Mapa geográfico do Estado da Paraíba, com destaque para o município de Pocinhos.



Para a efetivação deste estudo, utilizou-se séries pluviométricas mensais e anuais de Pocinhos durante o período de janeiro de 1930 a outubro de 2019. As séries temporais de chuvas foram extraídas dos documentos da SUDENE (de janeiro de 1930 a dezembro de 1993) e da Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), Campina Grande – PB (de janeiro de 1994 a outubro de 2019). Ressalta-se que a série analisada está completa, não se identificando nenhum período, mês ou ano, com ausência de dados.

Utilizando-se a distribuição de frequência, os dados brutos (originais) foram arranjados em classes ou categorias, sendo elaborados os histogramas e polígonos de frequência, mediante critérios e métodos da estatística climatológica. Para estabelecer o regime pluviométrico, os dados mensais foram ordenados cronologicamente e em seguida determinou-se as medidas de média, mediana e desvio padrão.

Constatando-se assimetria no modelo de distribuição de chuvas, adotou-se a mediana. Os desvios relativos anuais da chuva (D_r , em mm) ou anomalia da chuva (A_C , em mm) foram determinados pela diferença entre o total anual de chuva observado e a mediana da série, pela equação:

$$D_r(\text{mm}) = \text{total de chuva observado (mm)} - \text{mediana (mm)}$$

Os cálculos, as análises estatísticas e a elaboração de gráficos e tabelas foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

As médias, as medianas e os desvios padrão mensais de precipitação pluviométrica, para a cidade de Pocinhos, são mostrados na **Figura 2**. Observa-se que os valores das médias aritméticas mensais da chuva diferem-se das medianas, tendo em vista que a média anual é de 377,4 mm e a mediana é de 355,0 mm. Essa condição faz com que o modelo de distribuição de chuvas seja assimétrico e, por isso, a média não é o valor mais provável de ocorrer e sim a mediana. Portanto, recomenda-se o uso da mediana, como recomendou Almeida e Cabral Junior (2014).

Observa-se (**Figura 2**) que no período de setembro a fevereiro, as médias são menores que os desvios padrão (DP), com destaque para os meses de setembro a dezembro, período esse com menor volume de chuva observado ou esperado na referida localidade.

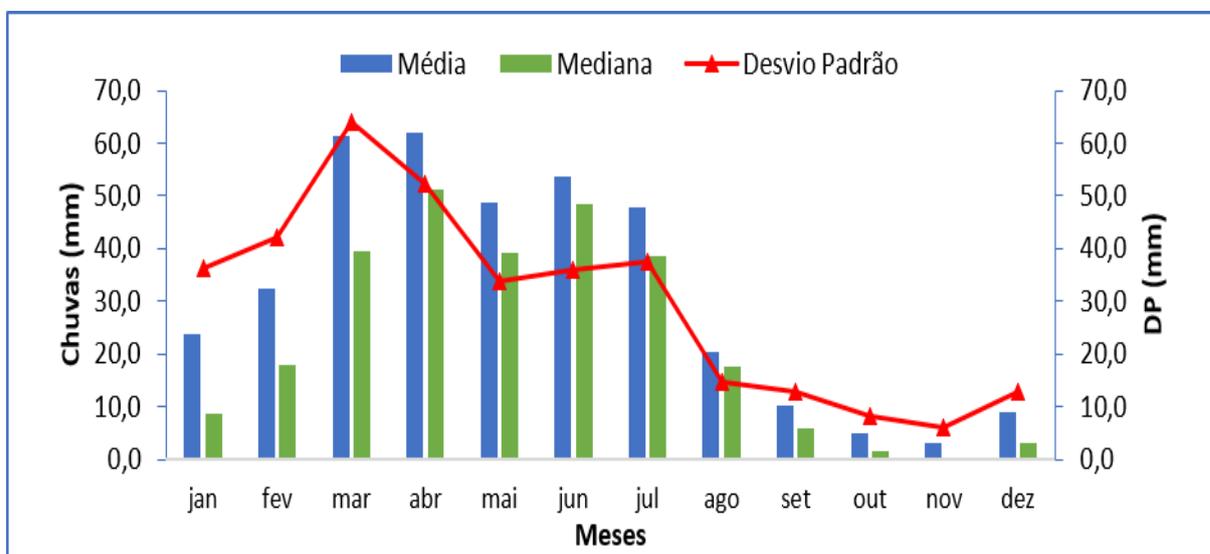


Figura 2. Média, mediana e desvio padrão em Pocinhos, no período de janeiro de 1930 a outubro de 2019. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os meses da primavera são os menos chuvosos, sendo novembro o mais seco. O acumulado de chuvas no período de estiagem equivale a 2,9% da mediana anual. Já o período que compreende os meses de março a maio (outono-inverno) é o mais chuvoso, correspondendo a 61,0%, com destaque para o mês de abril que abrange 13,5% do total registrado na série.

Destaca-se, ainda, que os elevados valores desvios padrão da média (DP), são maiores que as respectivas médias em, pelo menos, seis meses do ano. Essas características no regime pluvial demonstram que o modelo de distribuição na referida cidade é irregular. Isso também é identificado em outros locais da Paraíba, conforme aponta Almeida, Freitas e Silva (2013), e outras localidades do semiárido, de acordo com Oliveira, Nóbrega e Almeida (2012).

A **Figura 3** sumariza os desvios anuais da chuva, no período temporal estudado.

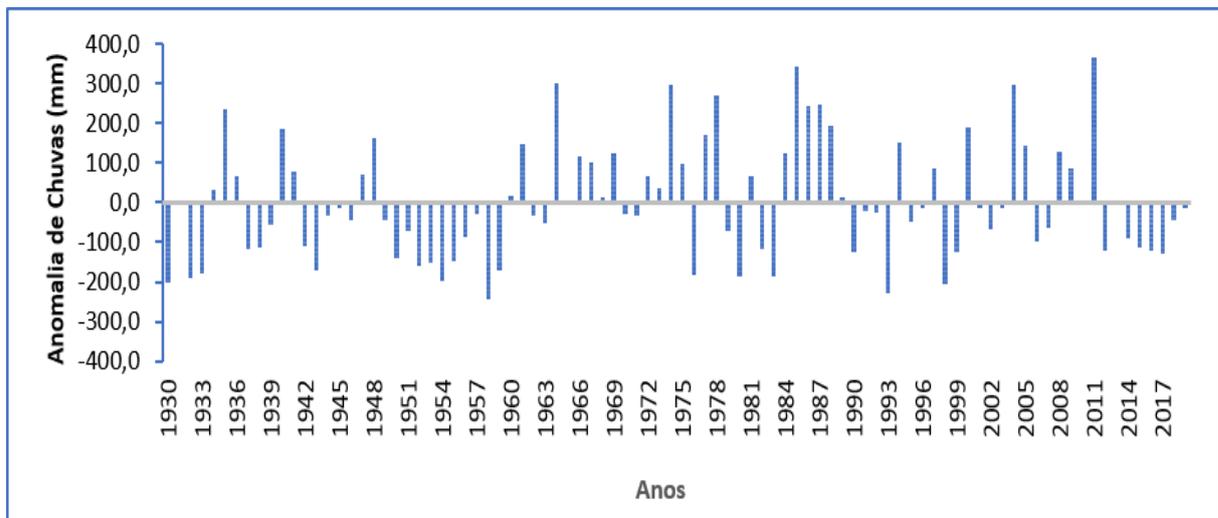


Figura 3. Anomalia dos totais anuais das chuvas observados, em relação a mediana esperada. Pocinhos – PB. Fonte: Elaborado pelos autores.

As anomalias positivas são aquelas observadas quando a precipitação ocorrida em cada ano for maior que a média da série, e negativas, quando o valor for menor.

No cômputo geral, contabiliza-se que em 35 (38,9%) dos noventa anos analisados foi registrada precipitação pluvial acima da média histórica, enquanto nos outros 55 (61,1%), abaixo desse referencial. Apenas para destacar, no decorrer desse período os maiores picos de chuvas foram observados nos anos de 1964, 1974, 1985 e 2011; enquanto os menores em 1958, 1993 e 1998.

A **Figura 4** mostra as médias da precipitação pluvial por décadas. Fazendo-se uma análise comparativa, nota-se que as décadas de 1950 e de 1990 foram as mais secas (menos chuvosas), registrando média e mediana de 241,5 e 228,4 mm e de 321,7 e 342,0 mm, respectivamente. Destacam-se, ainda, os anos de 1958 (132,9 mm) e 1993 (149,5 mm) como sendo os que menos choveram.

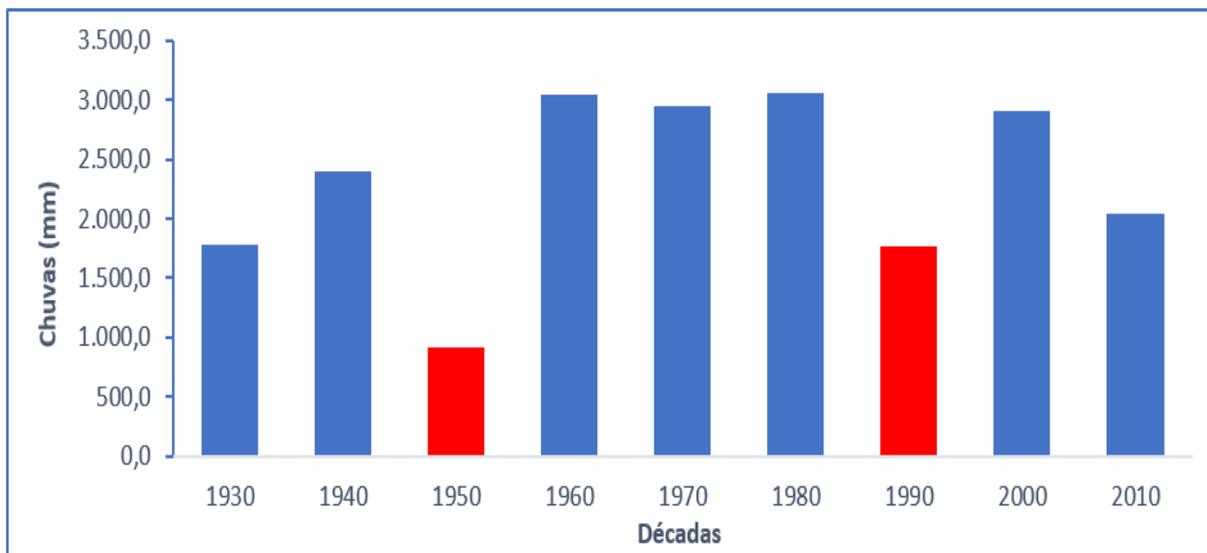


Figura 4. Médias da chuva por décadas, em Pocinhos, no período: janeiro de 1930 a outubro de 2019. Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante ressaltar que as décadas de 1960 a 1980 e 2000 foram as mais chuvosas, em que os totais de chuvas observados foram maiores que a mediana esperada em pelo menos 60% (seis anos) de cada década, com um máximo *maximorum* de 741,8 mm, em 2011.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os regimes pluviais mensais, anuais e por décadas, da cidade de Pocinhos, PB, são irregulares, assimétricos e, por isso, recomenda-se o uso da mediana e não da média. Os desvios padrão da média (DP) pluvial superam os respectivos valores das médias apontadas para os meses de setembro a fevereiro. Além disso, observa-se a estação chuvosa dura cerca de quatro a cinco meses (de março a junho/julho), com probabilidade de seca. Por fim, existem meses e anos com registros de chuvas observados tanto acima quanto abaixo da mediana esperada, em virtude do elevado desvio padrão, o que confirma a variabilidade pluvial apontado no recorte territorial estudado.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS (AESAs). **Meteorologia – chuvas**, João Pessoa, 2019. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.



ALMEIDA, H. A. de; CABRAL JUNIOR, J. B. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.5 (Número Especial-VIWMCRHPE), p. 846-858. 2014

ALMEIDA, H. A. de. Climate, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil. In: Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil, **Unikaseel**, Alemanha, v.3, p.271-298, 2012.

ALMEIDA, H. A. de; FREITAS, R, C; SILVA, L. Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba, através da técnica dos Quantis. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.30, n.1, p. 217-232, 2013.

ALVES, J. M.; FERREIRA, F. F.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B.; DURAN, B. J.; SERVAIN, J.; STUART. Mecanismos Atmosféricos Associados à Ocorrência de Precipitação Intensa sobre o Nordeste do Brasil durante Janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n. 1, p. 1-21, 2006.

ALVES, J.M., TEIXEIRA, R. F. B., FERREIRA, A.G. Um Intenso Sistema Convectivo de Mesoescala no Setor Leste do Nordeste: O Caso de 20 a 21 de maio de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 16, n. 1, p. 19-31, 2001.

BRITO, L.T. L.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, A.S.; PEREIRA, L.A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no Semiárido Pernambucano. **Eng. Agríc.**, v.32, n.1, pp.102-109, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama do município de Pocinhos - PB**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pocinhos/panorama>>. Acesso em: 22 nov. 2019.



OLIVEIRA, G. S., NÓBREGA, R. S., ALMEIDA, H. A. de A. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em Catolé de Casinhas, PE. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 29, n. 1, p. 75-90, 2012.

RODRIGUES, E. M.; MOURA, D. C.; CORREIA, I. M. G.; DINIZ, F. C. PEREIRA, T. M. S. Variabilidade climática no Semiárido Brasileiro e as políticas públicas de convivência com a estiagem. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 22-33, 2019.

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M. C. L. A Seca no Nordeste no ano de 2012: Relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o Semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-Ce. **Revista Geonorte**, v.1, p.819 – 830, 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDETES (SUDENE). **Rede hidroclimatológica do Nordeste**. Recife, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pocinhos/panorama>>. Acesso em: 20 nov. 2019.





PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA EM UMA ÁREA DE CAATINGA EM CAMPINA GRANDE-PB

Karlla Karem da Silva¹; Célia Campos Braga²;
Madson Tavares Silva³; Wanessa Luana de Brito Costa⁴

RESUMO

A determinação da Produtividade Primária Bruta (PPB) é realizada a partir da mensuração da quantidade de carbono absorvido pela vegetação, através processo da fotossíntese. O propósito deste estudo foi quantificar e analisar a PPB na caatinga de uma região semiárida, utilizando imagens do sensor MODIS/Terra, e validá-los com os dados obtidos da torre micrometeorológica. Determinou-se a PPB pelo método de Monteith (1972), em seguida, fez-se a validação a partir dos dados medidos na torre. Os resultados obtidos apresentaram maior correlação entre PPB obtidos pelo método Monteith. Observou-se ainda, que os parâmetros que mais influenciaram na PPB foram a precipitação e temperatura, pois no período estudado a caatinga teve maior emissão do que captação de carbono. Conclui-se que a caatinga, mesmo apresentando alta capacidade adaptativa, quando em condições climáticas adversas, tem seu sistema fotossintético comprometido, contribuindo de forma pouco expressiva para a captação do CO₂.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Dióxido de Carbono; PPB.

carlacaren@hotmail.com

1Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professora na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba



GROSS PRIMARY PRODUCTIVITY IN A CAATINGA AREA IN CAMPINA GRANDE-PB

ABSTRACT

Gross Primary Productivity (GPP) is determined by measuring the amount of carbon absorbed by vegetation through photosynthesis. The purpose of this study was to quantify and analyze GPP in the caatinga of a semiarid region, using images from the MODIS / Terra sensor, and validate them with data obtained from the micrometeorological tower. GPP was determined by the Monteith method (1972), then validated from the tower data. The results obtained showed a higher correlation between GPP obtained by the Monteith method. It was also observed that the parameters that most influenced GPP were precipitation and temperature, because in the studied period the caatinga had higher emission than carbon uptake. It is concluded that the caatinga, even with high adaptive capacity, when under adverse weather conditions, has its photosynthetic system compromised, contributing little to the capture of CO₂.

KEY-WORDS: Remote sensing; Carbon dioxide; GPP.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

O Dióxido de Carbono (CO₂) é um dos gases componentes da camada atmosférica, acomodando-se ao redor desta, desempenha a função termorreguladora, tornando-o conhecido como um dos “Gases de Efeito Estufa” (GEE) (TAIZ; ZEIGER, 2013). Quando em quantidades normais, não causa danos ao equilíbrio térmico planetário, entretanto, quando acima do recomendado, pode contribuir para o desequilíbrio da temperatura do planeta, corroborando com a inversão térmica, contribuindo ainda para o aquecimento global. Esse gás é um componente essencial para a realização da fotossíntese dos organismos autotróficos. Como as plantas são as maiores realizadoras de fotossíntese, consequentemente são as que mais contribuem para a captação do CO₂.

O carbono absorvido pela vegetação pode ser determinado a partir da Produtividade Primária Bruta (PPB), que é uma modelagem que mensura o quanto de carbono foi captado da atmosfera pela vegetação para realização da fotossíntese. Segundo Rodrigues (2018), o cômputo da PPB é realizado a partir da relação existente entre a eficiência de uso da luz (ϵ), a qual terá influência conforme o tipo de vegetação/bioma trabalhado e da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela vegetação (RFAA), sendo o último estimado a partir de índices de vegetação.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Diante da necessidade de compreender e precisar melhor o comportamento da caatinga na captura de um dos GEE, esse estudo tem por objetivo quantificar e analisar a PPB da caatinga estimados a partir do sensor MODIS/Terra e da torre micrometeorológica instalada em área de Caatinga na região circunvizinha a localidade de Campina Grande-PB.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A área de estudo está localizada aos arredores da cidade de Campina Grande, Agreste paraibano ($7^{\circ}16'47.76''S$, $35^{\circ}58'29.21''W$), área de 593,026 km² (IBGE, 2017), com uma altitude de 546 metros acima do nível do mar. Coberta por vegetação de caatinga com temperatura média, máxima e mínima da ordem de 23,5 °C, 28,8°C e 20,2°C respectivamente, segundo as normais climatológicas do INMET, 2018. O clima é considerado tropical com estação seca, umidade relativa máxima, mínima e média situada em torno de 97,8%, 47,8% e 77%. Total médio anual da precipitação é em torno de 797 mm (FIGURA 1) (AESAs, 2018).

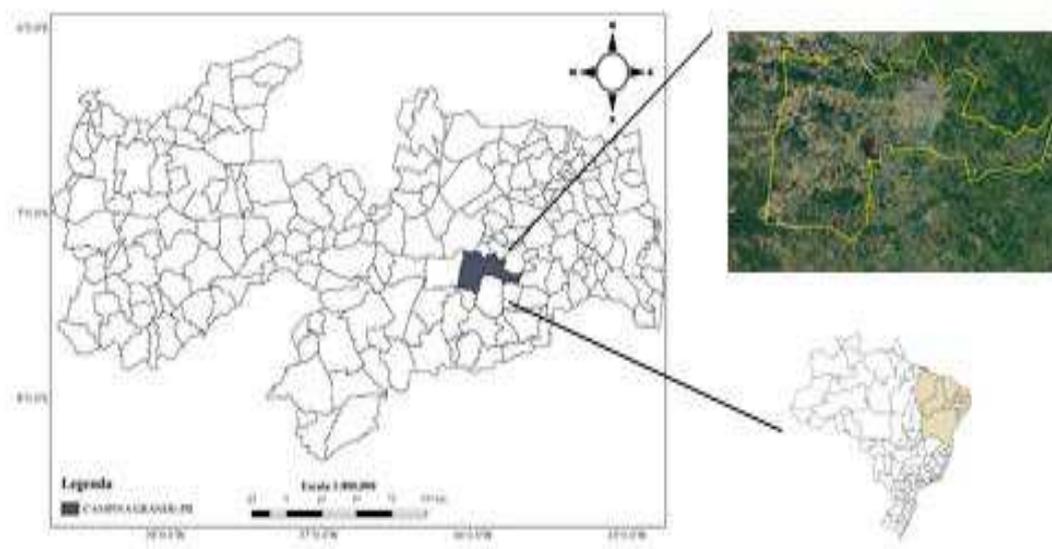


Figura 1: Localização do estado da Paraíba (Nordeste do Brasil), em destaque a área de estudo localizada no INSA em Campina Grande. -PB

Para determinação da PPB diária através do sensoriamento remoto, foram utilizadas 39 imagens de satélite do MODIS/Terra, no período de 2013 a 2017. Os dados de superfície foram obtidos na estação micrometeorológica do INSA através do método *Eddy Covariance* (EC). A equação utilizada no cálculo da PPB, foi a proposta de Monteith (1972), que é feita a partir da combinação da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (RFAA) pela vegetação e a eficiência de uso da luz proposta por Field *et al.* (1995) e modificado por Bastiaanssen e Ali (2003) que é em função da fração evaporativa.

$$PPB = RFAA \times \epsilon \text{ (gC m}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

onde, RFAA é a radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela vegetação (W m^{-2}) e ϵ (1) é a eficiência do uso da luz da vegetação (g C MJ^{-1}).

$$RFAA = RFA \times (-0,161 + 1,257 \times IVDN) \text{ (Wm}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

$$\epsilon = \epsilon' \times T1 \times T2 \times FE \text{ (gCm}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

ϵ' é a eficiência máxima de uso da luz pela vegetação igual a $1,8 \text{ gC MJ}^{-1}$ segundo Ibrahim... (2006), T1 e T2 são as contribuições da temperatura na eficiência de uso da luz pelas plantas, FE é fração evaporativa. (3)

Para verificar a relação existente entre as variáveis estimadas pelo MODIS/Terra e as medidas na torre micrometeorológica, foram utilizados: Erro Médio Absoluto (EMA), Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM), Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) Wilks (2006). Além destes, utilizou-se o Índice de Concordância de Willmott (d) (WILLMOTT *et al.*, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

No período de estudo 2013 a 2017 a média dos totais anuais da precipitação da localidade foi 641 mm, e a média climatológica da ordem de 797 mm (AESAs e EMBRAPA, 2018). Os meses de maior precipitação ocorreram no período de inverno da região, que segundo Francisco e Santos (2017) se concentram entre março a junho, sendo que para esse período estudado, as chuvas de maior intensidade se prolongaram até julho. Já os menores se concentraram de outubro a dezembro, sendo novembro o mês mais crítico. A partir dos dados de precipitação do período estudado, pode-se observar que o período apresentou característica climática bem diferente das que constam na bibliografia da bibliografia da região, tornando-se assim um período atípico.

A temperatura média mensal do ar oscilou entre 21,0 °C a 25,0 °C, com máxima no primeiro trimestre e mínima em julho. Esses valores coincidem com os apresentados por Francisco e Santos (2017) para o estado da Paraíba como um todo. Na área de estudo as temperaturas são 21,5°C a 26,0°C, apresentando, portanto, os menores valores do estado.

Produtividade Primária Bruta (PPB)

Os resultados da PPB, estimados a partir de imagens MODIS/Terra demonstraram que a vegetação de caatinga contribuiu com uma média diária de 8,61 (gC m⁻¹dia⁻¹). Os valores máximos e mínimos foram de 23,58 e 2,63 gC m⁻¹dia⁻¹ respectivamente, observados em fevereiro e setembro de 2016, indicados na (FIGURA 5 a e b). Esses valores foram superiores aos encontrados por Morais *et al.* (2017) para área de caatinga no município de Petrolina-PE, nos anos de 2011 e 2012, a partir de imagens do produto MODIS17.

A distribuição acumulada anual da PPB durante cada ano variou entre 50 a 95 gCm⁻². Já quando verificada as médias anuais, pode-se observar que o ano de maior média foi 2017 com 12,35 (gC m⁻¹dia⁻¹), decorrente das chuvas registradas neste ano, mostrando assim uma relação direta entre a PPB e chuvas.

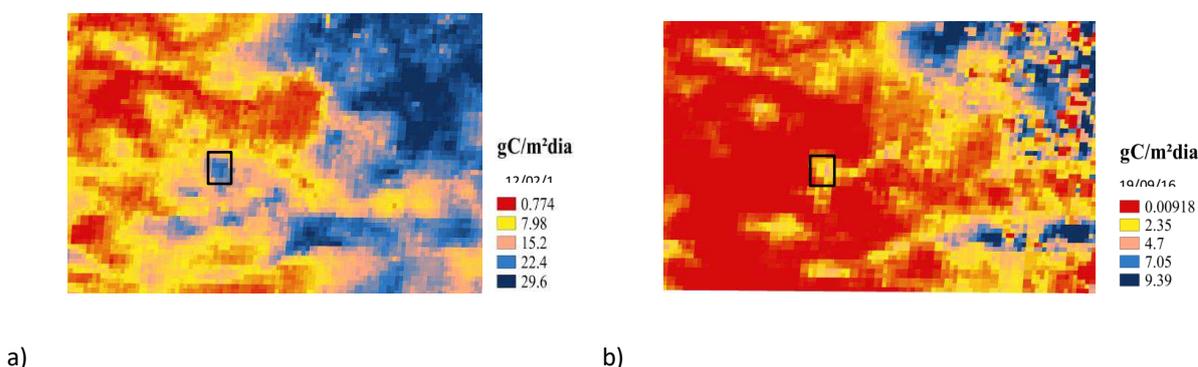


Figura 2: Amostra da PPB diário (gC m⁻¹dia⁻¹) para os dias com valores máximos (12/02/2016), e mínimos 19/09/2016 dentro do período (2013 a 2017). (Projeção: geográfica, Datum: WGS 84).

Durante o período de estudo a vegetação apresentou grande variação temporal na absorção do CO₂ pela caatinga. Essa variação acentuada da PPB pode estar relacionada

às características fisiológicas das plantas. A medida que esta se encontra em condições desfavoráveis, seja de temperatura ou disponibilidade hídrica, a mesma reduz sua função fotossintetizante economizando energia. Essa redução ocorre através da liberação de sua folhagem, conhecido como caducifólia (LOIOLA; ROQUE; OLIVEIRA, 2012), estando associado às condições do regime de chuva e temperatura, indicando o clima como um dos fatores determinantes para elevar a PPB.

A validação da PPB com os dados obtidos pelo método EC possibilitou medir a quantidade de fluxo de carbono tanto pela assimilação, chamada de produtividade primária líquida (PPL), como pela emissão, a partir da respiração da vegetação (Re) (RODRIGUES, 2018), demonstrando também a influência da precipitação e da temperatura na assimilação de carbono e na respiração (RICKLEFS, 2012). Os maiores e menores valores de PPB medidos foram de 25,02 e 4,42 $\text{gC m}^{-1}\text{dia}^{-1}$, observados nos meses de fevereiro/2016 e janeiro/2015 respectivamente, indicando que existe concordância entre estes e os valores máximos e mínimos estimados.

A correlação entre os valores medidos na torre e estimados pela metodologia de Monteith (1972) foi de 0,79, considerada muito alta para o nível de significância de $\alpha = 0,05$. Já o coeficiente de desempenho de Wilmontt foi de $c = 0,62$ ($\text{PPB}_{\text{estimado}} \times \text{PPB}_{\text{medido}}$) demonstrando desempenho mediano. Os valores estatísticos da PPB encontrados neste estudo foram semelhantes aos obtidos por Santos (2015) para área de caatinga em Campina Grande, no ano de 2013, utilizando o satélite MODIS e medido na torre micrometeorológica.

A relação entre a PPB e precipitação mostra a influência da chuva sobre a PPB até um mês após sua ocorrência, isso também foi observado por Morais *et al.* (2017). Já a correlação do IVDN com a absorção de carbono, como já era esperada foi significativa explicando 68% da variação total, ou seja, $r = 0,82$. A vegetação caatinga perde suas folhas constantemente devido ao baixo aporte de água no período de estiagem, como método adaptativo, com isso constata-se que, baixos valores de IVDN representam uma supressão da folhagem da vegetação para resistir ao período sem chuva. Os valores médios encontrados foram superiores aos encontrados por Felix (2013) para área de caatinga no Semiárido Pernambucano para os anos de 1985 e 2009.



CONCLUSÃO / CONCLUSION

Diante do exposto pode-se concluir que, em condições climáticas desfavoráveis, a caatinga apresenta reduzida capacidade fotossintetizante, contribuindo de forma pouco expressiva na captação do CO₂, mostrando que quanto maior o período de estiagem, pouca disponibilidade hídrica e maiores temperaturas, menor a capacidade da caatinga em absorver CO₂ da atmosfera. Ainda foi identificado que, o IVDN é uma variável determinante na identificação do vigor vegetal, que por sua vez, demonstra a existência de condições metabólicas suficientes para captação do CO₂ pela vegetação.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado. Aos dados da torre micrometeorológica do INSA graças ao projeto N^o: 446172/2015-4, financiado pelo CNPq na pessoa do Professor Dr. Carlos A.C. dos Santos. E ainda aos demais autores por suas contribuições.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- BASTIAANSSEN, Wimm. G. M.; ALI, Samia. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 94, 2003. pp.321-340.
- FELIX, Marcos Vicente Batista. **Variabilidade espaço temporal do estoque de carbono e índice de vegetação em uma área de caatinga por meio de sensoriamento remoto**. Dissertação (Mestrando) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2013. 57p.
- FIELD, Christopher B.; RANDERSON, James T.; MALMSTROM, C Carolyn M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v.51, 1995. pp.74-88.
- FRANCISCO, Paulo Roberto Megna.; SANTOS, Djail. Climatologia do Estado da Paraíba. **EDUFPG**, ed. 1, 75p. 2017.



IBRAHIM, Latif Bin. An Analysis of Spatial and Temporal Variation of Net Primary Productivity over Peninsular Malaysia Using Satellite Data. Ph. D. Thesis, **University Teknologi Malaysia**, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2017. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>> Acessado em 15/06/2018.

LOIOLA, Maria Iracema Bezerra; ROQUE, Alan Araújo; OLIVEIRA, Ana Claudia Pereira. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Ecologi@**, n4. 2012.

MONTEITH, John L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **The Journal of Applied Ecology**, v.9, 1972. pp.747–766.

MORAIS, Ygor Cristiano Brito; ARAÚJO, Maria Socorro Bezerra; MOURA, Magna Soelma Beserra; GALVÍNIO, Josiclêda Domiciano; MIRANDA, Rodrigo Queiroga. Análise do sequestro de carbono em áreas de Caatinga do Semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, 14p., 2017.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. **Guanabara Koogan**. ed. 6, p. 45-437, ISBN 978-85-277-1677-2. Rio de Janeiro, 2012.

RODRIGUES, Celina Cândida Ferreira. **Produtividade Primária Bruta para áreas de cana-de-açúcar e cerrado na Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu – SP**. Dissertação (Mestrando) - Universidade Federal de Campina Grande, 2018. 73p.

SANTOS, Francineide Amorim Costa. **Estimativa dos fluxos de CO₂ e evapotranspiração em áreas de caatinga em recuperação e degradada no estado da Paraíba**. Tese (Doutorando) - Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Campina Grande, 2015. 125 p

TAÍZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. **Artmed**, 2013. 5 ed., 918 p.

WILKS, Daniel. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2 ed. London, Academic Press, 2006. 649p.

WILLMOTT, Cort J.; ACKLESON, Steven G.; DAVIS, Robert E.; FEDDEMA, Johannes J.; KLINK, Katherine M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. 5, 1985. pp. 8995-9005.

PROGNÓSTICO DA VELOCIDADE DO VENTO UTILIZANDO REDE NEURAL ARTIFICIAL

Iwldson Guilherme da Silva Santos¹; Roberto Fernando da Fonseca Lyra²;
Ismael Guidson Farias de Freitas³, Thayna Silva Vila Nova⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho é melhorar a previsão da velocidade do vento com antecedência de 24 horas através do uso de Rede Neural Artificial (RNA) não linear auto regressiva (NAR). Os dados observados (OBS) mensurados a cada 10 minutos, são de uma torre anemométrica de 100 metros de altura medidos em 3 níveis (50, 70 e 100m), mas foram utilizados somente os dados do nível 1 (50m), localizada no Município de Craíbas região Agreste de Alagoas. A RNA é treinada, testada e validada com os valores OBS iniciais para depois extrapolar outra série de dados que é a previsão da velocidade do vento para o dia seguinte. Os resultados mostraram que o prognóstico RNA representou bem a evolução temporal diária do vento no período estudado (abril de 2015). A comparação destas séries de dados observada e prevista resultou em uma velocidade média de $5,26\text{m.s}^{-1}$ e $5,24\text{m.s}^{-1}$, velocidade máxima de $12,29\text{m.s}^{-1}$ e $13,92\text{m.s}^{-1}$, velocidade mínima de $0,01\text{m.s}^{-1}$ e $0,36\text{m.s}^{-1}$, respectivamente. As métricas estatísticas utilizadas foram desvio médio quase nulo de $-0,01\text{m.s}^{-1}$, raiz do desvio quadrático médio de $1,14\text{m.s}^{-1}$, desvio percentual absoluto médio de 22% e coeficiente de correlação de 0,71.

PALAVRAS-CHAVE: Vento; Energia Eólica; Inteligência Artificial.

Autor para correspondência: iwldson@gmail.com

1Discente de Mestrado na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 2Professor da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas; 3Discente de Doutorado na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 4Discente de Graduação na Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.

WIND SPEED PROGNOSTIC USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

ABSTRACT

The objective of this work is to improve the prediction of the wind speed in advance of 24 hours through the use of Artificial Neural Network (ANN) nonlinear autoregressive (NAR). Observed data (OBS) measured every 10 minutes, are in an anemometric tower of 100m height, but it was used only level 1 (50m), located in the town of Craibas, in Alagoas a State of Brazil. The ANN-NAR was trained, tested and validated with initial OBS series and then after extrapolated to another data set which is the wind speed forecast for the next day. The results showed that the ANN-NAR prognosis represented well the daily temporal evolution of the wind speed in the studied period (April 2015). The comparison of these observed and predicted data series resulted in an average speed of $5,26\text{m.s}^{-1}$ and $5,24\text{m.s}^{-1}$, maximum speed of $12,29\text{m.s}^{-1}$ and $13,92\text{m.s}^{-1}$, minimum speed of $0,01\text{m.s}^{-1}$ e $0,36\text{m.s}^{-1}$, respectively. Statistical metrics used were mean null deviation of $-0,01\text{m.s}^{-1}$, root mean square deviation of $1,14\text{m.s}^{-1}$, mean absolute percentage deviation of 22% and correlation coefficient of 0,71.

KEY-WORDS: Wind; Wind Energy; Artificial Intelligence.

INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) informa que atualmente o Brasil tem 15,1 GW de capacidade instalada acumulada de energia eólica, em 601 parques eólicos e mais de 7000 aero geradores em 12 estados, sendo 8 da região Nordeste (ABEEólica, 2019).

O NEB (Nordeste Brasileiro) lidera a produção e consumo de energia eólica, mas apesar disto Alagoas é o único estado desta região que ainda não possui parque eólico. Com base no Atlas Eólico do Estado de Alagoas (AEEA), o Estado tem potencial de produzir pelo menos 2/3 da energia elétrica que consome (ELETROBRÁS, 2008). Vários estudos recentes indicam que o Agreste alagoano é uma ótima opção para a construção de parques eólicos (Moura, 2014; Lyra *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2017).

Os métodos de previsão da velocidade do vento de curto prazo envolvem diversos tipos de técnicas, como o uso de modelos atmosféricos de meso escala (Ramos *et al.*, 2013), métodos baseados em inteligência artificial e estatística. A combinação de qualquer dois ou mais métodos de previsão do vento são denominados modelos híbridos (Moura, 2014; Camelo *et al.*, 2018).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é melhorar a previsão da velocidade do vento de curto prazo com antecedência de 24 horas, através de Rede Neural Artificial (RNA) não linear auto regressiva (NAR) na região Agreste de Alagoas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados são da torre anemométrica do Projeto Previsão do Vento em Parques Eólicos no Nordeste do Brasil (PVPN), em Craíbas Agreste de Alagoas. As medições da velocidade, direção e rajadas do vento são feitas a 50, 70 e 100m de altura, com frequência a cada 15 segundos. As médias foram armazenadas a cada 10 minutos em um *datalogger* CR1000 (*Campbell Scientific Inc - EUA*). Neste estudo considerou-se apenas a velocidade do vento ($m.s^{-1}$) com medição no nível 1 (50m), mensurados a cada 10 minutos, número de previsões diárias é 144 valores por dia e o período estudado foi o mês de abril de 2015. A Rede Neural Artificial não linear auto regressiva (RNA-NAR) é recorrente onde sua informação segue sempre na direção da camada de saída, porém a camada de saída pode realimentar a entrada. Esta rede é caracterizada pela variável *Z* que é o atraso temporal, também conhecido como *delay*. O atraso da rede serve como uma memória que proporciona valores de entrada atuais e valores anteriores a eles (Haykin, 2008). Os dados observados são convertidos para o MATLAB® (versão R2013a) para iniciar o processo de treinamento da RNA. Estes valores são os sinais de entrada e alvo. Desta forma, os dados observados funcionam como *input/target*. O algoritmo da RNA e os parâmetros utilizados neste estudo teve como referência principal o trabalho de Moura (2014). A RNA é configurada para fornecer previsão. Os três últimos dias de março (29, 30 e 31) são valores OBS iniciais utilizados para treinar a RNA que após está fase extrapola a previsão da velocidade do vento para o dia seguinte (01 de abril). Novamente, utiliza-se três dias (30, 31 e 01) na fase de treinamento para depois gerar uma previsão para o dia posterior (02 de abril). E assim por diante até utilizar os dias (27, 28 e 29 de abril) na fase de treino da RNA e na sequência produzir a previsão para o dia consecutivo (30 de abril). A análise estatística é feita através do coeficiente de correlação de Pearson (*r*), desvio médio (DM), raiz do desvio quadrático médio (RDQM) e desvio percentual absoluto médio (DPAM) (WILKS, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução temporal do vento previsto (preto) e observado (cinza) no período estudado (abril de 2015). Fica evidente a proximidade das duas séries. Assim, o prognóstico RNA reproduziu bem o padrão de evolução diário do vento e conseguiu reproduzir as velocidades máximas e mínimas. No entanto, em alguns casos o prognóstico RNA não concordou com o observado como nos dias 03, 08, 09, 12, 13, 25 e 26. Quando OBS apresenta uma variabilidade diária diferente dos dias anteriores a RNA não consegue representar bem esta mudança de comportamento do vento. Pois, a previsão carrega características dos dias usados para treinamento e o terceiro dia é o que exerce mais peso na acurácia da previsão, ou seja, se o dia que vai ser previsto for muito distinto dos três dias anteriores, principalmente do último dia, então a previsão não será precisa. Isto explica o fato da não concordância do prognóstico com o observado serem consecutivos. A velocidade média mensal foi de $5,26\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ para OBS e $5,24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ para RNA. O máximo da série OBS foi de $12,29\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no dia 27 às 19:30 e o mínimo foi de $0,01\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no dia 04 às 08:00. O máximo da série RNA foi de $13,92\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no dia 12 às 17:40 e o mínimo foi de $0,36\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ no dia 05 às 08:00. Em ambos os casos, a velocidade mínima ocorreu no período da manhã e a máxima ocorreu no fim da tarde ou começo da noite.

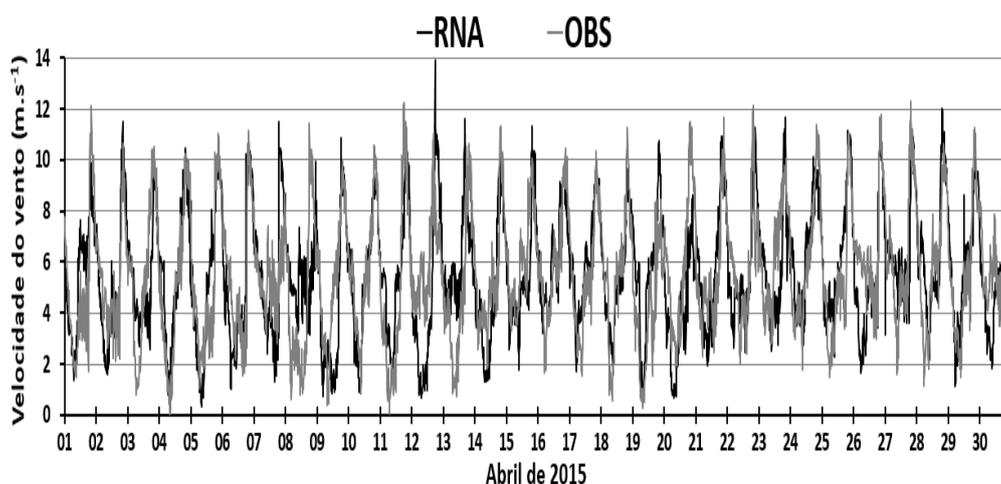


Figura 1: Evolução temporal da velocidade do vento. Fonte autor, 2019.

A Figura 2 mostra o desvio entre RNA e OBS. O desvio médio mensal foi de apenas $-0,01\text{m.s}^{-1}$. Ele oscilou bastante entre positivo e negativo. O maior desvio positivo foi de $7,12\text{m.s}^{-1}$ no dia 06 às 18:30. O maior desvio negativo foi de $-7,71\text{m.s}^{-1}$ no dia 08 às 18:00. O maior desvio positivo e negativo ocorreu entre os dias 06 e 08, sendo que as maiores diferenças ocorreram na faixa horária de 18:00 às 19:00 período em que geralmente a velocidade do vento atinge o seu valor máximo, é um período de transição dia/noite e também de mudanças bruscas no comportamento do vento. A inconstância do vento nestes dias e horário dificultou o prognóstico RNA que de maneira desordenada atingiu os desvios extremos superestimando e subestimando OBS neste curto espaço de tempo.

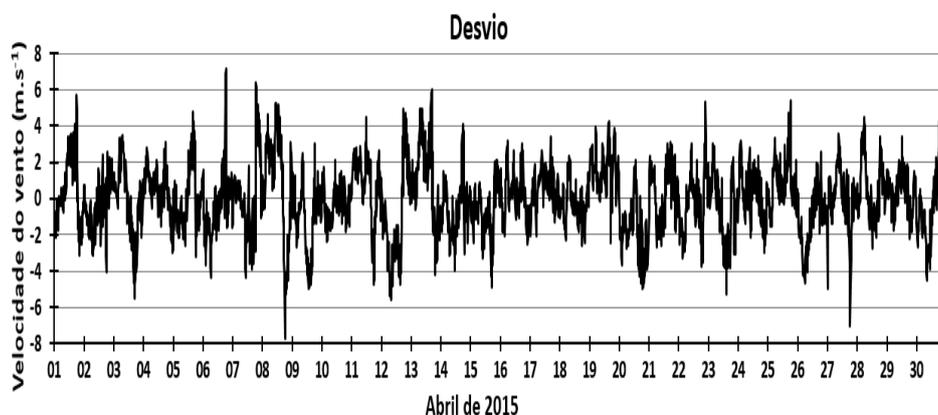


Figura 2: Desvios entre RNA e OBS no período estudado. Fonte autor, 2019.

A Tabela 2 apresenta características da modelagem de cada estudo (frequência dos dados, período de estudo e altura de medição), apresenta estatística uni variada (médias, máximos e mínimos), estatística bivariada que descreve o relacionamento entre RNA e OBS (DM, RDQM, DPAM e r), e compara os resultados obtidos com trabalhos que também utilizaram RNA para prever a velocidade do vento na região central de Alagoas (CR – Craíbas e GP – Girau do Ponciano), NEB (BA - Bahia e RN – Rio Grande do Norte) e outros países (EUA – Estados Unidos da América e HOL – Holanda).

Este estudo obteve o menor desvio médio de $-0,01\text{ m.s}^{-1}$ enquanto que nos estudos similares o intervalo foi de $-0,32\text{ m.s}^{-1}$ a $0,15\text{ m.s}^{-1}$. O valor para RDQM deste estudo foi de $1,14\text{ m.s}^{-1}$ enquanto que nos trabalhos analisados estão entre $0,15\text{ m.s}^{-1}$ a $1,41\text{ m.s}^{-1}$. O DPAM foi de 22% ficando dentro do intervalo de estudos similares (11% a 47%). As correlações estão entre 0,68 a 0,89 neste estudo foi de 0,71.

Na Tabela 2 pode ser visto como RNA manteve-se próximo de OBS. Vale salientar que o valor do desvio médio deste estudo foi inferior a margem de desvio dos anemômetros ($0,2 \text{ m.s}^{-1}$). Apesar da diferença média muito pequena entre os dados, o coeficiente de correlação foi mediano. Este fato ocorre pelo caráter intermitente do vento, variabilidade diária, oscilações bruscas do vento de um dia para o outro, isto dificulta o prognóstico RNA e diminui a correlação com OBS. Em geral os valores do prognóstico RNA e a análise estatística utilizada foram considerados satisfatórios quando comparados à literatura.

Tabela 2: Levantamento estatístico e comparação de resultados. Fonte autor, 2019.

	<i>Santos et al (2019)-CR</i>	<i>Cao et al (2012)-EUA</i>	<i>Moura (2014)-GP</i>	<i>Meng et al (2016)-HOL</i>	<i>Silva et al (2017)-GP</i>	<i>Camelo et al (2018)-RN</i>	<i>Zucattelli et al (2018)-BA</i>
Frequência	10 min	15 min	60 min	60 min	60 min	60 min	60 min
Período	01/04/15 a 30/04/15	-	01/01/09 a 31/12/09	01/01/14 a 31/12/14	01/01/09 a 31/12/09	01/01/14 a 01/01/15	30/11/15 a 31/12/15
Altura	50m	50m	50m	-	30m	10m	151m
OBS Médio	$5,26 \text{ m.s}^{-1}$	$23,08 \text{ m.s}^{-1}$	$7,25 \text{ m.s}^{-1}$	-	$6,31 \text{ m.s}^{-1}$	-	$8,38 \text{ m.s}^{-1}$
RNA Médio	$5,24 \text{ m.s}^{-1}$	-	$7,30 \text{ m.s}^{-1}$	-	$5,99 \text{ m.s}^{-1}$	-	-
OBS Máx e Mín	$12,29 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,01 \text{ m.s}^{-1}$	$32,62 \text{ m.s}^{-1}$ e $12,38 \text{ m.s}^{-1}$	$15,34 \text{ m.s}^{-1}$	-	$12,65 \text{ m.s}^{-1}$ e $2,16 \text{ m.s}^{-1}$	-	$15,15 \text{ m.s}^{-1}$ e $1,18 \text{ m.s}^{-1}$
RNA Máx e Mín	$13,92 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,36 \text{ m.s}^{-1}$	-	$11,00 \text{ m.s}^{-1}$	-	$8,18 \text{ m.s}^{-1}$ e $3,62 \text{ m.s}^{-1}$	-	-
DM	$-0,01 \text{ m.s}^{-1}$	-	$0,05 \text{ m.s}^{-1}$	-	$-0,32 \text{ m.s}^{-1}$	-	-
RDQM	$1,14 \text{ m.s}^{-1}$	-	-	$0,94 \text{ m.s}^{-1}$	$1,41 \text{ m.s}^{-1}$	$0,96 \text{ m.s}^{-1}$	-
DPAM	22%	33%	-	11%	-	16%	-
r	0,71	0,68	0,71	-	0,86	-	0,89

CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo melhorar a previsão da velocidade do vento que foi alcançado. Os resultados obtidos mostraram que o prognóstico RNA conseguiu reproduzir bem a evolução temporal do vento no período estudado.

A velocidade média, máxima e mínima de OBS foi de $5,26 \text{ m.s}^{-1}$, $12,29 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,01 \text{ m.s}^{-1}$ enquanto que para RNA foram de $5,24 \text{ m.s}^{-1}$, $13,92 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,36 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente. As métricas estatísticas utilizadas para averiguar a precisão da previsão resultaram no seguinte: Desvio médio de $-0,01 \text{ m.s}^{-1}$; Raiz do desvio quadrático médio de $1,14 \text{ m.s}^{-1}$;

Desvio percentual absoluto médio de 22%; E coeficiente de correlação de 0,71. Ficou evidente que o período escolhido para treinamento (3 dias) implica em desvios grandes quando existe muita variabilidade na série OBS. A previsão carrega características dos dias usados para treinamento e destes três dias o terceiro é o que exerce mais peso na acurácia da previsão, ou seja, se o dia que vai ser previsto for muito distinto dos três dias anteriores, principalmente do último dia, então a previsão não será precisa. Finalmente, o uso de RNA-NAR, se mostrou uma opção viável para fazer a previsão da velocidade do vento de curto prazo com 24 horas de antecedência.

REFERÊNCIAS

- ABEEólica. **Associação Brasileira de Energia Eólica**. 2019. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/>>. Acesso em: 12 jul. 2019.
- CAMELO, Henrique Nascimento; LUCIO, Paulo Sérgio; JUNIOR, João Bosco Verçosa Leal.; CARVALHO, Paulo Cesar Marques. Proposta para previsão de velocidade do vento através de modelagem híbrida elaborada a partir dos modelos ARIMAX e RNA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n.1, 2018.
- CAO, Qing; EWING, Bradley T.; THOMPSON, Mark A. Forecasting wind speed with recurrent neural networks. **European Journal of Operational Research**, n. 1, 2012.
- ELETROBRÁS. **Atlas Eólico do Estado de Alagoas**. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_AL.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2019.
- HAYKIN, Simon. **Redes Neurais Princípios e Prática**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- MENG, Anbo; GE, Jiafei; YIN, Hao; CHEN, Sizhe. Wind speed forecasting based on wavelet packet decomposition and artificial neural networks trained by crisscross optimization algorithm. **Energy Conversion and Management**, n. 1, 2016.
- MOURA, J. D. O. **Refinamento das simulações de vento do modelo WRF utilizando Redes Neurais Artificiais**. 2014. 43p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Alagoas.
- RAMOS, Diogo Nunes S.; LYRA, Roberto Fernando Fonseca; SILVA, Rosiberto Salustiano Junior. Previsão do vento utilizando o modelo atmosférico WRF para o estado



de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n.2, 2013.

SILVA, Samara dos Santos; LYRA, Roberto Fernando da Fonseca; SILVA, Rosiberto Salustiano Junior, SILVA, Silvania Maria Santos da; CRUZ, Nareida Simone Delgado da. Refinamento das estimativas da velocidade do vento feitas pelo modelo WRF usando redes neurais artificiais e modelo físico estatístico. In: **Artigo científico. X Workshop Brasileiro de MicroMeteorologia. Santa Maria RS, 2017.**

WILKS, Daniel S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. Amsterdam: Academic press, 2011.

ZUCATELLI, Pedro Junior; NASCIMENTO, Erick Giovani Sperandio.; AYLAS, Georgynio Yossimar Rosales.; SOUZA, Noéle Bissoli Perini; KITAGAWA, Yasmin; SANTOS, Alex Álisson.; MOREIRA, Davidson Martins. Previsão da velocidade do vento a curto prazo usando redes neurais artificiais em Mucuri, Bahia, 2018. **X Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, 20 a 24 de maio, Salvador – Bahia.



REGIÕES HOMOGÊNEAS NO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE A CLIMATOLOGIA DO PAÍS

Kalline Fabiana Silveira Marinho¹; Lara de Melo Barbosa de Andrade²;
Maria Helena Constantino Spyrides³; Cláudio Moisés Santos e Silva⁴

RESUMO

O território brasileiro apresenta alta variabilidade climática devido à grande extensão territorial do país, sendo assim, torna-se de grande importância a construção de uma delimitação de zonas homogêneas climática a fim de definir os limites geográficos dos diferentes tipos de clima. Diante disso, este trabalho objetiva identificar as sub-regiões climatologicamente homogêneas, levando-se em conta as variáveis meteorológicas: precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima e vento. Os dados utilizados foram os de Xavier e do Instituto Nacional de Meteorologia. O período de estudo foi de 01/1980 a 12/2013. Inicialmente foi calculada as normais climatológicas para as 5 variáveis analisadas. As sub-regiões climáticas foram definidas por meio da análise de cluster, utilizando como medida de similaridade a distância Maximun e o método hierárquico de Ward, essa classificação dividiu as microrregiões brasileiras em 6 clusters. O agrupamento apresentou a região Norte dividida em dois cluster, o cluster 1 e o 2, A região Nordeste ficou representada pelo cluster 6. O cluster 5 foi o mais predominante no País, englobando toda a região Centro-Oeste, o litoral nordestino e parte da região Sul do Brasil, e o cluster 4, representou apenas as partes a Oeste do Sul do país e algumas microrregiões localizadas no Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Clima no Brasil, Regiões homogêneas, Análise de agrupamento.

Autor para correspondência: Kallinef@yahoo.com.br

¹Discente do Programa de Pós Graduação em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – PPGCC/UFRN, Natal, RN; ^{2,3,4} Professores do PPGCC/UFRN, Natal, RN.



HOMOGENEAN REGIONS IN BRAZIL: A STUDY ON COUNTRY CLIMATOLOGY

ABSTRACT

The Brazilian territory presents high climatic variability due to the great territorial extension of the country, thus, it is of great importance the construction of a delimitation of homogeneous climatic zones in order to define the geographical limits of the different types of climate. Therefore, this work aims to identify the climatologically homogeneous subregions, taking into account the meteorological variables: precipitation, relative humidity, maximum and minimum temperature and wind. The data used were from Xavier and the National Institute of Meteorology. The study period was from 01/1980 to 12/2013. Initially, the climatological normals were calculated for the 5 variables analyzed. The climatic subregions were defined by cluster analysis, using as a measure of similarity the Maximum distance and the Ward hierarchical method, this classification divided the Brazilian microregions into 6 clusters. The grouping presented the North region divided into two clusters, cluster 1 and 2. The Northeast region was represented by cluster 6. Cluster 5 was the most predominant in the country, encompassing the entire Midwest region, the northeastern coast and part from the southern region of Brazil, and cluster 4, represented only the western parts of the south of the country and some microregions located in Rio de Janeiro.

KEY-WORDS: Climate in Brazil, Homogeneous Regions, Cluster Analysis.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Conhecer a dinâmica dos fenômenos naturais, dentre estes o climático, é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável de uma sociedade. Questões relacionadas a variabilidade do clima tornou-se um dos grandes desafios científicos do nosso século (GIDDENS, 2010), e tem sido objeto de estudo de diversas áreas de conhecimento (International Panel on Climate Change – IPCC, 2007).

Estudos objetivando determinar regiões homogêneas de elementos meteorológicos têm sido desenvolvidos em diversos países com vistas a obter as classificações climatológicas (RICHMAN E LAMB, 1985). No Brasil tem-se, dentre outros, os estudos para climatologia efetuados por Diniz (2002, 2003) e Marques (2005) e atualmente os trabalhos objetivando essa delimitação regional foram desenvolvidos por Oliveira (2014), Amorim (2016) e mais recentemente por Costa (2018).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Esse estudo tem como objetivo traçar perfis homoclimáticos para microrregiões do Brasil, segundo variáveis meteorológicas: precipitação (mm), umidade relativa do ar (%), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e velocidade do vento (m/s), referente ao período de janeiro de 1980 a dezembro de 2013.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

A área de estudo compreende o Brasil, localizado no subcontinente da América do Sul, subdividido por microrregiões (Figura 1).

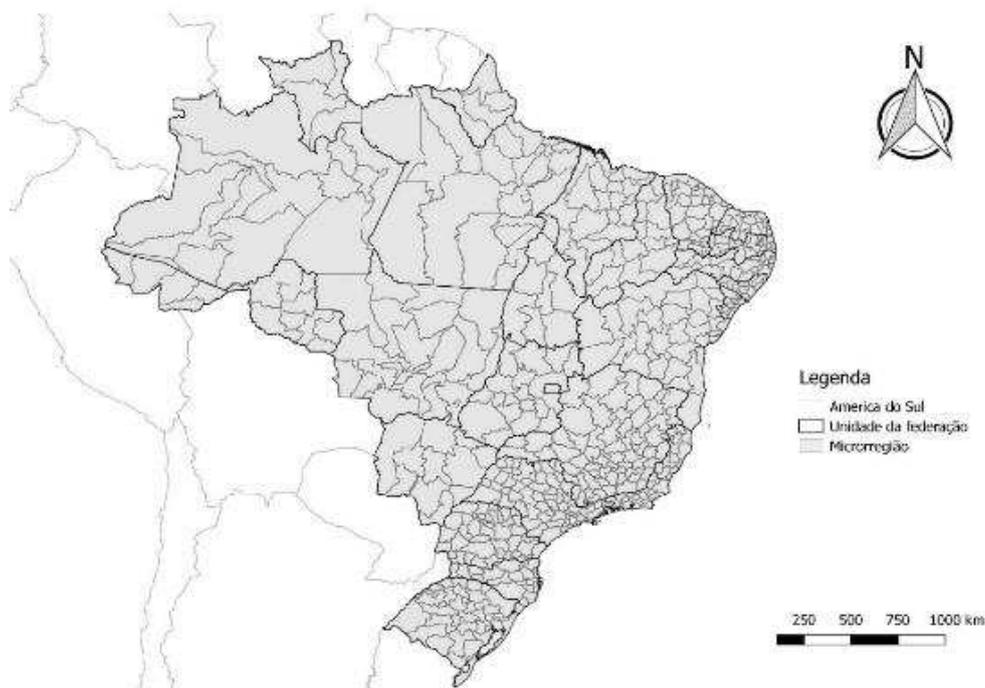


Figura 1: Área de estudo: Brasil subdividido por microrregiões. **Fonte:** Elaborado pelo autor

As variáveis meteorológicas mensais utilizadas nessa pesquisa são: precipitação (mm), umidade relativa do ar (%), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e velocidade do vento (m/s), referente ao período 01/1980 a 12/2013. Os dados foram extraídos do banco de dados de Xavier et al., (2016). A informação para cada microrregião do País foi determinada por intermédio da média dos pontos de grade alocados dentro de sua região geográfica. Os dados da borda que não é contemplada pela interpolação do Xavier foram coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A climatologia de cada

variável por microrregião foi definida para os 34 anos de dados estudados. Esses dados foram submetidos ao processo de agrupamento. Neste trabalho foi utilizado, o método hierárquico de variância mínima (Ward's method) para agrupar as microrregiões com dados semelhantes com Hair et. al. (2005). Com a observação do dendrograma, formado pelo método de Ward e do gráfico da distância para aglomeração, foi definido o número de grupos igual a 6, o qual foi submetido ao método das K- Médias.

Num segundo momento foi utilizado o índice de Silhouette (IS), esse método foi elaborado por Rousseeuw (1987), e é uma forma de medir o quanto uma observação é semelhante às outras observações que compõem seu grupo. Os valores desse índice variam entre -1 e +1, valores próximos a +1 indicam que a microrregião está alocada no grupo correto, enquanto que valores próximos a -1 indicam o contrário, já o índice próximo a 0 indica a não pertinência da microrregião a nenhum grupo específico (SANTOS, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

O agrupamento formado pela análise de cluster com $k=6$ (Figura 2) apresentou a região Norte dividida em dois cluster, o cluster 1 e o 2, esse último sendo o mais predominante na região, esses clusters são caracterizados por altas temperaturas e altos índices de precipitação, alta umidade relativa do ar e baixa velocidade do vento.

A região Nordeste ficou representada pelo cluster 6 (em vermelho) essa região homogênea apresenta a menor média de precipitação acumulada, altas temperaturas, a maior velocidade do vento, bem como a menor umidade relativa do ar, características predominantes em regiões semiáridas.

O cluster 5 foi o mais predominante no País, englobando toda a região Centro-Oeste, o litoral nordestino e parte da região Sul do Brasil, suas características meteorológicas se assemelham bastante com o cluster 4, diferenciando apenas na precipitação que esse último é mais incidente e representou apenas as partes a Oeste do Sul do país e algumas microrregiões localizadas no Rio de Janeiro.

O índice de Silhouette (IS) apresentou valor de 0,53, representando separação entre os clusters satisfatória, e a avaliação dos valores de IS dentro dos grupos percebe-

se um aumento dos valores individuais e uma melhora nos valores negativos, como pode ser percebido na Figura 2 (b).

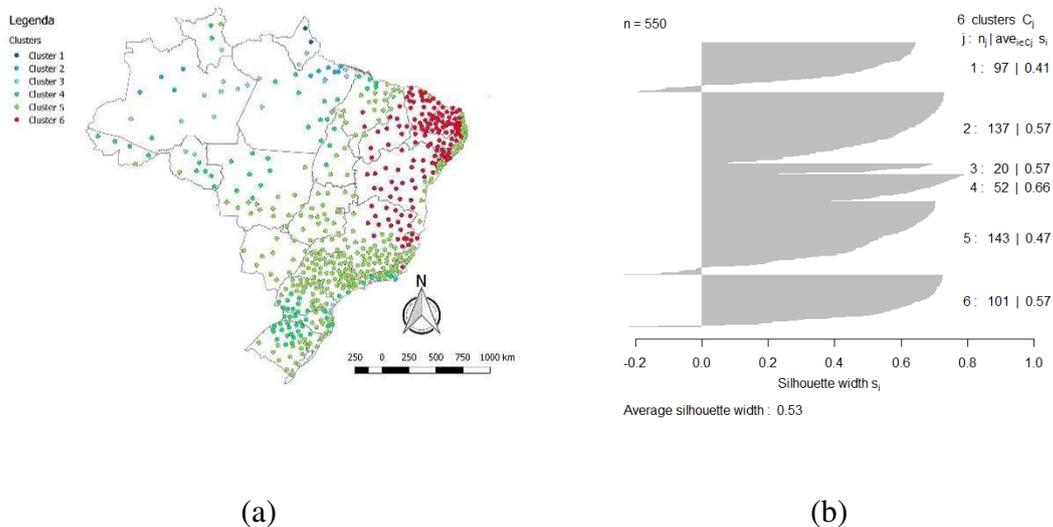


Figura 2 – Análise de cluster para seis sub-regiões homogêneas: (a) distribuição espacial das microrregiões; (b) gráfico IS. Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas dos clusters. Percebe-se a incidência das menores médias de temperaturas mínimas nos clusters 4 e 5, onde a média ficou em torno de 17,9°C e 17,6°C respectivamente, o cluster 6 apresentou a 3 menor temperatura mínima (20,6°C), seguida pelo grupo 3 (21,8°C) e clusters 1 e 2 com as maiores médias de temperaturas (23,4°C e 22,9°C respectivamente). as temperaturas máximas acompanharam essa sequência de incidência das menores e maiores médias de temperatura. A determinação da sequência de cluster foi definida segundo a precipitação acumulada anual, sendo o cluster 1 o mais chuvoso com média de 3255,6mm, localizado no Norte do país e o perfil 6 o menos chuvoso 834,9mm, localizado na região semiárida nordestina. A velocidade média do vento mostrou que a região Semiárida do Nordeste é a que apresenta as maiores médias com 2,1m/s (cluster 6), a região Norte, caracterizada pelo cluster 3 apresenta as menores médias (1m/s). Quanto a umidade relativa do ar, percebeu-se que o 6 é o mais seco dos perfis com umidade média de 69,3%, e os mais úmidos foram os clusters 1, 2 e o 3 cujas umidade média ficaram acima de 80%.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos clusters construído para as microrregiões brasileiras, segundo variáveis meteorológicas.

Variáveis meteorológicas				
Cluster 1	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura mínima Media	23,4	0	23,4	23,4
Temperatura máxima Media	31,6	0	31,5	31,6
Precipitação Acumulada Anual	3256	68,4	3207,2	3303,9
Velocidade do Vento Media	1,3	0	1,3	1,3
Umidade relativa do ar Media	82,5	0,1	82,4	82,6
Cluster 2	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura mínima Media	22,9	0,6	21,8	23,9
Temperatura máxima Media	31,9	0,3	31,5	32,3
Precipitação Acumulada Anual	2681	139,5	2490,6	2882,5
Velocidade do Vento Media	1,1	0,3	0,7	1,5
Umidade relativa do ar Media	88,7	17,6	82,3	141,6
Cluster 3	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura mínima Media	21,8	2,3	15,9	23,5
Temperatura máxima Media	31,1	2,3	25,1	32,4
Precipitação Acumulada Anual	2284	105,8	2143,8	2458,4
Velocidade do Vento Media	1	0,3	0,6	1,5
Umidade relativa do ar Media	82,7	1	79	83,7
Cluster 4	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura mínima Media	17,9	3,7	12,4	23,8
Temperatura máxima Media	28,4	3,6	22,3	33,2
Precipitação Acumulada Anual	1893	104,6	1746,5	2115,8
Velocidade do Vento Media	1,4	0,4	0,6	2,5
Umidade relativa do ar Media	77,8	2,8	71,8	83,3
Cluster 5	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura mínima Media	17,6	2,8	12,1	23,3
Temperatura máxima Media	28,4	2,7	21,9	33,7
Precipitação Acumulada Anual	1475	137,4	1179,9	1739,5
Velocidade do Vento Media	1,4	0,5	0,6	4,4
Umidade relativa do ar Media	74,7	6,5	64,9	142,1
Cluster 6	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura mínima Media	20,6	1,5	16,2	23
Temperatura máxima Media	31,1	1,6	27,9	33,7
Precipitação Acumulada Anual	834,9	173,2	484,1	1159,5
Velocidade do Vento Media	2,1	0,5	1,1	2,9
Umidade relativa do ar Media	69,3	4,9	59,8	77,7

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A análise de cluster levou a subdivisão das microrregiões do Brasil em 6 grupos. A distribuição das variáveis meteorológicas levou em consideração os valores médios de cada variável. Percebe-se que a análise de cluster não é um bom divisor de regiões homoclimáticas, uma vez que não identifica perfis com diferentes padrões médios.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Agradeço a CAPES pelo apoio com a bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ANDRADE L. A. Classificação ecológica do território brasileiro situado a leste do meridiano de 44° oeste e ao norte do paralelo de 16° sul: uma abordagem climática. Viçosa: UFV, 2000. 147p. Tese doutorado.

AMORIM, ANA CLEIDE BEZERRA. Influência de subregiões do Atlântico Tropical na precipitação no leste do Nordeste brasileiro. 2016. 130f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

COSTA, MICEJANE DA SILVA. Padrão atmosférico dos eventos de precipitação fraca e intensa no semiárido do Nordeste do Brasil. 2018. 137f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

DINIZ, G.B. BERLATO, M.A., CLARKE, R. T., FONTANNA, D. C. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máximas e mínimas no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria. V.11, n.2, p. 303-312. 2003.

GIDDENS, Anthony. A política da mudança climática. Zahar, Ed. Rio de Janeiro, 2010, 314 páginas

HAIR, J. F.; TATHAM, R. L.; ANDERSON, R. E.; BLACK, W. C. Análise multivariada de dados. Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna; Anselmo Chaves Neto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.



- B.; Tignor, M.; Miller, H. L. (ed.) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp, 2007.
- OLIVEIRA, PRISCILLA TELES DE. Statistical analysis of the extreme rainfall events in northeastern Brazil. 2014. 114 f. Tese (Doutorado em Clima e oceano; Clima e ambiente; Análise e simulação numérica de eventos extremos; Modelagem do sis) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- Richman, M.B. and Lamb, P.J., 1985: Climatic pattern analysis of three- and seven-day rainfall in the central United States: some methodological considerations and a regionalization. *J. Climate and Applied Meteorology*, 24, 1325 – 1343.
- Rousseuw, Peter. (1987). Rousseuw, P.J.: Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Comput. Appl. Math.* 20, 53-65. *Journal of Computational and Applied Mathematics.* 20. 53-65. 10.1016/0377-0427(87)90125-7.
- SANTOS, C.; ARAUJO, I.; WANZELER, R.; SERRÃO. E.; FARIAS, M.; LIMA, A. Regionalização hidroclimatológica da bacia hidrográfica do Rio Tapajós. *Revista Geografia Acadêmica*, v. 9, p. 32-51, 2015
- UNAL, Y.; KINDAP, T.; KARACA, M. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology*, v.23, p.1045-1055, 2003.
- Venkatesh, B; JOE, M., K. Identifications of homogeneous rainfall regimes in parts of western Ghats regions of Karnataka. *Journal Earth System Science*, Índia. n.4. 2007.
- XAVIER, A.C., SCANLON, B.R. AND KING, C.W. (2016). Conjunto de dados de variáveis meteorológicas diárias no Brasil (1980-2013). *CLIMA Policy Brief #2*, Centro Clima/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 4p.



REGIONALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADA (SPI-3) NO NORDESTE BRASILEIRO

Wanessa Luana de Brito Costa¹; Célia Campos Braga²; Adriana de Souza Costa³

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo Regionalizar o Índice de Precipitação Normalizada – SPI-3 (escala sazonal) e analisar as principais características dos eventos secos e chuvosos em um município inserido no polígono das secas. Utilizou-se o agrupamento hierárquico proposto por Ward para determinar as nove regiões homogêneas do SPI-3 para o período de 1985 a 2018. Selecionou-se o município de Petrolina pertencente a RH5 por apresentar um dos totais médios anuais mais baixos da região e estar inserido na região central do polígono das secas. A partir das características principais dos anos secos e chuvosos do SPI-3, foram classificados 13 eventos chuvosos com duração acima de 5 meses e 15 de seca. Observou-se também que as maiores sequências de eventos secos e chuvosos ocorreram em anos com episódios de El Niño e La Niña.

PALAVRAS-CHAVE: Regiões Homogêneas; Índice de Seca; Nordeste.

Autor para correspondência: wannessaluanabc@hotmail.com

1Discente de Pós - Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professora Orientadora na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Discente de Pós - Graduação na Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande, Paraíba.



REGIONALIZATION OF THE NORMALIZED PRECIPITATION INDEX (IPN-3) IN THE NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

The present study aims to Regionalize the Normalized Precipitation Index - SPI-3 (seasonal scale) and to analyze the main characteristics of dry and rainy events in a municipality inserted in the drought polygon. The hierarchical cluster adopted by Ward was used to determine the nine homogeneous regions of SPI-3 for the period from 1985 to 2018. The municipality of Petrolina belonging to RH5 was selected because it has one of the lowest annual average totals in the region and is inserted in the central region of the drought polygon. From the main characteristics of the dry and rainy years of SPI-3, 13 rain events lasting more than 5 months and 15 of drought were classified. It was also observed that the longest sequences of dry and rainy events occurred in years with episodes of El Niño and La Niña.

KEY-WORDS: Homogeneous Regions; Drought Index; Northeast

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A seca é um fenômeno climático que afeta drasticamente uma região e pode ser percebida de diferentes maneiras em regiões com características climáticas variadas e com diferentes níveis de utilização de água. Devido à variabilidade nas distribuições sazonais da precipitação e topografia o clima da região Nordeste do Brasil não é uniforme, vai desde semiárido até o tropical úmido (costa leste). Essa irregularidade climática faz com que grandes extensões do Nordeste sejam submetidas aos efeitos de severas e prolongadas estiagens, atingindo principalmente as áreas localizadas no chamado Polígono das Secas, o qual abrange uma área de 877.630,2 km² de extensão, englobando 1050 municípios, com precipitação média anual inferior a 800 mm, atingindo valores extremos inferiores a 400 mm em algumas localidades (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005).

Na literatura existem vários índices que têm sido empregados para quantificar, padronizar e comparar a seca em base temporal e regional, os quais variam em grau de complexidade, desde uma simples medida de seca meteorológica, tal como os desvios de precipitação em relação a sua média climatológica, até modelos paramétricos mais complexos, os quais incorporam as condições de umidade do solo e o manejo do uso da terra para áreas homogêneas. Dentre os muitos índices de secas existentes, encontra-se o Índice de Precipitação normalizada - SPI (MCKEE et al., 1993) como um dos mais

conhecidos e utilizado por diversos pesquisadores em todo o mundo. Baseado apenas em dados de precipitação o SPI identifica a ausência ou o aumento de precipitação em distintas escalas de tempo. Originalmente, foi calculado em escalas de tempo de três, seis, doze, vinte e quatro, e quarenta e oito meses.

Considerando o volume de informações do índice em estudo, faz-se necessário a utilização de técnicas estatísticas adequadas para manipulá-lo. A Análise de Agrupamento (AA) é um método que consiste em dividir um sistema multidimensional em grupos, em cada um dos quais se reúnem os indivíduos que apresentam maior similaridade entre si e dissimilaridade entre grupos (WILKS, 2006). Sousa (2016) calculou o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) mensal e trimestral no período 1977-2012 para o estado de Minas Gerais. Santos (2017), aplicou a AA para determinar Regiões Homogêneas do SPI-6 na Amazônia Oriental, com o objetivo de analisar as principais características dos eventos secos e chuvosos na região.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Este estudo tem por objetivo regionalizar o SPI-3 na escala sazonal e caracterizar os eventos secos e chuvosos ocorridos no período de 1985-2018 na localidade de Petrolina situada na RH5, que apresenta um dos índices pluviométricos mais baixos da região.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

1. Área de estudo/Dados

A área de estudo compreende à região Nordeste do Brasil (NEB), subdividida em nove estados, está situada na região tropical, entre os meridianos de 35° e 47°W e os paralelos de 1° e 18°S. (IBGE, 2010).

Foram utilizados dados mensais de precipitação de 222 estações meteorológicas distribuídas ao longo dos estados do NEB, no período de 1985 a 2018. Os dados são provenientes da Agência Nacional de Águas (Ana), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência executiva de Gestão das Águas (AES/A), Agência Pernambucana de Águas e clima (APAC) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

1.1. Metodologia

O cálculo do SPI Consiste inicialmente em ajustar a função densidade de probabilidade gama às séries de precipitação mensal. Em seguida a probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal observado é estimada. A função normal inversa (Gaussiana) é aplicada a essa probabilidade resultando no SPI (BLAIN E BRUNINI, 2007).

Nos casos onde a precipitação pluviométrica de um determinado período se ajusta à distribuição normal, o SPI é obtido simplesmente pela variável reduzida $Z_{i,j}$ de tal distribuição. Onde i é igual 1, 3, 6 e 12 meses.

$$SPI = Z_{i,j} = \frac{P_{i,j} - \bar{P}_{i,j}}{\sigma_{i,j}} \quad (1)$$

A metodologia detalhada deste índice pode ser vista em Mckee et al. (1993). O quadro 1 apresenta as categorias do SPI segundo Mckee et al. (1993).

Quadro 1: Classificação do SPI para eventos secos e chuvosos.

Valor do SPI	Classificação
> 2,00	Chuva Extrema
1,51 a 2,00	Chuva Severa
1,01 a 1,50	Chuva Moderada
0,51 a 1,00	Chuva Fraca
-0,50 a 0,50	Normal
-0,51 a -1,00	Seca Fraca
-1,01 a -1,50	Seca Moderada
-1,51 a -2,00	Seca Severa
< -2,00	Seca Extrema

Fonte: (MCKEE et al. 1993) adaptado

As regiões homogêneas do SPI-3 foram determinadas a partir do método de agrupamento hierárquico proposto por Ward (1963), por apresentar melhor coerência espacial. Este utiliza como critério de agrupamento a inércia entre grupos, que é medida pela soma dos quadrados dos desvios (SQD) de cada ponto a média do grupo ao qual

pertence. Utilizou-se a distância euclidiana para medir a similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Inicialmente foi feita a regionalização do SPI na escala trimestral, em seguida a classificação dos anos secos e chuvosos a partir do método proposto por MCKEE et al. (1993) para localidade de Petrolina-PE pertencente a RH5. O município foi escolhido por apresentar um dos totais médios anuais mais baixos da região e por estar inserido no polígono das secas (Figura 1).

Regionalização do SPI-3

A Figura 1 ilustra a espacialização das regiões homogêneas obtidas a partir da aplicação do método de Ward a séries mensais do SPI-3 para o NEB. A região foi subdivida em nove grupos, ou seja, nove regiões homogêneas (RH) do SPI-3. A RH1 localizada no litoral do Rio Grande do Norte e Paraíba abrange 10 estações meteorológicas, com total médio anual de precipitação de 1122,62 mm. A RH2 compreende o agreste da Paraíba, litoral de Pernambuco e quase todo o estado de Alagoas, com total médio anual de 950,00 mm. A RH3 tem total médio de 1191,10 mm, está subdivida entre o sul de Alagoas e litoral Norte da Bahia. A RH4 localiza-se no litoral Sul da Bahia apresenta total médio anual de 1338,81 mm. A RH5, região mais seca do Nordeste tem total médio anual de 685,14 mm, engloba o Agreste e interior da Bahia, estendendo-se desde o Oeste de Pernambuco e Piauí. A RH6 situada no Oeste da Paraíba e Pernambuco, Sul do Ceará e interior do Piauí, tem total médio anual de 842,13 mm. A RH7 corresponde o interior e Oeste do Rio Grande do Norte, e Norte do Ceará e Piauí, seu total médio anual é de 768,35 mm. A RH8 inserida no Norte do Maranhão e parte do interior do Piauí é a região mais chuvosa, com total médio anual de 1760,24 mm. E por fim a RH9, no Sul do Maranhão e Piauí e Oeste da Bahia, seu total médio anual é de 1063,49mm. Esse resultado concorda em partes, com os obtidos por Braga (2000).

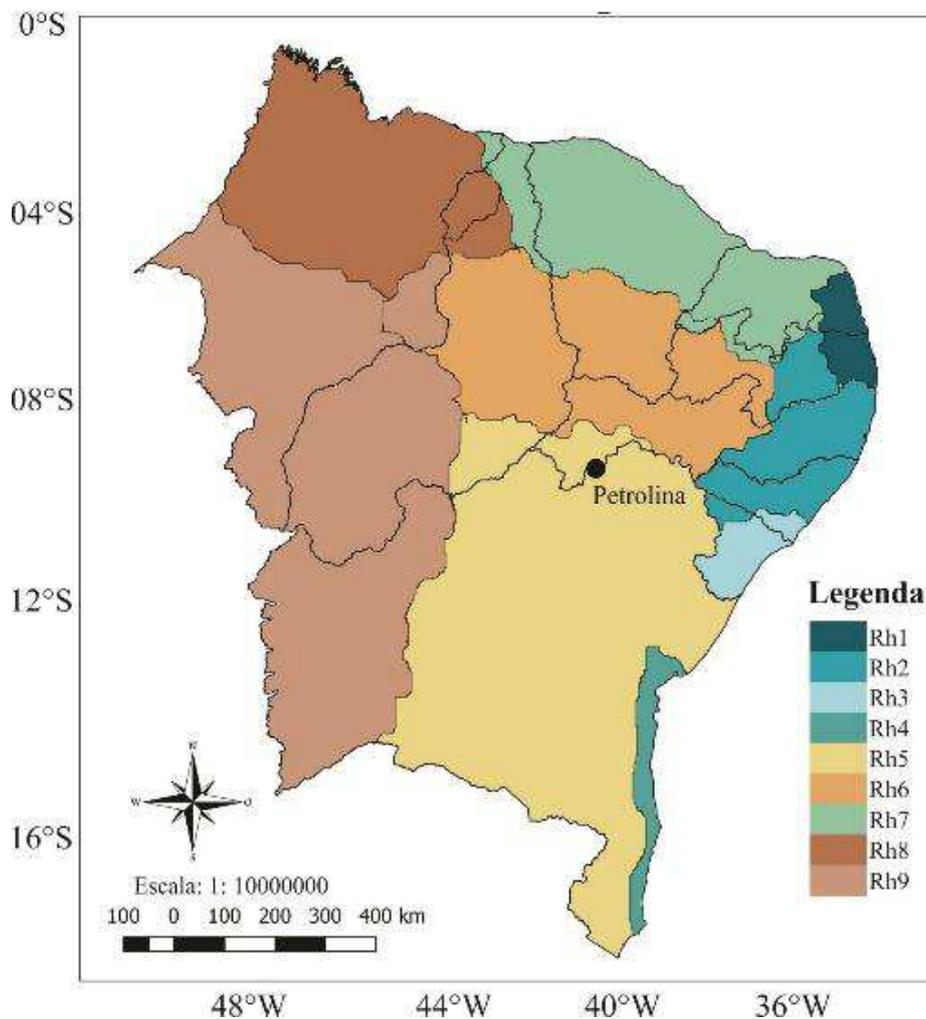


Figura 1. Regiões homogêneas do SPI-3 para o NEB no período de 1985 a 2018.

A Tabela 2 retrata as características (início, fim, duração, pico máximo e índice médio) dos principais eventos secos e chuvosos, com durabilidade acima de 5 meses, ocorridos no município de Petrolina-PE no período de 1985-2018, obtidos pelo SPI-3 localizado na RH5. Na Tabela 2 observa-se que na escala sazonal do SPI-3, ocorreram 13 eventos chuvosos com duração acima de 5 meses e 15 de seca. Segundo informações do CPC/NCEP/NOAA em: (https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php) no ano de 2015 que precede 2016, ocorreram eventos fortes de El Niño durante todo ano, como também eventos ocorridos até junho de 2016, o que pode ter provocado o período de estiagem. A maior sequência chuvosa ocorreu de março/1985 a março/1986, duração

de 15 meses, intensidade média 1,29 (chuva moderada) e pico máximo 2,95. Em 1985 ocorreram eventos de La Niña, o que pode ter influenciado a sequência chuvosa. No entanto, de modo geral, observa-se que a maior parte das sequências secas e chuvosas do SPI-3 no município foi de eventos de chuva fraca e moderada e de seca fraca e moderada (Tabela 1).

Tabela 2. Características dos eventos secos e chuvosos do SPI-3, para o município de Petrolina no período de 1985 a 2018.

Sequência Chuvosa do SPI-3					Sequência Seca do SPI-3				
Ínicio	Fim	Duração (meses)	Pico Máximo	Média	Ínicio	Fim	Duração (meses)	Pico Máximo	Média
mar/85	mai/86	15	2,95	1,29	jun/86	fev/87	9	-1,57	-1
mar/87	jul/87	5	0,97	0,53	out/90	fev/91	5	-1,54	-0,64
mar/88	set/88	7	2,48	1,73	jan/93	out/93	10	-2,02	-1,13
mar/91	set/91	7	0,91	0,35	jun/95	out/95	5	-0,73	-0,51
nov/91	mar/92	5	1,36	0,64	jun/96	out/96	5	-0,61	-0,29
nov/93	set/94	11	0,82	0,49	dez/97	out/98	11	-1,89	-1,09
jan/95	mai/95	5	1,39	0,86	abr/02	dez/02	9	-1,49	-0,64
mar/97	jul/97	5	0,86	0,48	mai/04	fev/05	10	-1,67	-0,66
set/99	jul/00	11	2,2	0,89	jul/07	jan/08	7	-0,77	-0,36
fev/08	jun/08	5	1,63	1,03	jul/08	jan/09	7	-1,89	-0,88
fev/09	ago/09	7	1,93	1,05	jan/10	mai/10	5	-1,41	-0,71
jun/10	fev/11	9	2,07	0,93	nov/11	jun/13	20	-2,96	-1,12
abr/14	dez/14	9	1,62	0,83	jan/15	mai/15	5	-1,55	-0,68
					abr/16	mar/18	24	-2,03	-0,95
					mai/18	set/18	5	-0,95	-0,37

A Figura 2 apresenta a distribuição de frequência dos eventos secos e chuvosos ocorridos no município de Petrolina no período em estudo. Observa-se a predominância de eventos dentro da normalidade, seguidos de seca fraca e chuva fraca e de eventos de chuva moderada e seca moderada, como mostrado na Tabela 2. Estes resultados corroboram com os encontrados por Ximenes et al., (2019) que utilizaram o SPI para analisar a severidade da seca na região Agreste de Pernambuco no período de 1988 a 2017. Os autores observaram para as escalas temporais 1,3,6 e 12 meses que, independente da escala de tempo os maiores percentuais de SPI concentram-se na categoria de severidade de seca normal seguidos das escalas Moderada e severa.

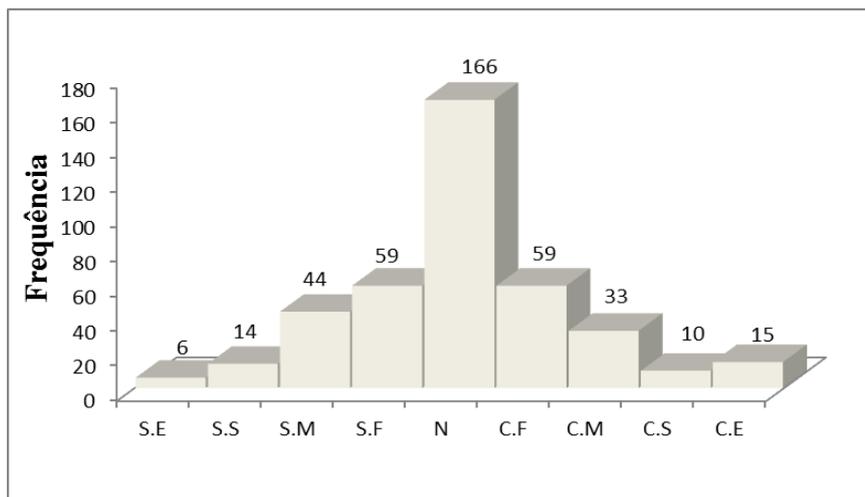


Figura 2. Distribuição de frequência para a classificação do SPI-3 no município de Petrolina 1985 – 2018. **Legenda:** S.E: Seca Extrema; S.S: Seca Severa; S.M: Seca Moderada; S.F: Seca Fraca; N: Normal; C.F: C huva Fraca; C.M: Chuva Moderada; C.S: Chuva Severa; C.E: Chuva Extrema.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A aplicação da AA a série de dados, subdividiu o NEB em nove RH de SPI-3. A análise do SPI-3 para localidade de Petrolina-PE, possibilitou identificar que tantos os eventos de chuva como os de secas no período estudado ocorreram em grande maioria de forma fraca e moderada. Observou-se que nos anos mais secos/chuvosos ocorrem eventos de El Niño e La Niña.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem a CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BLAIN, G.C; BRUNINI, O. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de são Paulo. Revista Brasileira de Meteorologia. v. 22, n.1, p. 105-111. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v22n1/a11v22n1.pdf>>. Acesso em: 5 de novembro de 2019.



BRAGA, C. C.; (2000). **Inter-relação entre padrões de índice de vegetação e de pluviometria no Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal da Paraíba, Campina grande-PB, 101p. 2000.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso: 10 de outubro de 2018.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8, 1993. Anaheim, California. **American Meteorological Society**. p. 179-184. 1993. Disponível em:

<http://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf>. Acesso em: agosto de 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB1839.pdf>. Acesso em maio de 2016.

SANTOS, S.R.Q., Braga, C.C., Sansigolo, C.A. and Santos, A.P.P. (2017) Determinação de Regiões Homogêneas do Índice de Precipitação Normalizada (SPI) na Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n.1, p. 111-122, 2017. <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n1/0102-7786-rbmet-32-01-0111.pdf>> . Acesso em: 1 nov. 2019.

SOUSA, E.P. 2016. Padrões Climáticos de Eventos Extremos de Chuva Utilizando Análise Multivariada e de Ondeletas no Estado de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Tese de Doutorado, 120p.

WARD, J.H. Hierarchical grouping of otimizena objective function. *Journal of American Statistical Association*, v. 58, p. 236-244. 1963. Acesso em: janeiro de 2015.

WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. London, 2. ed. Academic Press, 623 p., 2006. Acesso em: agosto de 2016.

XIMENES, P.S.M.P.; SILVA, A.S.A.; STOCIC, T.; AMORIM, J.F.; MENEZES, R.S.C. Análise da severidade da seca no Agreste Pernambucano utilizando índice de precipitação padronizado. *Sigmae*, Alfenas, v.8, n.2, p. 331-339. 2019. Disponível em:<



<http://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/950/652>.

Acesso em: novembro de 2019.



USO DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA PARA ESTIMAR VOLUME ÚTIL DE AÇUDES POR MEIO DE ÍNDICES PLUVIOMETRICOS

José Alberto Souza Paulino¹; Maria do Socorro Teixeira Paulino²

RESUMO

Este artigo descreve a criação de modelo de aprendizagem de máquina para previsão do volume útil de um açude a partir da pluviometria. Este modelo tem como objetivo servir como ferramenta de apoio à gestão dos mananciais. Foi usado como estudo de caso o açude de Soledade. Foram implementados dois algoritmos um com regressão linear e outro com árvore de decisão. Ambos os algoritmos obtiveram ótimos resultados em suas previsões.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem de Máquina; Regressão; Pluviometria.

Autor para correspondência: souzapaulino@gmail.com

*1*Discente de Doutorado em Computação na Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba; *2*Discente de Graduação em Geografia na Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba

USE OF MACHINE LEARNING TO ESTIMATE USEFUL WEIR VOLUME BY PLUVIOMETRIC INDEXES

ABSTRACT

This paper describes the creation of a machine learning model for prevision useful weir volumes by pluviometry. This model aims to serve as a tool to support the management of water sources. For this purpose, the Soledade weir was used as a case study. Two algorithms were implemented: linear regression and decision tree. Both algorithms obtained great results in their predictions.

KEY-WORDS: Machine learning; Regression; Pluviometry.

INTRODUÇÃO

Gradativamente o monitoramento dos recursos naturais tem avançado no sentido da automatização, incorporando também aspectos estatísticos. Prova disso são os sistemas de monitoramento diários de índices pluviométricos, monitor das secas, volume dos mananciais, etc. Na Paraíba, por exemplo, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) disponibiliza relatórios diários com informações sobre os recursos hídricos do Estado. Diante desta gama de dados públicos, vislumbra-se um cenário em que estes relatórios, de fontes diferentes, quando agrupados podem gerar informações importantes para o desenvolvimento de uma região.

Ao tratarmos especificamente dos recursos hídricos da Paraíba, as informações podem ser de extrema relevância, uma vez que o Estado está situado numa região que recorrentemente sofre com problemas de abastecimento de água. Para realização desta pesquisa, foi adotado como objeto de estudo o açude Soledade, que faz parte do município de Soledade, localizado na Paraíba conforme Figura 1, a 165 km da capital, João Pessoa. Soledade, é um município que faz divisa com Juazeirinho, Bom Sucesso e Olivedos, etc, e faz parte do grupo de municípios da mesorregião² da Borborema e microrregião Curimataú oriental. O açude Soledade, foi inaugurado em 1933, integra a bacia da Rio Paraíba e possui capacidade para 27.058.000 m³ de água, de acordo com a AESA (2019).

² As nomenclaturas Mesorregião e Microrregião foram substituídas pelo IBGE, no ano de 2017, por regiões intermediárias e imediatas. Soledade faz parte da Intermediária Campina Grande e Imediata Campina Grande.

O açude foi construído para auxiliar no abastecimento de água do município, mas atualmente é usado como fonte de pesca (SAMYLLA, 2008)

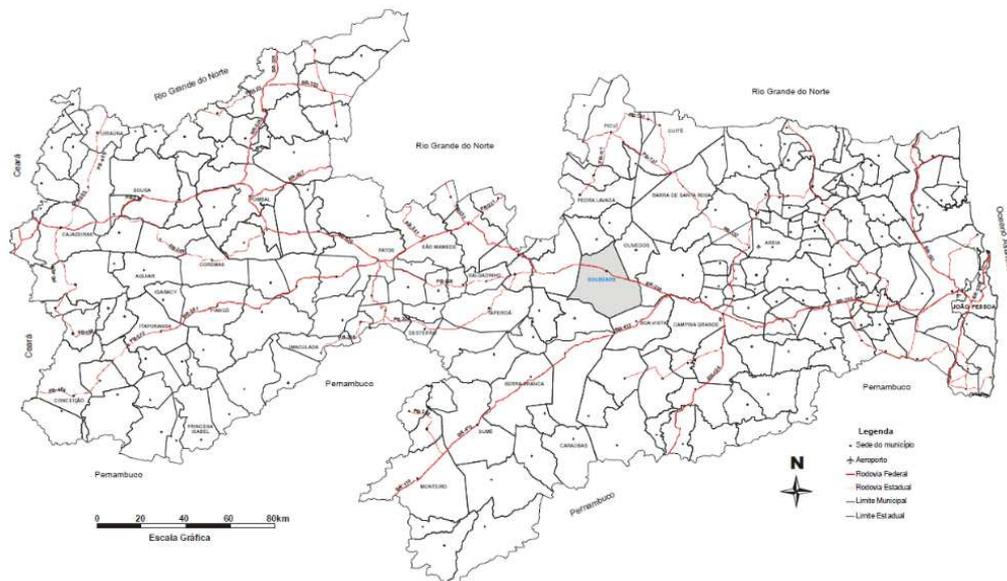


Figura 7: Localização do município de Soledade

As correlações buscadas em casos reais para realizar previsões quase sempre se concentram em um nível de abstração complexo para uma análise convencional, por este motivo os algoritmos de aprendizagem de máquina (AM) tornam-se ferramentas indispensáveis ao profissional desta área. Conforme Géron (2017), a aplicação de técnicas de AM para analisar grandes quantidades de dados pode ajudar a descobrir padrões que não são imediatamente aparentes. Deste modo, a presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um modelo de aprendizagem de máquina que consiga prever o volume útil de um açude com base na pluviometria mensal de sua região. Entende-se que este mecanismo possibilitará a melhor gestão do manancial alicerçando os gestores na tomada de decisão.

MATERIAIS E MÉTODOS

A realização da pesquisa possui caráter empírico e, de acordo com Lakatos e Marconi (2003), o método científico adotado foi o hipotético-dedutivo. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu de acordo com as seguintes etapas: escolha da base de dados, exploração dos dados com análise de correlações e criação de algoritmo de

predição.

Base de dados

Para criação da base de dados foram utilizados os dados públicos da Agência Nacional de Águas (ANA) para obtenção dos índices pluviométricos e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba para obtenção dos registros referentes aos volumes do manancial estudado. Os dados oficiais disponíveis nestas bases possibilitaram a análise do período que vai de 1994 até 2017 e devido a ocorrência de dados esparsos, foram utilizados apenas 202 meses deste período. As variáveis independentes (preditoras) de cada amostra, ou seja, de cada mês, são: Volume de chuvas no mês, a máxima de chuvas para o mês, e a variação de volume entre o mês atual e o anterior. Já o valor à ser previsto é o volume útil do açude. A Tabela 1 mostra um exemplo da base de dados usada.

Data	Volume Útil	Volume	Variação de Volume	Total Chuvas	Máxima Chuvas
1994-dez	1.05	3.87	-1.90	19.3	16.4
...

Tabela 5: Exemplos de registros obtidos na base de dados

Análise dos dados

Após criação da base de dados é necessário ajustá-los para que sejam processados corretamente. O primeiro passo é localizar e preencher os dados em cada variável preditora, neste tratamento foram aplicados valores referentes as médias de cada variável. O segundo passo é a normalização dos valores entre 0 e 1, pois é incoerente realizar operações com valores em ordem de grandeza muito diferentes, principalmente na tentativa de representação gráfica. A próxima etapa da análise consiste em avaliar a correlação das variáveis e para esta tarefa adotou-se o coeficiente de Pearson, conforme Bruce e Bruce (2019), cujo valor obtido pode variar entre -1 e 1, em que o 0 indica ausência de correlação. Por fim, foi adotada ainda técnicas PCA para redução de dimensionalidade objetivando avaliar graficamente a correlação dos dados.

Algoritmo de predição

Para realizar as predições será adotado o método de regressão. Segundo Bruce e Bruce (2019), a regressão é um método estatístico antigo e consagrado que se mostra mais relevante ao papel de modelagem empírica tradicional do que a previsão. Será criado também, para fins exclusivos de comparação, um modelo de predição baseado em árvores de decisão.

A base de dados foi particionada de acordo com as seguintes proporções: 65% para treinamento, 30% para teste e 5% para validação. Foi aplicada também validação cruzada.

Para possibilitar maior capacidade de generalização do modelo aplicou-se a regularização L1 (Lasso). A regularização objetiva evitar sobre ajustes, priorizando algumas parcelas da equação e desconsiderando outras menos importantes. A L1, diminui a variância do modelo e na existência de múltiplas variáveis altamente correlacionadas, ela seleciona apenas algumas delas e zera os coeficientes das demais. O modelo realizou 1000 iterações com uma taxa de aprendizado de 0.001 e a métrica para ajuste da função de erro foi o RMSE, o raiz do erro médio quadrático (em inglês *Root Mean Square Error*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme exposto no capítulo introdutório, dada a complexidade dos problemas reais, a visualização gráfica dos padrões comumente torna-se inviável, sendo necessário a aplicação de artifícios matemáticos para fazê-lo. Por exemplo, a Figura 2 (a) e Figura 2 (b) mostra os gráficos de dispersão entre o volume útil do açude e duas variáveis predictoras: Total de chuvas e máxima de chuva.

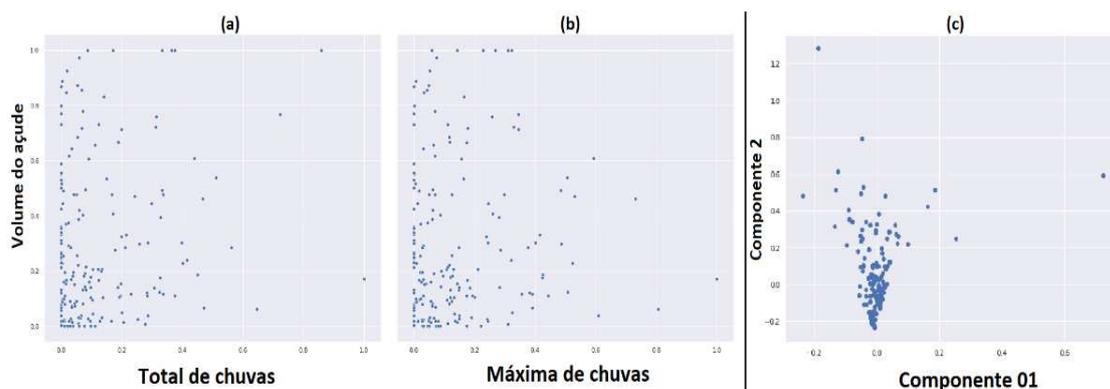


Figura 8: Gráficos de dispersão com e sem o PCA

É perceptível que não há uma correlação linear clara entre estas variáveis e o mesmo comportamento se repete para as demais, sendo difícil realizar qualquer inferência com base simplesmente na análise do gráfico. Ao aplicar uma técnica de redução de dimensionalidades denominada PCA, análise de componentes principais (do inglês *Principal Component Analysis*), na base de dados, obtemos um resultado um pouco mais conciso como visto na Figura (c). Desta forma foi possível perceber ao analisar a correlação entre as variáveis predictoras e a variável alvo (volume útil), não se observou uma forte correlação e por este motivo uma nova variável foi gerada, relacionando o total de chuvas com a variação do volume, para proporcionar uma melhor correlação.

Comprovada a tendência de agrupamento e revalidadas as correlações, realizou-se a predição no conjunto de validação com ambos os modelos criados: Modelo A com regressão Lasso e Modelo B com a árvore de decisão. Ambos os modelos apresentaram resultados próximos dos valores reais conforme gráfico da Figura 3.

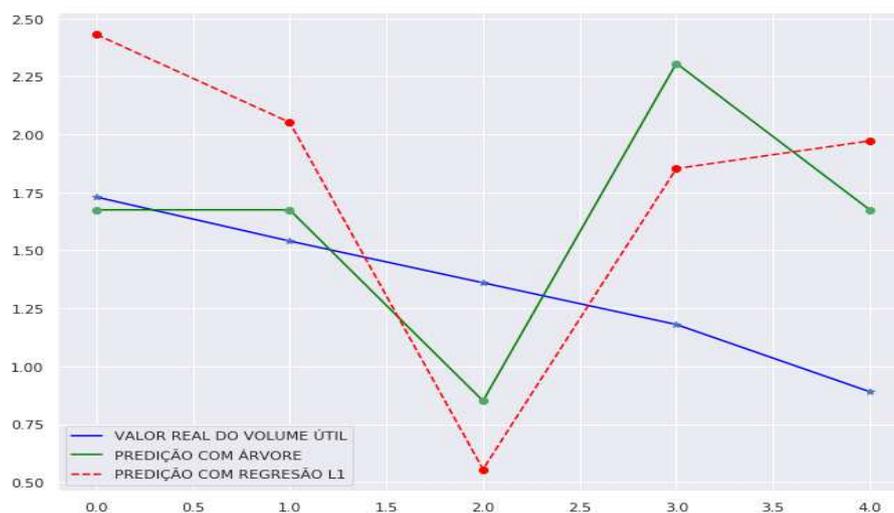


Figura 3: Comparativo entre os valores reais e os valores obtidos via modelos

Destaca-se que foram obtidos o **desvio padrão 0.03420 e RMSE 0.2829** para o Modelo A e o **desvio padrão 0.02168 e RMSE 0.30527** para o modelo B.

CONCLUSÃO

Os dados obtidos convergem para o objetivo definido nesta pesquisa. Há de se destacar, porém, que a aplicação deste algoritmo foi delineada no escopo deste estudo de



caso, sendo assim a aplicação deste modelo não é necessariamente funcional em outros tipos de mananciais. Este estudo detectou também, que mesmo alcançando 100% de seu volume, o açude de Soledade não ultrapassa os 27% de volume útil. Ou seja, mesmo que este consiga alcançar seu volume total há um déficit que precisa ser corrigido pelas autoridades competentes de forma emergencial. Por fim, é relevante destacar que em ambos os algoritmos, obteve-se valores muito próximos dos valores reais, em amostras escolhidas aleatoriamente. No entanto, a predição via árvore de decisão mostrou-se resultados um pouco melhores que a regressão L1.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). **Monitoramento – Portal Hidroweb**. 2019.
- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba(AESA) **Monitoramento mensal dos açudes da Paraíba**. Disponível em << <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento> >>. Acesso em: 01 de outubro de 2019.
- BRUCE, Peter e BRUCE Andrew. **Estatística Prática para Cientistas de Dados: 50 conceitos essenciais**. USA: Alta Books. 2019.
- GÉRON, Aurélie. **Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn & TensorFlow**. USA: O'Reilly Media. 2017.
- LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade Marconi. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. - São Paulo: Atlas, 2003.
- SAMYLLA, Keylla Documentário sobre o Açude do Estado (açude de soledade) em Soldeadade-PB, 2008. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7bxWwUial3Y>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.





USO DE GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO RIO PEDRA COMPRIDA, SUMÉ-PB

Rafaela Ribeiro Barbosa¹; Silvia Maria Dantas²; Mariana da Silva de Siqueira³; Vicente de Paulo Rodrigues da Silva⁴; George do Nascimento Ribeiro⁵

RESUMO

O desenvolvimento urbano desordenado e o aumento populacional trazem entre si, uma série de agravantes que atingem os recursos hídricos e essa situação de desequilíbrio dos recursos hídricos urbanos é fruto de uma série de ações da sociedade com o meio ambiente. O objetivo deste trabalho é realizar um levantamento acerca da aceleração da degradação ambiental no trecho urbano do rio Pedra Comprida no município de Sumé, semiárido paraibano. Foram utilizados dados obtidos a partir de imagens de satélite, dos anos de 2010, 2013, 2016 e 2019 relativos aos aspectos naturais e suas alterações ocasionadas pela ocupação urbana desordenada daquele trecho do rio. Com o estudo foi possível constatar presença de construções urbanas irregulares ao longo do tempo. Observou-se a necessidade de práticas de prevenção e reparação das formações ciliares, de modo a reduzir e impedir impactos ambientais negativos ao longo do curso do rio.

PALAVRAS-CHAVE: Antropização; Geoprocessamento; Recursos Hídricos.

Rafaela Ribeiro Barbosa: ribeirorbeng@gmail.com

1,2,3Discente de Pós-Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB; 4Professor Orientador na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB; 5Professor na Universidade Federal de Campina Grande Sumé, PB;

USE OF GEOTECHNOLOGIES IN THE STUDY OF THE ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF RIVER PEDRA COMPRIDA, SUMÉ-PB

ABSTRACT

Disordered urban development and population increase bring a series of aggravating factors that affect water resources and this situation of imbalance of urban water resources is the result of a series of actions of society with the environment. The objective of this work is to conduct a survey on the acceleration of environmental degradation in the urban stretch of the Pedra Comprida River in the municipality of Sumé, semiarid paraibano. Data obtained from satellite images from 2010, 2013, 2016 and 2019 were used on natural aspects and their alterations caused by the disordered urban occupation of that stretch of the river. With the study it was possible to verify the presence of irregular urban constructions. It was observed the need for practices to prevent and repair ciliar formations, in order to reduce and prevent negative environmental impacts along the course of the river.

KEY-WORDS: Anthropeization; Geoprocessing; Water Resources

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A não conservação nas bacias hidrográficas condiciona uma série de agravos sociais e ambientais, a exemplo do lançamento de resíduos industriais e domésticos, assoreamento e crescimento urbano desordenado (BARBOSA, 2014), desflorestamentos, queimadas, poluição, provocando destruição da fauna e da flora, entre outros. Agrega-se assim, vários impactos ambientais (SALES, 2010), pois o desenvolvimento dos centros urbanos, ocasionou o deslocamento de centenas de pessoas para as cidades, que não estavam prontas para atender as demandas, fazendo com que o contingente populacional aumentasse de maneira desalinhada, com forte uso insustentável dos recursos naturais, especialmente em relação aos recursos hídricos. Diante dessa questão, compreende-se que o estudo integralizado do meio ambiente, por intermédio de geotecnologias, pode viabilizar contribuições ao estudo das práticas sociais e do seu convívio com a interação física e biológica do ambiente a qual se encontra a sociedade (NAPOLEÃO; MATTOS, 2011). Miranda (2005) acentua que as geotecnologias presentes, viabilizam a obtenção e manipulação de informações espaciais, sendo instrumentos importantes para o levantamento, monitoramento e mapeamento. O rio Pedra Comprida está localizado no município de Sumé, estado da Paraíba, e onde o trecho em estudo encontra-se atualmente em processo de degradação ambiental, acarretadas pelo crescimento urbano desordenado naquela região, como mostra estudos realizados por Barbosa (2017).



OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho está direcionado ao estudo da degradação ambiental ocasionada por fatores relativos a distribuição irregular da ocupação urbana em trecho do rio Pedra Comprida, município de Sumé-PB, por meio de análises de imagens de satélite com fins de diagnosticar aspectos ligados aos processos degradatórios que interpõe-se o ambiente urbano do referido rio, e, dessa forma, possibilitar aos governantes informações apropriadas para a tomada de decisões acerca dos recursos naturais regionais.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Situado em sua totalidade no município de Sumé, Estado da Paraíba, o rio Pedra Comprida, possui extensão total de 22,26 km de comprimento, porém o trecho em estudo está localizado na zona urbana, entre os paralelos 7°39'47.16" e 07°40'28.38" latitude Sul e meridianos 36°52'58.66" e 36°52'56.63" longitude Oeste, com 1,41 km de comprimento. Com intuito de verificar o avanço urbano nas proximidades do rio ao longo dos anos na área estudada, foram capturadas imagens de satélite, com intervalos de três anos, através do programa Google Earth Pro, dos anos de 2010, 2013, 2016 e 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Observa-se no mapa que a presença de construções próxima ao curso do rio é notadamente vista (Figura 1), principalmente em seu trecho final, onde há o encontro do rio Pedra Comprida, com o rio Sucuru. Nota-se também, a presença de vegetação em boa parte do trecho, contudo, identifica-se a existência de possíveis processos de avanços da degradação, com a presença de trechos ao longo da área de estudo desmatados. Na imagem, verifica-se a ausência da mata ciliar, a qual pode gerar alguns problemas, haja vista que, a água da chuva ao escoar sobre a superfície, diminui a infiltração, minimizando desta forma, o armazenamento no lençol freático, e por isso, reduz o volume de água disponível no subsolo, podendo promover enchentes nos rios durante as chuvas (IPEF, 2010).

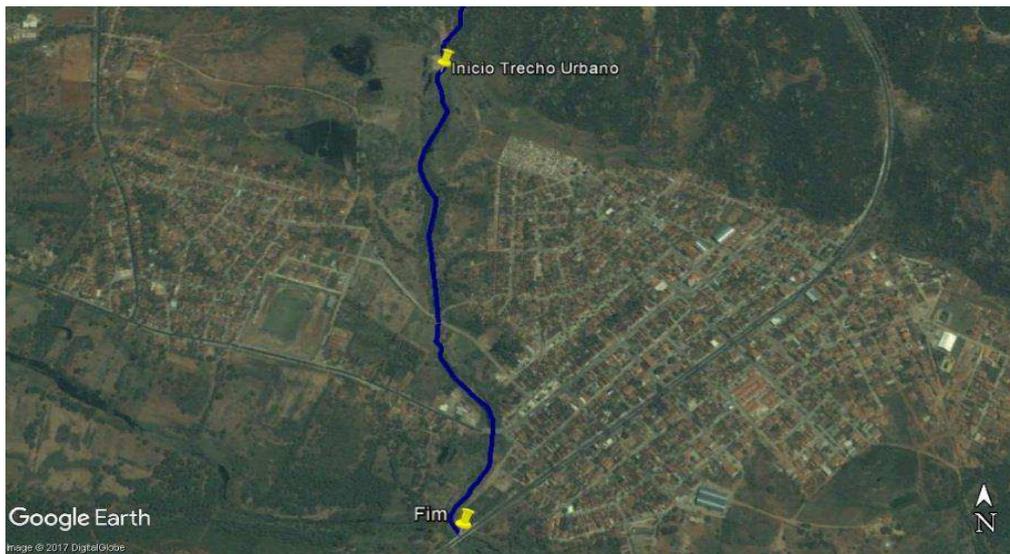


Figura 1: Trecho urbano do rio Pedra Comprida no ano de 2010. **Fonte:** Google Earth, 2017

Com relação a Figura 2, é visível o estágio do avanço urbano no trecho do rio, a expansão das construções estendeu-se de forma bastante significativa em direção ao curso d'água. A diminuição da vegetação da Área de Preservação Permanente (APP), é ausente em boa parte, sobretudo na parte inicial, que é praticamente nula.

Conforme prevê o art. 2º do Código Florestal Federal (Lei 12.651/2012) a APP – “Área de Preservação Permanente”, dispõe diversas funções ambientais, devendo conter uma extensão específica a ser preservado em conformidade com a largura do rio, lago, represa ou nascente (BRASIL, 2012), algo desrespeitado no rio em questão.

Com base na imagem se tem uma dimensão de como a cidade de Sumé cresceu, num período de 3 anos (intervalo de tempo das imagens).

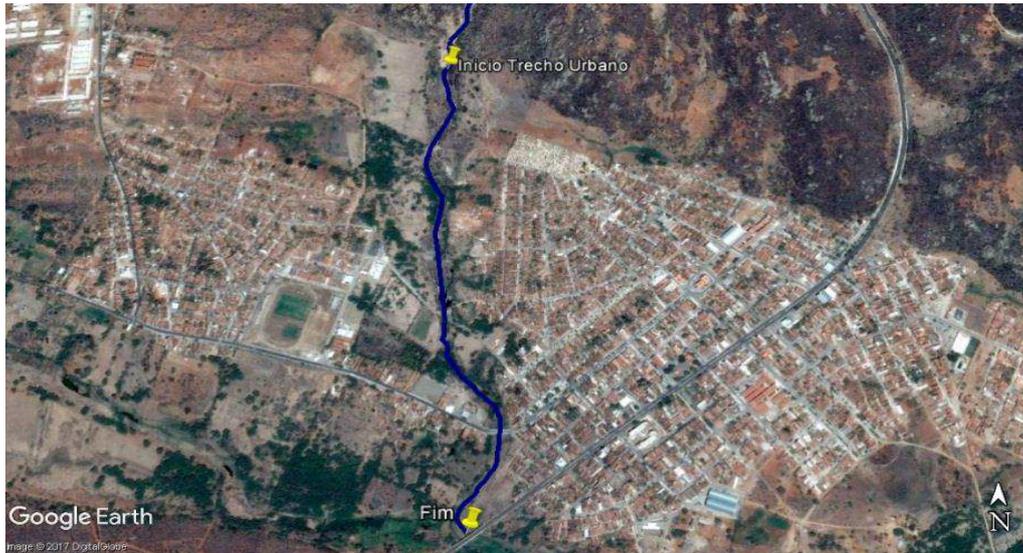


Figura 2- Trecho urbano do rio Pedra Comprida no ano de 2013. **Fonte:** Google Earth, 2017

A respeito das imagens referentes ao ano de 2016 (Figura 3), é pontual atestar o quanto a cidade de Sumé expandiu ainda mais, notando-se pouca área vegetativa. Pinto (2015), afirma, que nesse processo de urbanização, a cobertura natural presente, é substituída por área impermeável, a qual dificulta a infiltração das águas da chuva, promovendo assim, cheias, assoreamento, erosão do solo e diminuição na qualidade ambiental do meio.

Outro fator de destaque é a ampliação do cemitério municipal da cidade, que se propagou justamente em direção ao curso do rio, invadindo o espaço de vegetação ciliar. Outras novas construções também são identificadas a poucos metros de sua margem, corroborando ainda mais, para o aumento da degradação do rio Pedra Comprida.

Pinto (2015), explana que os rios que margeiam os centros urbanos, não desfruta mais de seus espaços, e os efeitos e transformações são evidentes, pois os danos fazem com que os rios agonizem, demonstrando a intolerância do homem e do poder público, para aquele que oferece prosperidade onde passa.

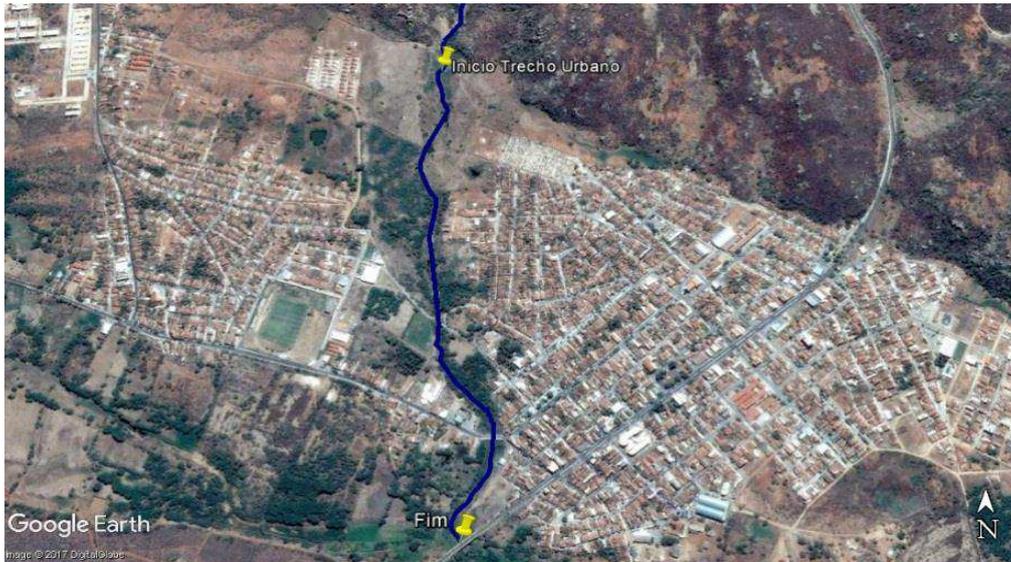


Figura 3- Trecho urbano do rio Pedra Comprida no ano de 2016. **Fonte:** Google Earth, 2017

Na figura seguinte alusivo ao ano de 2019, fica demonstrado que passado novamente, mais 3 anos, houve um crescimento das construções que permeiam o rio, destacando-se mais uma vez a ampliação do cemitério municipal em sua direção. Como efeito desta ocupação, verifica-se na região o comprometimento da qualidade da água, solo, assim como o ambiente no entorno. Segundo Pinto (2015), a forma de ocupação desordenada próximo às bacias hidrográficas vem sendo ampliada de forma desajustada e intensificada. Outro destaque é que devido a ocorrência de chuvas no local, a vegetação em suas proximidades revela-se em maior parcela estendendo-se por quase todo seu trecho.

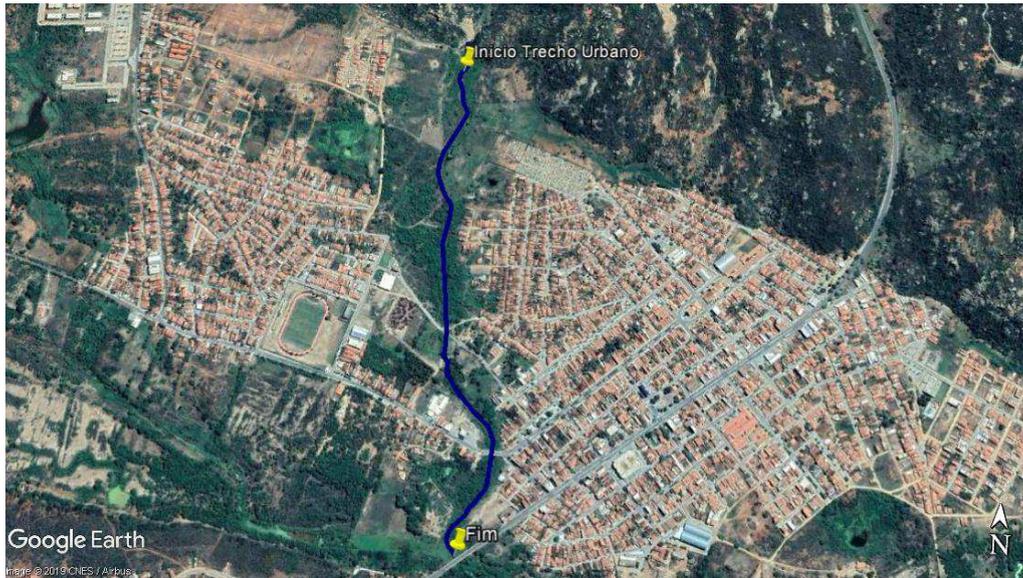


Figura 4- Trecho urbano do rio Pedra Comprida no ano de 2019. **Fonte:** Google Earth, 2019

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Constatou-se ao longo dos anos estudados pela análise das imagens, que a margens do rio tiveram suas áreas invadidas por habitações ilegais, a exemplo do cemitério da cidade, motivada pelo crescimento e ocupação desorganizada populacional, ocorrido sem qualquer previsão ou estudo material do espaço físico e hídrico da localidade, desrespeitando as orientações mínimas de normatização existente na legislação, até mesmo por parte dos órgãos públicos municipais. Verificou-se que um dos principais agravantes identificado foi a remoção das matas ciliares existentes no trecho estudado, visto que, o crescimento da cidade ao longo dos últimos anos as margens do rio, tem intensificado a degradação e estreitamento do leito do rio de maneira cada vez frequente e contínua.



REFERÊNCIAS / REFERENCES

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em:

<<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=1&pagerPage=1>>. Acesso em: 08 nov. 2019

BARBOSA, Rafaela Ribeiro; SOUSA, Welinagila. Grangeiro; ANDRADE, Antônia Silânia; MEDEIROS, Paulo Costa; FRANCISCO, Paulo. Roberto. Megna. **Rio Pedra Comprida: Degradação Ambiental na Zona Urbana de Sumé-PB**. . 2017, Belém

BARBOSA, Francisca Aline Pereira. **Degradação Ambiental a partir do rio São Francisco no eixo leste na cidade de Monteiro-PB**. 2014. Guarabira 2014 Disponível em:

<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3237/1/PDF%20%20Francisca%20Aline%20Pereira%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 12.727/12, de 17 de outubro de 2012.

IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: <http://www.ipef.br>. Acesso em: 21 Jun 2017.

MIRANDA, José. Iguelmar. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Disponível em: <<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083790.pdf>> Acesso em: 27 mar. 2017.

NAPOLEÃO, Ricardo. Pacheco; MATTOS, Juércio. Tavares. de. O uso de Geotecnologias como Subsídio à Gestão dos Recursos Hídricos: o Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Capivari (SP). Curitiba, 2011. Disponível em:< <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.25.13.29/doc/p0426.pdf>> Acesso em: 16 mar. 2017.

PINTO, Francisca. Wislana. Costa. **Os Impactos Ambientais Decorrentes do Processo de Urbanização e Industrialização: O Caso do rio Pajeú – Serra Talhada-PE**. João Pessoa, 2015. Disponível em:< <http://www.sober.org.br/palestra/15/1148.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2017.



PDRH-PB. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba.** João Pessoa/PB: SEMARH/ Governo do Estado da Paraíba. 1996. Disponível em:< <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>> Acesso em: 17 mar. 2017.

SALES, Erika Gonçalves. **Degradação Ambiental na Micro Bacia do Rio Cabelo-João Pessoa/PB.** Guarabira. 2010. Disponível em:< <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1587/1/PDF%20-%20Erika%20Gon%C3%A7alves%20Sales.PDF> > Acesso em: 20 fev. 2017.





USO DO MODELO LINEAR DE MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL NO RESERVATÓRIO BARRA DO JUÁ-PE

Juarez Antonio da Silva Junior¹

RESUMO

O açude Barra do Juá, localizado na divisa entre os municípios Floresta e Betânia no estado de Pernambuco, tem capacidade para acumular aproximadamente setenta e um milhões de metros cúbicos de água, sendo de muita relevância para a população e agricultura local. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo analisar a espacialização do espelho d'água do reservatório através da binarização da fração água do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) utilizando imagens orbitais dos satélites Landsat-8, Sentinel-2 e CBERS-4 e dados da curva cota x volume obtidos pelo Instituto Nacional de Águas ANA. O sensoriamento remoto e o processamento digital de imagens inserido em aplicações em recursos hídricos foi satisfatório para o objetivo deste trabalho, mostrando que a resolução espacial das imagens é o parâmetro mais importante no estudo de expansão e recuo no espelho d'água em reservatórios do semi árido.

PALAVRAS-CHAVE: Barra do Juá; MLME ; Espelho D'água.

juarez.ufpe@gmail.com

¹Graduando em Engenharia Cartográfica e Agrimensura na Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

USING THE SPECIAL MIXED LINEAR MODEL LINEAR MODEL IN THE BARRA DO JUÁ-PE RESERVOIR

ABSTRACT

The Barra do Juá reservoir, located on the border between the Floresta and Betânia municipalities in the state of Pernambuco, has the capacity to accumulate approximately seventy one million cubic meters of water, being of great relevance to the local population and agriculture. Therefore, this work aimed to analyze the water mirror through the binarization of the water fraction of the linear model of spectral mixture of the reservoir using orbit images of Landsat-8, Sentinel-2 and CBERS-4 satellites and data of the x-axis curve. volume obtained from the website of the National Institute of Waters ANA. Thus, remote sensing and digital image processing inserted in water resources applications were satisfactory for the purpose of this work, showing that the spatial resolution of the images is an important parameter in the study of expansion and indentation in reservoirs. of the semi arid.

KEY-WORDS: Barra do Juá; MLME ; Water mirror.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

De acordo com o relatório “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2012” (ANA, 2013), as regiões brasileiras onde se verifica maior estresse hídrico estão localizadas nas bacias da região semiárida, na bacia do rio Tietê na região sudeste, e no sul do país, em porções das bacias do rio Uruguai e Atlântico Sul, mais precisamente na região da campanha no estado do Rio Grande do Sul. Atualmente, a Agência Nacional de Águas – ANA é responsável por mais de 500 estações sedimentométricas no território brasileiro, conferindo uma densidade média de uma estação a cada 17 mil km². (Piscoya et al,2014)

Considerando a eficiência de uso do sensoriamento remoto, as características dos sensores orbitais e os processos de interação da radiação eletromagnética com a água, foi possível quantificar a variação espacial de superfície da água com menor erro possível de problemas de mistura espectral da água com outros alvos.

A mistura espectral ocorre sempre quando um mesmo pixel inclui duas ou mais classes espectrais, denominadas neste contexto de membros de referência. Neste caso, a resposta espectral resultante torna-se uma combinação das respostas espectrais destes membros de referência. No Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) assume-se que a resposta espectral de um pixel pode ser modelada por uma combinação linear das respostas espectrais destes membros de referência (Freitas, R. M. et al.2008).Outros

autores também utilizaram o Modelo Linear de Mistura Espectral para estudos ambientais destaca-se (SHIMABUKURO;NOVO;PONZONI,1998) e (FITZGERALD; PERRY,2019).

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho é avaliar e extrair a área superficial do reservatório Barra do Juá através da binarização da fração água do Modelo Linear de Mistura Espectral utilizando imagens orbitais em datas semelhantes, juntamente com os dados de referencia da curva cota x volume do reservatório. Com os dados de área da lâmina d'água extraído por múltiplos sensores orbitais e dados de referência, torna possível uma análise comparativa da variação da área superficial do reservatório entre dois pares de valores conhecidos de datas similares.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O açude de Barra do Juá está localizado no município de Floresta, na Bacia do Rio Pajeú, no estado de Pernambuco. O reservatório barra o curso do Riacho do Navio, e tem como finalidade principal fornecer água para irrigação na região.(Melo et al.,2010)

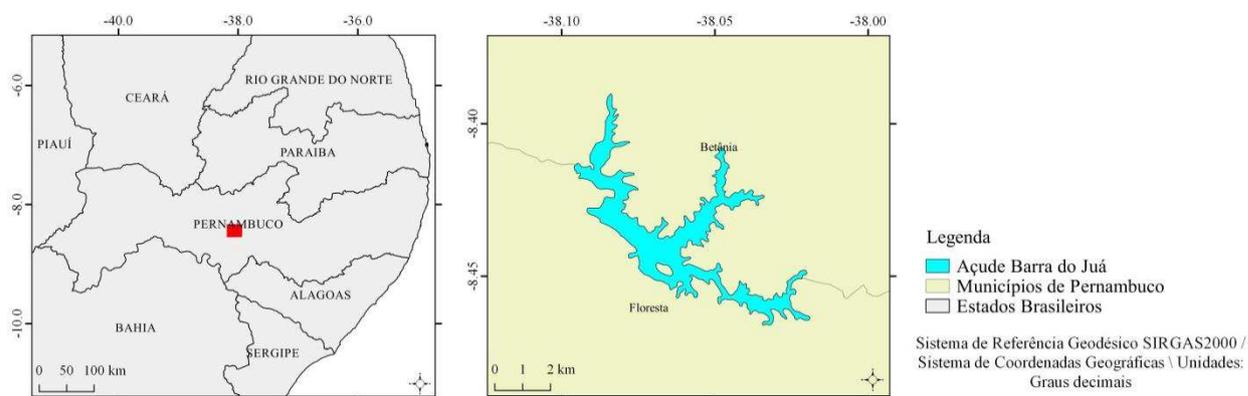


Figura 1: Localização do reservatório Barra do Juá na divisa entre os municípios de Betânia e Floresta no estado de Pernambuco.

No estudo foram utilizadas imagens satélites Landsat-8 e CBERS-4 adquiridas de forma gratuita através do sítio institucional do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>). As imagens do Sentinel-2 Level 1-C foram disponibilizadas através do download no site

da ESA (<https://scihub.copernicus.eu>). A tabela mostra a data das imagens utilizadas, bem como sua resolução radiométrica e espacial.

Quadro 1: Data das imagens e atribuições técnicas dos sensores OLI, MUX e MSI

Satélite/ Sensor	Data	Resolução Radiométrica	Resolução Espacial
Landsat 8/OLI	13/09/2019	12 Bits	30 m
CBERS/MUX	14/09/2019	8 Bits	20 m
Sentinel-2/MSI	13/09/2019	12 Bit	10 m

Os dados foram processados no software SPRING 5.5 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). Após a aquisição das imagens e composição de bandas em cores naturais, foi aplicado Modelo Linear de Mistura Espectral que é uma ferramenta de processamento digital de imagens que permite separar as contribuições espectrais de cada objeto dentro de um pixel, a partir de um conjunto de componentes puros da imagem que são conhecidas por imagens-fração.(Pereira et al., 1998).

Neste trabalho foi utilizado o caso específico do modelo, desenvolvido por Shimabukuro & Smith (1991), onde são consideradas componentes puras de um pixel de imagem, sendo possível, portanto, decompor cada pixel nas proporções de imagens fração água, vegetação e solo que o compõe. Quanto mais próxima ao valor 1 maior a pureza da proporção de cada componente. O modelo de mistura espectral pode ser escrito como:

$$r_i = a*vegei + b*soloi + c*águai + ei, \quad 0 \leq i \leq l$$

onde: r_i = resposta do pixel na banda i ;

a = proporção de vegetação; b = proporção de solo; c = proporção de água;

$vegei$ = resposta espectral do componente vegetação na banda i ; $soloi$ = resposta espectral do componente solo na banda i ; $águai$ = resposta espectral do componente sombra ou água na banda i ; ei = erro quadrático médio da raiz (RMS) na banda i ; ei = bandas espectrais.

A partir desta aplicação, são geradas imagens referentes as componentes puras identificadas pelo modelo, entretanto neste trabalho foi utilizado apenas a imagem fração água. Após a obtenção da imagem fração água para cada sensor, foi realizado o processo

de binarização, afim de apenas obter imagens com pixels de valores igual a 1 e substituindo-as por 255 seguindo o critério da equação (1).

$$f(i) = \begin{cases} 0, & i \geq 0 \\ 255, & i = 1 \end{cases}$$

(1)

Com a imagem binarizada, foi obtido a camada vetorial referente a lamina d'água do reservatório para cada sensor em estudo, bem como a sua área superficial em Km². O valor de referência espacial foi utilizado os dados da curva cota x volume disponibilizado pela ANA (Agência Nacional da água) através da plataforma SAR (Sistema de Acompanhamento de Reservatórios).

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A partir do processamento das imagens foi possível a geração de mapas de distribuição espacial de pixels da fração água oriundos do Modelo Linear de Mistura Espectral mostrado na figura 2, onde os valores mais altos (pixel claro) são referentes as feições de corpo hídrico do reservatório.

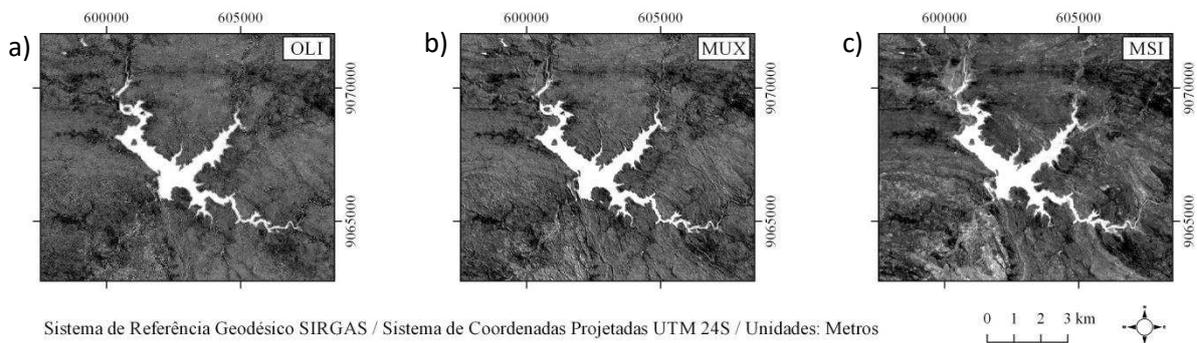


Figura 2: Fração água do reservatório Barra do Juá nos sensores a) OLI b) MUX e c) MSI. Fonte (Autores,2019)

No Quadro 02 mostra os valores de erro (RMS) do modelo no conjunto fração água, solo e vegetação gerado para cada sensor.

Quadro 2: Erros obtidos pelo MLME em cada imagem.

Satélite/ Sensor	RMS
Landsat 8/OLI	$2 \cdot 10^{-4}$
CBERS/MUX	10^{-7}
Sentinel-2/MSI	$3 \cdot 10^{-5}$

A figura 3 mostra os mapas de distribuição de pixels após o processo de binarização da imagem fração água.

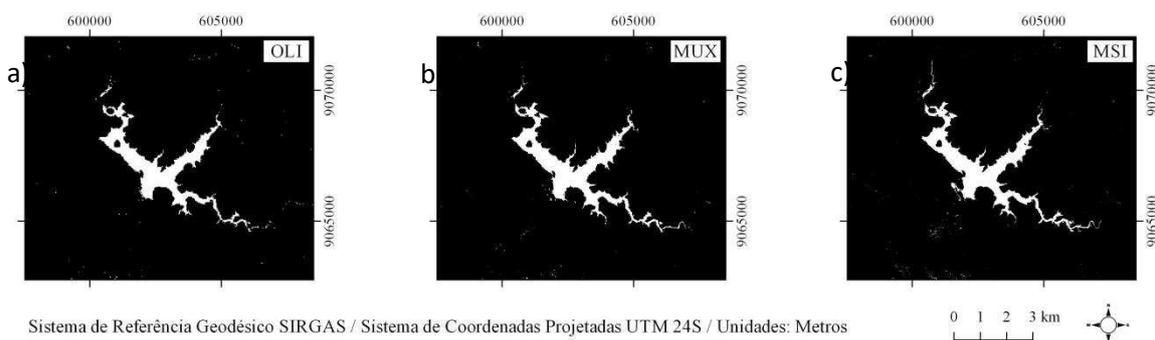


Figura 3: Imagem binarizada do reservatório Barra do Juá nos sensores a) OLI b) MUX e c) MSI. Fonte (Autores,2019)

Após a binarização, foi obtido a camada vetorial da lâmina d'água do reservatório Barra do Juá em formato shapefile mostrado na figura 4. Com isso, foi possível realizar um comparativo entre a variação da área superficial do corpo hídrico estimado pelos dados da fração água com o dados de referência da curva cota x volume disponibilizado pela ANA mostrado no Quadro 3.

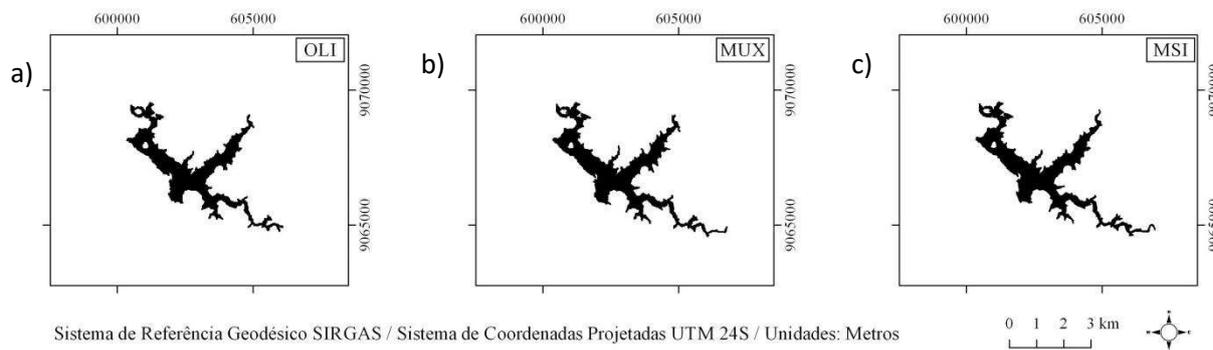


Figura 4: camada vetorial da lâmina d'água nos sensores a) OLI b) MUX e c) MSI. Fonte (Autores,2019)

Quadro 3: Valores das área estimado pela fração água, pelo SAR e diferença percentual

Satélite/ Sensor	Área (Km ²) estimado pela fração água	Área (Km ²) SAR (ANA)	Diferença percentual (%)
Landsat 8/OLI	4.38	5.03	13.0
CBERS/MUX	4.78	5.03	5.0
Sentinel-2/MSI	4.77	5.03	6.0

Observou-se que o espelho d'água obtido pelo sensor OLI apresentou maior disparidade em relação aos dados da ANA mostrando uma diferença 0,65 Km², já os sensores MSI e MUX apresentaram variações de aproximadamente 0.26 Km². Essa disparidade mostrada pelo dados do sensor OLI está estreitamente relacionada ao maior RMS gerado pelo modelo e menor precisão espacial da imagem fração água em relação aos outros sensores avaliados.

Mesmo com as dessemelhanças de precisão espacial entre os sensores MSI e MUX, ambos apresentaram a mesma área espacial do espelho d'água. Isso pode está relacionado a menor resolução espectral e radiométrica do sensor MUX e o RMS moderado do sensor MSI, acarretando uma série de erros sistemáticos.

No geral, outra fonte de erro foi na aplicação do MLME em pixels de números digitais (ND) ao invés de pixels de valores de refletância, isso pode ter ocasionado confusões na combinação linear, mais precisamente na relação (energia de cada alvo/fração dentro do pixel), resultando em ruídos nas imagens fração e aumento do valor do RMS.



CONCLUSÃO / CONCLUSION

A causa das disparidades espaciais calculado por sensoriamento remoto está diretamente relacionado á resolução espacial da imagem, apresentando assim, uma relação de proporcionalidade inversa como os dados reais. Neste estudo foi utilizado apenas a curva cota x volume como valor de referência e não foram feitos estudos batimétricos no reservatório, e por isso, sugere-se que a dinâmica de expansão e recuo do espelho d'água no reservatório pode estar relacionada com a baixa profundidade do açude podendo ser uma das fontes de interferências entre a área calculada do espelho d'água por sensoriamento remoto e o valor extraído pela ANA.

O sensoriamento remoto constitui uma ferramenta eficiente para a análise de dados de ecossistemas aquáticos além de permitir o monitoramento a longo prazo podendo ter a sua escala de uso ampliada. Uma forma de tornar mais sistemática a utilização desses dados, é recomendado a realização de novas pesquisas para o desenvolvimento de modelos empíricos que relacionem os estudos acompanhamento de reservatórios aos dados orbitais no âmbito de mistura espectral.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil SAR** (Sistema de Acompanhamento de Reservatórios)- Informe 2013. Brasília, 2013.
- FITZGERALD, G.J.; PERRY, E.M.; FLOWER, K.C.; CALLOW, J.N.; BORUFF, B.; DELAHUNTY, A.; WALLACE, A.; NUTTALL, J. **Frost Damage Assessment in Wheat Using Spectral Mixture Analysis**. *Remote Sens.* 2019, *11*, 2476.
- FREITAS; HAERTEL, V; SHIMABUKURO, Y, E; **Modelo Linear De Mistura Espectral Em Imagem De Moderada Resolução Espacial** – INPE, São José dos Campos, Bol. Ciênc. Geod, sec. Artigos, Curitiba, v. 14, nº 1, p.55-71, jan-mar, 2008.
- MELO,R,C. **Análise do eixo leste da transposição do Rio São Francisco face aos cenários de usos previstos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental (UFPE). Recife, Dezembro de 2010.
- PISCOYA,RITA.(2014). **Utilização do Sensor Espacial MODIS para monitoramento da concentração de sedimentos em suspensão no reservatório da Usina de Itaipu no**



Rio Paraná. VI ENES (Encontro nacional de Engenharia de Sedimentos), At João Pessoa, Brasil.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. **Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília: Ministério da Agricultura, v. 33, 1998. p. 1729 – 1737.





USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ENTORNO DO AÇUDE SUMÉ – PB NOS ANOS 2008 E 2019

Emylle Adrielly Miranda de Lira¹; Juarez Antonio da Silva Junior²;

Vanessa Silva de Moraes³;

RESUMO

Este artigo tem como objetivo efetuar análise do uso e ocupação do solo no entorno do Açude Sumé, localizado no estado da Paraíba, nos anos de 2008 e 2019, utilizando imagens fusionadas multitemporais da série Landsat. Os resultados mostraram que durante o período estudado, a dinâmica da paisagem passou por um grande processo de transição, principalmente na área superficial do Açude, com diminuição de aproximadamente 83,9% e aumento de 30.4 Km² na área de solo exposto. Este trabalho mostrou que o uso de dados orbitais com representatividade cartográfica para a análise de classes de uso da terra é o principal insumo de conhecimento e planejamento em áreas próximas á cursos d'água, além de servir para a tomada de decisões e gestão de reservatórios mais consciente.

PALAVRAS-CHAVE: Açude Sumé; Mapeamento; Uso e ocupação do solo.

emylle_liira@hotmail.com¹; juarez.ufpe@gmail.com²; moraes.van25@gmail.com³

¹Graduanda em Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco. ²Graduando em Engenharia Cartográfica e Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

³Bacharel em Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.



LAND USE AND OCCUPATION AROUND SUMÉ AÇUDE - PB IN 2008 AND 2019

ABSTRACT

This paper aims to analyze the use and occupation of land around the Sumé Dam located in Paraíba State, in 2008 and 2019 using images from the Landsat series. The results showed that during the study period the land use and occupation classes underwent a major transition, especially when it comes to the surface area of the dam with a decrease of approximately 83.9% and an increase of 30.4 km² of exposed soil. This work showed that the use of orbital data with cartographic representation for the analysis of land use classes is the main input of knowledge and planning in areas close to water courses, besides being used for decision making and management of land use more conscious reservoirs.

KEY-WORDS: Açude Sumé; Mapping; Land use and occupation.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

Estudar a cobertura e uso do solo, e as condições espaciais são imprescindíveis para compreender as mudanças da vegetação e envolver processos históricos do espaço, podendo identificar possíveis alterações no ambiente que contribuem para previsões futuras de um determinado local (JANSEN et al., 2002).

Em termos técnicos, relacionando o uso de sensores eletromagnéticos para caracterizar as diversas propriedades dos alvos espaciais, pode-se inferir que o sensoriamento remoto traz um conjunto de análises das interações entre a radiação eletromagnética e as propriedades que o compõem em suas mais diversas formas (FLORENZANO, 2002; NOVO, 2008). A série Landsat é um dos satélites mais utilizados no mundo para este fim, trazendo uma utilização adequada para o mapeamento e uso dos solos (ROY et al., 2014). Neste sentido, o município de Sumé-PB, assim como as demais cidades localizadas na região semiárida do Brasil, vem sendo afligida por um longo período de escassez hídrica. (SILVA;DANTAS,2017), apontou que a problemática se agrava devido à falta de gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica municipal, enfrentando problemas ambientais, sociais e econômicos. E dentre eles, destacam-se: a necessidade da cidade ser abastecida

por outros corpos hídricos situados a maiores distâncias; a redução do perímetro irrigado nas proximidades do açude; e a construção de pequenas barragens à montante do açude principal, provocando a redução de afluentes que deságuam no corpo hídrico principal.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Desse modo, a presente pesquisa tem como objetivo mapear e classificar quantitativamente as características de uso e cobertura do solo entorno do Açude Sumé, PB, utilizando imagens fusionadas do satélite Landsat 7 e 8 nos anos de 2008 e 2019, respectivamente.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O local de estudo compreende-se numa poligonal de área 227.71 Km², de coordenadas geográficas 7°44'31.55"S, 36°59'5.64"O e 7°36'17.58"S, 36°50'56.30"O, no entorno do Açude Sumé. O açude está localizado na Bacia do Rio Paraíba, onde se predomina o bioma Caatinga, com capacidade total de armazenamento de 44.864.100 m³ e é o principal açude que abastece o município de Sumé.

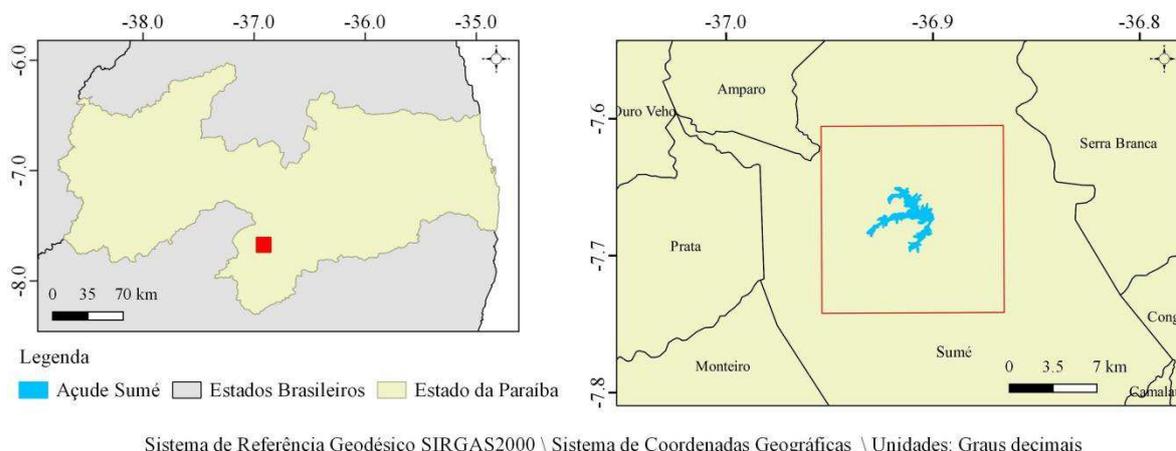


Figura 01 – Localização da área de estudo

Na Caatinga, a precipitação varia entre 300 e 800 mm anuais com chuvas concentradas e irregularmente distribuídas, entre novembro e janeiro, no oeste e sudoeste, e até fevereiro ou abril, no norte e nordeste da região. O número de meses secos aumenta da periferia para o centro (LEAL et al., 2005).

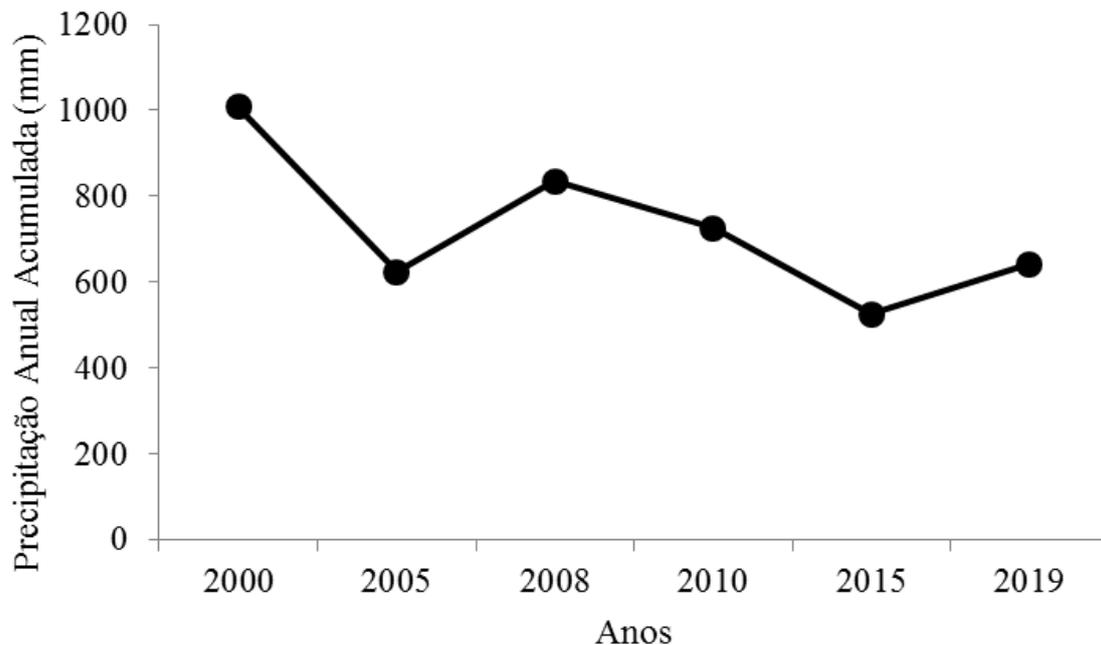


Figura 02 – Gráfico de precipitação acumulada entre os anos de 2008 á 2019.Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>)

Os materiais utilizados nesse trabalho foram uma cena do sensor ETM+ (ThematicMapper), do satélite Landsat 7 e uma cena do sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite Landsat 8, obtidas em 01 de outubro de 2008 e em 24 de outubro de 2019 respectivamente. Ambas as cenas foram gratuitamente disponibilizadas pelo Serviço Geológico Norte Americano (USGS) através do site (<https://earthexplorer.usgs.gov>). As imagens passaram pelo processo de composição de bandas RGB em cores naturais simuladas e fusão de imagens no software gratuito QGIS 2.18. Com a técnica de fusão de imagens, foi possível obter uma fusão com as imagem pancromáticas do satélite Landsat 7 e 8, Visando melhorar a resolução espacial das bandas multiespectrais, em que a imagem original, com pixel de 30 m, passa a ter pixel de 15 m (RODRIGUES et al., 2004). Em seguida foi realizada a classificação supervisionada das imagens, empregando o algoritmo de Distância Mínima, ela trabalha agrupando as médias dos pixels das amostras coletadas, já conhecidas, para medir a distância espectral do pixel que se quer classificar, o qual se pode chamar de pixel candidato (MENESES; ALMEIDA, 2012). A técnica compara a distância Euclidiana do centro das médias dos agrupamentos ao pixel candidato. Quando a distância entre uma

amostra e o pixel candidato for a menor, então será maior a possibilidade de ele ser classificado junto a ela (CARVALHO JÚNIOR et al., 2009). Este método se dá a partir de uma medida de distância Euclidiana apresentada pela equação (1) com a seguinte formulação:

$$\text{Dist} = \sqrt{\sum (VB_{ijk} - X_{ck})^2 + (VB_{ijl} - X_{cl})^2} \quad (1)$$

Em que,

Dist = Distância do pixel desconhecido até a classe C; VB_{ijk} e VB_{ijl} = Valores numéricos dos pixels desconhecidos na linha i, coluna j, bandas K e L e X_{ck} e X_{cl} = médias para a classe C nas bandas K e L. Na classificação por Distância Mínima, foram identificadas e diferenciadas quatro classes de uso/ ocupação do solo, representadas por Caatinga, Solo exposto, Hidrografia, Vegetação ciliar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Após o processamento das imagens, foram realizadas a classificação de uso e ocupação do solo para os anos de 2008 e 2019 (Figura 3).

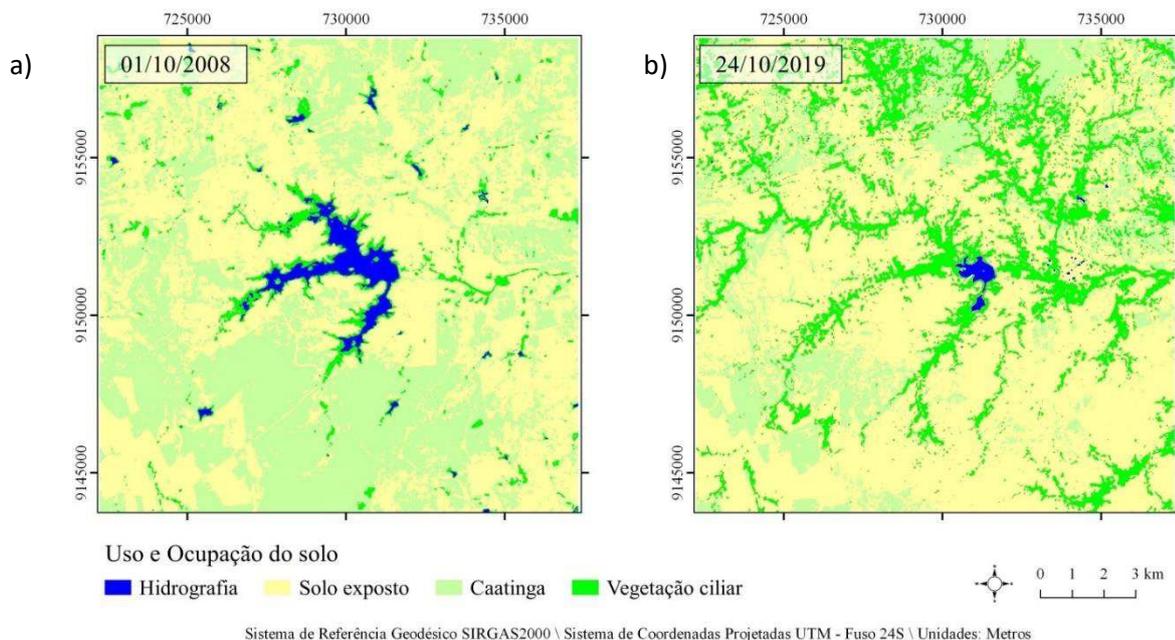


Figura 3 - Mapa de uso de cobertura do solo entorno do açude Sumé em a) 2008 e b) 2019.

Observa-se na transição entre os mapas, uma dinâmica no comportamento da cobertura vegetal com a substituição progressiva das áreas de caatinga pelas de áreas de solo exposto e maior presença de vegetação ciliar. A partir desses mapas temáticos foram gerados os dados contidos na Figura 4 que quantificam, em Km², cada classe de uso e ocupação do solo entorno do açude Sumé durante os anos de 2008 e 2019.

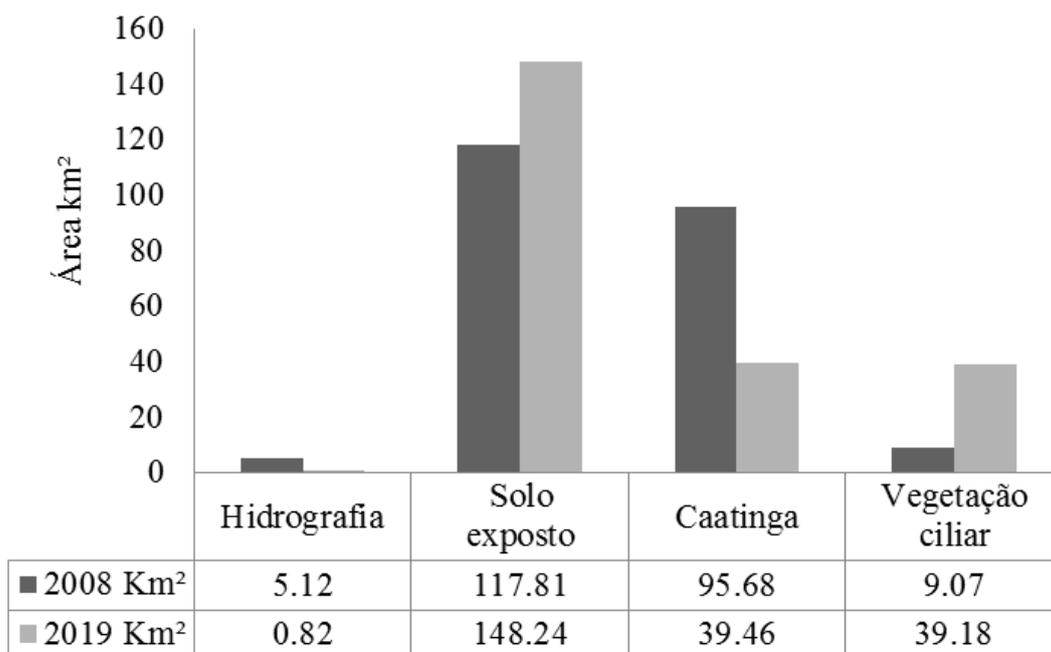


Figura 4– Gráfico de Distribuição espacial das classes de uso e da cobertura do solo durante os anos de 2008 e 2019.

Os dados de uso e ocupação mostram que em 2008 o açude apresentou maior cobertura espacial de corpo hídrico, além de apresentar microaçudes isolados em seu entorno. Já em 2019 o açude apresentou uma diminuição de 83,9% de área superficial detectada pela classificação, entretanto um aumento de 76,8% de vegetação ciliar, evidenciando a característica da vegetação ribeirinha da caatinga, de se manter vigorada mesmo em épocas de seca (LEAL;TABARELLI,2003).Outro fator deste aumento em 2019, pode está relacionado a presença de aluvião, resultado da ação de transportes de areia e sedimentos de material orgânico, ocasionando assim, a proliferação de a espécies típicas de vegetação ciliar. Estes dados corroboram com a dinâmica da precipitação no semiárido



nordestino, que após o ano de 2000, o volume de chuvas diminuiu aproximadamente 36% como mostra o gráfico da figura 2.

A incorporação dos recursos hídricos em municípios interioranos é de extrema importância para o seu desenvolvimento, uma vez que atividades voltadas à agropecuária é a principal fonte de renda. A classe de solo exposto de 2008 à 2019 apresentou um aumento de 30,43 Km² justificado pelo fato desta área apresentar inúmeros fatores contrastantes no que se refere à preservação, dentre estes, os mais graves são a ausência de vigilância e a práticas agricultura desordenada. No geral os mapas apresentaram duas classes predominantes, sendo estas a vegetação de Caatinga e o solo exposto, ambas correspondentes 93,70% e 82,4% da área total de cada ano respectivamente.

Os resultados obtidos por (ROCHA;RIBEIRO,2016) na análise de uso e ocupação do solo entorno do Açude Sumé foi observado que, partindo do ano de 1990, a área de solo exposto teve um acréscimo de 21,17% até o último ano do estudo (2010), e que cerca de 32,18% (15,87 km²), de vegetação densa, foi retirada do local em estudo. Os autores concluíram também, que ações antrópicas são uma das principais causas para tal agravante da degradação, na retirada de material vegetal, assim como pastoril com animais de pequeno e grande porte.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A da importância dos açudes para a caatinga, o interesse de preservação do meio ambiente em seu entorno, assim como o conhecimento do uso e ocupação do solo, tem aumentado de maneira extensiva nas últimas décadas. Estes estudos possibilitam um importante potencial de variáveis mensuráveis dos aspectos superficiais da paisagem.

As técnicas de processamento e análise de imagens orbitais, juntamente com um sistema de informação geográfica, forneceram subsídio sobre as dimensões, distribuição, uso e ocupação da terra entorno do Açude Sumé. O uso de imagens da série Landsat é uma eficiente fonte de dados do território, permitindo informação da terra em diferentes escalas de tempo, além de tomar informações de grandes e pequenas áreas.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; COUTO JÚNIOR, A. F.; SILVA, E. DE S. M.; CARVALHO, A. P. F.; GOMEZ, R. A. T. **Avaliação dos Classificadores Espectrais de Mínima Distância Euclidiana e SpectralCorrelationMapper em Séries Temporais NDVI-MODIS no Campo de Instrução Militar de Formosa (GO)**. Revista Brasileira de Cartografia. Nº 61(04). p. 399-412. 2009.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002, 97p.

JANSEN, L. J. M., GREGORIO, A. D. **Parametricland cover andland-use classifications as tools for environmentalchangedetection**. Agriculture, EcosystemsandEnvironment, Paris, v. 91, n.3, p. 89-100, 2002.

LEAL, INARA R.; SILVA, JOSÉ MARIA C. DA; TABARELLI, MARCELO; e LACHER JR., THOMAS E. **Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil**. MEGADIVERSIDADE. Volume 1, Nº 1. Jul. 2005. P. 139-146.

LEAL,I,R. TABARELLI,M. SILVA,M,C.**Ecologia e Conservação da Caatinga** (2003).Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2003.822 p. : il., fotos, mapas, gráf., tab.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPq, 2012. 266 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard BlucherLtda, 2008. 380 p.

ROCHA L,C,A. RIBEIRO N, G. MEDEIROSP,C. ALCÂNTARA,H,M. BARROS M, R, G,MEDEIROS,A, C. (2016). **Degradação ambiental no entorno da bacia hidráulica do açude de Sumé-PB**.Revista ActaSumeensis no Semiárido v.1, n.1, p.01--10 , 2016 Pombal, PB, Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas.

RODRIGUES, E.; CAINZOS, R. L. P.; QUEIROGA, J.; HERRMANN, B. C. Conservação em paisagens fragmentadas. In: CULLEN JR. L. RUDRAN, R.; VALLADARES-PUDUA. C. (Org.). **Métodos de estudoem biologia da conservação**



e manejo da vida silvestre. Curitiba: UFPR/Fundação o Boticário de Proteção à Natureza, 2004 p. 481-511.

ROY, D. P., WULDER, M. A., LOVELAND, T. R., WOODCOCK, C. E., ALLEN, R. G., ANDERSON, M. C. et al. **Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research.** Remote Sensing of Environment, New York, v. 145, p. 154–172, 2014.

SILVA M, E. DANTAS M, S. BRASILEIRO N, M, I. (2017). **Estudo qualitativo da água do açude Sumé, através de parâmetros físicos.** Anais do III Workshop Internacional sobre Águas no Semiárido Brasileiro. 04 á 06 de outubro de 2017- Campina Grande- PB.



VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS-ARAGUAIA

Lorranny Dias de Araújo¹; Amanda Cartaxo de Souza¹; Lorena Conceição Paiva de Ataíde²; Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão³; Madson Tavares Silva⁴

RESUMO

A precipitação (PRP) é uma variável meteorológica que apresenta significativo erro instrumental e de difícil medição com acurácia, sobre tudo no Brasil, devido sua extensão territorial. Este estudo tem como objetivo a utilização dos dados do Global Precipitation Climatology Center (GPCC) para avaliar a variabilidade espacial da precipitação da Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (BHTA), uma vez que, esse produto consegue mensurar a precipitação globalmente. Utilizou-se dados de PRP do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do GPCC, no período de 1979 a 2017; foi aplicado o software de geoprocessamento livre QGIS para espacializar a precipitação na bacia e os dados do United States Geological Survey (USGS) foram empregados para identificar a topografia da área. Foi possível identificar as áreas que detêm os maiores e menores acumulados de precipitação, essa variabilidade espacial da PRP é associada aos sistemas meteorológicos atuantes na bacia, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais (SF) e Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).

PALAVRAS-CHAVE: Regime Pluviométrico; GPCC; Espacialização.

Autor para correspondência: lorranny.ld@gmail.com.

¹Discente de Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ²Mestranda em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ³Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; ⁴Professor Adjunto na Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil.



VARIABILITY SPATIAL OF PRECIPITATION IN THE TOCANTINS-ARAGUAIA RIVER BASIN

ABSTRACT

Precipitation (PRP) is a meteorological variable that presents significant instrumental error and difficult to measure accurately, especially in Brazil, due to its territorial extension. This study aims to use data from the Global Precipitation Climatology Center (GPCC) to evaluate the spatial variability of precipitation of the Tocantins-Araguaia Watershed (BHTA), as this product can measure precipitation globally. PRP data from the National Meteorological Institute (INMET) and GPCC were used from 1979 to 2017; QGIS free geoprocessing software was applied to spatialize rainfall in the basin and data from the United States Geological Survey (USGS) were employed to identify the topography of the area. It was possible to identify the areas with the highest and lowest accumulated precipitation, this spatial variability of PRP associated with the meteorological systems acting in the basin, such as the South Atlantic Convergence Zone (ZCAS), Frontal Systems (SF) and Mesoscale Convective Systems. (SCM).

KEY-WORDS: Rainfall; GPCC; spatialization.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

A discussão dos reflexos das variações associadas a variabilidade da precipitação pluviométrica e recursos hídricos na bacia Amazônica tem se ampliado a partir das pesquisas sobre mudanças climáticas bem como a contribuição do uso e ocupação do solo para ocorrência destas (Nepstad et al. 2004; Li et al., 2008; Zeng et al., 2008; Phillips et al., 2009; Davidson et al., 2012). A precipitação é de fato o componente mais importante do ciclo hidrológico e sua distribuição espacial e temporal afeta vários processos físicos e biológicos, incluindo a resposta hidrológica de uma bacia (Falck et al., 2015). Os padrões de precipitação nas regiões tropicais apresentam alta variabilidade nas escalas sazonal, interanual e interdecadal (Marengo, 2005), apresentando eventos de extremaintensidade, mas de curta duração (em algumas horas), bem como longos períodos de seca. Devido à sua grande variabilidade espacial e temporal. A precipitação também é uma das variáveis meteorológicas mais difíceis de medir, estimar e prever. Atualmente no Brasil, a rede de estações meteorológicas e hidrológicas existente está sendo ampliada, porém, devido à grande extensão do país, isso ainda não é o suficiente. Neste contexto, os satélites demonstraram ter o potencial de medir a precipitação globalmente com resolução temporal e espacial fixas, além de produtos de reanálise e interpolação a nível global.

Sobre isso, diversos produtos de precipitação, de diversas agências, são avaliados temporalmente e espacialmente, como: Tropical Rainfall Measuring Mission- TRMM (Serrão et al., 2016), Global Precipitation Measurement – GPM (Serrão et al., 2016), Global Precipitation Climatology Centre- GPCC (Schneider et al., 2017), Global Precipitation Climatology Project– GPCP (Adler et al., 2003), Climate Prediction Center morphingmethod- CMORPH (Joyce et al., 2004)etc. Ao avaliar a variabilidade da precipitação, é de suma importância conhecer e ressaltar a climatologia da área de estudo, bem como os sistemas atmosféricos que atuam na região. Nesse sentido, a Bacia Hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia (BHTA), é influenciada por diversos sistemas meteorológicos precipitantes, tais quais, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais (SF), Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), e ainda está na faixa de influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), (Falck et al; 2015; Serrão et al., 2019). A BHTA é uma bacia tropical de larga-escala e se encontra na transição entre dois biomas brasileiros, a Amazônia e o Cerrado e têm todo seu território dentro o Brasil, diferente da bacia Amazônica que inicia na cadeia de montanha dos Andes no Peru.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste estudo é analisar a variabilidade espacial da precipitação na bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia, através dos dados do Global Precipitation Climatology Centre (GPCC).

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Área de estudo

A bacia do Tocantins-Araguaia (BHTA) drena cerca de 918,822 km², abrangendo parte das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do país, ocupando 11% do território do brasileiro (Fig. 1). O rio Tocantins, formado pelos dois rios Maranhão e das Almas, nasce no estado de Goiás, próximo a Capital Federal do Brasil, a cerca de 1000m de altitude, e flui para o norte por cerca de 2,640 km. Seu principal afluente, o rio Araguaia, flui 1,670 km antes de sua confluência com o Tocantins (MMA, 2005). Devido nossa análise ser o potencial energético à barragem de Tucuruí, a bacia é limitada até o município de

Itupiranga (no Estado do Pará) localizada à jusante da confluência do Araguaia, a bacia passa então a ter 764,000 km², o que corresponde a cerca de 9 % do território do Brasil. A topografia da bacia à jusante varia de 200 a 500m de altitude e as regiões à montante são superiores a 1000m de altitude com máximo de 1,674m. O clima é continental tropical, com temperaturas médias anuais variando de 26,4 °C a 22,5 °C. A precipitação anual acumulada na bacia é de 1869 mm (MMA,2005). O ciclo sazonal da precipitação representa uma característica fundamental desta região, caracterizada por secas extremas seguidas por grandes eventos de precipitação (MMA, 2005).

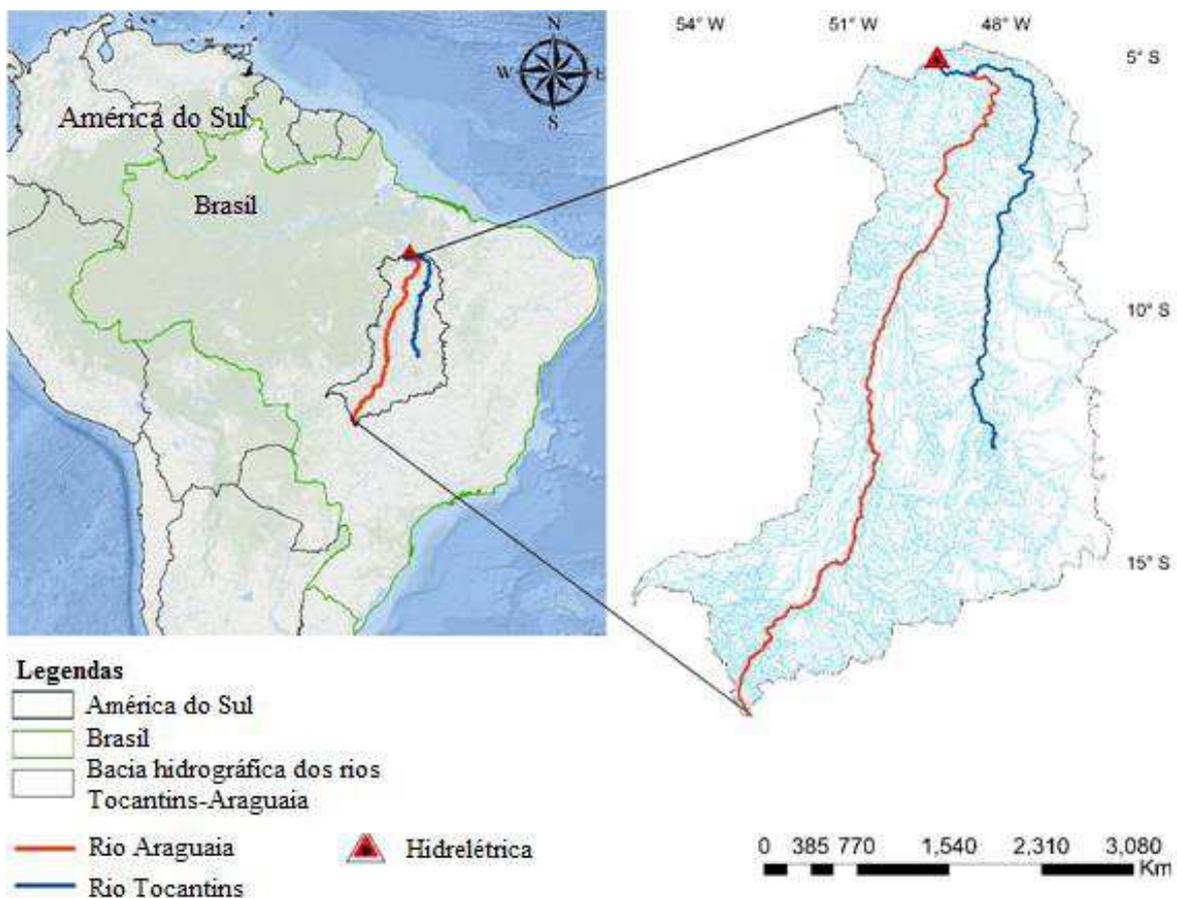


Fig. 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia.

Dados utilizados

Os dados utilizados para a análise espacial da precipitação são oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), como a cobertura espacial de estações com boa

consistência de dados é limitada, foi utilizado os dados do Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), referentes a 7.000 estações ao redor do mundo que são interpoladas, e é gerada uma série de precipitação global de 1901 a 2016 (Schneider et al., 2017). Nesse sentido, foi utilizado os dados de ambos os centros no período de 1979 a 2017. Para espacialização da precipitação na bacia, fui utilizado software de geoprocessamento livre, QGIS. Na figura 2 são observadas as estações dos INMET e pontos extraídos do GPCC, bem como a topografia do terreno, este referente ao banco de dados do United States Geological Survey (USGS).

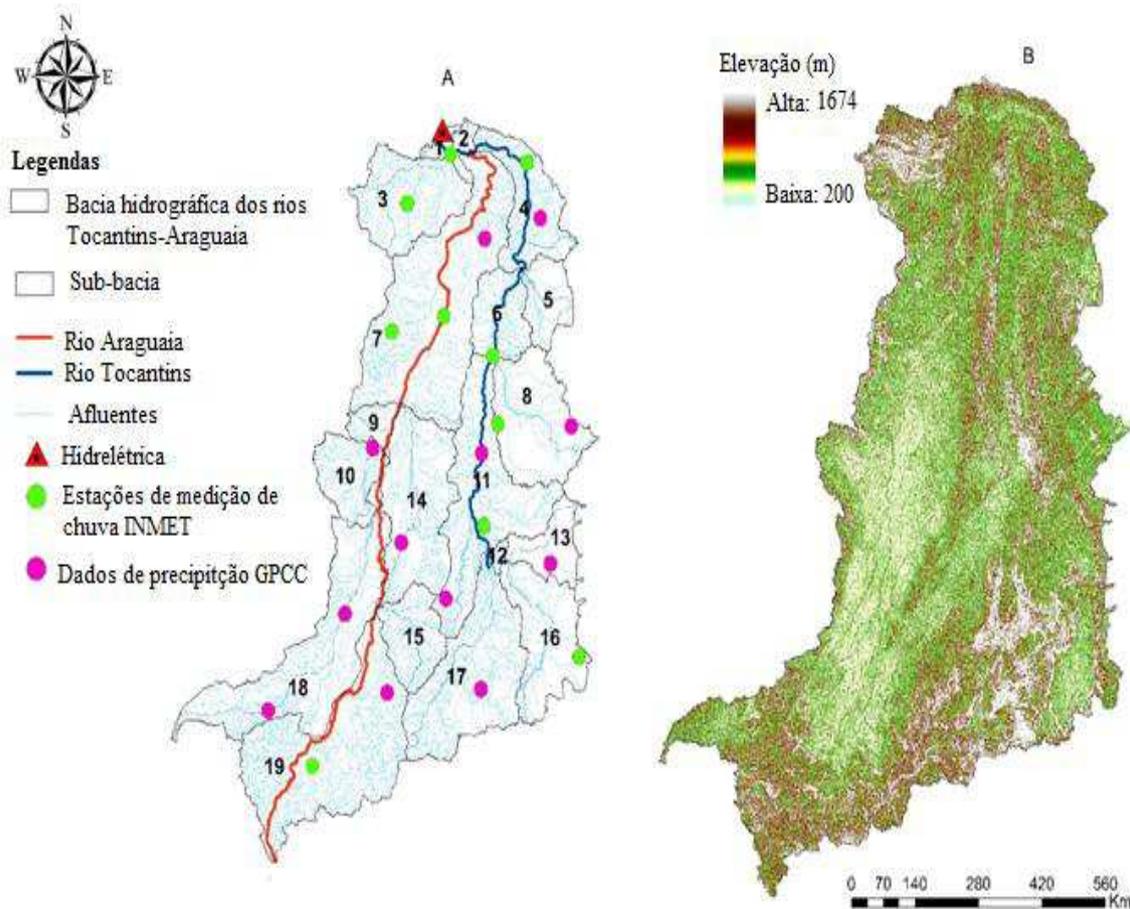


Fig. 2. (A) bacia, sub bacias e pontos de coleta de precipitação; (B) MDE da área de estudo.



RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Diante da espacialização da precipitação na BHTA, foi possível identificar quais áreas na bacia detêm os maiores acumulados de precipitação durante o período estudado. Nesse sentido, é observado na Figura 3 a variabilidade espacial da precipitação (Fig. 3b), bem como os principais sistemas meteorológicos atuantes na bacia (Fig. 3a). No que diz respeito aos sistemas meteorológicos precipitantes, o principal sistema que atua na bacia é a ZCAS, concomitantemente com os SCM e SF, na região norte da bacia a ZCIT auxilia na organização da umidade e fornece energia aos demais sistemas, após a convecção diurna (Serrão et al., 2019; Reboita et al., 2010). Com relação a precipitação, a região oeste e norte da bacia, são as áreas que mais precipita, com totais acumulados de 2.122 mm e a região sudeste é a que menos chove, com 1.144 mm, entre essas áreas, existe uma região de transição com precipitação na ordem de 1.536mm. Essa variabilidade é explicada devido a diferença temporal e espacial na atuação dos sistemas meteorológicos precipitantes na BHTA.

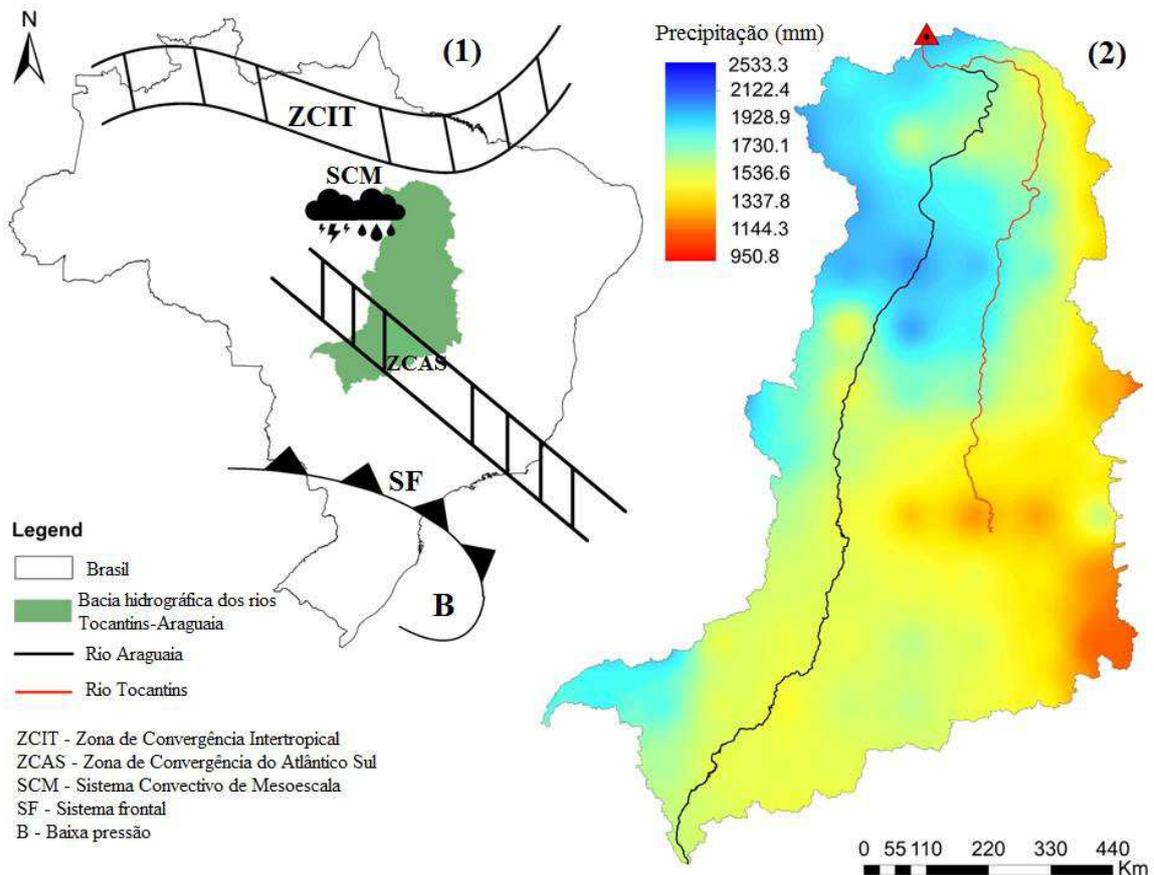


Fig. 3. (A) bacia, sub bacias e pontos de coleta de precipitação; (B) MDE da área de estudo.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Ao investigar a variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio Tocantins Araguaia, é visível que a mesma é dependente espacialmente dos sistemas meteorológicos que atuam na bacia, nas suas diversas escalas temporal e espacial. E isso é que modula o regime pluviométrico nas regiões da bacia. Os máximos de precipitação na região norte e oeste da bacia, está possivelmente associado a floresta Amazônica que predomina nessa área, uma vez que, os fluxos de energia e umidade são maiores nessa área, o que auxiliam na convecção diurna. Em contra partida na região leste da bacia, existe a questão topográfica e o cerrado.



APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Voluntários de Iniciação Científica (PIVIC), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento concedido e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela estrutura disponibilizada.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Adler, R. F.; G. J. Huffman, A.; Chang, R.; Ferraro, P.; Xie, J.; Janowiak, B.; Rudolf, U.; Schneider, S.; Curtis, D.; Bolvin, A.; Gruber, J.; Susskind, P.; Arkin, E. N. 2003. The version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979-present). **Journal of Hydrometeorology**, 4, (6), 1147-1167.

Davidson, E. A. et al. The Amazon basin in transition, 2012. **Nature**, 481, (7381), 321-328.

Falck, A.S.; Maggioni, V.; Tomasella, J.; Vila, D.A.; Diniz, F.L.R. Propagation of satellite precipitation uncertainties through a distributed hydrologic model: A case study in the Tocantins–Araguaia basin in Brazil. 2015. **Journal of Hydrology**. 527, 943–957.

Joyce, R. J.; Janowiak, J. E.; Arkin, P. A.; Xie, P. 2004. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. **Journal of Hydrometeorology**, 5, 487-503.

Li, W.; Fu, R.; Juárez, R. I.; Fernandes, K. Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region, 2008. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 363, (1498), 1767-1772.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2005. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Estudo Regional da Região Hidrográfica do Tocantins–Araguaia. Brasília, DF, Brazil.

Nepstad, D.; Lefebvre, P.; Silva, U. L.; Tomasella, J.; Schlesinger, P.; Solorzano, L.; Moutinho, P.; Ray, D.; Benito, J. G. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: A basin-wide analysis, 2004. **Global Change Biology**, 10, (5), 704-717.

Phillips, O. L. et al. Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest, 2009. **Science**, 323, 1344- 1347.



Reboita, M. S.; Gan, M. A.; Rocha, R. P.; Ambrizzi, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica, 2010. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 25, (2), 185 - 204.

Schneider et al. Evaluating the Hydrological Cycle over Land Using the Newly-Corrected Precipitation Climatology from the Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), 2017. **Atmosphere**, 8, (3), 52.

Serrão, E. A. O.; Silva, M. T. ; Sousa, F. A. S. ; Lima, A. M. M. ; Santos, C. A. ; Ataide, L. C. P. ; Silva, V. P. R. Four decades of hidrologicalprocess simulation of the Itacaiúnas river watershed, Southeast Amazon, 2019. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 25, (3), 1-18.

Serrão, E. A. O.; Wanzeler, R. T. S.; Santos, C. A.; Gonçalves, L. J. M.; Lima, A. M. M.; Rocha, E. J. P. Avaliação Estatística entre as Estimativas de Precipitação da Constelação GPM com TRMM: Uma Análise a Bacia Hidrográfica do Rio Solimões, 2016. **Revista Brasileira de Climatologia**, 18, 256-275.

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes And Impacts Of The 2005 Amazon Drought, 2008. **Environmental Research Letters**, 3, (14), 002.





VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO ESTADO DA PARAÍBA ENTRE OS ANOS DE 1994- 2018

Edgleidson Lima Rodrigues¹; Francisco de Assis Salviano de Sousa²;
Renato Francisco Cândido Lopes³

RESUMO

O estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. O objetivo deste trabalho foi o de analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial, utilizando totais mensais precipitados de 56 postos e/ou estações meteorológicas com mesmo tamanho amostral e observações concomitantes, no estado da Paraíba. A amostra de dados supracitada corresponde ao período de 1994 a 2018 e foi cedida gentilmente pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Para cada um desses postos e/ou estações meteorológicas foram analisados os dados de precipitação pluvial em escalas mensal e anual.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Espacialização; Variabilidade Temporal.

Autor para correspondência: edgleidsonrodrigues13@gmail.com

1Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 2Professor na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; 3Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



SPACE-TIME VARIABILITY OF PLUVIAL PRECIPITATION IN THE STATE OF PARAÍBA BETWEEN 1994-2018

ABSTRACT

The Paraíba state, located in the Northeast region of Brazil, has an area of 56,372 km², which corresponds to 0.662% of the national territory. Its placement lies between the parallels 6° 02' 12" and 8° 19' 18" S, and between the meridians of 34° 45' 54" and 38° 45' 45" W. The objective of this work was to analyze the spatiotemporal variability of rainfall using monthly precipitation totals of 56 meteorological stations with the same sample size and concomitant observations in the Paraíba state. The above data sample corresponds to the period from 1994 to 2018 and was kindly provided by the Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). For each of these meteorological stations, rainfall data were analyzed on a monthly and annual scales.

KEY-WORDS: Precipitation; Specialization; Temporal Variability.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

No Brasil a chuva é um fator importante para os riscos climáticos, dado que a seca ou as enchentes determinam os maiores prejuízos no setor agrícola (Keller Filho et al., 2005) e os períodos prolongados de estiagem comprometem o abastecimento de água e a geração de energia elétrica (Lyra et al., 2014; Gois et al., 2015). O estado da Paraíba está situado entre os paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, totalmente incluído na Região Tropical, faz divisa com os estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará, limitando-se à leste com o Oceano Atlântico. Tem uma área de aproximadamente 56.340,9 km² com quatro mesorregiões e 223 municípios (Rodríguez, 2002). O índice de precipitação no estado da Paraíba depende de vários sistemas meteorológicos tais como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Sistemas Ondulatórios de Leste, Linhas de Instabilidade, Sistemas Frontais, Brisas Terrestre e Marítima, Bandas de Nebulosidade, assim como, efeitos orográficos locais (Macedo et al., 2010), que atuam em diferentes meses do ano com características interanuais diferentes. As atuações desses sistemas precipitantes, fazem com que haja grande variabilidade das chuvas na direção Norte – Sul e Leste – Oeste, no Estado, durante todo ano (Pedroza, 2009). A ausência da chuva ou seca é um aspecto marcante no Semiárido do Brasil (SAB). Tida como um evento natural, a seca, que dependendo de sua magnitude, pode causar prejuízos econômicos, sociais e ambientais e impactar fortemente o cotidiano das populações que vivem no SAB.



Dessa forma, este trabalho tem por objetivo estudar as características da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial do estado da Paraíba. Aqui a variabilidade foi analisada em escalas anual e interanual no período de estudo proposto. Espera-se que este trabalho contribua para a compreensão do padrão de comportamento das chuvas, associando a variabilidade de subgrupos de postos e/ou estações meteorológicas a sistemas precipitantes atuantes em espaços distintos.

OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento espaço-temporal da precipitação no estado da Paraíba no período de 1994 até 2018 usando os dados pluviométricos obtidos junto a AESA, a partir de métodos estatísticos.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

O estado da Paraíba está inserido na região Nordeste do Brasil, localizado nos paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, o estado da Paraíba faz fronteira com o estado do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Oceano Atlântico, como pode ser visto na Figura 1. A Ponta do Seixas, na Paraíba, é o local mais a leste da América do Sul. É o estado mais central do Nordeste, apresentando distâncias que variam de 100 quilômetros até, aproximadamente, 800 quilômetros dos maiores agrupamentos populacionais.



Figura 1. Localização geográfica do estado da Paraíba – PB.

Sua extensão territorial é de 56.467.239 quilômetros quadrados, possui 223 municípios distribuídos pelas mesorregiões da Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão. Conforme dados do Censo Demográfico de 2018, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Totaliza 4.018.127 habitantes, sendo o 5º estado mais populoso do Nordeste brasileiro. O crescimento demográfico é de 0,9% ao ano; a densidade demográfica é de aproximadamente 66,7 hab/km², conforme dados do (IBGE, 2010).

A vegetação é composta por mangues no Litoral, pequena faixa de Floresta Tropical e Caatinga na maior parte do território. O clima é Tropical Úmido no litoral e semiárido na maior parte do interior do Estado.

Neste trabalho foram analisados os dados pluviométricos em diferentes escalas (anual, sazonal e mensal). O Estado da Paraíba, atualmente, não tem uma distribuição homogênea de estações com dados suficientes e de qualidade para os estudos das dinâmicas climáticas que se pretendeu realizar nesse trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

A Figura 2 exibe a espacialização dos postos/estações pluviométricas utilizados neste estudo, utilizou-se nessa espacialização o método de interpolação do programa Surfer 13.0, e a identificação das estações/postos selecionados pode ser vista na Tabela 1.

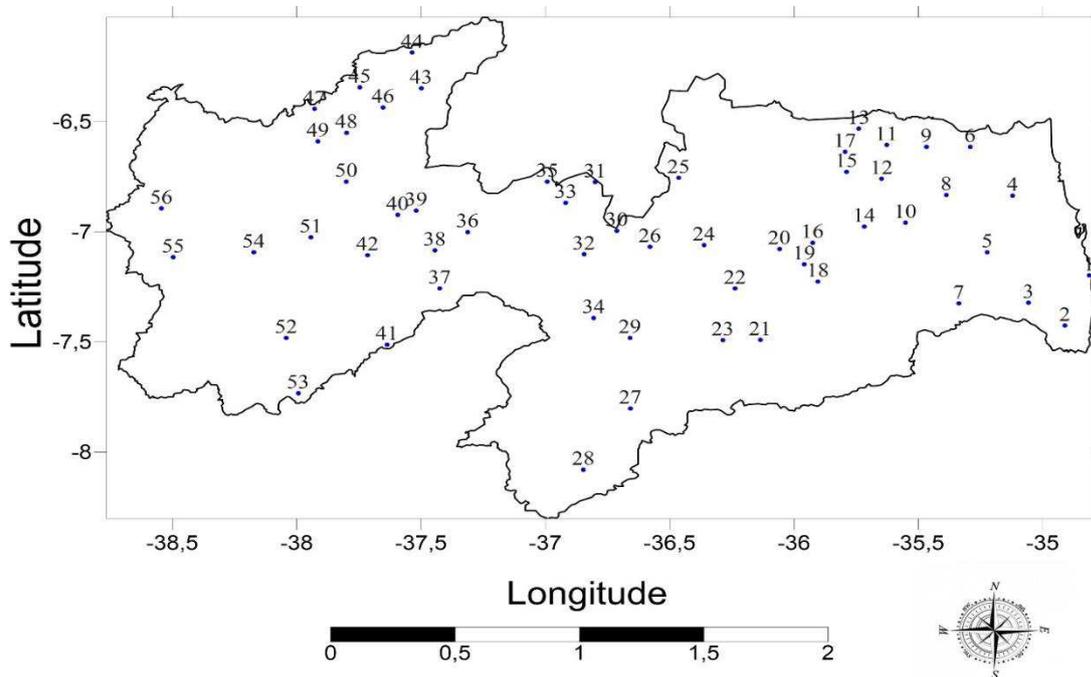


Figura 2. Espacialização dos postos/estações pluviométricas utilizados no estudo.

Tabela 1 - Identificação das estações selecionadas.

1	João Pessoa	29	Serra Branca
2	Alhandra	30	Junco do Seridó
3	Pedras de Fogo	31	São José do Sabugi
4	Mamanguape	32	Salgadinho
5	Sapé	33	Santa Luzia
6	Jacaraú	34	S. José dos cordeiros
7	Itabaiana	35	Várzea
8	Araçagi	36	Patos
9	Caiçara	37	Mãe D'água
10	Alagoinha	38	Santa Teresinha
11	Dona Inês	39	Malta
12	Solânea	40	Condado
13	Araruna	41	Água Branca
14	Areia	42	Emas
15	Casserengue	43	Brejo do Cruz
16	Areial	44	Belém do Brejo do Cruz
17	Cacimba de Dentro	45	Catolé do Rocha
18	Campina Grande	46	Riacho dos Cavalos
19	Puxinanã	47	Bom Sucesso
20	Pocinhos	48	Jericó
21	Boqueirão	49	Lagoa
22	Boa Vista	50	Pombal
23	Cabaceiras	51	Coremas
24	Soledade	52	Nova Olinda
25	Pedra Lavrada	53	Princesa Isabel
26	Juazeirinho	54	Aguiar
27	Congo	55	São José de Piranhas
28	São João do Tigre	56	Cajazeiras

A Figura 3 exibe a distribuição espacial da precipitação pluvial média anual no período de 1994 a 2018. A variabilidade espacial das chuvas, no período, oscila entre 300 mm (Cariri e Curimataú) e 2000 mm (Litoral). Note que a região centro-leste do Estado é a mais seca, enquanto o Litoral é a região mais úmida. Podem ser notados também uma área bastante úmida no Alto Sertão e a redução das chuvas à medida que o efeito da continentalidade atua (do Litoral até a linha que divide o Sertão do Cariri).

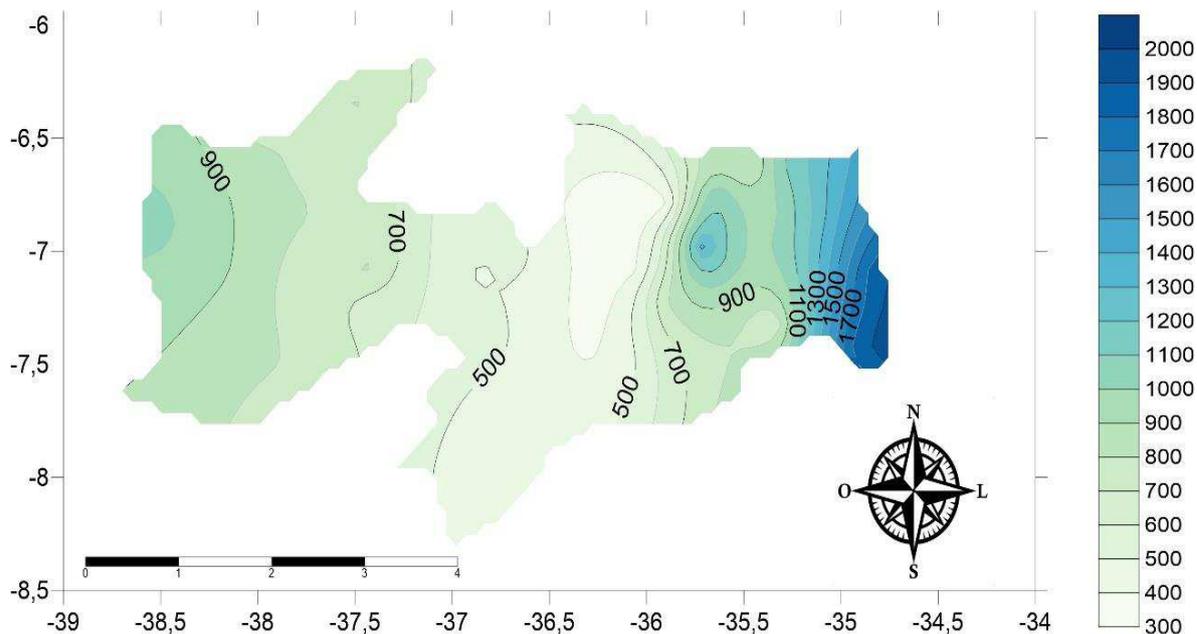


Figura 3. Distribuição espaço-temporal da precipitação pluvial média anual no período estudado.

A Figura 4 apresenta os totais anuais precipitados médios no período estudado. Note que na variabilidade temporal média da série se destacam os dois anos mais secos: 1998 e 2012; e os cinco anos mais úmidos: 1994, 2000, 2004, 2008, 2009 e 2011. Desses anos, o mais seco foi 1998, enquanto o ano o mais chuvoso foi 2009, com totais médios anuais de 390,1 mm e 1167,1 mm, respectivamente. Parte da causa da seca de 1998 deve-se a atuação do EL Niño.

Em 1998, o ano mais seco do período estudado, o El Niño atuou de dezembro a junho, janela temporal para as chuvas no Estado. Em 2012, outro ano seco, o fenômeno La Niña atuou de dezembro a abril, mas no restante do ano foi neutro. A neutralidade do fenômeno resultou em mais um ano seco, embora o La Niña tenha atuado nos quatro primeiros meses do ano.

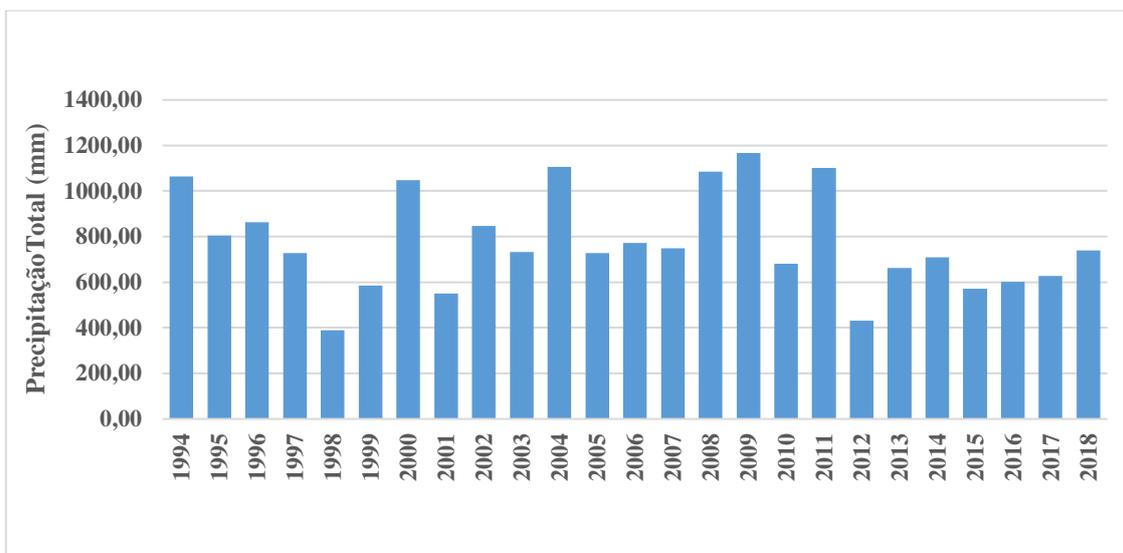


Figura 4. Totais anuais precipitados médios no período estudado.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

A variabilidade espaço-temporal dos totais anuais de precipitação no Estado da Paraíba comporta-se gradativamente com precipitações no setor leste para o oeste, ou seja, do oceano para o continente, com precipitações máximas no setor leste e menores no setor oeste do estado. Por efeito da continentalidade e do relevo, chove mais no Litoral do que em direção ao interior do Estado, com exceção de parte do Alto Sertão.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Livro

RODRIGUEZ, J. L. Atlas Escolar da Paraíba, 3. ed. João Pessoa: Grafset, 2002. 112p. ISBN 85-85893-05-2.

Artigo em revista acadêmica

KELLER FILHO, T; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S.R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.



Homepage institucional

PEDROZA, I, C, B. Estimativa da Climatologia Diária da Precipitação e Investigação de Possíveis Influências das Fases da Lua nas Chuvas no Estado da Paraíba: Campina Grande, 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande.

Artigo em site institucional

LYRA, G.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. *International Journal of Climatology*, v.34, n.13, p.3546-3558, 2014.

GOIS, G., DELGADO, R.C., OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. Modelos teóricos transitivos aplicados na interpolação espacial do standardized precipitation index (SPI) para os episódios de El Niño Forte no Estado do Tocantins, Brasil. *Irriga*, v.20, n.2, p.371-387, 2015.





VARIABILIDADE INTER-ENOS DO JATO DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL

Ivana Amorim da Silva¹; Helber Barros Gomes²; Maria Cristina Lemos da Silva³;
Larissa Jessica Silva dos Santos¹; Misael Ferreira dos Santos¹; Renato Francisco
Cândido Lopes¹

RESUMO

O Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes é uma importante característica da circulação em baixos níveis na América do Sul (AS) na estação quente e úmida, desempenhando um papel relevante na hidrologia e no clima regional, sendo responsável pelo transporte de grandes quantidades de umidade da Amazônia para as regiões subtropicais. Neste estudo utilizou-se o modelo climático regional RegCM4 (*Regional Climate Model version 4*) para avaliar a sua destreza em simular a presença e estrutura vertical do JBN a leste dos Andes. Assim, simulações climáticas sazonais foram realizadas para as estações de verões austrais de 1997/1998 (El Niño canônico; ENca), 2002/2003 (El Niño modoki; ENmo), e 2015/2016 (El Niño misto; quando os tipos ENca e ENmo, coexistem), visando investigar a variabilidade inter-El Niños do JBN. Os resultados preliminares mostraram uma variabilidade inter-El Niños na intensidade e posição do escoamento meridional do vento e temperatura em 870hPa, e precipitação em 995hPa, revelando aumentos no fluxo de umidade noroeste associado ao JBN em direção ao sul e sudeste do Brasil no verão.

PALAVRAS-CHAVE: JBN, Importância, Modelagem Climática Regional.

Autor para correspondência: ivana.amorim@gmail.com

1Discente de Graduação do Instituto de Ciências Atmosféricas – Campus A.C. Simões - UFAL, Maceió, Alagoas; 1Discente de Graduação da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – Campus Sede – UFCG, Campina Grande, Paraíba 2Orientador do Instituto de Ciências Atmosféricas-Campus A.C. Simões-UFAL, Maceió, Alagoas; 3Professora do Instituto de Ciências Atmosféricas Campus A.C. Simões-UFAL, Maceió, Alagoas;

LOW-LEVEL JET INTER-ENOS VARIABILITY IN SOUTH AMERICA

ABSTRACT

The Low Level Jet (LLJ) east of the Andes is an important characteristic of low-level circulation in South America (SA) in the warm and moist season, which make an important role in hydrology and regional climate, being responsible for transporting large quantities of moisture from the Amazon to the subtropical regions. In this study, used the climate model regional RegCM4 (*Regional Climate Model version 4*) to evaluate your dexterity in simulate the presence and vertical structure of the LLJ east of the Andes. So, seasonal weather simulations were realized for austral summer seasons of 1997/1998 (El Niño canônico; ENca), 2002/2003 (El Niño modoki; ENmo), e 2015/2016 (El Niño misto; when both types ENca e ENmo, coexist), aiming investigate a variability inter-El Niños in the LLJ. The preliminary results showed a variability inter-El Niños in the intensity and position of southern runoff of wind and temperature in 870hPa and precipitation in 995hPa, showing increases in northwest moisture flow associated with JBN southward and southeast of Brazil in summer.

KEY-WORDS: LLJ; Importance; Regional Climate Modeling.

INTRODUÇÃO / INTRODUCTION

De acordo com Bonner (1968), pode-se definir um JBN na América do Norte através de três critérios, são eles: critério 1: caracteriza JBN através da velocidade máxima do vento de no mínimo 12 m/s, com uma taxa de decaimento de 6 m/s por km; critério 2: leva em consideração velocidades máximas do vento de no mínimo 16 m/s, com decaimento de 8 m/s por km e critério 3: velocidades máximas do vento de no mínimo 20 m/s, com decaimento de 10 m/s por km. Especificamente, o JBN surge na camada atmosférica compreendida entre 600-900 hPa e na escala subsinótica.

Os JBNs a leste da cordilheira dos Andes, esses são definidos por um escoamento meridional que se dirige da Amazônia para os subtrópicos da América do Sul (MARENGO et al., 2004; GUEDES DO NASCIMENTO et al., 2016). Este fluxo de norte é concentrado em uma região relativamente rasa com fortes velocidades do vento em baixos níveis, que exhibe uma dimensão horizontal de cerca de 500 km (DA SILVA et al., 2010). Entretanto, o JBN da AS é menos conhecido do ponto de vista observacional e de modelagem numérica, quando comparado com o JBN das Grandes Planícies dos Estados Unidos da América (EUA) (SANTOS et al., 2008).



OBJETIVOS DO TRABALHO / OBJECTIVES

Investigar a habilidade do modelo climático regional RegCM4 em simular os padrões característicos da circulação em baixos níveis durante eventos de inter-El Niños e avaliar os impactos associados a precipitação.

MATERIAIS E MÉTODOS / MATERIALS AND METHODS

Modelo RegCM4

As simulações foram realizadas utilizando os dados do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) interim reanálise ERAI. O ERAI é uma reanálise atmosférica global produzido com um esquema sequencial de assimilação de dados Variacional em 4 Dimensões (Var 4-D), avançando no tempo usando um ciclo de análise de 12 horas (GOMES et al. 2019). Estes dados estão dispostos em uma resolução de $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ com 60 níveis verticais. Para a análise do presente estudo foram utilizados os campos de ventos em 870 hPa, campo de temperatura em 870 hPa e precipitação em superfície nos verões austrais (DJF) nos anos de 1996/97, 2002/03, 2015/16.

Este estudo utilizou o modelo RegCM4 que foi originalmente desenvolvido em 2010 pelo *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), esse modelo pode ser aplicado em qualquer região do mundo e em uma ampla gama de estudos. Na vertical faz-se o uso da coordenada sigma-pressão. Nesse sentido, este estudo avaliou a habilidade do modelo em simular a presença e estrutura vertical do JBN a leste dos Andes. Para investigar a variabilidade inter-El Niños do JBN, realizou-se simulações climáticas sazonais iniciada às 00 UTC do primeiro dia de outubro até o último dia do mês de fevereiro das estações de verões austrais de 1997/1998, 2002/2003 e 2015/2016, que foram escolhidas por serem classificadas como El Niño canônico (ENca), modoki (ENmo) e misto (quando os tipos ENca e ENmo coexistem), respectivamente. As resoluções horizontais e verticais foram de 50 km e 23 níveis sigma-pressão, respectivamente, com topo em 50 hPa. A validação dos resultados preliminares foi baseada em comparações qualitativas com outros trabalhos descritos na literatura. Ressalta-se que uma avaliação quantitativa do JBN, bem como a aplicação do(s) critério(s) de identificação do mesmo sobre a AS está em fase de desenvolvimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO / RESULTS AND DISCUSSION

Nesta seção será apresentado os campos médios mensais de vento (m/s), precipitação (mm/dia) e temperatura (°C) para os verões austrais de 1997/98, 2002/03 e 2015/16. As análises dos campos de ventos mostram que houve diferenças nas circulações tropicais-extratropicais associadas às alterações no comportamento anômalo das Temperaturas nas regiões do Pacífico e Atlântico, que afetam no transporte de umidade sobre o continente modulando a intensidade das chuvas e da temperatura por toda região. Nos verões austrais (DJF - 1997/98; 2002/03; 2015/16) a magnitude do vento em 870 hPa (fig. 1a, 2a, 3a), constatou-se a presença de um pequeno centro anticiclônico ao largo da região sudeste do Brasil, que favoreceu diretamente a confluência dos ventos no sul do Brasil e a presença do JBN, com fraca intensidade nos anos de El Niño canônico (97/98) e modoki (02/03).

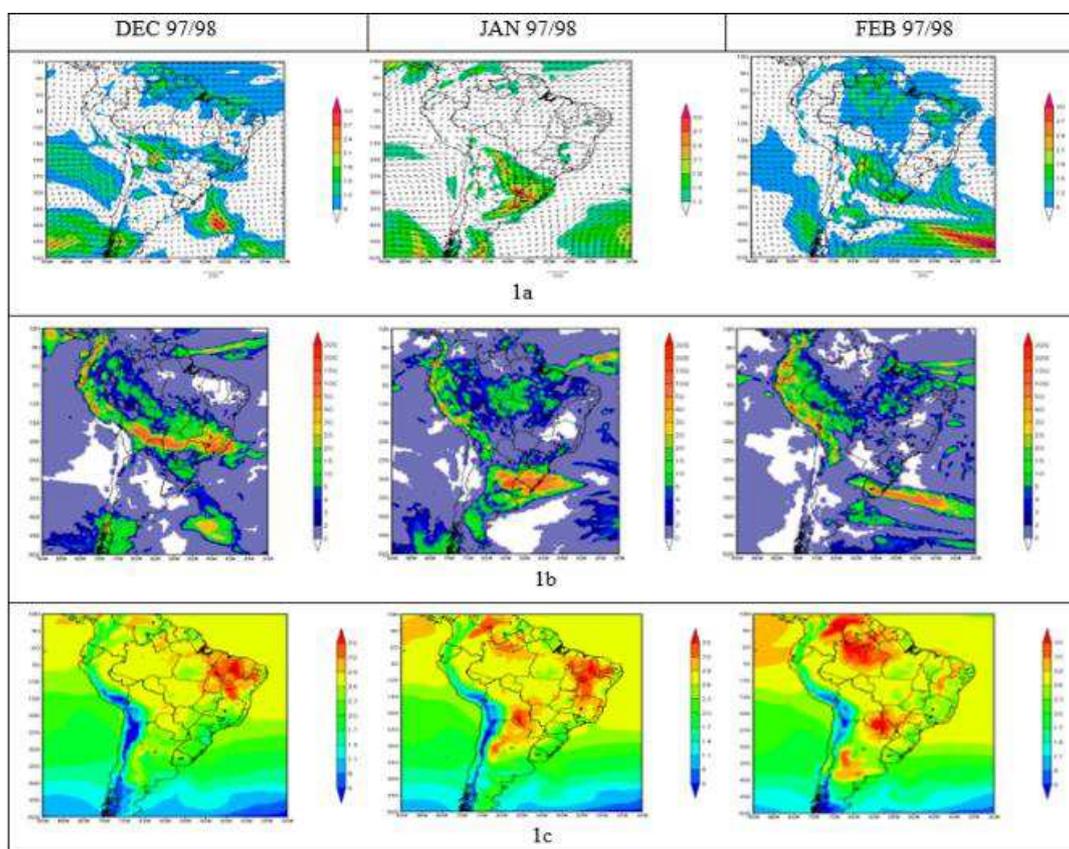


Figura 1: Campos atmosféricos para os meses (DJF) de 1997 e 1998 em (1a) Magnitude do Vento em 870hPa (m/s), (1b) Precipitação em superfície (mm/dia), e (1c) Temperatura 870hPa (°C).

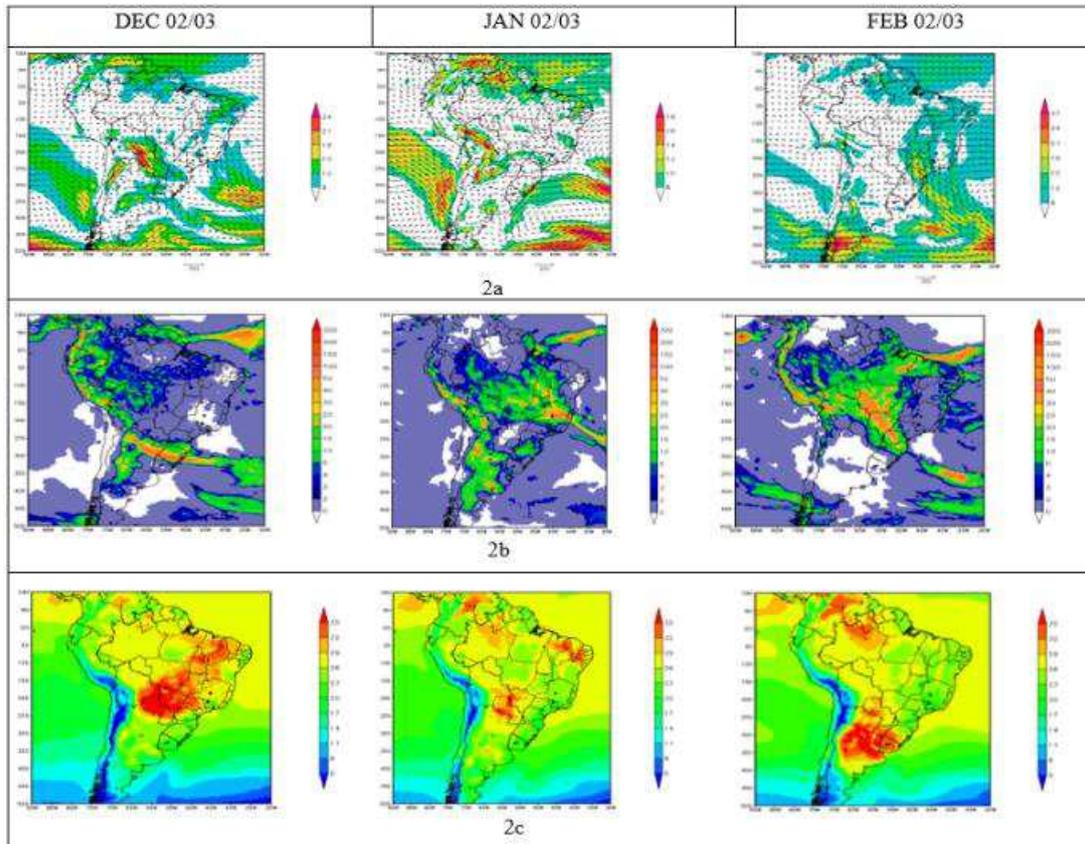


Figura 2: Campos atmosféricos para os meses (DJF) de 2002 e 2003 em (2a) Magnitude do Vento em 870hPa (m/s), (2b) Precipitação em superfície (mm/dia), e (2c) Temperatura 870hPa (°C).

Por outro lado, o JBN apresentou forte intensidade no verão de El niño misto (15/16), entre a Bolívia, Paraguai e Argentina, com fluxo direcionado para a região sudeste, transportando umidade e calor da Amazônia. Estes verões apresentaram precipitação (fig. 1b, 2b, 3b) bem distribuída ao longo dos anos estudados, porém no sul do Brasil, norte da Argentina e Uruguai o El niño provocou chuvas excessivas que foram favorecidas pelo JBN intensificado. Nota-se que o campo de temperatura (fig. 1c, 2c, 3c), apresentou diferente variabilidade nos anos estudados, ou seja, o JBN apresentou-se intenso ao norte da Argentina.

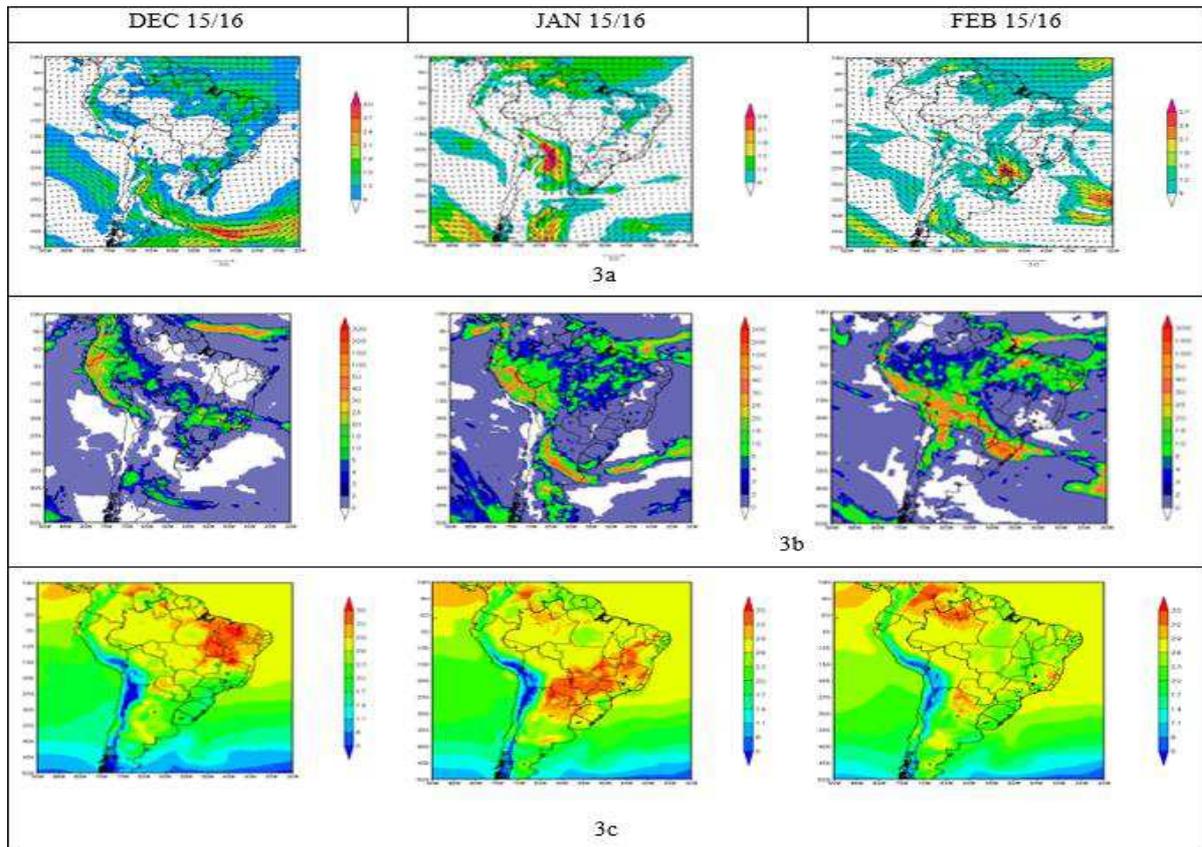


Figura 3: Campos atmosféricos para os meses (DJF) de 2015 e 2016 em (3a) Magnitude do Vento em 870hPa (m/s), (3b) Precipitação em superfície (mm/dia), e (3c) Temperatura 870hPa (°C).

Silva e Ambrizzi (2006), mostraram que diante de um forte evento quente no Pacífico, o anticiclone de baixos níveis posicionou-se sobre a região central do Brasil, acelerando o escoamento de norte-sul a leste dos Andes e deslocou-se a sul do Brasil e Norte da Argentina, no entanto para eventos mais fracos de El Niño, os JBNs se apresentaram menos intensos e deslocados mais ao sudeste do Brasil. A maior disponibilidade de umidade fornecida pelo JBN para a região da Bacia do Prata pode favorecer o aumento da instabilidade convectiva e maior desenvolvimento de ciclones extratropicais (SILVA, G. 2009). No verão dois mecanismos o de origem térmica devido a Baixa do Chaco e a instabilidade hidrodinâmica são fatores para o desenvolvimento de ciclones. Se o ciclone está entre a Argentina e Uruguai, o JBN se dirige para a região sul, se está na costa do Brasil, o JBN se desloca para a região sudeste (DOS SANTOS & REBOITA, 2018). No evento de 1997/98, classificado como forte, um anticiclone anômalo em baixos níveis predominou sobre a parte central do Brasil acelerando o escoamento de norte-sul a leste dos Andes e deslocando-o em direção ao Sul do Brasil e Norte da Argentina. Entretanto,

durante o evento de El niño fraco de 2002/03 os casos de JBN foram menos intensos e deslocados na direção mais ao sudeste do Brasil (SILVA, G. 2009). No evento de 2015/16, classificado como um evento muito forte, os casos de JBN foram intensos e deslocados para o sul da Argentina, as maiores anomalias de temperatura da água estavam localizadas sobre a Região Central do Pacífico (El Niño Modoki), mas com o fortalecimento do mesmo, passou a se comportar um pouco mais como um El Niño canônico (maiores anomalias na região oriental do Pacífico) (LARINI, 2017).

As simulações mostraram que o padrão espacial dos JBNs sobre a AS foram bem representados quando comparados com trabalhos descritos na literatura, como por exemplo, SILVA (2009), bem como os efeitos dos eventos de El Niños em sua variabilidade. O JBN é modulado pela presença dos Andes e por sistemas sinóticos transientes no sul e sudeste da América do Sul.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

Os verões austrais do presente estudo apontam que em se tratando do fluxo de vento meridional, conhecido como JBN, estiveram presentes em todos os estudos de caso. Com estes resultados foi possível avaliar o desempenho do modelo em capturar as características do JBN a leste dos Andes e entender a sua variabilidade durante os eventos extremos inter-El Niño. Para eventos mais fracos (El Niño modoki), os casos de JBN apresentaram-se menos intensos e deslocados na direção mais ao sudeste do Brasil. Eventos fortes (El Niño canônico), o JBN deslocou-se em direção ao Sul do Brasil e Norte da Argentina e eventos muito forte (El Niño misto), os casos de JBN foram intensos e deslocados para o Sul da Argentina. Desta forma, sugere-se que além da intensidade do evento de El Niño sobre o Pacífico, a condição do Atlântico tropical pode também atuar no sentido de enfraquecer ou fortalecer os JBN na AS. As anomalias de precipitação subtropical durante o El Niño estão relacionadas ao JBN mais forte e maior transporte de umidade em direção ao sul para a América do Sul. A influência do ENSO no JBN é exercida através de uma combinação de teleconexões tropicais e extratropicais (MONTINI et. al., 2019). Assim é de extrema importância um maior conhecimento sobre a dinâmica da variabilidade climática que afeta estes sistemas, principalmente no que diz



respeito às forçantes interanual e interdecadal, já que o transporte de umidade na atmosfera representa um dos fatores determinantes do clima global e regional. Estes resultados apesar de serem para três verões pontuais e distintos, mostram que estão de acordo com trabalhos descritos na literatura e que precisam de uma análise mais abrangente (climatologia) para que seja possível entender com mais rigor os mecanismos associados a geração e intensificação do JBN sobre a AS.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Esse trabalho foi suportado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/da Universidade Federal de Alagoas (PIBIC/UFAL).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BONNER, William D. Climatology of the low level jet. **Monthly Weather Review**, v. 96, n. 12, p. 833- 850, dez. 1968. Disponível em:

<[https://pdfs.semanticscholar.org/b772/b3e6c](https://pdfs.semanticscholar.org/b772/b3e6cfe6299a6d3f97e83bc9a1dd761a37a9.pdf)

[fe6299a6d3f97e83bc9a1dd761a37a9.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/b772/b3e6cfe6299a6d3f97e83bc9a1dd761a37a9.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2018.

DA SILVA, Maria Cristina Lemos; DA ROCHA, Rosmeri Porfírio; YNOUE, Rita Yuri. Climatic simulations of the eastern Andes low-level jet and its dependency on convective parameterizations. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 108, n. 1-2, p. 9-27, sep. 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00703-010-0077-9>>. Acesso: 11 dez. 2018.

DOS SANTOS, Diego Felipe; REBOITA, Michelle Simões. Jatos de baixos níveis a leste dos andes: comparação entre duas reanálises. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, jan 2018. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/47595>>. Acesso em: 11 dez 2018.

GOMES, H. B., AMBRIZZI, T., DA SILVA, B. F. P., HODGES, K., DIAS, P. L. S., HERDIES, D. L. & GOMES, H. B. Climatology of easterly wave disturbances over the tropical South Atlantic. **Climate Dynamics**, p. 1-19, ago. 2019. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-019-04667-7>>. Acesso em: 15 out. 2019.



GUEDES DO NASCIMENTO, Marília; HERDIES, Dirceu Luis; OLIVEIRA DE SOUZA, Diego. The South American water balance: the influence of low-level jets. **Journal of Climate**, v. 29, n. 4, p. 1429-1449, feb. 2016. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0065.1)

JCLI-D-15-0065.1>. Acesso em: 10 set. 2018.

LARINI, Nelson. Análise das influências do fenômeno El Niño 2015-16 sobre a Região Sul do Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. **Graduação em Meteorologia**, jun. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/178258>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

MARENGO, J. A., SOARES, W. R., SAULO, C., & NICOLINI, M. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP–NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. **Journal of climate**, 17.12: 2261-2280, jun 2004.

Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2)>.

Acesso em: 15 dez. 2018.

MONTINI, Tessa L.; JONES, Charles; CARVALHO, Leila MV. The South American Low-Level Jet: A New Climatology, Variability, and Changes. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 124, n. 3, p. 1200-1218, jan 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1029/2018JD029634>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SANTOS, José Guilherme Martins dos; CAMPOS, Cláudia Rejane Jacondino de; LIMA, Kellen Carla Análise de jatos de baixos níveis associados a um sistema convectivo de mesoescala na américa do sul: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 4, p. 451-468, oct./dec. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2008000400006>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

SILVA, G. A. M.; AMBRIZZI, T. Inter-El Niño variability and its impact n the South American low-level jet east of the Andes during austral summer – two case studies. **Advances in Geosciences**, 6, 283-287, mar 2006. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00296948>>. Acesso em: 01 mar. 2019.



SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da. Evolução dos eventos El Niños em fases distintas da Oscilação Decadal do Pacífico: impactos no Jato de Baixos Níveis a leste dos Andes e nos ciclones extratropicais da América do Sul, **Doctoral dissertation**, Universidade de São Paulo, ago. 2009. Disponível em: < 10.11606/T.14.2009.tde-11092009-091218>. Acesso em: 20 dec. 2018

STENSRUD, David J. Importance of low-level jets to climate: A review. **Journal of Climate**, v. 9, n. 8, p. 1698-1711, ago. 1996. Disponível em: < [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<1698:IOLLJT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<1698:IOLLJT>2.0.CO;2)>. Acesso em: 05 set. 2018.



SOBRE OS ORGANIZADORES

Madson Tavares Silva

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2008). Mestre em Meteorologia, com área de concentração em Agrometeorologia e Micrometeorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2010). Doutor em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Atualmente é Professor Adjunto Nível II da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), lotado na Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA). Professor permanente dos Programas de Pós-Graduação em Meteorologia (PPGMET) e Recursos Naturais (PPGRN) da UFCG. Líder do Grupo de Pesquisas em Geotecnologias e modelagem de risco ambiental. Tem experiência na área de Meteorologia e Meio Ambiente, com ênfase em Agrometeorologia, Climatologia, Estatística Descritiva e Multivariada, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (QGIS), atuando principalmente nos seguintes temas: séries temporais, modelagem agrometeorológica e hidrológica (SWAT), mudanças climáticas, zoneamento de risco climático, consumo hídrico de culturas e sensoriamento remoto aplicado à agricultura e clima urbano.

Carlos Antonio Costa dos Santos

Possui graduação em Física (Licenciatura Plena) pela Universidade Estadual da Paraíba (2003), Mestrado em Meteorologia (2006), na área de Meteorologia de Meso e Grande Escalas com ênfase em Climatologia Física e Mudanças Climáticas, Doutorado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2009), com período sandwich na Utah State University, sob orientação do Dr. Christopher M. U. Neale, onde desenvolveu pesquisas com a aplicação e validação de algoritmos de Sensoriamento Remoto nas atividades agrícolas e floresta, trabalhando com as técnicas de correlações turbulentas (Eddy Covariance) e razão de Bowen (Bowen ratio). Atuou nas redes pública e particular de ensino exercendo a função de professor de Física nas áreas de Física Clássica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Climatologia, Radiação, Agrometeorologia, Micrometeorologia e Sensoriamento Remoto.

REALIZAÇÃO:



APOIO:



Universidade Federal
de Campina Grande



FORMATO 21 cm x 29,7 cm
TIPOLOGIA Times New Roman
PAPEL Couché
Nº DE PÁG. 616

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE- EDUFCG

