



# SISTEMAS AMBIENTAIS

*em Região*

*Semiárida*

**George do Nascimento Ribeiro  
Paulo Roberto Megna Francisco  
Viviane Farias Silva**



# **SISTEMAS AMBIENTAIS EM REGIÃO SEMIÁRIDA**



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S6233 Sistemas ambientais em região semiárida/Ribeiro et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2022.

100 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-48306-2

1. Sistema terrestre. 2. Sistema atmosférico. 3. Sistema aquático. 4. Modelagem. I. Ribeiro, George do Nascimento. II. Francisco, Paulo Roberto Megna. III. Silva, Viviane Farias. IV. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.

As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.

Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2022 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

### Créditos das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

### Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

### Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

George do Nascimento Ribeiro  
Paulo Roberto Megna Francisco  
Viviane Farias Silva

# **SISTEMAS AMBIENTAIS EM REGIÃO SEMIÁRIDA**



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2022

**REALIZAÇÃO**



**APOIO**



## **SUMÁRIO**

<b><i>SISTEMAS DE MODELAGEM TERRESTRES E SUA APLICAÇÃO NO BIOMA CAATINGA.....</i></b>	<b><i>6</i></b>
<b><i>EUTROFIZAÇÃO ANTRÓPICA NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS.....</i></b>	<b><i>23</i></b>
<b><i>INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NA PRODUÇÃO DE MEL NO MUNICÍPIO DE PARELHAS-RN.....</i></b>	<b><i>39</i></b>
<b><i>ANÁLISE DE COBERTURA VEGETAL DO BIOMA CAATINGA AO LONGO DE UMA ESCALA TEMPORAL.....</i></b>	<b><i>52</i></b>
<b><i>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE LUIS GOMES, RN.....</i></b>	<b><i>65</i></b>
<b><i>SISTEMA AMBIENTAL DA INTEGRAÇÃO DE BACIAS DO RIO SÃO FRANCISCO NO SERTÃO PARAIBANO: ANÁLISE JURÍDICA, AMBIENTAL E SOCIAL.....</i></b>	<b><i>74</i></b>
<b><i>Curriculum dos organizadores.....</i></b>	<b><i>100</i></b>



# SISTEMAS DE MODELAGEM TERRESTRES E SUA APLICAÇÃO NO BIOMA CAATINGA

**Paulo Roberto Megna Francisco**

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

**George do Nascimento Ribeiro**

Dr. Prof. Associado, CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

**Viviane Farias Silva**

Dra. Profa. Associada, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Djail Santos**

Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdjail@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-2207-3115>

## Introdução

O vocábulo sistema, representando conjunto organizado de elementos e de interações entre elementos possui uso antigo e difuso no conhecimento científico (CRISTOFOLETTI, 1999).

Chorley e Kennedy (1971) definem que um sistema é um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos e esses objetos consistem de componentes e variáveis que exibem relações discerníveis uns com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo.

Uma vez aceita a concepção de *sistema* como sendo um conjunto estruturado de objetos e atributos, e que, repita-se, apresenta limites, partes componentes, funções internas e externas, torna-se aceitável também a concepção de ambiente como um sistema. Um *ambiente* seria um sistema com expressão espacial, com limites identificáveis, estruturado por funções internas, que dão consistência a suas partes componentes (que podem ser consideradas, quando cabível, sub-sistemas), e por funções externas que o relacionam com eventos e sistemas que lhe são exteriores. Com base nestas acepções de ambientes e sistemas torna-se a perspectiva sistêmica um poderoso apoio às pesquisas ambientais (CHORLEY, 1971).

A palavra modelo possui muitas nuances em seu significado. De modo geral pode ser compreendido como sendo qualquer representação simplificada da realidade ou de um aspecto do mundo real que surja como de interesse ao pesquisador, que possibilite reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução (CRISTOFOLETTI, 1999).

O processo de modelagem consiste justamente em produzir representações (modelos) da estrutura e/ou funcionamento de um sistema (Figura 1), com o objetivo de melhor compreender a realidade observada, ou seja, um modelo é uma representação simplificada, uma abstração, da realidade (HANNON & RUTH, 2001; TURNER et al., 2001; RENNÓ & SOARES, 2007).

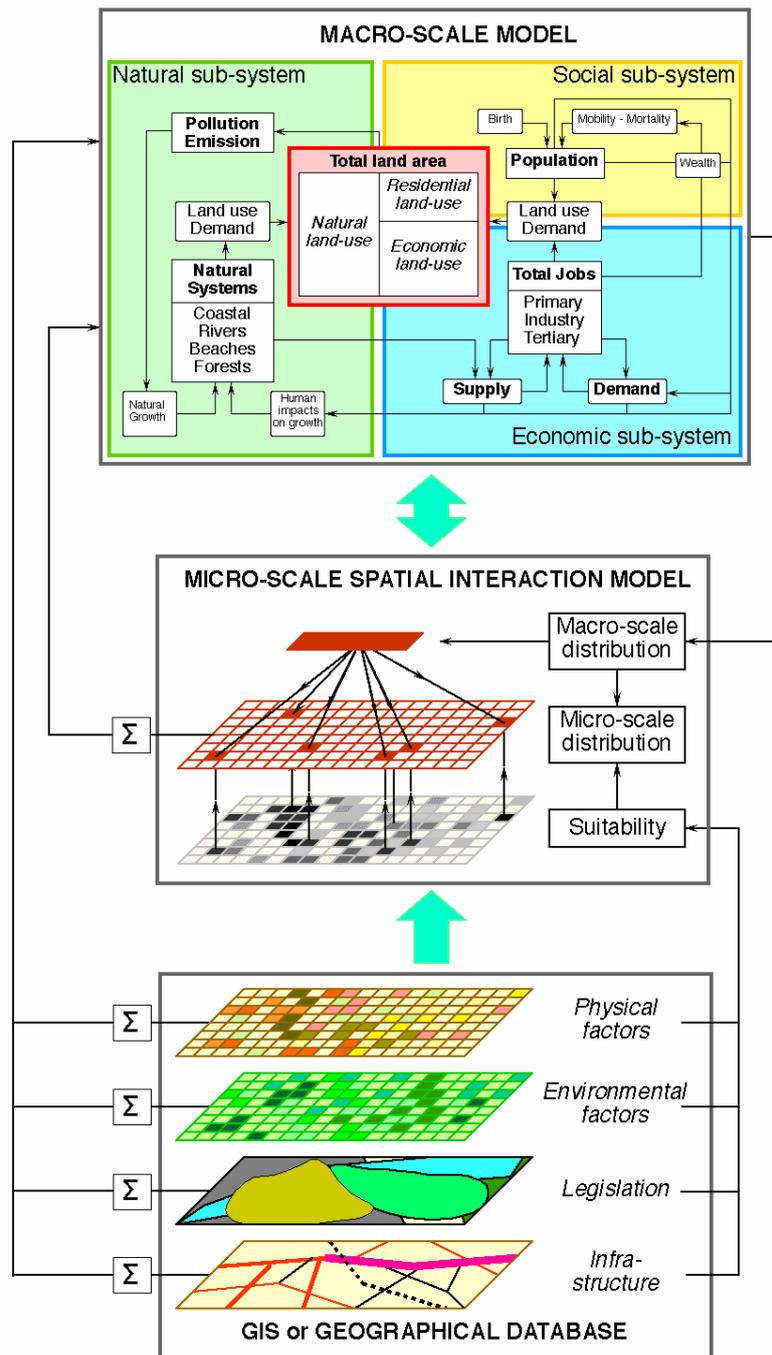


Figura 1. Integração entre o Modelo Multi-Escala e GIS (ENGELEN, 1995).

Um modelo matemático pode ser definido como a representação de um sistema físico por meio de equações, ou seja, a representação do comportamento de uma estrutura, esquema ou procedimento, real ou abstrato, que num dado intervalo de tempo inter-relaciona com uma entrada, causa ou estímulo de energia ou informação, e uma saída, efeito ou resposta de energia ou informação (TUCCI, 1987).

Nos últimos anos, os modelos matemáticos e físicos têm estado presentes no desenvolvimento de diversas áreas do conhecimento humano, científico e das ciências naturais, como

na física, astronomia, biologia, agricultura e hidrologia. A importância dos modelos reside, entre outros aspectos, no fato de poder obter relações de causa e efeito, sem que com isso se tenha efetivamente realizado alguma ação sobre o modelo físico real (MOREIRA, 2005).

De acordo com Santos et al. (2020), a modelagem espacialmente explícita tem se destacado dentre a diversidade de modelos. Os modelos dinâmicos espacialmente explícitos possuem vastas aplicações, tais como as de alterações de uso e cobertura da terra, desmatamento, expansão urbana, vulnerabilidade à erosão, degradação, desertificação, expansão da cana-de-açúcar e entre outras (SOARES-FILHO et al., 2002; ALMEIDA, 2003; ALMEIDA et al., 2005; AGUIAR, 2006; XIMENES et al., 2008; AMORIM & SILVA, 2009; COELHO, 2009; NASCIMENTO, 2011; MACEDO et al., 2013; VIEIRA, 2015; COHENCA, 2016; MEDEIROS, 2016).

Pedrosa e Câmara (2003) relatam que os modelos espaciais dinâmicos retratam a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo, além de que estes modelos devem ser capazes de responder questões chaves como as clássicas: Por quê?, Quando? e Onde? (Figura 2). Dependendo do objetivo traçado para a construção de um modelo, este é baseado em pelo menos três elementos: variáveis, relacionamentos e processos. Para Soares-Filho (2002), os modelos dinâmicos de simulação de mudanças de uso e cobertura da terra buscam reproduzir padrões evolutivos da paisagem, que permitem fazer uma análise futura dos impactos ecológicos sobre o meio ambiente.



Figura 2. Equipe interdisciplinar de modelagem. Fonte: Câmara et al. (2007).

Quanto à classificação, os modelos podem ser empíricos e de sistemas. Os modelos empíricos são modelos matemáticos mais simples, apresentam um número reduzido de variáveis, são eficientes em fazer previsões, porém apresentam limitações quanto à evolução espacial e à identificação das causas do sistema. Os modelos de sistemas tentam representar as interações entre todos os seus

componentes, são eficientes ao abordar a dimensão espacial e utilizam conceitos como as relações de vizinhança e o uso combinado de múltiplas escalas (PEDROSA & CÂMARA, 2003).

A construção de modelos possui uma variedade de propósitos úteis ao meio científico: ajuda a definir problemas e conceitos de forma mais clara e precisa; fornece um meio de análise de dados e comunicação de resultados; torna possível a realização de simulações; além de ser a única alternativa viável quando a solução possui um custo muito elevado ou mesmo impossível de ser obtida por meio de experimentos (BRATLEY et al., 1987; TURNER et al., 2001).

### **Aplicações da modelagem terrestre**

De acordo com Nobre (2008), Sistema Terrestre é uma maneira de enxergar a Terra com todos os seus elementos vivos e não-vivos, com vários compartimentos, componentes inter-relacionados, interligados, interativos. O autor ressalta também a importância dos processos antrópicos dentro desta visão, devido ao grande poder de transformação que o homem exerce sobre o meio em que vive e a difícil tarefa de compreender a interação entre todos estes processos e como influenciados e somos influenciados por tais interações.

No Brasil, diversos estudos de modelagem do uso da terra são desenvolvidos (BOWMAN et al., 2012; CÂMARA et al., 2005; GALFORD et al., 2013; GOVELLO et al., 2010; LEITE et al., 2012; MICHALSKI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013; SOARES-FILHO et al., 2012).

Várias outras áreas das engenharias que estudam a superfície terrestre utilizam a modelagem como Lopes et al. (2016), que utilizou modelagem digital de elevação por meio de laser scanning terrestre com ênfase em projetos geométricos de vias com geração de curvas de nível. Para o cálculo do movimento do pólo terrestre por Alves et al. (2008).

Em aplicações de modelagem do balanço energético superficial a evapotranspiração real pode ser calculada através do algoritmo Surface Energy Balance for Land (SEBAL) desenvolvido por Bastiaanssen (1995). Este modelo tem sido muito utilizado para estimar fluxos de calor e evapotranspiração e se destaca pela sua simplicidade (BOULOMYTIS, 2010).

Sorribas et al. (2013) afirmam que no caso para a simulação do balanço de carbono no compartimento terrestre (vegetação e solo) existem modelos de ecossistema, tais como o CENTURY (PARTON et al., 1987 *apud* METHERELL et al., 1996), DAYCENT (PARTON et al., 1998), TERRAFLUX (NEFF & ASNER, 2001) e IBIS (FOLEY et al., 2005), entre outros, desenvolvidos para avaliar a dinâmica de carbono em diferentes biomas, e também, modelos como o YASSO (LISKI et al., 2005; TUOMI et al., 2009) e ROMUL (CHERTOV et al., 2001) que enfatizam as transformações nas camadas superficiais do solo. Sorribas et al. (2012) trabalharam na modelagem distribuída do carbono em bacias hidrográficas (Figura 3).

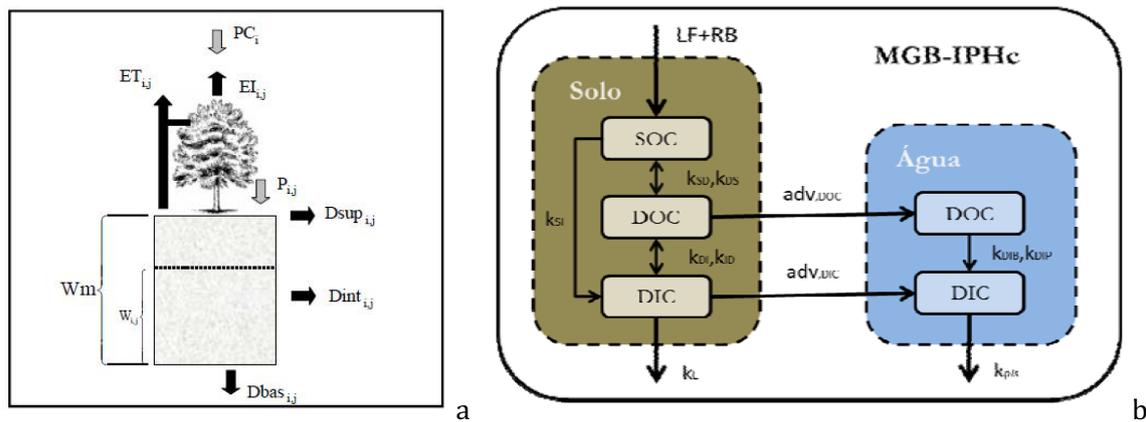


Figura 3. Modelo de balanço vertical de água no solo (a); Modelo matemático do ciclo de carbono em bacia hidrográfica (b). Fonte: Sorribas et al. (2012).

Com o desenvolvimento de pesquisas visando um maior conhecimento do comportamento dos processos físicos na bacia hidrográfica e relacionados a questões ambientais, foram desenvolvidos modelos hidrológicos mais próximos da realidade física como SHE (ABBOTT et al., 1986), TOPMODEL (BEVEN, 1977; BEVEN & KIKBY, 1979) e IDHM (BEVEN, et al., 1987).

Novas ferramentas com modelagem buscam simular as transformações e impactos ocorridos pelas mudanças no uso do solo para possibilitar a análise e o entendimento deste fenômeno como Pijanowski et al. (2002), Almeida (2003), Kuhn (2005), Verburg et al. (2006) e Carneiro et al. (2013).

Souza e Lapola (2016) utilizando o CPTEC-Potential Vegetation Model 2 (PVM2) para avaliar o efeito do aumento de CO<sub>2</sub> no bioma amazônico. Andrade et al. (2018) realizando o escaneamento a laser aerotransportado para modelagem de terreno em floresta amazônica calculando o desvio pixel a pixel e resumindo-o por meio do erro padrão da estimativa (RMSE) para estimar a biomassa da vegetação com maior precisão. Lopes e Rizzi (2007) realizando modelagem por algoritmo da emissividade da superfície terrestre em regiões montanhosas a partir de dados do sensor MODIS.

Santos et al. (2020) desenvolveram modelos dinâmicos através da utilização do arcabouço de modelagem LuccME (INPE) para representar computacionalmente as mudanças de uso da terra e seus fatores determinantes, através de simulações na bacia hidrográfica do Rio Marapanim, Pará.

### Modelagem aplicada no Bioma Caatinga

A intensificação das mudanças ambientais causadas por processos antrópicos exige respostas cada vez mais rápidas por parte de pesquisadores, empresários e governantes, e também a necessidade de uma maior compreensão acerca do funcionamento dos sistemas terrestres viabilizando intervenções de menor impacto ao meio ambiente.

No Bioma Caatinga, e especificamente no Estado da Paraíba vem se estudando estas mudanças ambientais por variados trabalhos e diversos autores como Francisco (2010) (Figura 4), Francisco et

al. (2010; 2012; 2013) na modelagem da declividade do terreno utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG) (Figura 5) e imagens SRTM, juntamente com informações dos solos para elaboração do mapeamento das terras para mecanização agrícola.

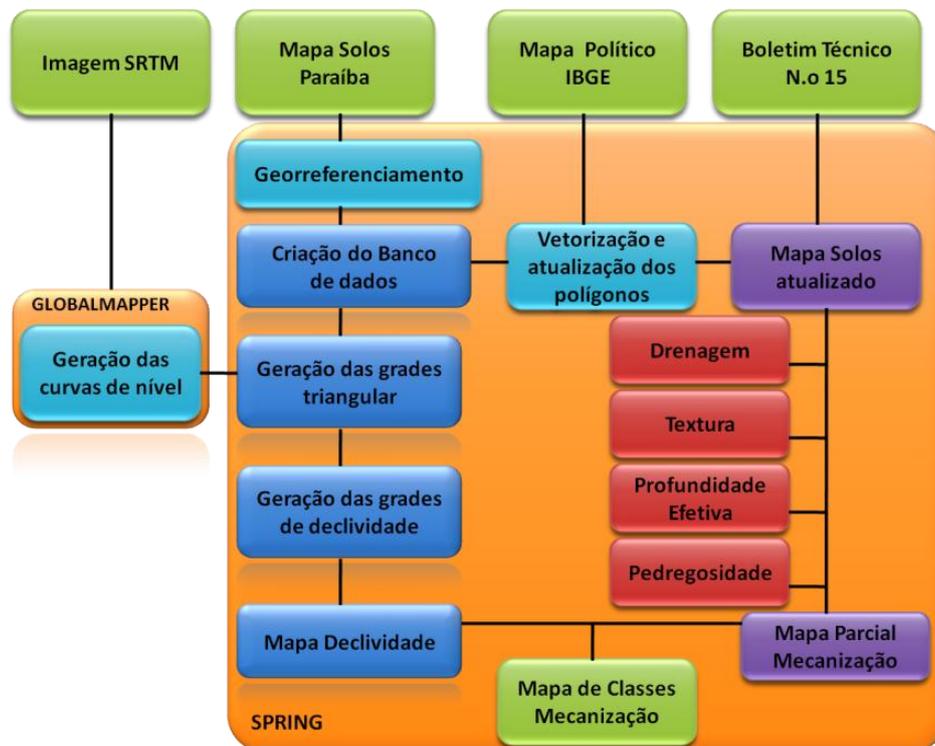


Figura 4. Modelagem em SIG. Fonte: Francisco (2010).

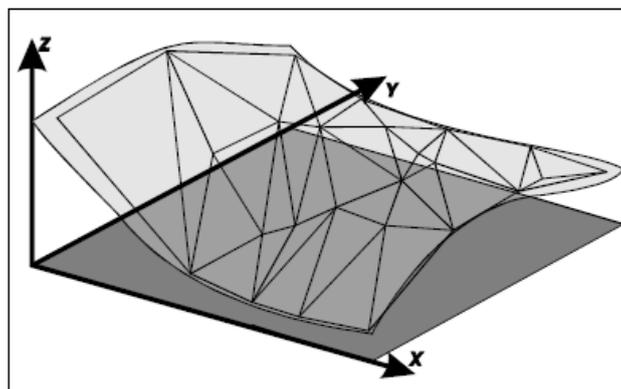


Figura 5. Superfície e malha triangular modelada em SIG.

Fonte: Câmara e Medeiros (1998).

Teotia et al. (2009) utilizando o ERDAS para modelagem e correção das imagens de satélite no mapeamento e classificação do uso da terra e cobertura vegetal numa parte do Agreste Paraibano obtiveram bons resultados. Teotia e Francisco (2010) utilizaram um modelo de adequação da informação da terra para o potencial de irrigação para algumas regiões do nordeste (Figura 6).

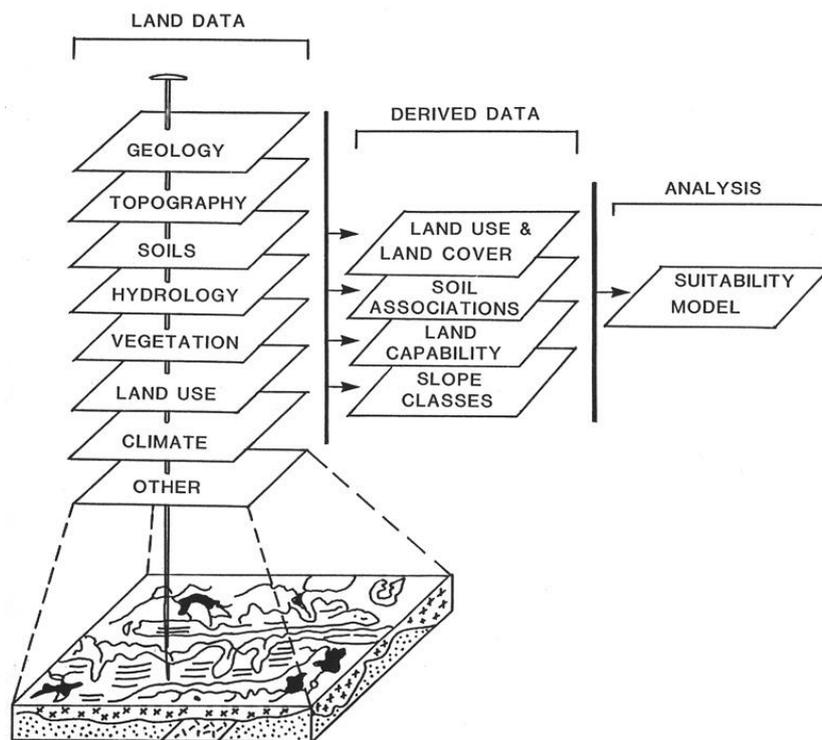


Figura 6. Modelo de adequação da informação da terra para o potencial de irrigação.

Fonte: Teotia e Francisco (2009).

Francisco (2013), Chaves et al. (2015), Francisco et al. (2020) realizando modelagem para estimativa da degradação utilizou imagens SRTM para gerar a declividade e imagens de satélite para gerar o NDVI corrigida por modelagem no ERDAS E dados de erodibilidade dos solos, respectivamente.

Utilizando o modelo de correções atmosférica e radiométrica de Bastiaanssen et al. (2005) para obter as cartas de radiância e reflectância, Costa Filho et al. (2007) utilizaram na microrregião de Sousa para calibração de imagens CBERS. Francisco et al. (2012) analisaram espectralmente os índices de vegetação para o mapeamento da caatinga calibrando imagens LANDSAT. Francisco et al. (2014) estimaram o volume de biomassa da vegetação lenhosa utilizando a modelagem para ajustes das imagens. Francisco et al. (2017) utilizaram a mesma técnica mas juntamente avaliando a umidade antecedente da vegetação.

Com aplicação de SIG para analisar a distribuição da vegetação no município de Soledade, Francisco et al. (2015) aplicaram a modelagem em Linguagem Espacial Algébrica (LEGAL) no cruzamento de imagens de satélite. Francisco et al. (2012) utilizou na detecção de mudança em bacia hidrográfica e Ribeiro et al. (2013; 2014) na detecção de mudança da cobertura vegetal em Sumé ambos em modelagem com SIG e o LEGAL; e Francisco et al. (2014) na identificação de áreas de degradação ambiental. Francisco et al. (2013) utilizou para o município de Parari a modelagem e Gonçalves et al. (2013) para o município de Taperoá.

Francisco et al. (2013) em análise da degradação de áreas do núcleo de desertificação no Seridó no município de Picuí utilizou modelagem em SIG.

Francisco et al. (2013) desenvolveram o Índice de Vulnerabilidade das Terras (IVT) e um modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação (FRANCISCO et al., 2013; 2014) e mapearam a vulnerabilidade da bacia hidrográfica do rio Taperoá utilizando modelagem em SIG com a linguagem LEGAL (Figura 7). A vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto rio Paraíba foi avaliada por Francisco et al. (2019) por modelagem utilizando o LEGAL.

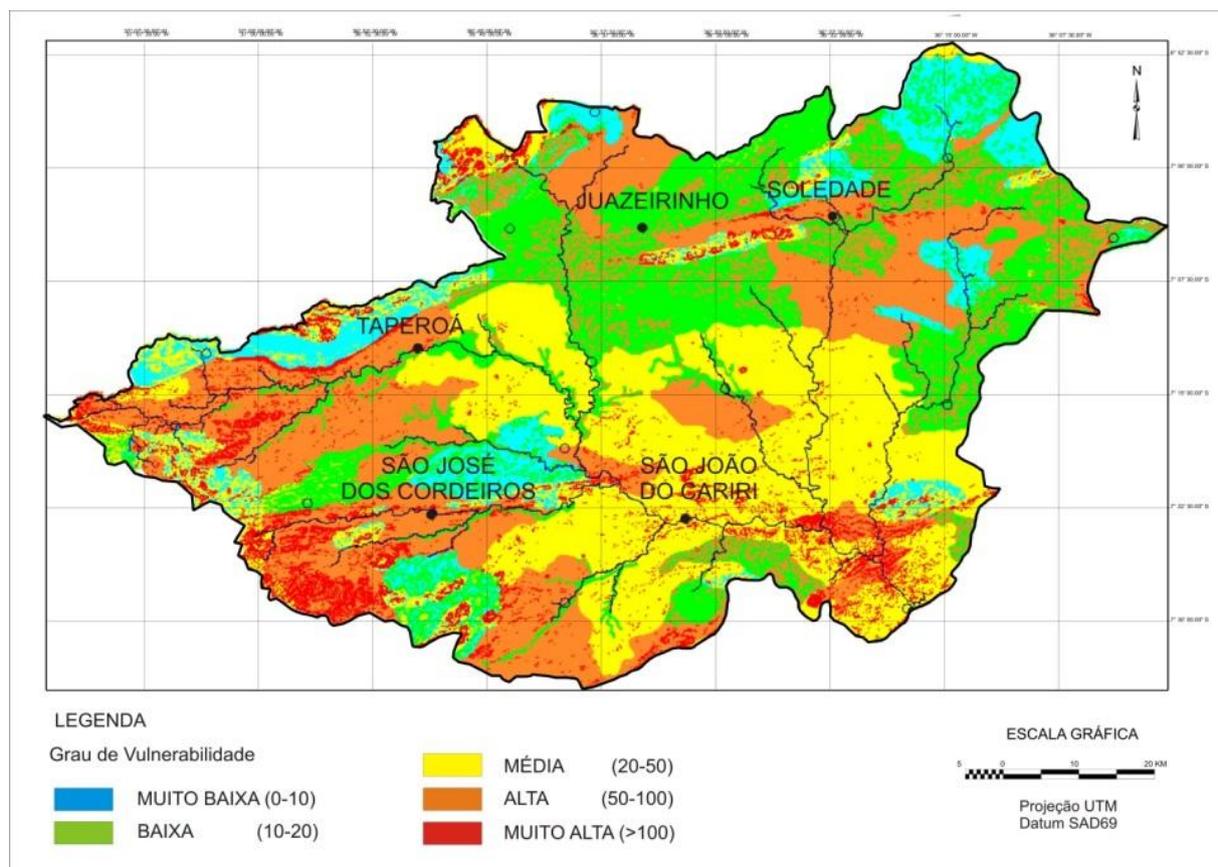


Figura 7. Grau de vulnerabilidade à desertificação. Fonte: Francisco et al. (2014).

Na bacia hidrográfica do Alto rio Paraíba Francisco et al. (2019) aplicou o índice de deterioração das terras semiáridas (IDTS) utilizando modelagem e o LEGAL (Figura 8).

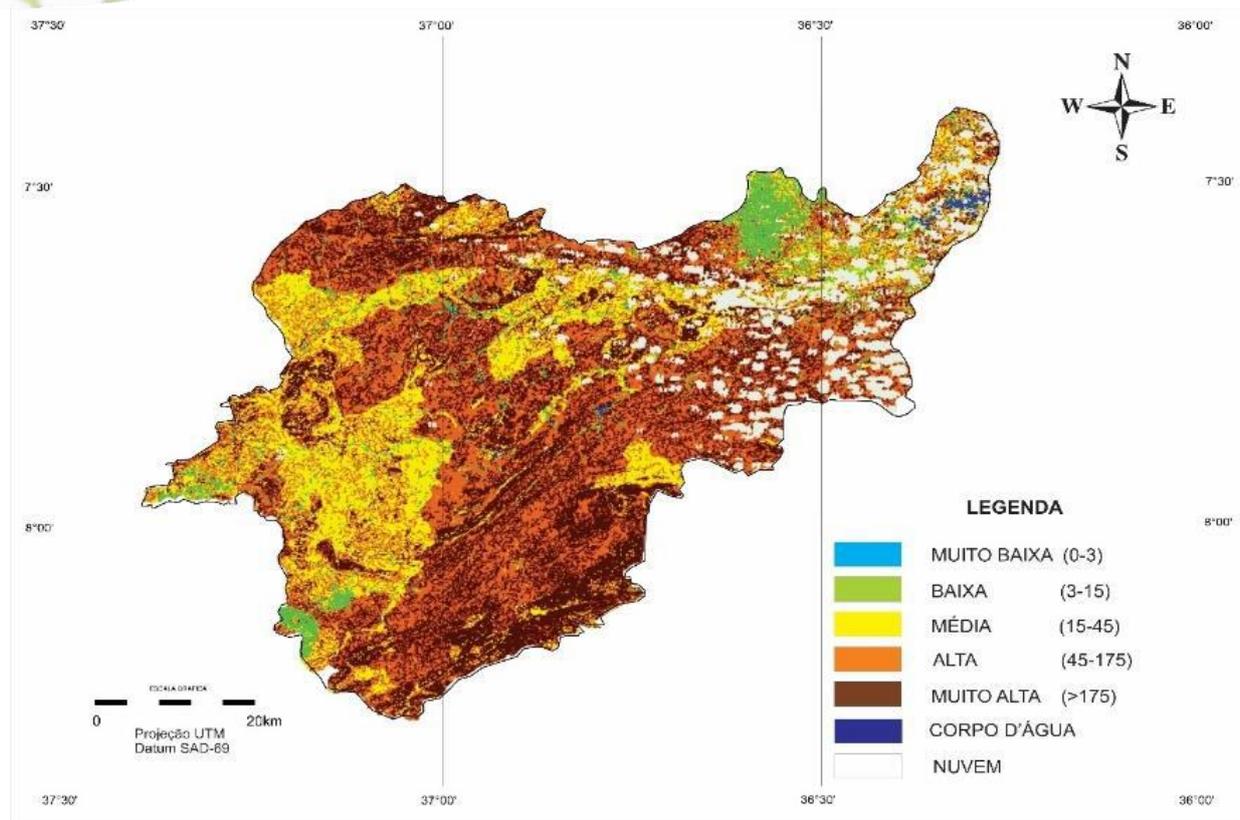


Figura 8. Mapa de deterioração das terras semiáridas. Fonte: Francisco et al. (2019).

Estimando a erodibilidade dos solos da microbacia hidrográfica de Vaca Brava, região do Brejo, Brito et al. (2021) utilizaram os modelos de Williams et al. (1990); Torri et al. (1997) e Shirazi et al. (1988).

Francisco et al. (2022) em bacia hidrográfica na região do brejo paraibano elaboraram o potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo utilizando modelagem em SIG. Também utilizado por Queiroz et al. (2021) na bacia hidrográfica do açude do Namorado, região do Cariri. Para o município de Alagoa Nova-PB, Sales et al. (2022) realizaram a estimativa de perdas de solo por erosão em propriedades rurais.

### Referências Bibliográficas

AGUIAR, A. P. D. Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intraregional. 182f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2006.

ALMEIDA, C. M. Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP). São José dos Campos: INPE, 2003. 351p.

- ALMEIDA, C. M.; BATTY, M.; MONTEIRO, M. V.; CÂMARA, G.; SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. GIS and remote sensing as tools for the simulation of urban land-use change. *International Journal of Remote Sensing*, v.26, n.4, p.759-774, 2005.
- ALVES, D. B. M.; SOUZA, E. M. de; MONICO, J. F. G. Movimento do pólo terrestre: aspectos físicos, modelagem matemática e análises. *Tend. Mat. Apl. Comput.*, v.9, n.1, p.1-10, 2008.
- AMORIM, R. DE F.; SILVA, F. M. DA. Modelagem do processo de vulnerabilidade à erosão do solo utilizando o SPRING. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 14, 2008, Natal. Anais...Natal, 2009.
- ANDRADE, M. S.; GORGENS, E. B.; REIS, C. R.; CANTINHO, R. Z.; ASSIS, M.; SATO, L.; OMETTO, J. P. H. B. Airborne laser scanning for terrain modeling in the Amazon forest. *Acta Amazonica*, v.48, p.271-279, 2018.
- BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. 273f. PhD Thesis. Wageningen Agricultural University. Wageningen, 1995.
- BEVEN, K. J.; CALVER, A.; MORRIS, E. M. The Institute of Hydrology Distributed Model – HDM. Institute of Hydrology, Wallingford University. United Kingdom, Technical Report 98, 1987.
- BOULOMYTIS, V. T. G. Sensoriamento remoto como subsídio à modelagem do balanço energético superficial. *Revista Agrogeoambiental*, v.2, n.2, 2010.
- BOWMAN M.; SOARES-FILHO, B. S.; MERRY, F.; NEPSTAD, D.; RODRIGUES, H.; ALMEIDA, O. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production. *Land Use Policy*. 29, 558– 568. 2012.
- BRATLEY, P.; FOX, L. B.; SCHRAGE, E. L. *A guide to Simulation*. 2ª Ed. Springer-Verlag, New York, 1987.
- BRITO, T. P. DE; SANTOS, D.; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, A. C. DOS; OLIVEIRA, F. P. DE. Estimativa da erodibilidade dos solos da microbacia hidrográfica de Vaca Brava, Areia-PB. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, 7, 2021, Goiânia. Anais...Goiânia, 2021.
- CÂMARA, G.; AGUIAR, A. P.; ESCADA, M. I.; AMARAL, S.; CARNEIRO, T.; MONTEIRO, A. M. V. ARAUJO, R.; VIEIRA, I.; BECKER, B. Amazonian deforestation models. *Science*, n.5712, v.307, p.1043-1-44, 2005.
- CÂMARA, G.; CARNEIRO, T. G. S.; BEYILACQUA, L. I Curso de Verão Geoma 2007 –Modelagem Dinâmica com TerraME. 2007. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/geoma/curso\\_verao/index.php](http://www.dpi.inpe.br/geoma/curso_verao/index.php). Acesso em: agosto/2008.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. 2.a Ed. – Rev. e Amp. São José dos Campos: INPE, 1998. 194p.
- CARNEIRO, T. G. S.; ANDRADE, P. R.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; PEREIRA, R. R. An extensible toolbox for modeling nature–society interactions. *Environmental Modelling & Software*, v.46, p.104-117, 2013.
- CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE; CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. *Revista Caatinga*, v.28, n.1, p.183–195, 2015.

- CHERTOV, O. G.; KOMAROV, A. S.; NADPOROZHSKAYA, M.; BYKHOVETS, S. S.; ZUDIN, S. L. ROMUL: a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modeling. *Ecological Modelling*, v.138, n.1-3, p.289-308, 2001.
- CHORLEY, R. J. A geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. *Notícia Geomorfológica*, v.11, n.21, p.3-22, 1971.
- CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. *Physical Geography: a system approach*. London: Prentice Hall, 1971.
- COELHO, A. DOS S. Modelagem de dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal na região de Santarém, oeste do Pará. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará. Belém, 2009.
- COHENCA, D. Modelagem de cenários de ocupação no litoral sul de Santa Catarina utilizando técnicas de análise geoespacial. 149f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2016.
- COSTA FILHO, J. F. DA; FRANCISCO, P. R. M.; ANDRADE, M. V. DE; SILVA, L.; DANTAS, R. L.
- CRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236p.
- ENGELN, G. Using cellular automata for integrated modelling of socioenvironmental systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.34, p.203-214, 1995.
- Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-2. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 40, 2007, Aracaju. Anais...Aracaju, 2007.
- FOLEY, J. A.; KUCHARIK, C. J.; POLZIN, D. Integrated Biosphere Simulator Model (IBIS), Version 2.5. Model product. Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.: Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, 2005. Disponível em:
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE. Detecção de Mudança da Vegetação de Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, p.1473-1487, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G. Bioma caatinga e degradação: modelo de mapeamento. Campina Grande: EPGRAF, 2020. 80p.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO, Z. N.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.2, p.271-286, 2013.

- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Umidade antecedente e índice de vegetação da diferença normalizada no mapeamento da caatinga. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.13, n.2, p.82-91, 2017.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; BRANDÃO, Z. N.; SILVA, B. B. DA. Análise espectral e avaliação de índices de vegetação para o mapeamento da caatinga. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 6, 2012, Aracajú. Anais... Aracajú, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; OLIVEIRA, F. P. DE. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. In: FURTADO, D. A.; BARACUHY, J. G. DE V.; FRANCISCO, P. R. M.; FERNANDES NETO, S.; SOUSA, V. A. DE. (org). *Tecnologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro*. Campina Grande: EPGRAF, 2014. 308p.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.28, n.1, p.30-35, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do Alto rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 18, 2010, Teresina. Anais...Teresina, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; SILVEIRA, T. DE A.; LIMA, A. K. V. DE O.; DANTAS, M. R.; SANTO.S J. J. A. Análise da degradação de áreas do núcleo de desertificação seridó utilizando modelagem em SIG. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 8, 2013, Salvador. Anais...Salvador, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; SILVEIRA, T. DE A.; SILVA, A. B. M. DA; SILVA, S. L. DA. Uso do geoprocessamento na detecção de mudança da cobertura vegetal do município de Parari-PB. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 1, 2013, Iguatu. Anais...Iguatu, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. DO N.; MORAES NETO, J. M. DE. Mapeamento da Deterioração Ambiental em Área de Vegetação de Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.2, p.304-318, 2014.

- FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. DO N.; MORAES NETO, J. M. DE; ARAGÃO, K. P. Avaliação da degradação da caatinga do município de Sumé-PB estimado pelo volume de biomassa da vegetação lenhosa. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.1, p.117-129, 2014.
- FRANCISCO, PAULO R. M.; GONÇALVES, JORGE L. G.; MORAES NETO, J. M. GIS applied in the analysis of distribution of vegetation in semiarid region. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.2, p.072-085, 2015.
- GALFORD, G.; SOARES-FILHO, B. S.; CERRI, C. E. P. Prospects for land-use sustainability on the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. *Biological Sciences*, v.368, p.20120171-20120171, 2013.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; VIEIRA, E. N. DE L. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 8, 2013, Salvador. Anais...Salvador, 2013.
- GOUVELLO, C.; SOARES-FILHO, B. S.; NASSAR, A. Estudo de baixo carbono para o Brasil: uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas. Washington: The World Bank, 2010. 292p.
- HANNON, B.; RUTH, M. *Dynamic Modeling*. Springer-Verlag, New York, 2nd Edition. 2001.  
<http://daac.ornl.gov>. Acesso em: 2 de maio de 2022.
- KUHN, C. 2005. Uma análise sistêmica das transformações de uso como suporte à decisão para o planejamento de unidades de conservação. 166f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
- LEITE, C.; COSTA, H. M.; SOARES-FILHO, B. S.; VIANA, L. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995. *Global Biogeochemical Cycles*, n.26, p.11-29, 2012.
- LISKI, J.; PALOSUO, T.; PELTONIEMI, M.; SIEVANEN, R. Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecological Modelling*, v.189, n.1-2, p.168-182, 2005.
- LOPES, E. C.; SILVA, T. O. DA; SANTOS, A. DE P. DOS; FERRAZ, A. S.; CARVALHO, C. A. B. DE; PINTANGA, H. N. Proposta metodológica para modelagem digital de elevação por meio de laser scanning terrestre com ênfase em projetos geométricos de vias. *Ciência & Engenharia*, v.25, n.1, p.137-143, 2016.
- LOPES, P. M. O.; RIZZI, R. Modelagem da emissividade da superfície terrestre em regiões montanhosas a partir de dados do sensor MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2007.
- MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. 2013. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v.19, n.2, p.313-337, 2017.
- MEDEIROS, G. O. R. Diagnóstico da erosão e a expansão da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. 279f. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2016.

- METHERELL, A. J.; PARTON, W. J.; HARDING, L. A.; COLE, C. V. CENTURY Soil Organic Matter Model Environment. Technical Documentation. Agroecosystem Version 4.0. Fort Collins, Colorado: Colorado State University, 1996. (Great plains system research unit technical report, 4).
- MICHALSKI, F.; METZGER, J. P.; PERES, C. Rural property size drives patterns of upland and riparian forest retention in a tropical deforestation frontier. *Global Environmental Change*, v.20, n.4, p.705-712, 2010.
- MOREIRA, I. A. Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidrológica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- NASCIMENTO, N. C. C. DO. Cenários de uso da terra nas mesobacias hidrográficas dos igarapés Timboteua e Buiuna, Pará. 111f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia). Núcleo de Meio Ambiente. Universidade Federal do Pará. Belém, 2011.
- NEFF, J. C.; ASNER, G. P. Dissolved organic carbon in terrestrial systems: synthesis and a model. *Ecosystems*, v.4, n.1, p.29-48, 2001.
- NOBRE, C. Ciência do sistema terrestre e a sustentabilidade da vida no planeta. *Revista Pesquisa FAPESP*, 2008. Disponível em: [http://www.revistapesquisa.fapesp.br/pdf/revolucao\\_genomica/nobre.pdf](http://www.revistapesquisa.fapesp.br/pdf/revolucao_genomica/nobre.pdf).
- OLIVEIRA, L. J. C.; COSTA, M. H.; SOARES-FILHO, B. S.; COE, M. T. Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. *Environmental Research Letters*, v.8, p.24-21, 2013.
- PARTON, W.J.; HARTMAN, M.; OJIMA, D.; SCHIMEL, D. DAYCENT and its land surface submodel: description and testing. *Global and Planetary Change*, v.19, n.1-4, p.35-48, 1998.
- PEDROSA, B. M.; CÂMARA, G. Modelagem dinâmica: Conceitos básicos e exemplos de sistemas. 41p. 2003. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap1\\_conceitos.pdf](http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap1_conceitos.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- PIJANOWSKI, B. C. et al. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems*, v.26, n.6, p.553-575, 2002.
- QUEIROZ, K. B. DE; RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D. Potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo na bacia hidrográfica do açude do Namorado, Paraíba. *Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, v.7, n.3, p.36-48, 2021.
- RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. Conceitos básicos de modelagem hidrológica. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. DE. (org). *Geomática: Modelos e aplicações ambientais*. 1ª Ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 11, p.529-556.
- RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE. Detecção de mudança de vegetação de caatinga através de geotecnologias *Revista Verde*, v.9, n.5, p.84-94, 2014.

- RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE; RAMOS, Y. S. Detecção de mudança de vegetação de caatinga Através de geotecnologias. In: Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade, 2, 2013, Recife. Anais...Recife, 2013.
- SALES, J. F. S. DE; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P. DE; FRANCISCO, P. R. M. Estimativa de perdas de solo por erosão em propriedades rurais registradas no cadastro ambiental rural no município de Alagoa Nova-PB. Revista Facultad de Agronomia, v.121, n.1, 2022.
- SANTOS; L. B.; COELHO, A. DOS S.; BEZERRA, F. G. S.; BARROS, M. N. R.; ADAMI, M.; FENZL, N. Fatores que influenciam na modelagem de uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, Pará. Revista Brasileira de Geografia Física, v.13, n.7, p.3370-3394, 2020.
- SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. DINAMICA- A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. Ecological Modelling, v.154, p.217-235, 2002.
- SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. DINAMICA-A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. Ecological Modelling, v.154, p.217-235, 2002.
- SOARES-FILHO, B. S.; LIMA, L.; BOWMAN, M.; VIANA, L.; GOUVELLO, C. Challenges for a low carbon agriculture and forest conservation in Brazil. Sustainability Reports. IADB, Washington. 2012. Disponível em: <http://www.iadb.org/sustainability/soares>. Acesso em: outubro 2012.
- SORRIBAS, M. V.; COLLISCHONN, W.; MARQUES, D. DA M.; FRAGOSO JR., C. R.; CASTRO, N. M. DOS R.; SOUZA, R. S. Modelagem distribuída do carbono em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.17, n.3, p.225-240, 2012.
- SOUZA, Y. S. DE; LAPOLA, D. M. Uma aplicação de modelagem do ciclo hidrológico e impactos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico na Amazônia. Revista Univap, v.22, ed. esp., n.40, 2016.
- TEOTIA, H. S.; FRANCISCO, P. R. M. Land information suitability model for irrigation potencial in NE Brazil. In: National Conference on Sustainable Water Resources Management, 2010, Surathkal. Anais...Surathkal, 2010.
- TEOTIA, H. S.; RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M. Integração do sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG) para identificação, mapeamento e classificação do uso da terra e cobertura vegetal numa parte do Agreste Paraibano no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. Anais...Natal, 2009.
- TUCCI, C. E. M. Simulação no gerenciamento de recursos hídricos. In: BARTH, F. T. et al. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: Nobel: ABRH, 1987.
- TUOMI, M.; THUMC, T.; JÄRVINENC, H.; FRONZEKA, S.; BERGD, B.; HARMONF, M.; TROFYMOWG, A.; SEVANTOH, S.; LISKI J. Leaf litter decomposition - estimates of global variability based on Yasso07 model. Ecological Modelling, v.220, n.23, p.3362-3371, 2009.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. Landscape Ecology in Theory and Practice: pattern and process. Springer-Verlag, New York, 2001.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. Landscape Ecology in Theory and Practice: pattern and process. Springer-Verlag, New York, 2001.

VERBURG, P. H.; KOK, K.; PONTIUS JR, R. G.; VELDKAM, P. A. Modeling land-use and landcover change. In: LAMBIN, E. F.; GEIST, H. (Eds.). Land-use and land-cover change: local processes and global impacts. Berlin: Springer, p.117-135, 2006.

VIEIRA, R. M. S. P. Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra. 87f. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2015.

XIMENES, A. C.; ALMEIDA, C. M.; AMARAL, S.; ESCADA, M. I. S.; AGUIAR, A. P. D. Modelagem dinâmica do desmatamento na Amazônia. Boletim de Ciências Geodésicas, v.14, p.370-391, 2008.



# EUTROFIZAÇÃO ANTRÓPICA NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

**Edilene Daniel de Araújo**

*Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB,  
safirabiologia@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-6316-8295>

**Michel Barros Silva**

*Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB,  
michelbarrosufcg@hotmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0003-2303-4943>

**Mikaelly Batista da Silva**

*Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB,  
mikaelly.b66@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0001-7215-3397>

**Wedsley Oliveira de Melo**

*Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB,  
wedsley@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0003-1919-4258>

## Introdução

A eutrofização, nos ecossistemas aquáticos, consiste no aumento da concentração de nutrientes (fósforo, nitrogênio, potássio, carbono e ferro), que pode ocorrer de forma natural, processo lento e contínuo, resultante de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais. Porém, este processo também ocorre por ações induzidas pelo homem, a qual é denominada de eutrofização antrópica, cultural ou artificial. As origens dos nutrientes nesse tipo de eutrofização podem ser provenientes de diversos setores, como efluentes domésticos, efluentes industriais e atividades agrícolas, além de outras atividades que geram substâncias eutrofizantes (amônia, fosfato e nitrato). A eutrofização antrópica é a principal responsável pelo envelhecimento precoce de ecossistemas lacustres. Isto provavelmente se deve ao fato de que ocorram modificações qualitativas e quantitativas nas biocenoses aquáticas e nas condições físico-químicas do meio, a qual pode ser considerada uma forma de poluição (ESTEVES, 1998; CARVALHO, 2004).

A eutrofização ou envelhecimento natural de corpos hídricos resulta em um aumento de nutrientes essenciais para as algas e plantas aquáticas superiores. Contudo, a eutrofização natural tem sido agravada pela eutrofização antrópica, a qual quando controlada, para fins de piscicultura, pode ser desejável, porque permite a multiplicação de algas, as quais servem de alimento para o zooplâncton, que por sua vez, serve de alimento para os peixes. O desequilíbrio ecológico decorrente da eutrofização antrópica provoca maior produção de matéria orgânica do que o sistema é capaz de decompor, alterações no pH, aumento da concentração de gases metano e sulfídrico, além de alterações na diversidade biológica e densidade dos organismos (CARVALHO, 2004).

Carvalho (2004) destaca que, o índice elevado de nutrientes favorece o aumento da densidade de algas, o surgimento de novas espécies e o desaparecimento de outras. Nos meses mais quentes do ano observam-se altas densidades populacionais de algas e decianobactérias dos gêneros, *as quais* exibem florações características de um ambiente eutrofizado por ações antrópicas. Para o autor, a água do ecossistema torna-se imprópria para o abastecimento, em razão da alta quantidade de substâncias tóxicas excretadas por esses organismos pelo forte odor persistente, mesmo após tratamentos sofisticados. Além disso, os microrganismos que decompõem a matéria orgânica consomem altas taxas de gás oxigênio, e nessas condições ocorre a formação de outros gases como o metano e o sulfídrico, por meio de bactérias anaeróbias, os quais são extremamente venenosos para a maioria dos seres vivos aquáticos.

A interferência do homem nos ecossistemas aquáticos resulta no desequilíbrio ambiental porque altera sua dinâmica original, além de afetar a biodiversidade local. Conforme Araújo e Campos (2019), a poluição causada por esgotos descartados inadequadamente em corpos hídricos traz diversas consequências à vida aquática, principalmente a eutrofização, que ocorre pela alteração nas concentrações das substâncias presentes na água devido ao despejo de dejetos, os quais podem conter quantidades elevadas de nutrientes que servem de alimento para microrganismos como cianobactérias e algas. Dessa forma, esses seres vivos em conjunto com os resíduos descartados no meio aquático formam uma camada espessa na superfície da água, impedindo a entrada de energia solar, e isso conseqüentemente provocará a morte dos seres autótrofos, fato este que reduz a quantidade de oxigênio dissolvido na água, afetando toda cadeia alimentar aquática.

As atividades antrópicas refletem direta ou indiretamente nos ecossistemas tanto terrestre como aquáticos de forma negativa. No que diz respeito ao ecossistema aquático, o aumento na concentração de nutrientes na água promove o crescimento dos fitoplanctons e ao mesmo tempo reduz a transparência da mesma, resultando em condições favoráveis à reprodução excessiva de cianobactérias devido ao processo de eutrofização. Dentre as mudanças na qualidade da água por as ações antropogênicas, destacam-se o aumento de turbidez, da concentração de nutrientes e da biomassa de algas, as quais estão associadas à eutrofização em reservatórios (OLIVEIRA et al., 2020).

Portanto, torna-se indispensável compreender os processos de eutrofização dos ecossistemas aquáticos, em especial a eutrofização antrópica, as fontes e consequências dessa eutrofização e suas principais implicações sócio-econômicas.

### **Fontes de Eutrofização**

A desregulação e o aumento na proporção de nutrientes de um ecossistema aquático em consonância com a abundância de fitoplâncton, baixa transparência da água e redução dos níveis de oxigênio consiste em um fenômeno denominado de eutrofização. Essas mudanças que acontecem nesses ecossistemas podem ser ocasionadas naturalmente ou através de atividades antrópicas (CAIN et al., 2018; BARBOSA, 2017).

Na eutrofização natural ocorre o acúmulo de matéria orgânica ao longo do tempo em função do acúmulo de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais que erodem da superfície do solo, é um processo lento. De acordo com estudos, esse processo já ocorria desde os períodos geológicos do Carbonífero Superior (especificamente no Permiano), Jurássico e

Cretáceo. Nesses períodos a eutrofização surgia em decorrência da elevada concentração de material orgânico gerado pelos dejetos dos grandes animais (SCHÖNBORN, 2003). Já a eutrofização induzida pelo homem é conhecida como artificial cultural ou antrópica. Nesse tipo de eutrofização o homem é o principal agente indutor das inúmeras mudanças que acontecem dentro do ecossistema aquático, sendo assim, considerada como uma forma de poluição (ROCHA et al., 2009). Diversas fontes antrópicas são responsáveis pela geração dessa poluição, e em decorrência do crescimento populacional nos últimos anos, da falta de conhecimento a respeito do meio ambiente e da importância de conservá-los, os ambientes aquáticos estão cada vez mais sofrendo com processos de eutrofização, e isso, tem sido uma preocupação mundial (MENDES & ALMEIDA, 2008).

No Brasil, as principais fontes que contribuem para a eutrofização são a agricultura, a urbanização, e o lançamento de efluentes doméstico e industrial sem tratamento adequado. Essas fontes poluidoras podem produzir impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos nos ambientes aquáticos e são classificadas em duas categorias: fontes pontuais e difusas (ROCHA et al., 2009; SILVA, 2019).

## **As principais causas da eutrofização antrópica**

### **Agricultura**

Considerado o setor mundial que mais consome água doce, cerca de 70%, a agricultura representa uma das causas que pode provocar poluição das águas e, em consequência, a eutrofização. Isso acontece por meio da erosão do solo e do lixiviamento de pesticidas e fertilizantes que acabam contaminando as águas superficiais e subterrâneas através da bioacumulação (SILVA, 2019).

### **Urbanização**

Com a crescente urbanização a integridade dos ambientes aquáticos encontra-se ameaçada. O avanço populacional nas grandes cidades tem sido marcado por ocupações desordenadas que culminam em infraestrutura precária e falta de saneamento básico, fatores que acabam comprometendo a capacidade de suporte dessas cidades. A eutrofização está estreitamente associada à urbanização, e isso acontece devido o despejo de efluentes sem o devido tratamento nos ecossistemas aquáticos e que chegam, portanto, a afetar os níveis de nutrientes (LEE et al., 2006). Outro fator atuante nesse processo corresponde às perturbações nas bacias hidrográficas e os diversos usos do solo. Através do escoamento de efluentes para

as bacias de drenagem, grandes quantidades de nutrientes chegam aos ambientes aquáticos, esse processo vem se intensificando principalmente pela impermeabilização do solo (SILVA, 2019).

De acordo com Arnold e Gibbons (1996), a saúde de córregos diminui com o aumento da cobertura impermeável da bacia hidrográfica, ou bacia de drenagem, e conforme a criação de categorias de integridade do fluxo, quando as bacias hidrográficas possuem cerca de 10 a 30% de cobertura impermeável são consideradas impactadas, pois apresentam declínio na sua saúde. Essa relação tem sido aplicada como um importante atributo da associação existente entre urbanização e degradação de ambientes aquáticos.

### **Lançamento de efluentes doméstico e industrial**

O despejo de efluentes domésticos e industriais, seja de forma direta ou indireta, atua como o principal fator causador da eutrofização nos corpos hídricos. Somente cerca de 50% da população Brasileira tem acesso ao tratamento de efluentes (TRATA BRASIL, 2017). Os efluentes domésticos são constituídos por dejetos humanos, restos de alimentos, sabões e detergentes. Já os industriais, acabam sendo despejados tanto nos corpos d'água quanto na rede de esgoto, sem o devido tratamento prévio, o principal poluente são os metais pesados (ARCHELA et al., 2003).

Os impactos causados pelo lançamento de tais influentes nos ambientes aquáticos são imprescindíveis, tendo em vista que a emissão dessas águas contaminadas consiste ainda em um sério problema atual (SILVA, 2019). Conforme o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, (Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011), independente da sua fonte poluidora, todo efluente, só estará apto a ser lançado diretamente em ambientes aquáticos após o tratamento adequado.

### **Fontes difusas e pontuais**

Fontes difusas, também chamadas de não pontuais, são assim definidas por não terem um ponto de lançamento de poluentes específico. Essas fontes possuem três tipos de causas: urbana, rural ou atmosférica. São geradas em áreas extensas e chegam aos corpos aquáticos de modo intermitente, tornando-se difícil de identificar, medir e controlar (LIMA et al., 2016). As cargas difusas estão intimamente associadas ao uso do solo, práticas agrícolas, ao aporte de nutrientes em córregos e rios através da drenagem urbana (BARBOSA, 2017).

As fontes pontuais são aquelas que lançam efluentes em locais específicos, sendo facilmente identificadas, monitoradas e controladas. No entanto, a eutrofização por fontes pontuais acontece de forma intensa no país. O lançamento de esgotos sanitários ou de efluentes industriais representa a maior fonte artificial de poluição pontual de corpos hídricos (LIMA et al., 2016; ROCHA et al., 2009). Em regiões rurais do semiárido nordestino, o processo de eutrofização em pequenos açudes tem sido associado ao consumo de água por animais e a lavagem de roupa na beira do açude (FEITOSA, 2011).

### **Consequências da Eutrofização Antrópica**

A eutrofização antrópica pode ser considerada como uma reação em cadeia de causas e efeitos bem evidentes, onde a proliferação excessiva da comunidade fitoplanctônica, algas e cianobactérias podem quebrar a estabilidade do ecossistema, ou seja, a homeostasia (ESTEVES, 1998). A homeostasia em ecossistemas aquáticos consiste no equilíbrio entre a produção de matéria orgânica e o seu consumo e decomposição. O rompimento do estado de equilíbrio pode acarretar efeitos indesejáveis como a hipóxia, maus odores, mortandade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática e contaminação das águas destinadas ao abastecimento público (CETESB, 2011; SINHA et al., 2017).

Segundo Esteves (1998), ofosfato se apresenta como o nutriente mais importante no processo de eutrofização, como numa reação em cadeia, o seu aumento tem efeitos diretos sobre a densidade de organismos fitoplanctônicos e sobre a produção primária do sistema. Como consequência, de maneira geral, leva a um aumento no número de espécies e no número de indivíduos. O surgimento de algumas espécies ocorre com a redução no número de outras, nos lagos com avançado estágio de eutrofização observa-se, nos meses mais quentes do ano, altas quantidade populacionais de algas com um número reduzido de espécies, que é uma das principais características desse processo. Os estágios iniciais de eutrofização apresentam um favorecimento do crescimento de diferentes grupos ecológicos de macrófitas aquáticas. Por outro lado, nos lagos em estado avançado de eutrofização, ocorre um forte crescimento de algas filamentosas na região litorânea que reduzem a penetração da luz na água, impedindo o crescimento de macrófitas submersas e com folhas flutuantes. Os detritos originados das algas filamentosas contribuem para a formação de sedimentos orgânicos, que em condições anaeróbias, produzem gás sulfídrico e metano. Estes gases provocam a morte de rizomas e raízes da maioria das espécies de macrófitas aquáticas. Somente as macrófitas flutuantes têm seu crescimento favorecido com a eutrofização.

Para a população de peixes os efeitos da eutrofização resultam em alteração na composição específica destas comunidades. Nos grupos dos salmonídeos e coregonídeos as mudanças são mais evidentes, que necessitam de altas concentrações de oxigênio. Os salmonídeos são substituídos por espécies que suportam concentrações mais baixas de oxigênio. Outro efeito observado nos peixes em ambientes com eutrofização é a redução na produtividade dos peixes, apenas do aumento da oferta de alimentos. O que ocorre é um rápido crescimento individual, devido à superoferta de alimentos e, conseqüentemente, os peixes eram pescados antes de atingirem a maturidade sexual (ESTEVES, 1998).

Em síntese, a característica mais evidente da eutrofização é o aumento da concentração dos detritos orgânicos na parte superior da coluna d'água. A decomposição destes detritos consome grandes quantidades de oxigênio, produzindo, com isso altos déficits deste gás, inicialmente na interface água-sedimento, a partir da qual se pode estender, com a continuidade do processo de eutrofização. Nestas condições de semi-anaerobiose, surgem gases como o sulfídrico e o metano, nocivos à vida e que, para a sua oxidação, consomem oxigênio, aumentando ainda mais o déficit. A consequência imediata deste fenômeno é a substituição da grande maioria das populações desta região por outras que suportam a presença de gás sulfídrico e metano (ESTEVES, 1998).

### **Categorias dos Estados Tróficos**

A eutrofização pode ocasionar mudanças de estados de trofia, isto é, mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos de um determinado ecossistema aquático (GALLI&ABE, 2010).

A fim de classificar os corpos d'água em diferentes graus de qualidade quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de fitoplânctons, o Índice do Estado Trófico (IET) se apresenta como uma importante ferramenta de avaliação (LAMPARELLI, 2004) (Tabela 1).

Tabela 1. Diferentes estados tróficos e suas respectivas características dos ambientes aquáticos

<b>Categoria do Estado Trófico</b>	<b>Características</b>
Ultraoligotrófico	Água transparente, concentrações de nutrientes e produtividade muito baixa
Oligotrófico	Água transparente, concentrações de nutrientes e produtividade baixas
Mesotrófico	Produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos
Eutrófico	Alta produtividade, pouca transparência, presença de atividades antrópicas na maioria dos casos, alterações indesejáveis na qualidade da água
Supereutrófico	Alta produtividade, baixa transparência, presença de atividades antrópicas na maioria dos casos, Bloom de algas e prejuízos aos usos da água
Hipereutrófico	Elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, associado a Bloom de algas

Fonte: Lamparelli (2004).

Os valores do IET são calculados pelos Índices do Estado Trófico para a transparência (S), fósforo total (PT) e clorofila *a* (CL). Porém, o IET foi desenvolvido com base em dados de reservatórios de regiões de clima temperado, o que pode restringir sua aplicação a regiões de clima tropical, como o Brasil. Por esse motivo, Toledo Júnior et al. (1984) e Lamparelli (2004) recomendaram modificações na formulação matemática do IET, para melhor adaptação aos ambientes climáticos tropicais. As equações mais utilizadas foram para rios descritas nas Equações 1, 2, 3 e 4.

$$IET(CL) = 10x \left( 6 - \left( \frac{-0,7 - 0,6x(\ln CL)}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad (\text{Eq.1})$$

$$IET(PT) = 10x \left( 6 - \left( \left( 0,42 - \frac{0,36x(\ln PT)}{\ln 2} \right) \right) \right) - 20 \quad (\text{Eq.2})$$

Para reservatórios

$$IET(CL) = 10x \left( 6 - \left( \frac{0,92 - 0,34x(\ln CL)}{\ln 2} \right) \right) \quad (\text{Eq.3})$$

$$IET(PT) = 10x \left( 6 - \left( 1,77 - \frac{0,42x(\ln PT)}{\ln 2} \right) \right) \quad (\text{Eq.4})$$

Onde: *Pt* é a concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu g \cdot L^{-1} = mg \cdot m^{-3}$ ; *CL* é a concentração de clorofila medida à superfície da água, em  $\mu g \cdot L^{-1} = mg \cdot m^{-3}$ .

Os resultados de IET são apresentados como a média aritmética simples (Equação 5) dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*.

$$IET = \frac{IET(CL) + IET(PT)}{2} \text{ (Eq. 5)}$$

Para a classificação do IET são adotados os estados de trofia entre ultraoligotrófico a hipereutrófico.

Tabela 2. Classificação do estado trófico para ambientes lóticos e lênticos

Categoria	Ambientes lóticos - Rios			Ambientes lênticos - Reservatórios	
	Estado trófico	Ponderação	P - Total - PT	Clorofila <i>a</i>	P - Total - PT
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$12 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$640 < P$	$7,46 < CL$	$233 < P$	$69,05 < CL$

Fonte: Lamparille (2004).

### Implicações socioeconômicas da eutrofização antrópica nos ecossistemas aquáticos

A eutrofização é um fenômeno provocado pelas excessivas cargas de nutrientes que ocorrem no meio aquático. É um problema que gera as principais causas que afetam a qualidade da água desses ambientes tanto em ecossistemas de águas continentais como nos ecossistemas marinhos (MOAL et al., 2019; VITOUSEK et al., 1997).

O processo de eutrofização traz diversas consequências para a saúde pública, tanto de ordem social como de ordem hídrica, o que essencialmente envolvem tomadas de decisão no cenário político com diferentes interesses (SMETACEK & ZINGONE, 2013). Alguns reservatórios que sofrem com altos níveis de eutrofização podem causar colapsos em seu abastecimento por vários dias, principalmente nas regiões semiáridas, onde o volume de água já é muito reduzido em épocas de seca prolongada, o que direciona altos níveis de eutrofização e a interrupção do abastecimento por tempo indeterminado. (ROMSTAD, 2014; SMITH et al., 2015; DODDS et al., 2009). Sendo um processo natural que ocorre com o

aumento de material orgânico no corpo aquático que acompanha o crescimento gradual da biomassa algal, em escala geológica esse aumento pode gerar a completa distribuição de toda uma comunidade vegetal a ponto de transformar o que antes era lago, em solo (RABALAIS et al., 2004).

Com o excessivo crescimento populacional e o desenvolvimento urbano, os aumentos nas concentrações de nutrientes também crescem gradualmente (SMITH & SCHINDLER, 2009). Alguns estudos indicam que a agricultura corresponde a maior fonte de nutrientes, com crescimento de 20 a 50% de nitrogênio e de 35 a 55% de fósforo (BEUSEN et al., 2016). Em alguns países industrializados o nitrogênio corresponde ao nutriente com maior liberação advindo da agricultura (DUPAS et al., 2015; GARNIER et al., 2015).

Considerando que a eutrofização ocorre via ação antrópica, a superprodução de material orgânico é induzida pelas cargas de fósforo e nitrogênio (SMITH et al., 1999). A eutrofização por vias antrópicas é considerada um desequilíbrio ecossistêmico provocado pelas entradas das cargas de nitrogênio e fósforo e a intensidade desse processo depende de fatores ambientais como temperatura, disponibilidade de luz e tempo de residência da água (MOAL et al., 2019).

Assim, tais fatores que direcionam esse processo provocam o aumento gradual da biomassa algal, causando redução da disponibilidade de luz na coluna d'água (MOAL et al., 2019), dessa forma, o sistema antes limitado por nutrientes, agora se transforma em um ambiente limitado pela disponibilidade de luz. Em um sistema eutrofizado é bastante natural o surgimento de plantas e microalgas oportunistas, organismos adaptados a ambientes com estresse ambiental. Essa comunidade de organismos é capaz de alterar toda a estrutura da cadeia alimentar e o seu funcionamento. A sua alta proliferação colabora para a diminuição de oxigênio na coluna d'água (hipóxia ou anoxia), além de haver o potencial aumento de toxinas por cianobactérias (MOAL et al., 2019). As cianotoxinas também podem desestruturar não só a comunidade aquática, mas também a população humana, gerando graves problemas de saúde pública (SANCHES et al., 2012; GRADÍSSIMO et al., 2020; JESUS et al., 2016; SIQUEIRA&OLIVEIRA-FILHO, 2008; CHEUNG et al., 2013).

O crescimento excessivo desses organismos pode levar a morte de vários outros, diminuindo assim a biodiversidade. Por fim, a eutrofização acaba sendo uma ameaça à saúde ambiental e humana. Logo, o impacto sobre os recursos ambientais é claro e reflete diretamente no sistema econômico (MENDONCA JUNIOR, 2022).

### **Métodos preventivos eficientes a eutrofização**

Os efeitos para a saúde humana da ausência de saneamento e os efeitos crônicos de florescimentos de algas tóxicas são apenas duas de muitas consequências indiretas da eutrofização. Diversas análises de custo-benefício que aspectos sociais, culturais e econômicos da eutrofização enfocam os resultados da redução de poluição e demonstram claramente que os custos totais à sociedade são muito mais elevados do que uma redução moderada da poluição. No entanto, é necessário examinar a prevenção da poluição e a restauração da qualidade da água de lagos e reservatórios sob o ponto de vista econômico, os resultados dessas avaliações deveriam ser aplicados para calcular cargas de efluentes e impostos verdes (ABE et al., 2000).

A experiência internacional mostra que os instrumentos econômicos são razoavelmente efetivos no controle da poluição e na resolução dos problemas relacionados com a qualidade das águas. Portanto, o gerenciamento efetivo de lagos e represas e outros ambientes aquáticos depende não só apenas de uma base sólida de entendimento científico e de como funcionam esses sistemas, mas também do valor para as pessoas como áreas de recreação e suprimento de água. A necessidade de integrar aspectos sociais e culturais em novas estratégias de gerenciamento. Uma nova abordagem de gerenciamento é requerida para integrar conhecimento científico e tecnológico com problemas sociais, culturais e políticos para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos necessários ao homem (ABE et al., 2000).

Frequentemente, não é muito seguro consumir água da torneira em países em desenvolvimento. Mudanças na percepção do valor da água, a fim de que o gerenciamento de recursos hídricos atenda às necessidades dos ecossistemas aquáticos e das bacias hidrográfica, são necessárias nesses países. Não é fácil realizar tais mudanças, considerando-se o valor econômico da água e a pouca importância que se dá a ela em muitos países, mas a educação do público e a percepção ambiental da população são iniciativas na direção certa. Muitos fatores afetam a qualidade da água em países em desenvolvimento, particularmente o aumento da eutrofização: a industrialização, o desenvolvimento urbano, novas práticas agrícolas e as mudanças no uso da água. Uma vez que essas mudanças estão ocorrendo, é importante integrar aspectos sociais, econômicos, hidrológicos e culturais com o conhecimento científico de lagos e represas (MOAL et al., 2019).

Os aspectos sociais da eutrofização são muitas vezes predominantes em países em desenvolvimento. A redução de postos de trabalho e renda pela mortalidade em massa de

peixes, devido à anoxia, são um dos exemplos de impactos sociais em massa resultantes da eutrofização. Uma nova estratégia de gerenciamento deveria recomendar muitas alternativas às práticas atuais. Por exemplo, deveria ser mostrado que a erosão do solo pode ser reduzida parando-se com o desmatamento e técnicas de corte e queima de floresta nativa. Implementação da prevenção, controle e gerenciamento da eutrofização, em uma estratégia integrada, pode proporcionar novas oportunidades e mecanismos para o desenvolvimento econômico com os devidos benefícios sociais (BEUSEN et al., 2016).

### **Considerações Finais**

Dentre as principais fontes que provocam a eutrofização antrópica, destacaram-se a urbanização, os efluentes domésticos, os efluentes agroindustriais, as fontes difusas e pontuais, as quais geram impactos fisiológicos, ecológicos ou estéticos, e consequentemente tais impactos irão refletir em custos para a sociedade e para a saúde do meio ambiente.

Nesse contexto, entende-se que essas fontes trazem danos não só aos ecossistemas aquáticos e desequilíbrio ecológico, mas também implicações socioeconômicas, uma vez que os recursos hídricos são de grande importância para todos os setores da sociedade.

Portanto, reduzir o processo de eutrofização antrópica é mais vantajoso do que tratar ecossistemas eutrofizados, tanto no aspecto econômico quanto para a manutenção da biodiversidade e qualidade de vida nos ecossistemas.

### **Referências**

- ABE D. S.; ARANTES, J. D.; MINOTI, R. T.; PETRACO, P.; SILVA, W. M.; TUNDISI, J. G. O processo de eutrofização artificial na Represa do Lobo (Itirapina-SP): condições atuais e perspectivas futuras. In: Seminário Internacional Represa do Lobo-Broa-30 Anos, 2000, São Carlos. Anais...São Carlos, 2000.
- ARAÚJO, L. G de; CAMPOS, G. D. Ecossistemas aquáticos de rios: como são afetados pela urbe. *Convenit Internacional*, 30, 2019, Porto. Anais...Porto, 2019.
- ARCHELA, E.; CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F.; ARCHELA, R. S. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. *Geografia*, v.12, n.1, p.517-525, 2003.
- ARNOLD, C. L. JR; GIBBONS, C. J. Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of American Planning Association*, v.62, n.2, p.243-258, 1996.

- BARBOSA, F. L. A. A eutrofização dos recursos hídricos no Estado do Ceará. 49f. Monografia (Engenheiro Agrônomo). Departamento de Economia Agrícola do Curso de Agronomia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2017.
- BEUSEN, A. H.; BOUWMAN, A. F.; VAN BEEK, L. P.; MOGOLLÓN, J. M.; MIDDELBURG, J. J. Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences*, v.13, n.8, p.24-41, 2016.
- CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. *Ecologia*. 3ª ed. Artmed, Porto Alegre. 2018.720p.
- CARVALHO, L.S.de. Eutrofização artificial: Um problema em rios, lagos e represas. Departamento de Fitossanidade. Engenharia Rural e do Solo. 2004. Disponível em: <<https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/ctl28082004.php#:~:text=A%20eutrofiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20cursos%20d,%2C%20pot%C3%A1ssio%2C%20carbono%20e%20ferrro.>>. Acesso em: 03 de junho 2022.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: 03 de junho 2022.
- CHEUNG, M. Y.; LIANG, S.; LEE, J. Toxin-producing cyanobacteria in freshwater: a review of the problems, impact on drinking water safety, and efforts for protecting public health. *Journal of Microbiology*, v.51, n.1, p.1-10, 2013.
- DODDS, W. K.; BOUSKA, W. W.; EITZMANN, J. L.; PILGER, T. J.; PITTS, K. L.; RILEY, A. J.; SCHLOESSER, J. T.; THORNBRUGH, D. J. Eutrophication of US freshwaters: analysis of potential economic damages. *Environ. Sci. Technol.*, v.43, n.1, p.12-19, 2009.
- DUPAS, R.; DELMAS, M.; DORIOZ, J.; GARNIER, J.; MOATAR, F.; GASCUEL-ODOUX, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. *Ecological Indicators*, v.48, p.396-407, 2015.
- ESTEVEZ, F. A. Fundamentos de limnologia. 2ª Ed. Interciência: Rio de Janeiro, 1998. 226p.
- FEITOSA, L. S. Aspectos limnológicos da pequena açudagem no semiárido: estudo de caso dos açudes do assentamento 25 de Maio, Madalena-CE. 130f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

- GALLI, C. S.; ABE, D. S. Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org). Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224p.
- GARNIER, J.; LASSALETTA, L.; BILLEN, G.; ROMERO, E.; GRIZZETTI, B.; NÉMERY, J.; LE, T.; PISTOCCHI, C.; AISSA-GROUZ, N.; LUU, T. Phosphorus budget in the water-agro-food system at nested scales in two contrasted regions of the world (ASEAN-8 and EU-27). *Global Biogeochemical Cycles*, v.29, n.9, p.1348-1368, 2015.
- GRADÍSSIMO, D. G.; MOURÃO, M. M.; SANTOS, A. V. Importância do monitoramento de cianobactérias e suas toxinas em águas para consumo humano. *Revista Brasileira de Criminalística*, v.9, n.2, p.15-21, 2020.
- IETC. International Environmental Technology Centre. Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. (Trad.) VANUCC, D. Technical Publication Series, v.11, 2001. 385p.
- JESUS, G. P. de; ALMEIDA, A. A. Principais problemas gerados durante a terapia de hemodiálise associados à qualidade da água. *Rev. Eletrôn. Atualiza Saúde*, v.3, n.3, p.41-52, 2016.
- LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em copos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 238f. Tese (Doutorado em Ciência – Ecossistemas terrestres e aquáticos). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- LEE, S. Y.; DUNN, R. J. K.; JOVEM, R. A.; CONNOLLY, R. M. DALE, P. E. R.; DEHAYR, R.; LEMCKERT, C. J.; MCKINNON, S.; POWELL, B.; TEASDALE, P. R.; WELSH, D. T. Impact of urbanization on coastal wetland structure and function. *Austral Ecology*, v.31, p.149-163, 2006.
- LIMA, R. N. de S.; RIBEIRO, C. B. M.; BARBOSA, C. C. F.; FILHO, O. C. R. Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. *Eng. Sanit. Ambient*, v.21, n.1, p.139-150, 2016.
- MENDES, L. de F. S.; ALMEIDA, J. R. de S. Eutrofização induzida pelo homem e suas consequências dentro de um ecossistema aquático. Disponível em: <http://www.webartigos.com/articles/10695/1/eutrofizacao-induzida-pelo-homem-e-suas-consequenciasdentro-de-um-ecossistema-aquatico/pagina1.html>. Acesso em: 02 de Junho 2022.

- MOAL, M. L.; GASCUEL-ODOUX, C.; MÉNESGUEN, A.; SOUCHON, Y.; ÉTRILLARD, C.; LEVAIN, Al.; MOATAR, F.; PANNARD, A.; SOUCHU, P.; LEFEBVRE, A. Eutrophication: a new wine in an old bottle? *Science Of the Total Environment*, v.651, p.1-11, 2019.
- OLIVEIRA, A. V. L. C. de; CESTARO, L. A. Proposta de zoneamento geoambiental do município de Currais Novos/RN - Brasil. *Geoambiente OnLine*, n.32, p.38-56, 2018.
- OLIVEIRA, C. S. P.; FONSECA, A. S.; DÍAZ, C. A.; SANTOS, W. P. Reflexões sobre o desafio ambiental: níveis de eutrofização e floração de cianobactérias na Bacia Apodi-Mossoró. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.5, p.519-530, 2020.
- RABALAIS, N. N. Eutrophication. In: *The Global Coastal Ocean: Multiscale Interdisciplinary Processes, The Sea.* (Ed.) ROBINSON, A. R.; MCCARTHY, J.; ROTHSCHILD, B. J. Harvard University Press, Cambridge, MA. 2004. 1062p.
- ROCHA, S. A.; LOUGON, S. M.; GARCIA, G. O. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. *Revista Verde*, v.4, n.4, p.01-06, 2009.
- ROMSTAD, E. The economics of eutrophication. *Eutrophication: causes, consequences and control.* Springer, p.45-53.
- SANCHES, S. M.; PRADO, E. L.; FER, I. M.; REIRA; BRAGA, H. F.; VIEIRA, E. M. Presença da toxina microcistina em água, impactos na saúde pública e medidas de controle. *Rev. Ciênc. Farm. BásicaApl.*, v.33, n.2, p.181-187, 2012.
- SALAS, H.; MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm water tropical lakes. *Wat. Res.*, v.25, n.3, p.341-350, 1991.
- SANTOS, A. G. B. dos; BEZERRA, A. C.; NASCIMENTO, A. H. C. do; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, J. L. B. da; MOURA, G. B. de A. Caracterização morfométrica e uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica do semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.14, n.2, p.1036, 2021.
- SCHÖNBORN, W. Defensive reactions of freshwater ecosystems against external influences. *Limnologica*, v.33, p.163-189, 2003.
- SILVA, A. R. da. Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso nas bacias hidrográficas costeiras dos rios Ratoes, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil). 311f. (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.
- SINHA, E.; MICHALAK, A. M.; BALAJI, V. Eutrophication will increase during the 21 st century as a result of precipitation changes. *Science*, v.357, n.6349, p.405-408, 2017.

SIQUEIRA, D. B.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Cianobactérias de água doce e saúde pública: uma revisão. *Universitas: Ciências da Saúde*, v.3, n.1, p.109-128, 2008.

SMETACEK, V.; ZINGONE, A. Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, v.504, n.7478, p.84-88, 2013.

SMITH, D. R.; KING, K. W.; WILLIAMS, M. R. What is causing the harmful algal blooms in Lake Erie? *Journal of Soil and Water Conservation*, v.70, n.2, p.27-29, 2015.

TOLEDO JÚNIOR, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, D. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária Ambiental, 19, 1984, Santiago. Anais... Santiago, 1984.

TRATA BRASIL. Ranking do saneamento, 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 03 de Junho de 2022.

VITOUSEK, P. M. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, v.277, n.5325, p.494-499, 1997.



# INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NA PRODUÇÃO DE MEL NO MUNICÍPIO DE PARELHAS-RN

**Ivan de Oliveira Lima Júnior**

Doutorando PPGEGRN/CTRNUFCG, [ivan.lima@yahoo.com.br](mailto:ivan.lima@yahoo.com.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

**Francisco Valdenir Lima**

Doutorando PPGEGRN/CTRNUFCG, [valdenirlima10@hotmail.com](mailto:valdenirlima10@hotmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

**Gustavo Villarim de Farias Leite**

Doutorando PPGEGRN/CTRNUFCG, [gustavovfl@yahoo.com.br](mailto:gustavovfl@yahoo.com.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

**Everton de Araújo Medeiros**

Mestrando PPGEGRN/CTRNUFCG, [evertonaraujo401@gmail.com](mailto:evertonaraujo401@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

**George do Nascimento Ribeiro**

Docente do PPGEGRN/CTRNUFCG, [george.nascimento@professor.ufcg.edu.br](mailto:george.nascimento@professor.ufcg.edu.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

## Introdução

A região semiárida brasileira tem um grande potencial apícola tanto do ponto de vista botânico como mercadológico. Segundo a Associação Brasileira dos Exportadores de Mel (ABEMEL), em 2021 o preço médio do mel brasileiro exportado variou entre U\$3,16 e U\$3,58 e a média ficou em U\$3,42. Igualmente, de acordo com a mesma fonte, durante os anos de 2016 a 2020, o Nordeste brasileiro foi a segunda região do Brasil que mais exportou mel, com 31,3%, ficando atrás apenas da região Sul que apresentou 39,8% no volume de exportações para o mercado internacional.

Uma das características do semiárido brasileiro segundo Gurgel (2018) é a irregularidade pluviométrica, tanto quantitativa como temporal. As chuvas não precipitam nas mesmas quantidades, o que influencia diretamente no perfil florístico de uma região.

Segundo Kerr et al. (1970), as abelhas do gênero *Apis* existentes no Brasil são adaptadas a esse clima devido à sua condição genética, pois a mesma se trata de um polí-híbrido originário do cruzamento entre algumas espécies de abelhas do gênero *Apis* oriundas da Europa (*Apis mellifera ligustica* (abelha italiana), *Apis mellifera dorsata* (abelha-gigante ou asiática), *Apis mellifera carnica* (abelha carnica) e a *Apis mellifera scutellata* (abelha africana). Com isso, a espécie de abelha do gênero *Apis* existente no Brasil tornou-se altamente adaptada ao clima semiárido, ao mesmo tempo em que apresenta uma produção satisfatória.

Apesar do bom quantitativo produzido e do satisfatório valor pago pelo mel no mercado internacional, segundo Milfont et al. (2011), as abelhas são totalmente dependentes dos recursos florais para sobreviver e produzir. Tanto que Silva-Filho et al. (2010) afirmam que, durante os meses de estiagem, na porção semiárida brasileira, que ocorre geralmente entre os meses de junho a dezembro, as abelhas encontram poucas opções de recursos florísticos para se alimentarem. Nessa época elas aproveitam qualquer recurso que esteja disponível (SILVA-FILHO et al., 2010).

O Rio Grande do Norte tem sido responsável por grande parte de tudo que é produzido pela abelha. Segundo Vidal (2021), o mel que é produzido pela flora nativa, possui baixo nível de contaminação, fazendo com que esse produto alcance um nível de qualidade altíssima. Como a regularidade de precipitação pluviométrica é angular para uma boa floração, a redução do crescimento e desenvolvimento das plantas é uma das principais evidências da deficiência hídrica na região (FLOSS, 2006).

Desse modo este trabalho tem como objetivo verificar a influência da pluviometria na variabilidade das espécies botânicas de interesse apícola e conseqüentemente à produção de mel em uma propriedade localizada em Parelhas-RN durante os anos de 2020 e 2021.

## **Material e Métodos**

### ***Caracterização da região e do local do experimento***

O município de Parelhas localiza-se na mesorregião Central Potiguar e na microrregião do Seridó, abrangendo uma área de 523 km<sup>2</sup>. Distante a 240 km da capital Natal apresenta segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima Bsh, definido como muito quente e semiárido, cujas temperaturas médias anuais variam entre 27,5 e 32°C e médias pluviométricas de 568,2 mm/anos, com chuvas de verão, concentradas entre janeiro e abril (CPRM, 2005).

Quanto a formação vegetal, apresenta como principais tipos a Caatinga Hiperxerófila de baixo/médio porte e do tipo arbóreo-arbustiva, a exemplo da catingueira, favela, angico, juazeiro, jurema, umbuzeiro e aroeira, e a Caatinga Subdesértica do Seridó considerada a vegetação mais seca do Estado, caracterizada pela presença de arbustos e cactáceas, com destaque para o pereiro, faveleiro, facheiro, macambira, mandacaru, xique-xique (INCRA, 2019).

De acordo com o Plano Nacional de Combate à Desertificação – PNCD, que define desertificação como a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de fatores diversos tais como as variações climáticas e as atividades humanas, o município de Parelhas está inserido em área susceptível à desertificação em categoria Muito Grave (CPRM, 2005).

O experimento foi realizado durante os anos de 2020 e 2021 no apiário Rainha Sertaneja, localizado na comunidade Quintos do meio, na propriedade Carnaubinha, no município de Parelhas-RN. A referida propriedade possui 21,1 hectares, mas, para efeitos de experimento, foram utilizados aproximadamente 9 hectares, a maior parte deles com cobertura vegetal de mata nativa.

### ***Pluviometria***

Para identificar se as chuvas se comportaram ou não dentro da normalidade no período da pesquisa, foi estabelecido a climatologia da precipitação em Parelhas-RN, através de dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa e Agropecuária do Rio Grande do Norte

(EMPARN) e pelo portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA) para o período de 1921 a 2021.

Os dados pluviométricos do local foram obtidos por meio de um pluviômetro, instalado em uma clareira (Figura 1), que fica acerca de 80 m do apiário estudado. O pluviômetro foi instalado a uma altura de aproximadamente 2 metros do chão. Sempre no dia seguinte após cada chuva, a leitura do equipamento era feita nas primeiras horas da manhã. A água do aparelho era descartada e o pluviômetro era recolocado no mesmo lugar.

Para comparar e caracterizar a variação das precipitações durante o período da pesquisa foi utilizado outros 2 pluviômetros da rede de monitoramento da EMPARN, o pluviômetro localizado na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e o pluviômetro do tipo TELEPLU.



Figura 1. Clareira onde foi instalado o pluviômetro. Fonte: Google Earth, 2020.

### ***Espécies botânicas em floração***

O levantamento de espécies botânicas em floração foi realizado nos arredores de um dos núcleos do apiário Rainha sertaneja. Esse possui 15 colmeias modelo Langstroth, povoadas com enxames de abelha africanizada (*Apis mellifera*). As coletas foram realizadas em uma área onde existe alguns ecossistemas (Figura 2) como mata nativa, mata ciliar (às margens do Rio Quintos), mata nativa úmida (às margens e na Jusante de um açude) e clareira em regeneração. As coletas foram feitas por meio de visitas quinzenais à área, entre os meses de março e agosto dos anos de 2020 e 2021, devido normalmente ser o período produtivo de mel na região estudada. Foram observados e coletado material botânico em floração, bem

como obtenção de imagens por meio de aparelho celular. Após consulta aos mateiros residentes na região e em publicações científicas, a exemplo do trabalho de Oliveira et al., de 2021, foram levantados os nomes vulgares e científicos das espécies.



Figura 2. Corte do local experimental com seus ecossistemas. Fonte: Google Earth 2020.

### ***Preparo das colmeias e produção de mel***

As 15 colmeias alvo do experimento foram antecipadamente preparadas para a produção de 2020 e 2021. Durante o período do ano em que não há produção de mel na região (setembro a dezembro), as colmeias foram alimentadas e manejadas. A alimentação no período foi à base de xarope (água e açúcar, na proporção 1:1), com o fornecimento de 800 ml por colmeia por semana (Figura 3). Além disso, quinzenalmente todas eram revisadas. Nas revisões era observado o estado geral das colmeias, presença de crias em todas as idades, presença de rainha, presença de predadores, presença de alimento de reserva (mel e pólen) e os favos velhos foram trocados por cera alveolada. Com esse manejo, as colmeias foram preparadas para o período produtivo.

O mel produzido no apiário, tanto de 2020 como de 2021, foi extraído em um ambiente higiênico localizado na zona urbana do município de Santana do Seridó-RN (Figura 4). A pesagem do mel foi realizada por meio de baldes plásticos de 25 kg. Quando cheios, os mesmos eram pesados em balança digital. O mel passou pelas etapas de desoperculação e, após isso, foi extraído em centrífuga, peneirado e colocado em tanque decantador para posteriormente ser envasado e rotulado (Figura 5). Todo o material utilizado para a extração do mel é feito em aço inox.

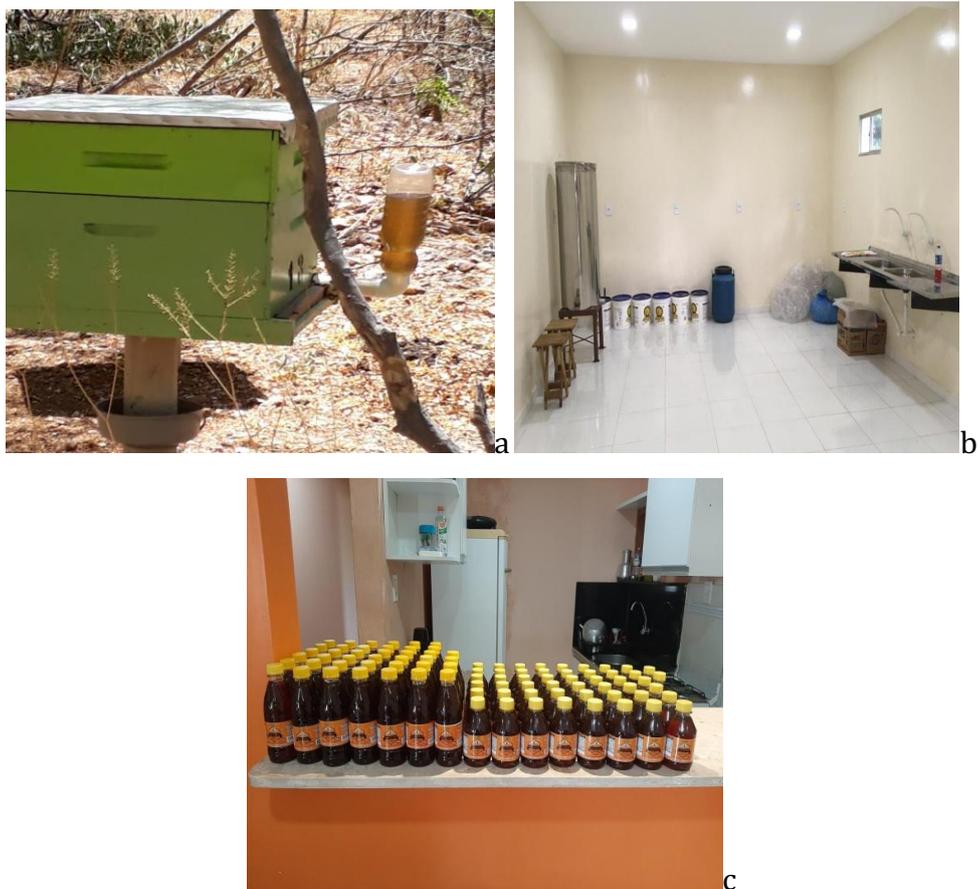


Figura 3. (a) Alimentador individual; (b) Ambiente higiênico para extração de mel; (c) Mel envasado.

## Resultados e Discussão

### Pluviometria

A climatologia da precipitação em Parelhas-RN indica que a quadra chuvosa se concentra de janeiro a abril, com o pico no mês de março no qual a média chega a 149,7mm, enquanto a estação seca se estende de junho a dezembro (Figura 4).

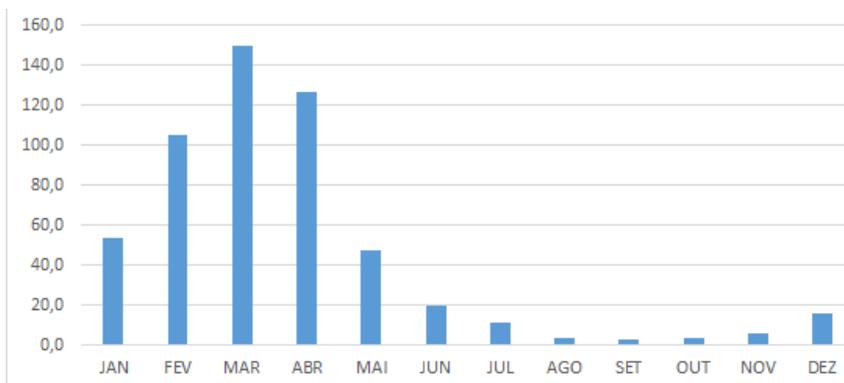


Figura 4. Média climatológica da precipitação no município de Parelhas para o período de 1921 a 2021. Fonte: ANA (2021).

O perfil pluviométrico da localidade estudada durante o período experimental mostra uma grande variação no comportamento das precipitações entre 2020 e 2021, como se observa na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021

<b>Mês</b>	<b>Precipitação em 2020 (mm)</b>	<b>Nº de dias de chuva 2020</b>	<b>Precipitação em 2021 (mm)</b>	<b>Nº de dias de chuva 2021</b>
Janeiro	75,6	5	17,2	3
Fevereiro	98,2	7	68,2	5
Março	219,8	8	121,7	5
Abril	247,0	11	115,9	6
Maio	102,9	7	1,0	1
Junho	3,0	1	0	0
Julho	0,2	1	5,5	2
Agosto	0	0	0	0
Setembro	5,0	1	0	0
Outubro	0	0	0	0
Novembro	6,0	1	0	0
Dezembro	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>757,7</b>	<b>42</b>	<b>329,5</b>	<b>22</b>

Como demonstra a Tabela 1, no ano de 2020 o total de chuvas entre os meses de janeiro a dezembro é de 757,7mm, ou seja, 39% acima da média histórica. Tal resultado está acima dos resultados de 2021 que totaliza apenas 329,5mm, o equivalente a 40% abaixo da média histórica. Já com relação aos dois anos observados (2020 e 2021), há uma redução de 56,5% no volume de chuvas em 2021, em comparação ao ano anterior.

Em relação à quantidade de dias de chuva, também ocorre uma redução de 47,61%. Em 2020 foram 42 dias de chuva ao longo do ano, já em 2021, foram apenas 22, o que sugere um maior intervalo de tempo entre as chuvas no ano de 2021 quando comparado com 2020. Desse modo, o solo fica mais seco, causando o que se chama popularmente na região de veranico.

Ainda houve variação das chuvas dentro do próprio município durante os 2 anos observados, mas em ambos os pluviômetros seguiram a tendência do resultado do local da pesquisa, com 2020 apresentando chuvas acima da média e 2021 com chuvas abaixo da média, como pode se observar na Figura 5.

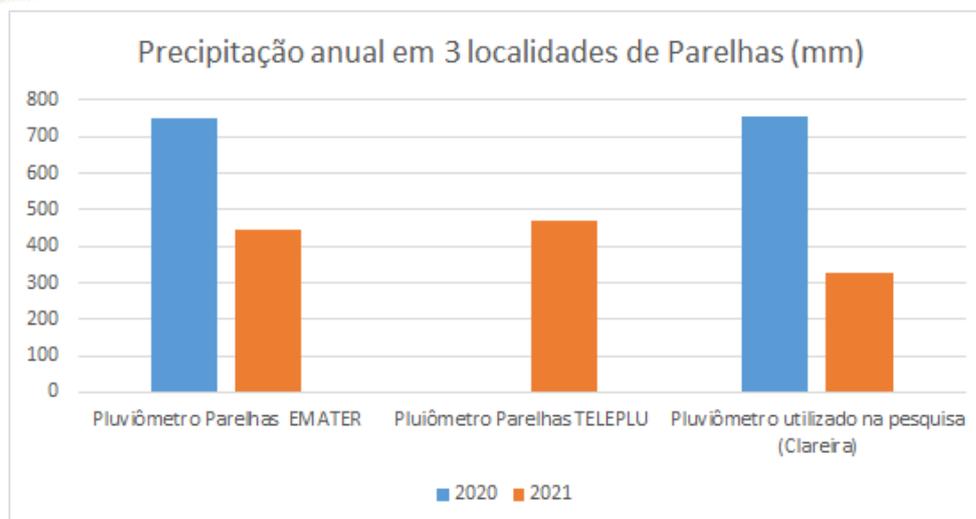


Figura 5. Comparação de precipitações em 3 pluviômetros de Parelhas em 2020 e 2021.

O pluviômetro TELEPLU foi implantado apenas em 2021, não tendo medições realizadas em 2020. Entretanto, constata-se que em 2020 a variação foi de apenas 7mm entre o pluviômetro da EMATER e o pluviômetro utilizado na pesquisa (clareira); já em 2021 a variação foi maior, uma vez que o pluviômetro da EMATER registrou 114,4mm a mais em relação ao local da pesquisa, testificando a irregularidade na distribuição de chuvas na região.

### ***Espécies em floração***

No ano de 2020, observou-se 42 espécies botânicas em floração (Tabela 2) e no ano de 2021, a quantidade de espécies é de 14 (Tabela 3).

Tabela 2. Espécies botânicas em floração encontradas em 2020

Nº	Nome comum	Nome científico
1	Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i>
2	Jurema Branca	<i>Mimosa verrucosa</i>
3	Jucá	<i>Caesalpinia ferrea</i>
4	Feijão de rolinha	<i>Rhynchosia edulis</i>
5	Fato de piaba	<i>Richardia grandiflora</i>
6	Cabeça de Velho	<i>Euphorbia leucocephala</i>
7	Salsa	<i>Cuphea gracilis</i>
8	Malva-Rasteira	<i>Pavonia cancellata</i>
9	Corda de Viola	<i>Ipomoea purpurea</i>
10	Chanana	<i>Turnera ulmifolia</i>
11	Alfazema do mato	<i>Lavandula angustifolia</i>
12	Bamburral	<i>Hyptis umbrosa</i>
13	Camará	<i>Lantana camara</i>
14	Malva Amarela	<i>Sida cordifolia L.</i>
15	Urtiga	<i>Urtica dioica</i>
16	Catingueira	<i>Caesalpineia pyramidalis</i>
17	Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i>
18	Quixabeira	<i>Aideroxylon obtusifolium</i>
19	Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>
20	Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>
21	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>
22	Favela	<i>Cnidosculus pylacantus</i>
23	Quebra panela	<i>Alternanthera brasiliana</i>
24	Cabeça de touro	<i>Tridax procumbens L</i>
25	Sete sangrias	<i>Heliotropium angiospermum</i>
26	Mudubin	<i>Chamaecrista pilosa</i>
27	Siratiro	<i>Ancistrotropis peduncularis</i>
28	Mudubin rosa	<i>Tephrosia purpurea</i>
29	Pega velho	<i>Mentz elia aspera</i>
30	Resedá amarelo	<i>Galphimia brasiliensis</i>
31	Canela de velho	<i>Ptilochaeta bahiensis</i>
32	Lava prato	<i>Herissantia tiubae</i>
33	Capa bode	<i>Melochia tomentosa</i>
34	Guaxumã rasteira	<i>Pavonia cancellata</i>
35	Mela bode	<i>Herissantia tiubae</i>
36	Azedinho	<i>Oxalis divaricata</i>
37	Folha de louro	<i>Plumbago scandens</i>
38	Doutozinho	<i>Asemeia violacea</i>
39	Erva de botão	<i>Richardia brasiliensis</i>
40	Papuã	<i>Richardia grandifl ora</i>
41	Chumbinho	<i>Cardiospermum halicacabum</i>
42	Cambará de chumbo	<i>Lantana camara</i>

Tabela 3. Espécies botânicas em floração encontradas em 2021

Nº	Nome comum	Nome científico
01	Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>
02	Jurema branca	<i>Mimosa verrucosa</i>
03	Jucá	<i>Caesalpineia ferrea</i>
04	Catingueira	<i>Caesalpineia pyramidalis</i>
05	Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i>
06	Malva	<i>Cida cordifolia</i>
07	Favela	<i>Cnidoscullus Phylacantus</i>
08	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>
09	Xique xique	<i>Pilosocereus gounellei</i>
10	Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>
11	Feijão de rolinha	<i>Rhynchosia edulis</i>
12	Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i>
13	Urtiga	<i>Urtica dioica</i>
14	Quixabeira	<i>Aideroxylon obtusifolium</i>

### Produção de mel

Em relação aos dados produtivos, no ano de 2020 o apiário produziu um total de 13 baldes de mel, o que equivale ao total de 325 quilos e uma média de 21,6 kg de mel por colmeia/ano. Já no ano de 2021, o mesmo apiário produziu apenas três baldes, o que equivale a 75 kg e uma média de 5 kg de mel por colmeia/ano (Figura 6).

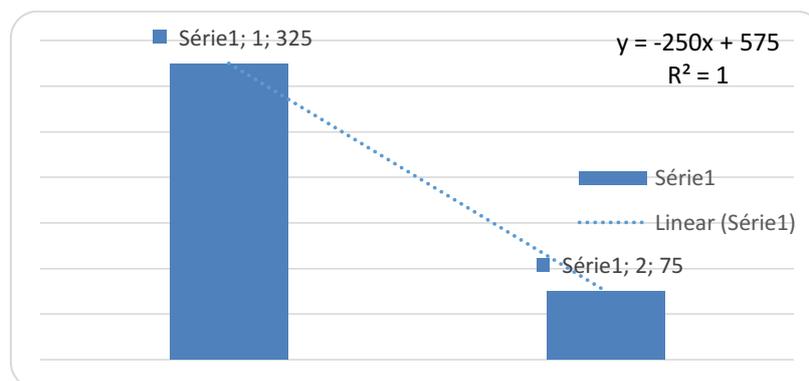


Figura 6. Produção de mel em 2020 e 2021.

No que se diz respeito à diferença pluviométrica encontrada entre os anos de 2020 e 2021, Gurgel (2018) afirma que, uma das características do clima na região semiárida brasileira é exatamente a irregularidade quantitativa, temporal e espacial das chuvas, portanto pode-se afirmar que essa diferença encontrada é considerada normal dentro da realidade semiárida.

Em relação à quantidade de espécies botânicas em floração, a redução é de 66,7% quando comparados aos números de 2020 e 2021. Isso pode ser explicado pelo fato da redução da quantidade de chuva, 757,7mm em 2020 e 329,5mm em 2021, e dos dias chuvosos entre os anos (42 dias em 2020 e 22 dias em 2021), pois segundo Schubert (1979), as espécies botânicas são dependentes das condições climáticas ali existentes. Cunha et al. (2011) afirmam que, a irregularidade das chuvas no semiárido afeta diretamente na renovação dos recursos naturais da caatinga, inclusive os recursos florísticos. Além disso, Silva e Sousa (2019), estudando a flora apícola na região do Seridó potiguar, encontraram enorme diferença na quantidade de espécies botânicas em floração quando compararam uma área preservada com outra antropizada. Na área preservada encontraram 46 espécies de plantas, já na antropizada, apenas 12, dados similares com os obtidos nesta pesquisa.

Em relação à produção de mel, ocorre uma redução entre os anos, 21,6 Kg em 2020 e 5 Kg em 2021, o que infere que essa redução talvez tenha ocorrido em virtude da diminuição da quantidade de espécies botânicas em floração, pois, segundo Kerr (1970), apesar de as abelhas africanizadas terem se adaptado muito bem ao clima semiárido, elas são totalmente dependentes dos recursos florais para a sua produção. Além disso, Silva e Sousa (2019), no referido estudo relativo à produção de mel no Seridó potiguar, compararam paralelamente a produção de mel em uma área com 46 espécies botânicas em floração e outra com apenas 12 espécies, e os resultados mostraram uma produtividade média por colmeia de, respectivamente, 37 e 5 Kg, o que se assemelha e reforça os resultados encontrados no presente estudo.

## **Conclusão**

A estação chuvosa no Seridó do Rio Grande do Norte se concentra de janeiro a abril e a média pluviométrica é de 568,2 mm/anuais. Com base nos levantamentos realizados, pôde-se conhecer a variação no quantitativo de chuvas entre os anos de 2020 e 2021, tendo o primeiro apresentado volume 39% acima da média histórica, enquanto em 2021 registrou um volume 40% abaixo da referida média.

O estudo mostrou que o regime pluviométrico influencia diretamente na quantidade de espécies botânicas em floração na região semiárida e tem impacto direto na produção de mel. Além disso, a pesquisa permitiu concluir que é possível pensar em um manejo de acordo com as observações das espécies botânicas da região para otimizar e diversificar a produção, garantindo aos produtores melhores resultados em termos quantitativos e qualitativos.

Por fim, evidencia-se a necessidade de mais estudos que possibilitem a elaboração de um inventário botânico das espécies utilizadas pelas abelhas, tornando possível averiguar o papel de cada espécie no fornecimento de alimento às abelhas. Acredita-se que, a partir de tais ações, aliadas a estratégias de manejo adequadas, seja possível planejar melhor a atividade apícola, garantindo melhores resultados, em termos de produção e de renda, para os produtores do semiárido nordestino.

## Referências

- ABEMEL. Dados Estatísticos do Mercado de Mel 2016 a 2020. Disponível em: [http://www.brazillletsbee.com.br/ABEMEL%20-%20Dados%20Estatisticos%202016-2020%20\(Outubro21\).pdf](http://www.brazillletsbee.com.br/ABEMEL%20-%20Dados%20Estatisticos%202016-2020%20(Outubro21).pdf).
- ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Semiárido. 2021. Disponível em: <https://www.asabrazil.org.br/26-noticias/ultimas-noticias/3233-a-cria>. Acesso em: 12 de abril de 2022.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Parelhas, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 12p.
- CUNHA, T. J. F.; SA, I. B.; TAURA, T. A.; GIONGO, V.; SILVA, M. S. L. da; OLIVEIRA NETO, M. B. de; ARAUJO FILHO, J. C. de. Uso atual e ocupação dos solos na margem direita do Rio São Francisco em municípios do estado da Bahia. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 91. 29p.
- FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 734p.
- GURGEL, A. L.; MEDEIROS, J. F. de. Caracterização das condições climáticas de Pau dos Ferros-RN. Revista Geotemas, v.8, n.2, p.100-115, 2018.
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Relatório de Análise de Mercado de Terras do Estado do Rio Grande do Norte -RAMT/RN. 2019. 202p.
- KERR, W. E.; GONÇALVES, L. S.; BLOTTA, L. F.; MACIEL, H. B. Biologia comparada entre as abelhas italianas (*Apis mellifera ligustica*), Africana (*Apis mellifera adansonii*) e suas híbridas. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 1970, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 1970.
- MENDONÇA, C. Clima Semiárido. Educa mais Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/clima-semiarido>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

MILFONT, M. de O.; FREITAS, B. M.; ALVES, J. E. Pólen Apícola. Manejo para a produção de pólen no Brasil. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 102p.

OLIVEIRA P. A.; SÁ M. S.; MELO A. L.; CAVALCANTE, M. C. Recursos florais para abelhas africanizadas na caatinga 2021. 1. a edição. Recife: EDUFRPE, 2021. 159p.

SCHUBERT, T. H. Trees for urban use in Puerto Rico and The Virgin Islands. Rio Piedras, Porto Rico: USDA Forest Service, 1979, 91p.

SILVA, V. S.; SOUSA V. A.; LIMA JÚNIOR, I. O. In: Estudo da diversidade e influência da flora apícola na produção de mel no município de Parelhas-RN. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Conclusão de curso). Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Pau dos Ferros, 2019.

SILVA-FILHO, J. P.; SILVA R. A.; COSTA, M. J. S. Potencial apícola para *Apis mellifera* L. em área de caatinga no período da floração da oiticica (*Licania rígida Benth*). Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.5, n.1, p.120–128, 2010.

VIDAL, M. de F. Efeitos da seca de 2012 sobre a apicultura nordestina. Informe Rural, v.7, n.2, 2013.

Disponível

em:

[https://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/ire\\_ano7\\_n2.pdf/7a9e8843-0f57-4ed8-b737-0a6096c915cd](https://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/ire_ano7_n2.pdf/7a9e8843-0f57-4ed8-b737-0a6096c915cd). Acesso em: 10 de abril de 2022.



# ANÁLISE DE COBERTURA VEGETAL DO BIOMA CAATINGA AO LONGO DE UMA ESCALA TEMPORAL

**Lilian de Queiroz Firmino**

Doutoranda em Eng. De Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, naililufcgcta@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3919-4100>

**Viviane Farias Silva**

Dr<sup>a</sup>. Profa. Titular, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Aldair dos Santos Gomes**

Doutorando em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
aldairbiologo@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9235-3337>

**Dalva Damiana Estevam da Silva**

Doutoranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
Dalvaestevampb@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5882-3091>

**Miriam Souza Martins**

Mestranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
miriam2009souza@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

## **Introdução**

A partir da interação constante dos elementos físico, biológico e sociais, do meio ambiente, que se constituem as formas de cobertura que revestem a terra (JÚNIOR et al., 2022). Os autores ainda descrevem que, o tipo de cobertura indica as condições de uso da terra e seu nível de exploração, estágio de preservação e deterioração do meio e, por fim, a degradação ambiental de uma área.

Entre os Biomas brasileiros, com vegetações diferentes cobrindo a terra, temos a Caatinga com espécies de fauna e flora endêmicas do Brasil, trata-se de um sistema ambiental fortemente definido pelo clima, no que diz respeito aos longos períodos de seca típicos da região Nordeste (WERNECK, 2011; SILVA & SANTOS, 2018; IBGE, 2019).

Com uma extensão territorial de 1.558.196km<sup>2</sup>, a região Nordeste tem aproximadamente 62% desse território e localizado na região semiárida, sendo está a mais populosa do mundo, onde vivem aproximadamente 22,6 milhões de pessoas (IBGE, 2019). Entre as atividades realizadas a anos na região verificam-se a agropecuária, agricultura e extrativismo que resultam da exploração da vegetação local (MAGALHÃES, 2012).

A vegetação perde suas folhas para evitar maiores perdas de água durante o cíclico de estiagem da região Nordeste, a caatinga segundo Mutti et al. (2019) é um bioma adaptado para resistir a escassez hídrica característica da região semiárida. No entanto, resistir às atividades de extração de madeira, produção de carvão vegetal, criação de bovinos, ovinos, caprinos e agricultura não fazem parte da sua resistência, visto que, são atividades antrópicas e já resultam na destruição de aproximadamente 50% dessa vegetação em avançada degradação (MAGALHÃES, 2012; MUTTI et al., 2019).

Trata-se de um conjunto de elementos que culminam na degradação da vegetação, evidenciando sua fragilidade, agravada pela exploração predatória da flora, manejo inadequado na realização da pecuária e agricultura juntamente com as queimadas empobrecendo os solos rasos (ACCIOLY et al., 2005; VIEIRA et al., 2017).

Os impactos negativos no Bioma Caatinga acarretam em alterações desfavoráveis de âmbito social, econômico, cultural, político e ambiental que, estando interligados, vêm intensificando a degradação da vegetação ao longo dos anos e conseqüentemente supressão da cobertura vegetal (SOUSA et al., 2007; FRANCISCO et al., 2019), sendo esta diminuição a problemática de pesquisa neste estudo.

A ausência de plano de manejo, e/ou iniciativas de recuperação, a Caatinga segue sob intensa exploração, diminuição da mata nativa levando à exposição do solo que fica

susceptível a aceleração de processos erosivos principalmente devido a topografia acidentada quando caem as típicas chuvas torrenciais (PAES-SILVA et al., 2003; FRANCISCO et al., 2019).

Ante o exposto, o propósito de estudo neste trabalho tem por objetivo analisar as variações na cobertura da vegetação do Bioma Caatinga no recorte temporal de trinta e seis anos, entre 1985 a 2020, na região Nordeste, por entender que, a absorção de água, a conservação do solo bem como a sua produtividade e a preservação da fauna estão diretamente ligados a exploração desse bioma.

## Material e Métodos

O Bioma Caatinga possui área de 826.411 mil km<sup>2</sup>, abrange os seguintes Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais e uma pequena parte do Maranhão (SENA, 2011), sendo o único bioma exclusivamente brasileiro (Figura 1).

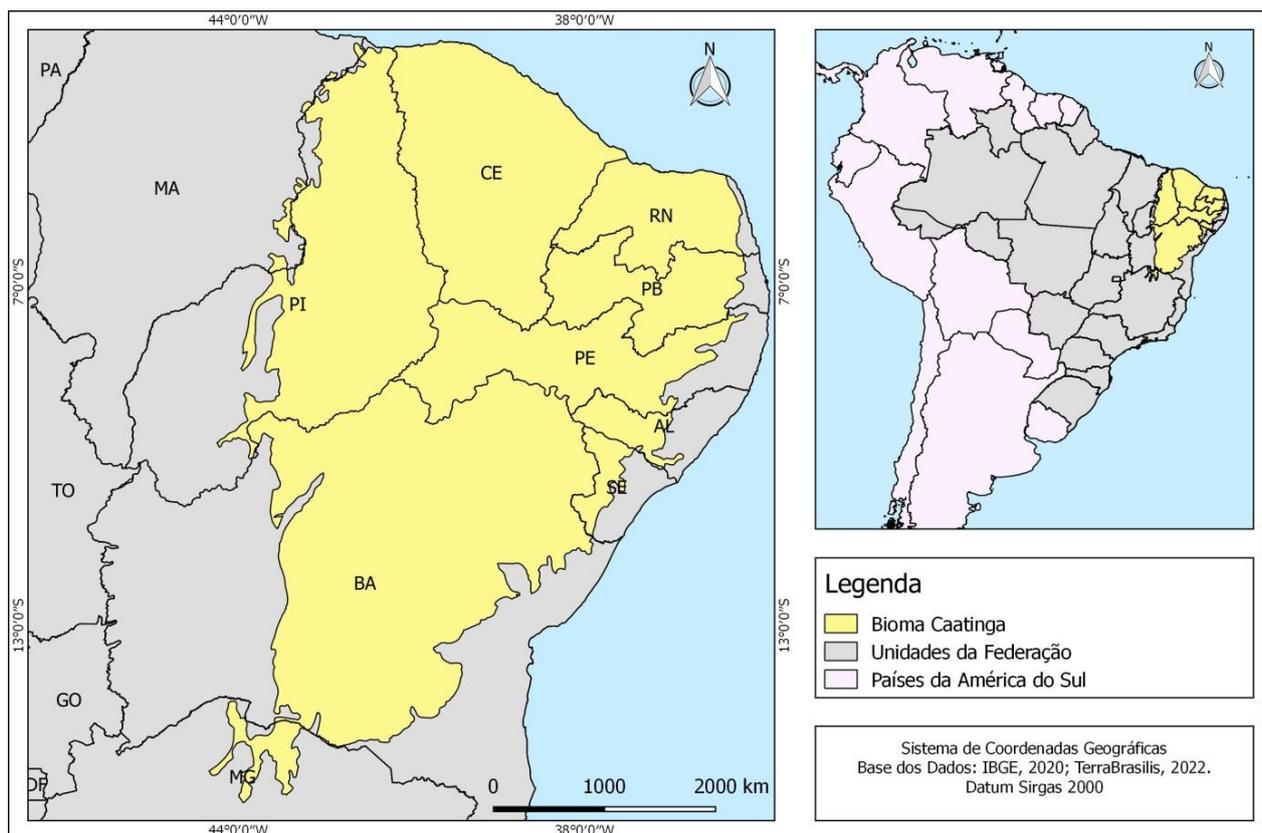


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: adaptado de IBGE (2020); INPE (2022).

A presente pesquisa abordou a superfície de vegetação disponível do Bioma Caatinga. Analisando os tipos de coberturas no Bioma para a região Nordeste considerando o período

de 1985 a 2020, a coleta de dados foi realizada no MAPBIOMAS (Coleção 1, mapbiomas vegetação versão 6.0) (BRASIL, 2021).

### Análise de dados

As variáveis tipo de cobertura no Bioma Caatinga observados foram o Antrópico composto pelas classes de Agricultura, Agricultura e pastagem, Pastagem, Mineração, Área não vegetada, Área Urbana. Foi realizada uma análise descritiva, assim como os mínimos quadrados ordinários (MQO) e a previsão autorregressivo com método ARIMA, utilizando software Gretl<sup>©</sup> 2018 e RStudio<sup>©</sup>.

### Resultados e Discussão

Ao analisar a área antropizada verifica-se que a Agricultura, Agricultura e Pastagem, Pastagem, Mineração, Área não vegetada e Área Urbana (Tabela 1), apresentam variáveis explicativas que justificam o valor da variável dependente, conforme o r-quadrado de 100%. Nota-se ainda que todas as variáveis são estatisticamente significativas a 1%. Casimiro et al. (2015) aplicaram os mínimos quadrados ordinários para avaliar qual fator responsável pelo desmatamento na floresta Amazônica, sendo constatado que o cultivo de monocultura e a expansão da agropecuária, são os principais aspectos de degradação nessa região.

Tabela 1. Mínimos Quadrados Ordinários, com variável dependente a área antropizada

Variável	Coefficiente	p-valor
Agricultura	0,99	1,73e <sup>-072</sup> ***
Agricultura e Pastagem	1,0	6,85e <sup>-129</sup> ***
Pastagem	1,0	6,33e <sup>-129</sup> ***
Mineração	0,897	0,37e <sup>-14</sup> ***
Área não vegetada	1,0	4,88e <sup>-112</sup> ***
Área Urbana	1,0	1,08e <sup>-92</sup> ***
R-quadrado		1,00

\*\*Significativo a 5% \*\*\*Significativo a 1%. Obs: Dados submetidos a primeira diferença ou segunda diferença para tornar-se estacionários.

Na Tabela 1, ao elevar a área urbana em 1 hectare, ocorre um aumento proporcional de 1 hectare na variável Antrópica, ou seja, afetando diretamente nessa variável,

potencializando-a. As variáveis Agricultura e Pastagem, Pastagem, Área não vegetada e Área urbana influenciam no mesmo nível a cobertura do Bioma Caatinga, ou seja, para a degradação ambiental através das ações antrópicas.

Com relação às variáveis antrópicas e naturais, observa-se que as maiores médias e os valores máximos estão relacionados à agricultura + pastagem, a pastagem, a área não vegetada e as áreas urbanas. No entanto, a variável natural apresenta média superior, como também valor máximo. Neste sentido, o período correspondente a 1985 e 2020, aduziu média elevada, não tendo sido observado outlier, valores diferenciados atípicos fora da normalidade ou baixa variabilidade (Figura 2).

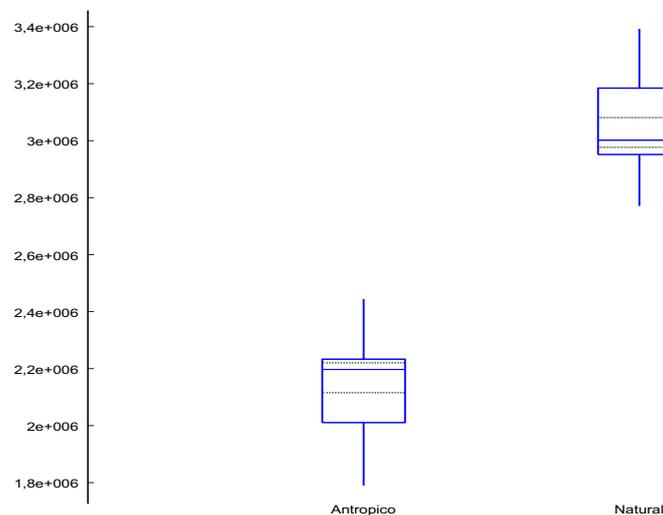


Figura 2. Box Plot das variáveis dos tipos de cobertura no período de 35 anos.

No período estudado entre os anos de 1985 e 2020, verifica-se que a degradação ambiental representada pela variável antrópica aumentou no Bioma Caatinga. A agricultura apresenta crescimento no ano de 1995, com ascensão significativa a partir do ano de 2005, essa atividade é bastante realizada na região nordeste, principalmente pelos pequenos agricultores que ainda praticam a agricultura convencional com pouco incremento tecnológico, desmatando novas áreas após a exaustão das terras antes utilizadas no plantio, sendo constatada uma extensão de aproximadamente 10200 hectares em 2020, com salto significativo a partir de 2015.

A variável agricultura + pastagem apresenta declínio com um leve aumento entre os anos de 1995 a 2000, tendo redução a partir desse mesmo ano. A pastagem no período entre

1985 e 2000 apresenta aumento devido à substituição das áreas agricultáveis por pastagem para alimentação animal (Figura 3).

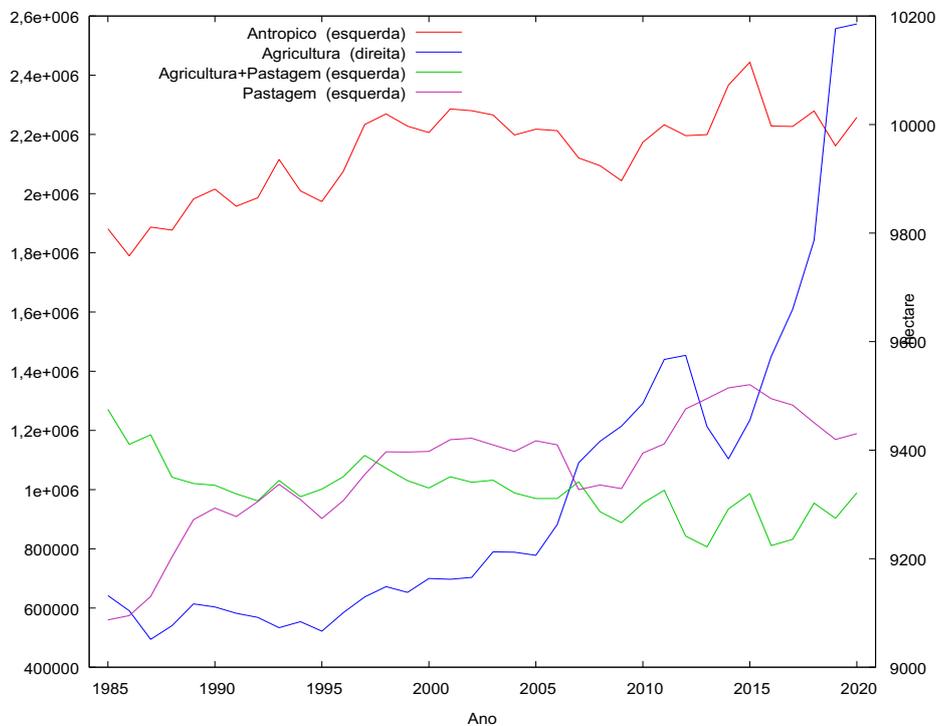


Figura 3. Evolução da ação antrópica entre 1985 e 2020.

A agricultura tradicional praticada na Caatinga apresenta baixo uso de insumos e geralmente são realizadas mais de uma atividade produtiva na mesma área, incluindo a pecuária extensiva, configurando-se em práticas danosas, com período inadequado do pousio, queimadas, capinação frequente mantendo o solo desnudo, além da predação dos recursos naturais da Caatinga que contribuem para a degradação do bioma (ARAÚJO FILHO, 2013; KIILL & PORTO, 2019).

Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2021) ao avaliar o nível de degradação de um fragmento da Caatinga através de sensoriamento remoto e observaram que mais de 40% da área está em estado de degradação grave, com muitas áreas com solo exposto e a prática da agropecuária que potencializaram a antropização do local e seu desgaste.

Entre os anos de 1985 e 2020, ocorre um aumento da degradação ambiental no Bioma Caatinga, resultando em crescimento das atividades antrópicas. Nesse mesmo período a variável natural registra diminuição, ou seja, as áreas com vegetação Caatinga reduziram, isso

ocorre devido à intensificação do desmatamento para ampliação da agricultura e de pastagem para a pecuária (Figura 4).

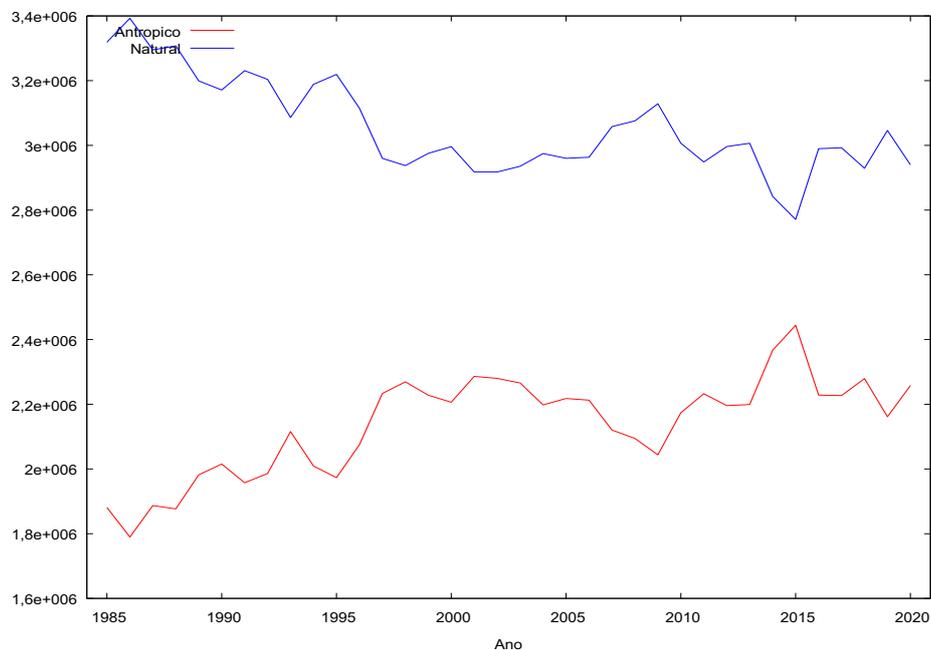


Figura 4. Evolução da ação antrópica no período de 35 anos (1985-2020).

Um estudo realizado por Alves et al. (2009) sobre o bioma caatinga, os autores concluíram que as atividades antrópicas em especial a pecuária extensiva, contribuíram para alterações estruturais da caatinga refletindo em seu polimorfismo, porém outros fatores como as condições climáticas locais aliadas aos fatores ecológicos devem ser considerados.

As áreas não vegetadas apresentam estabilidade entre os anos de 1985 e 2000, porém ocorrem picos posteriormente. A variável urbana apresenta aumento no período entre 1985 e 2022 (Figura 5).

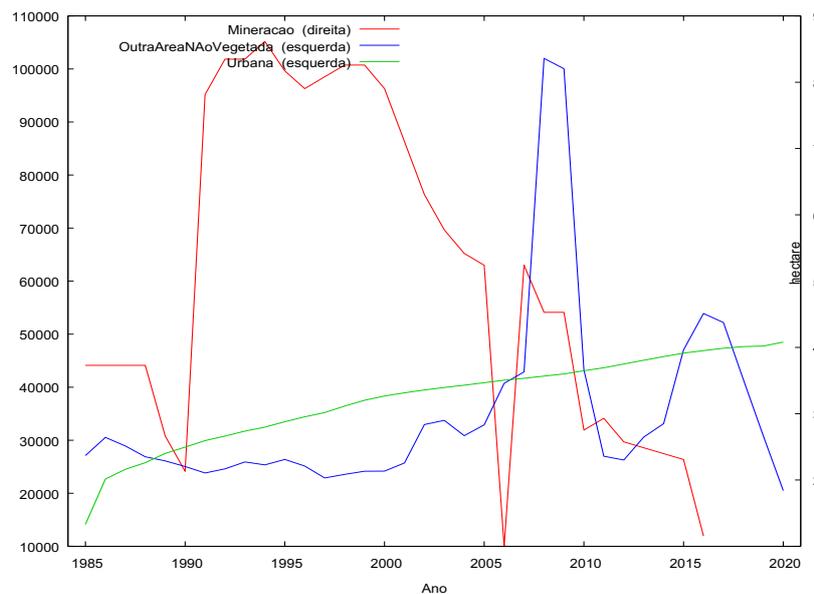


Figura 5. Evolução das variáveis, mineração, área não vegetada e área urbana entre 1985 e 2020.

A variável mineração apresenta crescimento no ano de 1990, com significativa redução no ano de 2005 com eventuais picos, porém sem registrar o aumento dos anos anteriores. Dentro da região semiárida, compondo o Nordeste, a atividade de mineração é apresentada como alternativa econômica, provendo sustento de famílias que vivem na referida região (MELO, 2011).

De acordo com Moreira et al. (2016), apesar do potencial mineralógico do Nordeste brasileiro, os autores destacam a mineração rudimentar e sua intensificação nos períodos de estiagem cíclica da região. Os mesmos autores atribuem a intensificação dessas práticas como forma de complementar a dificuldade de manter as práticas agrícolas diante da escassez de água na região, e que a alteração da superfície e escavação do subsolo sem estudos mais aprofundados pode levar à degradação do ecossistema.

Entre os anos de 2021 e 2025 observa-se que, existe potencial aumento das ações antrópicas, como agricultura, pastagem, mineração e desmatamento (Figura 6). A partir do ano de 2021 foram estimados que a área impactada com estas atividades seriam superiores a 2.300.000 hectares. Silva et al. (2021), ao avaliar a exploração da Caatinga constataram que, a monocultura é o principal fator que vem degradando o meio ambiente, com remoção da vegetação nativa e práticas de queimadas, potencializando os danos ambientais, podendo ocasionar a desertificação, extinguindo espécies endêmicas da região.

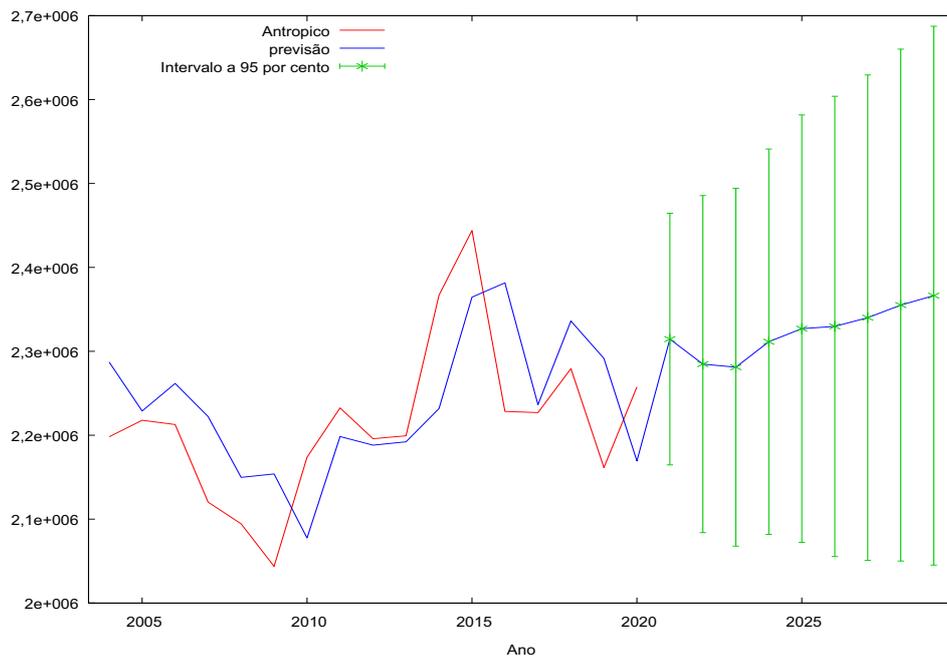


Figura 6. Estimativa futura da variável antrópicas entre o ano de 2021 a 2025.

Na pesquisa sobre o impacto de secas e antropização em fragmento da Caatinga, Aquino et al. (2021) constataram que a pluviosidade irregular está associada aos locais antropizados, afetando nas condições climáticas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Araripe et al. (2021) em relação as pressões e ameaças identificadas em áreas de conservação, destacando pastagem, presença de espécies exóticas e da caça. De acordo com Pereira et al. (2018) a pastagem é um dos fatores que ocasiona impactos por que geralmente são realizadas de maneira inadequada e sem planejamento.

Na Figura 7, averigua que com a previsão realizada até o ano de 2025, há uma tendência a diminuição de áreas naturais com valores inferiores a 2.900.000 hectares, o que está interligado com a expansão das atividades antrópicas, Figura 6, que afeta diretamente na preservação de vegetação natural do Bioma Caatinga com o decorrer dos anos.

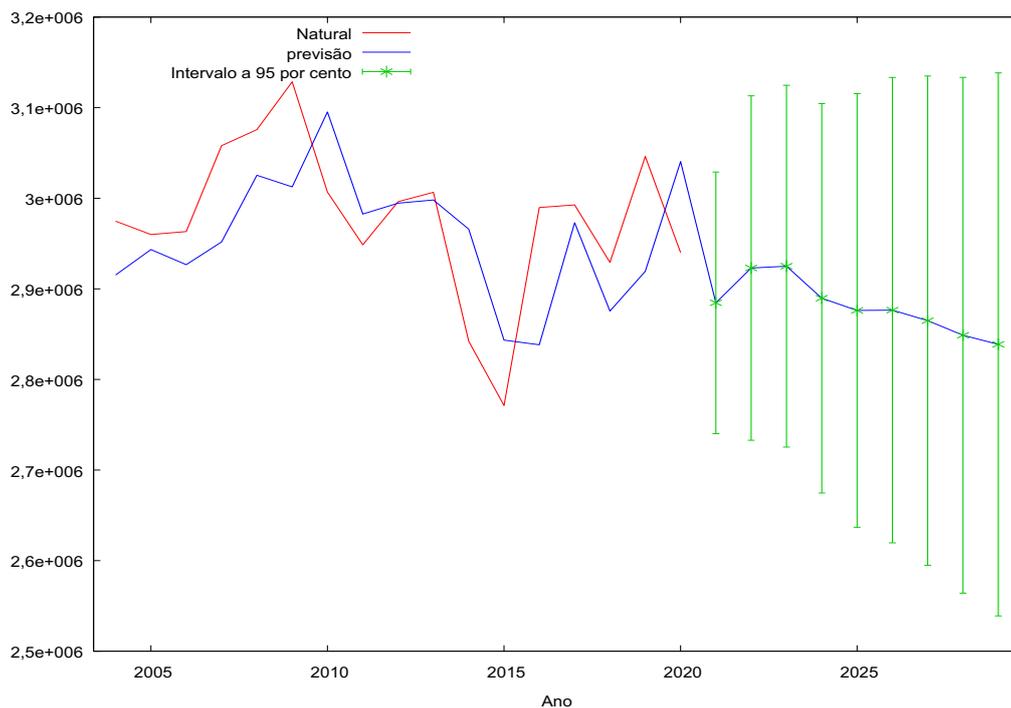


Figura 7. Estimativa futura da variável natural entre o ano de 2021 a 2025.

Os resultados das ações antrópicas, como afirmam Arnan et al. (2018) e Silva et al. (2020), afetam diretamente o ecossistema, ocasionando desequilíbrio na Caatinga, havendo assim perda de vegetação e da diversidade biológica deste Bioma que é tão rico e ainda pouco estudado.

## Conclusão

As ações antrópicas são crescentes no Bioma Caatinga, destacando a Agricultura com extensão superior a 10200 hectares, como um dos aspectos que mais contribuem para essa expansão. Com base nas previsões haverá um aumento da área antropizada e redução da vegetação natural nos próximos anos.

No período de 35 anos foi notório o aumento da degradação e diminuição de áreas com vegetação natural. A vegetação natural da Caatinga vem sendo degradada, com redução de sua área no decorrer dos anos e previsão de diminuição caso não sejam tomadas providencias para sua conservação e conscientização ambiental.

## **Referências**

- ACCIOLY, L. J. O.; GARÇON, E. A. M.; BARROS, M. R. O.; BOTELHO, F. Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semiárido paraibano com base nos sensores Hyperion e LANDSAT 7 ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia. Anais...Goiânia: INPE, 2005.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, v.22, n.3, p.126-135, 2009.
- AQUINO, D. N.; ANDRADE, E. M. D. A. M.; TAVARES, E. T. D. S. F.; CAMPOS, D. A. C. A. Impacto de secas e antropização na dinâmica da cobertura florestal em fragmento do domínio fitogeográfico da caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.14, n.3, p.1675-1689, 2021.
- ARARIPE, F. A. D. A. L.; CAMACHO, R. G. V.; DA SILVA COSTA, D. F.; ARAÚJO, I.; SOARES, O. H. B.; ALOUFA, M. A. I. Pressões e ameaças em Unidades de Conservação federais da Depressão Sertaneja Setentrional, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.14, n.5, p.3279-3293, 2021.
- ARNAN, X.; ARCOVERDE, G. B.; PIE, M. R.; RIBEIRONETO, J. D.; LEAL, I. R. Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry forest. *Elsevier BV: Science Of The Total Environment*, v.632-631, p.429-438, 2018.
- CASIMIRO, A. M.; COSTA, G. C.; PENA, H. W. A. Análise de regressão das conversões florestais em Santarém – Pará – Amazônia - Brasil, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, v.1, n.1, p.1-14, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; MORAES NETO, J. M.; LIMA, V. L. A. Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do alto rio Paraíba. *Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação*. v.2. Campina Grande: EPGRAF, 2019. 137p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168p. (Relatórios metodológicos, v.45).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Biblioteca – Catálogo. 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=411106&view=detalhes>> Acesso em: 07 jun. 2022.
- INPE. Terrabrasilis. 2018. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

JÚNIOR, I. O.; PEREIRA, A. J.; SILVA, B. C. M. N. Uso e cobertura da terra no trópico semiárido. Caderno de Geografia, v.32, n.69, p.619-619, 2022.

KIILL, L. H. P.; PORTO, D. D. Bioma Caatinga: oportunidades e desafios de pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. (Org.). Biomass e agricultura: oportunidades e desafios. 1. ed. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciência, 2019, v.1, p.65-80. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1108577/1/Kiill.pdf>> Acesso em: 07 jun. 2022.

MAGALHÃES, T. Semiárido, o bioma mais diverso do mundo. Revista do Instituto Humanistas Unisinos, v.7, n.389, p.1-60, 2012.

MELO, R. O. F. A mineração artesanal e de pequena escala em pegmatitos e cerâmicas no município de Parelhas, região do Seridó/Rio Grande do Norte. 94f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.

MOREIRA, E. I. de N. et al. Desafios para a mineração de pequeno porte no semiárido nordestino, Paraíba e Rio Grande do Norte - província pegmatítica da Borborema-Seridó. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, 2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.

MUTTI, P. R.; SILVA, L. L.; MEDEIROS, S. D. S.; DUBREUIL, V.; MENDES, K. R.; MARQUES, T. V.; LÚCIO, P. S.; SANTOS, C. M.; SILVA, E.; BEZERRA, B. G. Basin scale rainfall-evapotranspiration dynamics in a tropical semiarid environment during dry and wet years. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v.75, n.1, p.29-43, 2019.

PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. Agropecuária Técnica, v.24, n.1, p.47-59, 2003.

PEREIRA, J. S.; MORAES NETO, J. M. DE.; SILVA, V. F.; BRITO, K. S. A.; MARTINS, W. A. Níveis de degradação das terras no município de Taperoá, Paraíba. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.4, p.66-74, 2021.

PEREIRA, L. F.; FERREIRA, C. F. C.; GUIMARÃES, R. M. F. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais - Brasil. Nativa, v.6, n.4, p.370-379, 2018.

SENA, L. M. M. Conheça a Caatinga: Bioma Caatinga. Fortaleza: Associação Caatinga. v. 1. 2011, 54p. Disponível em: <<https://www.acaatinga.org.br/wp->

content/uploads/Conhe%C3%A7a\_e\_Conserve\_a\_Caatinga\_Volume\_1\_O\_Bioma\_Caatinga.pdf  
>. Acesso em: 07 jun. 2022.

SILVA, A. G. DA; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; ACIOLI, N. R. DOS S.; RAMOS, R. B. G. A.; MOREIRA, J. G.; DIARES, T. R.; SILVA, D. F. DA; CRUZ, M. S. DA; MOURA, R. G. DE. O manejo florestal sustentável da caatinga. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v.7, n.5, p.872-884, 2021.

SILVA, F. P.; SANTOS, A. M. O Domínio das Caatingas trabalhado nos livros didáticos de geografia. *Élisée-Revista de Geografia da UEG*, v.7, n.2, p.20-39, 2018.

SILVA, J. L. S.; CRUZ-NETO, O.; RITO, K. F.; ARNAN, X.; LEAL, I. R.; PERES, C. A.; TABARELLI, M.; LOPES, A. V. Divergent responses of plant reproductive strategies to chronic anthropogenic disturbance and aridity in the Caatinga dry forest. *Elsevier BV: Science Of The Total Environment*, v.704, p.1-62, 2020.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J.; FERNANDES, M. F. Avaliação das classes de cobertura vegetal e do uso das terras do sítio Agreste-Itaporanga-PB. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13, 2007, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2007.

VIEIRA, A. T.; MAGALHÃES, M. F.; SILVA, M. V. C. Uso da terra como facilitador da degradação ambiental no município de Santa Quitéria, Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10, n.4, p.1329-1345, 2017.

WERNECK, F. P. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. *Quaternary Science Reviews*, v.1, n.30, p.1630-1648, 2011.



# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE LUIS GOMES, RN

**Francisco Fabrício Damião de Oliveira**

Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Campina Grande,  
fabricio\_kunnga@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8950-4568>

**Marconi Vieira da Silva**

Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Campina Grande,  
Marconi.vsa@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7935-4906>

**Agílio Tomaz Marques**

Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Campina Grande,  
agiliotomaz@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8364-50638>

**Barthira Almeida Nunes**

Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Campina Grande,  
barthiraalmeida@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4204-539X>

**Leonardo Souza do Prado Júnior**

Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Campina Grande  
leonardosouzadopradojr@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5195-0389>

## Introdução

Segundo Silva Junior (2022), no que se refere os recursos naturais mais importantes para a sobrevivência do homem, destaca-se a água, em que é utilizada em praticamente todos os tipos de atividades humanas. No meio urbano, houve aumento acelerado da população nas últimas décadas, onde a questão do fornecimento de água adequada para atender necessidades da sociedade e para assegurar a equidade no acesso à água se tornou um grande problema a ser enfrentado pelo Poder Público e pela sociedade.

As diversas atividades e múltiplos usos da água ao longo da bacia hidrográfica, aliados à ausência de práticas sustentáveis e de manejo adequadas, levam à redução da disponibilidade hídrica e à deterioração de sua qualidade. Assim, como bem vital para a produção de alimentos, dessedentação animal, dentre outras atividades essenciais ao homem, fazendo-se necessário o acompanhamento da qualidade de água superficial e subterrânea (MELO, et al., 2016; JOS et al., 2016; SILVA et al., 2021).

Nesse estudo, o foco é a água subterrânea que, embora possui, geralmente, melhor qualidade, nas últimas décadas vem sendo impactadas pela elevada taxa de urbanização, atividades industriais e agrícolas e o descarte indiscriminado de resíduos sólidos (AYVAZ & ELÇI, 2018; ABIOYE & PERERA, 2019).

Além disso, as regiões semiáridas brasileiras são caracterizadas por baixos índices pluviométricos, e vem sofrendo nos últimos anos com estiagem mais severas, com intervalos cada vez maiores entre os períodos chuvosos, levando a escassez hídrica e consequente impactos negativos socioeconômicos e ambientais (CHIANCA et al., 2020; SILVA, et al., 2021).

Diante dessas características edafoclimáticas, alternativas como a barragem subterrânea (BS), tem sido adotadas pelos órgãos governamentais e algumas ONG's (Organizações Não Governamentais), com intuito de minimizar os efeitos negativos desse cenário de insuficiência ou escassez hídrica (CHIANCA et al., 2020). Essas barragens objetivam o acúmulo de água no solo, visando práticas agrícolas diversas e, por vezes, o próprio abastecimento humano. Ela é uma técnica de armazenar água da chuva dentro do perfil do solo, com o objetivo de permitir ao agricultor a prática de uma agricultura de vazante e/ou subirrigação (SILVA et al., 2019).

Desta forma, é necessário o acompanhamento da qualidade da água em relação aos níveis de salinidade, que pode ser um fator determinante à viabilidade da construção da vazante artificial temporária, tendo em vista que, pode apresentar problemas de salinidade, caso o manejo não seja apropriado (MELO et al., 2016). Nesse contexto, esta pesquisa tem

como objetivo realizar um estudo de monitoramento da qualidade de água de barragens subterrânea no município de Luís Gomes, Rio Grande do Norte.

### **Fundamentação teórica**

A água é um dos recursos naturais mais importantes e o Brasil é um país privilegiado no que diz respeito à disponibilidade hídrica. Esse recurso natural é limitado e por isso requer a manutenção e monitoramento para que se garanta a qualidade e disponibilidade para os seus diversos usos (SILVA et al., 2021).

A barragem subterrânea é toda estrutura que objetiva impedir o fluxo subterrâneo de um aquífero pré-existente, deixando a água armazenada ao longo do perfil do solo e tem como propósito aumentar a disponibilidade hídrica que poderá ser utilizada para irrigação, dessedentação de animais, dentre outros (OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2019).

O acompanhamento visa fornecer importantes dados para o manejo de boas práticas agrícolas e, assim, evitar a contaminação do solo (CASTRO & SANTOS, 2020). Nas análises quanto a qualidade da água são avaliados vários parâmetros físico-químicos, que determinarão a diversas possibilidades de uso, formas de tratamento, se necessárias, e controle de suas características com o passar do tempo (JOS et al., 2016; ABIOYE & PERERA, 2019 & CHIANCA et al., 2020).

Dentre os parâmetros de monitoramento da qualidade da água, a salinidade apresenta papel de destaque, pois, a depender de sua concentração, pode inviabilizar a utilização desse recurso. Segundo Melo et al. (2016), a salinidade pode alterar o desenvolvimento e a produção de algumas espécies de plantas e também comprometer outros usos relacionados ao consumo. Segundo Melo et al. (2016) e Castro e Santos (2020), os vários parâmetros avaliados nas análises de água são classificados em função da CE (condutividade elétrica), onde são divididos em quatro classes de salinidade: C1 (baixa:  $< 0,25$  dS/m), C2 (média:  $0,25 - 0,75$  dS/m), C3 (alta:  $0,75 - 2,25$  dS/m) e C4 (muito alta:  $> 2,25$  dS/m). Assim, tem-se nessa classificação uma escala a qual se considera a (CE) como indicadora do risco de salinização do solo e a razão de adsorção de sódio (RAS) como indicadora do perigo de sodicidade do solo (MELO et al., 2016; CASTRO & SANTOS, 2020).

Segundo Pedrotti et al. (2015) e Melo et al. (2016), culturas sensíveis à teores de salinidade apresentam toxicidade e redução na produção a partir de um CE de  $1,3$  dS/m e que apresenta diminuição de 13% a cada  $1,0$  dS/m de incremento de salinidade (a laranjeira, a mangueira, limoeiro, bananeira, entre outras). São consideradas moderadamente tolerantes a

salinidade aquelas que apresentam valores de CE entre 3,0 e 6,0 dS/m sem afetar a produtividade. Já para Ayers e Westcot (1991), a perda de produtividade para o feijão caupi, milho e batata doce pode ocorrer para valores de CE a partir de, respectivamente, 0,7; 1,1 e 1,7 ds/m.

## Material e Métodos

### Localização da área de estudo

O município de Luis Gomes situa-se na mesorregião Oeste Potiguar, na microrregião Serra de São Miguel, limitando-se com os municípios de Coronel João Pessoa - RN, Riacho de Santana - RN (a Norte), José da Penha - RN, Major Sales - RN e Paraná - RN (Leste), Uiraúna - PB (a Sul), Poço Dantas - PB e Venha Ver - RN (a Oeste) abrangendo uma área de 181 km<sup>2</sup>, inseridos na folha Pau dos Ferros (SB.24-Z-A-II). A sede do município tem uma altitude média de 636 m e coordenadas 06°24'50,4" de latitude sul e 38°23'20,4" de longitude oeste, distante da capital Natal, cerca de 444 km (CPRM, 2005).

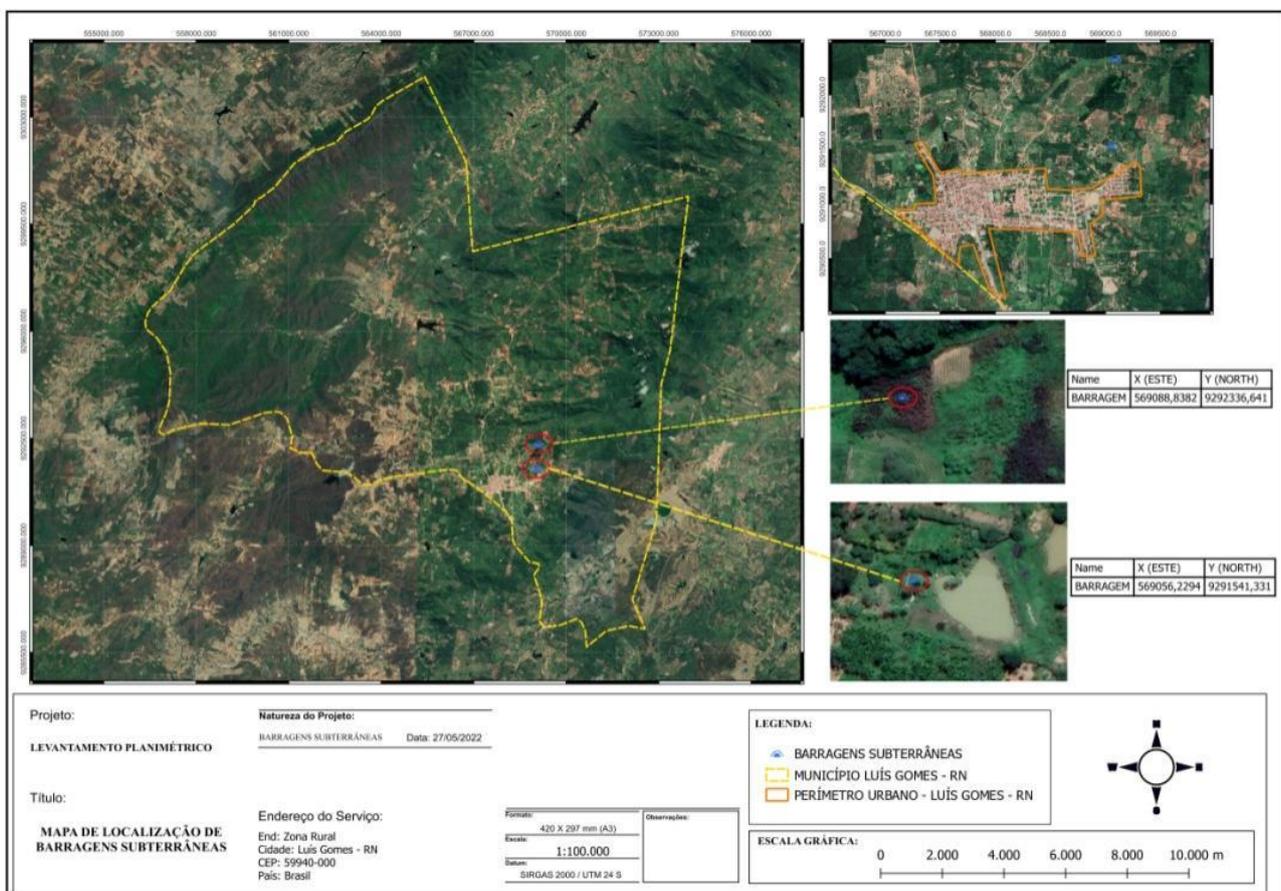


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Google Earth (2022).

O trabalho foi realizado em duas barragens subterrâneas (BS), no município Luis Gomes-RN. As barragens têm quatro anos que foram construídas. As amostras de água foram coletadas em poços amazonas localizados a montante da área, em imóveis rurais de agricultores familiares.

A água é utilizada na irrigação de culturas temporárias (feijão, milho, capim, macaxeira) e culturas permanentes (caju, côco, mangueiras) no período seco, estas localizadas dentro da área de contenção das barragens. O manejo das atividades desenvolvidas é realizado em bases agroecológicas, sem adoção de agrotóxicos, segundo relato dos agricultores.

As análises de água foram realizadas os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, CE, dureza total, salinidade, sólidos solúveis totais, sólidos dissolvidos totais, sedimentos, teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato de Sódio Residual e bicarbonato. Após as análises das amostras, calculou-se a razão de adsorção de sódio (RAS) para classificação da água em relação a sua qualidade para fins de irrigação. A Tabela 1 apresenta os dados e localização das áreas de estudo.

As amostras foram retiradas dos poços amazonas das barragens subterrâneas (Figura 1). As coletas foram realizadas nos dias 18/05/2022 e 19/05/2022. As amostras de água foram colocadas em garrafa pet de 500 ml. Os frascos foram conservados em recipientes térmicos com gelo e transportados para o laboratório do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus Sousa - PB. A metodologia aplicada foi a de análise analítica, sugerida por Parron et al. (2011).

Tabela 1. Identificação das barragens subterrâneas no município de Luis Gomes - RN

Proprietários (agricultores)	Coordenadas Geográficas		Precipitação média Pluviométrica (mm)	Área de abrangência (ha)	Localização
	Latitude	Longitude			
José Fernandes Nunes	6°24'21.00"S	38°22'41.00"O	909	1,0	Linha de drenagem riacho
Marcos Lopes da Silva	6°24'32.00"S	38°22'30.00"O	909	0,7	Linha de drenagem riacho

Os critérios utilizados para a avaliação da qualidade do recurso hídrico para fins de irrigação foram aqueles estabelecidos por Ayers e Westcot (1999) e por Almeida (2010).

Esses autores apontam que os problemas de qualidade da água de irrigação geralmente estão relacionados com a salinidade, além de fatores como a velocidade de infiltração da água e outros. Para Almeida (2010), a existência de material particulado, seja de origem inorgânica (areia, silte, argila, restos de plásticos) ou orgânica (algas, pequenos animais aquáticos, bactérias, etc) podem obstruir os pontos de irrigação em sistemas localizados.

## Resultados e Discussão

Os resultados das análises dos poços das barragens subterrâneas da avaliação das classes de qualidade da água para fins de irrigação se apresentam na Tabela 2.

Tabela 2. Características da qualidade da água dos poços das barragens subterrâneas, no município de Luis Gomes - RN

Parâmetro	Unidade	BS 1	BS 2
Ca <sup>2+</sup>	Mg L <sup>-1</sup>	2,40	1,15
Mg <sup>2+</sup>	mmol/L	1,45	0,70
Na <sup>+</sup>	Mg L <sup>-1</sup>	4,78	1,48
K	Mg L <sup>-1</sup>	0,20	0,12
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mmol/L	0,00	0,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol/L	3,58	1,52
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mmol/L	**	**
Cl <sup>-</sup>	mmol/L	5,30	1,50
pH	-	6,8	6,8
CE	dSm <sup>-1</sup>	0,43	0,17
CaCO <sub>3</sub>	mg/L	352,0	142,7
RAS	-	3,45	1,54
Classificação da água	-	C2S1	C1S1

\*\* Não analisado.

A análise dos dados da Tabela 2 observa-se que, não há restrições em decorrência da probabilidade da salinização da área e nem a toxicidade por íons específicos. Quanto à variabilidade de cada parâmetro, observa-se que as concentrações do sódio nos dois poços variam de 1,48 mmol<sub>c</sub>L<sup>-1</sup> e 4,78 mmol<sub>c</sub>L<sup>-1</sup>, sendo que a BS2 está dentro do limite (<3,00 mmol<sub>c</sub>L<sup>-1</sup>) para o uso na irrigação conforme estabelecido pela University of California Committee of Consultants (AYERS & WESTCOT, 1999). Já o valor mais alto encontra-se acima do limite de tolerância, possivelmente esta elevação deve ser em decorrência do retorno da água utilizada nas áreas irrigadas ao longo do seu percurso.

As concentrações de cloreto nos poços apresentam valores distintos, 5,30 e 1,50 mmol/L respectivamente, onde novamente a BS2 não apresenta restrições a serem aplicadas.

Em relação aos valores de bicarbonato nota-se que as águas dos poços variam entre 3,58 e 1,52. Os valores apresentados necessita restrição para uso de ligeira a moderada, segundo Ayers e Westcot (1999), que é de 1,5 – 8,5 mmol<sub>c</sub>L<sup>-1</sup>.

Com relação ao CE, os valores apresentados são 0,43 e 0,17 respectivamente, essas águas podem ser classificadas com baixo grau de salinidade, sem restrições de uso para irrigação.

Com relação à RAS para os poços analisados, o primeiro apresenta valor de 3,45 sendo classificado na classe C2 S1: Água de salinidade média e baixa quantidade de sódio, apropriada para irrigação em solos que apresentem boa drenagem, sem risco de causar sodificação, embora plantas sensíveis ao sódio possam acumular quantidades prejudiciais desse elemento (RICHARDS, 1954).

Sob o aspecto físico-químico, de acordo com a Resolução CONAMA nº 20/1986, a amostra se enquadra nos critérios de potabilidade quanto ao teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) por conter 275,2 mg/L, visto que segundo a Portaria MS 2914/2011 o valor máximo admitido é de 1000 mg. L<sup>-1</sup>. Já o segundo poço apresenta como resultado o valor de 1,54 sendo classificado como C1 S1: Água sem risco quanto ao perigo de salinização do solo, podendo ser usada para irrigação da maioria das culturas e em quase todos os tipos de solos. Sob o aspecto físico-químico, a amostra se enquadra nos critérios de potabilidade quanto ao teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) por conter 108,8 mg/L, visto que segundo a Portaria MS 2914/2011 o valor máximo admitido é de 1000 mg. L<sup>-1</sup>.

Barroso et al. (2011) em estudo realizado com no município de Jucás-CE encontraram valor de CE 0,58 dS m<sup>-1</sup>, sendo classificadas sem nenhuma restrição quanto ao uso na irrigação. Já Dos Santos et al. (2016) encontrou em seu estudo na região semiárida Pernambucana água com muito alta salinidade, ou seja, com CE > 2,25 dS/m (classe C4). Assim sendo, não se recomenda o uso da água rotineiramente para irrigação. Lima et al. (2020), em estudo no sertão Baiano (Candiba-BA), com 83 poços analisados, somente 12% das amostras enquadram-se na classe C2S1, a melhor classificação encontrada na região de estudo, apresentando salinidade média e baixo teor de sódio.

## **Conclusão**

De acordo com os dados obtidos, concluiu-se que não há restrições em decorrência da salinização da área pela água sendo classificadas com baixo grau de salinidade e nem por toxicidade por íons específicos, nas barragens avaliadas. Em relação ao sódio e cloreto, a amostra BS2 destacou-se da BS1, não apresentando restrições, estando dentro dos padrões estabelecidos, portanto, apta para utilização na irrigação.

## **Referências Bibliográficas**

- ABIOYE, S. O.; PERERA, E. D. P. Public health effects due to insufficient groundwater quality monitoring in Igando and Agbowo regions in Nigeria: A review. *Sustainable Water Resources Management*, v.5, n.4, p.1711-1721, 2019.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. rev. 1. Campina Grande. UFPB, 1991.
- AYVAZ, M. T.; ELÇI, A. Identification of the optimum groundwater quality monitoring network using a genetic algorithm based optimization approach. *Journal of Hydrology*, v.563, p.1078-1091, 2018.
- BARROSO, A. D. A.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. D. O.; PALÁCIO, H. A. D. Q.; LIMA, C. A. D. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.588-593, 2011.
- BRASIL. Diário Oficial da República, Brasília, 30 de jul. 1986. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre qualidade das águas de balneabilidade.
- CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. *Mercator*, v.19, 2020.
- CHIANCA, C. G. C.; BATISTA, R. O.; DA SILVA, C. K.; SOUZA, A. A. Qualidade da água de barragens subterrâneas do município de Caraúbas/RN/Water quality of underground dams of the county of Caraúbas/RN. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.2, p.7444-7456, 2020.
- DOS SANTOS, S. M.; DE PAIVA, A. L. R.; DA SILVA, V. F. Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.10, n.3, p.651, 2016.
- JOS, R. B. C. et al. Hydrology and water quality of a underground dam in a semiarid watershed. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.28, p.2508-2518, 2016.
- MELO, R. F. et al. Avaliação da qualidade de água de poço em barragens subterrâneas no Semiárido paraibano. In: *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, 10,

2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.

LIMA, B. R. D.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v.7, n.16, p.679-689, 2020.

OLIVEIRA, C. N.; et al. Análise comparativa de índices de qualidade da água subterrânea. *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, v.19, n.1, p.1-12, 2016.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 67p. (Embrapa Florestas. Documentos, 232).

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p.1308-1324, 2015.

RICHARDS, L. A. Diagnóstico e rehabilitación de suelos salinos e sódicos. México: Editorial Limusa, 1954. 172p.

SILVA, M. I. et al. Assessment of groundwater quality in a Brazilian semiarid basin using an integration of GIS, water quality index and multivariate statistical techniques. *Journal of Hydrology*, v.598, p.126346, 2021.

SILVA, M. S. L. et al. Barragem subterrânea. Embrapa Solos. Embrapa, 2019. 116p.



# SISTEMA AMBIENTAL DA INTEGRAÇÃO DE BACIAS DO RIO SÃO FRANCISCO NO SERTÃO PARAIBANO: ANÁLISE JURÍDICA, AMBIENTAL E SOCIAL

**Francisco César Martins de Oliveira**

*Doutorando em Engenharia e Gestão em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
prof.fcmo@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-4159-009X>

**Iranilton Trajano da Silva**

*Pós-doutor em Estudos de Princípios Fundamentais e Direitos Humanos, UCES/AR,  
trajano.iran@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-2204-2768>

**Vanessa Érica da Silva Santos**

*Doutoranda em Engenharia e Gestão em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB  
vanessa.eric@hotmail.com*

 <https://orcid.org/0000000213554198>

**Adilvaneide Ferreira da Costa**

*Mestranda em Engenharia e Gestão em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
adilvaneide.costa@pb.senac.br*

 <https://orcid.org/0000-0002-4159-009X>

**Janaina Lúcio Dantas**

*Doutoranda em Engenharia e Gestão em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
janaina-lucio@hotmail.com*

 <https://orcid.org/000-0002-6386-6421>

## **Introdução**

O Projeto de Transposição do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é um empreendimento do Governo Federal, sob a responsabilidade do Ministério da Integração Nacional. Trata-se de um empreendimento de infraestrutura hídrica, com dois sistemas independentes, denominados de Eixo Norte e Eixo Leste, beneficiando os Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte onde objetiva beneficiar uma população de cerca de 12 milhões de pessoas, em 390 municípios, com uma extensão de 477 km, e orçado em 8,2 bilhões de reais. A obra é o maior projeto de infraestrutura do país (BRASIL, 2015).

O Rio São Francisco mantém sua importância no semiárido nordestino, conhecido pela baixa pluviosidade. De acordo com Cordeiro (2017), surgem contradições sociais em torno de sua transposição, haja vista os debates na organização de políticas governamentais, diante de planos e estratégias para garantir o desempenho da obra, além dos impactos ambientais e seus aspectos sociais. Surge, assim, a gestão ambiental da região semiárida norteada em parâmetros sociais, políticos e econômicos debatidos em assembleias populares.

Cunha e Carvalho (2014), realizando uma análise sobre o espaço geográfico da Transposição do Rio São Francisco, pontuam que as águas da transposição do rio São Francisco, a princípio, não estão se direcionando para a população que sofre com a escassez de água e, sim, para o agrohidronegócio. Estes autores apontam que a transposição vem estimulando vários debates sobre a monopolização da terra e da água no século XXI.

No tocante aos impactos ambientais decorrentes do Projeto de Integração do Rio São Francisco no Nordeste Setentrional, foram identificados, no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA, 2019), 44 impactos, sendo 23 de maior relevância, dos quais 12 são negativos. De acordo com a análise dos documentos (EIA/RIMA), foram identificados os seguintes aspectos: socioambientais: ruptura das relações sociocomunitárias durante a execução da obra; aspectos ecológicos: riscos em relação à introdução de espécies de peixes potencialmente daninhas ao homem nas bacias receptoras e mudança do regime fluvial das drenagens receptoras; aspectos econômicos: perda de empregos e renda em decorrência das desapropriações e aumento de riscos sociais durante a fase de implementação.

Analisando os impactos socioambientais provocados nas áreas assistidas pela transposição do Rio São Francisco na sub-bacia do rio Piranhas, no município de São José de Piranhas, na Paraíba, a partir de documentos técnicos, entrevistas, observações e registros de imagens com ênfase nas questões socioambientais, Feitosa et al. (2019) enfatizam que, para os objetivos da transposição serem alcançados, eles devem ser implantados de forma

adequada e consciente, pautados em um Modelo de Gerenciamento, que estabelece a organização legal e institucional e um Sistema de Gerenciamento, que reúne os instrumentos para o preparo e execução do Planejamento do Uso, Controle e Proteção das Águas e, que seja implantado com a participação da população beneficiada.

Entendendo que a Transposição do Rio São Francisco é uma das maiores obras de estrutura em operacionalização no Brasil, que possui objetivos complexos e, é foco de muitas pesquisas, este estudo tem como objetivo fazer uma análise jurídica da previsão legal do Direito às Águas e descrever o sistema ambiental da transposição do Rio São Francisco no sertão paraibano, trazendo as implicações dos seus benefícios sociais e impactos ambientais.

### **Material e Métodos**

A pesquisa teve como cenário a mesorregião das Cidades de São José de Piranhas, Cajazeiras e Sousa-PB. Esses municípios incluem o projeto de integração de bacias das águas do Rio São Francisco do alto sertão da Paraíba, que recebem as águas da integração de bacias, que tem seu início em São José de Piranhas através do túnel com o canal proveniente do Município de Mauriti CE, nas barragens de Morros, Boa Vista e Caiçara no Município de Cajazeiras PB, de onde segue para o para o reservatório Engenheiro Ávidos também em Cajazeiras, até o açude de São Gonçalo em Sousa-PB.

Foi utilizada nesse estudo a Metodologia de Estudo de Caso (MEC), na qual se tomou por base o referencial de Yin (2015), onde se aprecia os dados gerais (mesodados) de forma a dimensionar os microdados.

Os dados foram obtidos a partir de material bibliográfico que trata do tema, visitas técnicas e registro fotográfico e entrevistas a assentados do local do estudo realizado nos dias 08, 15 e 21 de maio de 2022.

A pesquisa teve o caráter qualitativo, de forma a analisar os aspectos jurídicos, sociais e ambientais que visem à preservação dos recursos naturais e, conseqüentemente, garantam o uso prioritário das águas do São Francisco para os seus beneficiários de direito.

### **Previsão legal do direito das águas**

Na primeira metade do século XX, a humanidade estava começando a ser influenciada por ideais de progresso e fraternidade, em defesa do meio ambiente e, em resposta às atrocidades das guerras recentemente vividas. Nesse cenário, surgiram os direitos de terceira geração, que compuseram o arcabouço dos legisladores brasileiros, e se estabeleceram como

uma das principais motivações para a construção da primeira fonte de proteção ao meio ambiente no Brasil, que foi o Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934.

A regulamentação dos recursos naturais surgiu, assim, de uma preocupação relativamente recente, mas, que remonta aos abusos ambientais praticados desde a colonização do país. A Constituição democrática, em 1988, caracterizou a água como um bem público juridicamente tutelado e positivou a previsão da proteção ao meio ambiente em seu Artigo 20, inciso III, que dispõe que pertencem à União, os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos sob seu domínio, ou que banhem mais de um estado, que sirvam de limites com outros países, que provenham ou se estendam a território estrangeiro e, também, os terrenos marginais e as praias fluviais (BRASIL, 1988).

Em continuidade, no seu Capítulo VI, Artigo 225, Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988). Este artigo foi responsável por efetivar a fase holística (BENJAMIN, 1999) da proteção ambiental, que se caracterizou com o início efetivo da proteção às águas no Brasil.

Com base na Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002 - Código Civil Brasileiro, é possível enquadrar as águas como bens públicos de domínio nacional pertencentes às pessoas jurídicas de direito público interno (Art. 99 a 103, 2002). Nesse sentido, Ravena (2007) aduz que o Código das Águas, como ficou conhecido o Decreto de 10 de julho de 1934, foi fruto de um momento de transição do nacionalismo à descentralização participativa, em justificativa ao cenário mundial. Essa positivação deu maior ensejo ao desenvolvimento de órgãos e políticas de defesa às águas, em especial, no instrumento da licença ambiental. Hoje considerado por Bello Filho (2004) uma das melhores ferramentas de combate à poluição das águas, apesar da ausência de menção expressa na CRFB/88.

Esse instrumento foi desenvolvido com o objetivo de concretizar as normas-princípios trazidas pela Carta Magna, que abriu amplo espaço para o desenvolvimento de políticas de valorização dos Direitos Sociais e Humanos (PIOVESAN, 2003). A licença ambiental e o próprio sistema de licenciamento têm por objetivo evitar danos relevantes ao meio ambiente em razão do desenvolvimento de grandes empreendimentos, a exemplo da transposição do Rio São Francisco. As normas-princípios são regras que servem até hoje à aplicação dos Direitos Fundamentais, sendo um dos principais pontos para a defesa da constituição cidadã

enquanto um instrumento de propagação dos Direitos sociais e da saúde coletiva através dos recursos hídricos.

Nesse sentido, o Código das Águas predominou na regulação do Direito à água até 1997, quando foi publicada a Lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos. A Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que configura a regulamentação uniformizada dos Recursos Hídricos, traz em seu artigo 5º, a definição dos instrumentos de suporte para execução da política, que são:

I – Os Planos de Recursos Hídricos; II – o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III – a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV – a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V – a compensação a municípios (este instrumento teve seu conteúdo vetado na Lei); VI – o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Bastante criticado, o artigo 5º foi um dos principais vetores para as tentativas posteriores de uma correção legal, que surgiram dos mais diversos âmbitos, configurando, assim, a confusão legislativa que hoje prepondera no tema do Direito à água.

Por sua vez, a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, (BRASIL, 1998) é considerada um marco na proteção ao meio ambiente, pois, trouxe consigo as previsões legais para a configuração dos crimes ambientais e as suas respectivas sanções. Estabelecendo, nos seus artigos 53 e 54, causas de aumento de pena por delitos cometidos com a diminuição e poluição das águas naturais. Por exemplo, é possível encontrar, no Artigo 33 desse documento normativo, a pena por: provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras: Pena - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas, cumulativamente. Essa medida visa regulamentar as práticas criminosas e constitui, assim, um relevante instrumento dentro da legislação ambiental brasileira.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (BRASIL, Lei nº 6.938, de 1981), de nº 357, de 2005, traz as definições, classificações e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água atuais ou pretendidos e as condições padrões de lançamento de efluentes. Essa diretriz é relevante, pois, estabelece que os estados, na esfera de suas competências e nas áreas de sua jurisdição, elaborarão normas supletivas e complementares e padrões relacionados com o meio ambiente, observados os que forem

estabelecidos pelo CONAMA (1981). Esse artigo deu ampla atuação aos estados, sendo, também, um dos fatores ao crescimento legislativo na questão ambiental.

A Lei nº 9.984 de 2000, estabeleceu a criação da Agência Nacional das Águas (ANA), e, ao definir a sua natureza jurídica, competência e estrutura, promulgou mais um instrumento em cumprimento à Política Nacional de Recursos Hídricos, com articulação ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme consta no artigo 4º. É possível encontrar, também, no mesmo dispositivo legal que a ANA tem como competência supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal, além de disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no território nacional. Nesse sentido, é possível encontrar em Gonçalves (2014):

Ao analisar aos relatórios anuais das ações da ANA, destaca-se, nos primeiros anos de existência, o Programa de Convivência com o Semiárido, através da construção de cisternas, atendendo famílias rurais do Nordeste, que deu origem a um programa com o objetivo de construir um milhão de cisternas; o apoio à cobrança pelo uso da água para a agricultura irrigada no Ceará; e, o combate à poluição de bacias hidrográficas com implantação do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES), inovara ao vincular repasses financeiros mediante comprovação da efetiva remoção da poluição nas estações de tratamento de esgoto (GONÇALVES, 2014).

O autor ainda acrescenta que a ANA teve como objetivo a elaboração dos planos de bacias hidrográficas dos rios interestaduais, o que equivalia a uma porcentagem de 51% do território nacional. O que constituiu um número relevante ao estudo da água, e, também, da sua ausência. Como crítica fundamental, Gonçalves (2014) aduz que não há uma política pública clara de combate à escassez dos recursos hídricos nas regiões semiáridas, como no sertão da Paraíba, e que essa ausência de legislação contribui com a perpetuação da pobreza na região. Nesse sentido, é possível encontrar em Aith e Rothbarth (2015), que:

Embora a natureza jurídica das águas no Brasil seja a de bem público, o uso desse bem pode ser classificado conforme a finalidade e o modelo de gestão estatal que se dê. Em qualquer caso, no entanto, a proteção da água para consumo humano e animal, bem como o acesso à água potável para subsistência são determinantes

sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil e condicionantes do uso da água no país (AITH & ROTHBARTH, 2015).

Objetivando trazer um melhor disciplinamento, em março de 2004, o Ministério da Saúde publicou a Portaria nº 518, que determinou os limites permitidos da água distribuída para consumo humano. Estabelecendo alterações relacionadas à transferência de competência da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) para a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde. Essa portaria definiu a competência do controle da qualidade da água que está em vigor até os dias atuais e faz parte do contexto do Direito à água de qualidade no Brasil.

A junção das regras e princípios ambientais forma o que é denominado por Bello Filho (2004) de Constituição Ambiental. Esse arcabouço é formado por diversos níveis de legislação que, inclusive, diferem de estado para estado no Brasil, com base no artigo 26, uma vez que a CRFB/88 dividiu a titularidade das águas entre a União e os estados-membro.

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados:

- I - As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;
- II - As áreas, nas ilhas oceânicas e costeiras, que estiverem no seu domínio, excluídas aquelas sob domínio da União, Municípios ou terceiros;
- III - as ilhas fluviais e lacustres não compreendidas entre as da União (BRASIL, 1988).

Na Paraíba, por exemplo, a questão da proteção das águas foi regulada através da Lei 6.308, de 1996, que tratou da gestão dos recursos hídricos, a Lei 7.779/05, que criou a Agência Estadual de Águas (AESAs), além de outros instrumentos legais que, posteriormente, modificaram em parte essas leis. Como é possível constar na análise das leis mencionadas, as mudanças foram no sentido de buscar uma solução para os períodos extensos de estiagem, que assolavam o sertão nordestino.

Nesse sentido, os primeiros registros de um interesse em transpor águas do Rio São Francisco para o restante do Nordeste surgiram ainda no século XIX. Em justificativa a um ambiente político e social favorável, e, com base nos Direitos Fundamentais à saúde e ao meio ambiente equilibrado, que se combinam para formar o Direito à água. Com o passar dos anos, um extenso imbróglcio judicial e administrativo semeou de dificuldades a execução desse

projeto, que só teve sua primeira Licença Ambiental Prévia obtida em abril de 2005 (IBAMA, 2005).

Por sua vez, o Plano Decenal da Bacia do Rio São Francisco (2004), que constitui um marco na implantação da gestão dos recursos hídricos no Brasil, foi permeado pela participação pública, conforme consta na própria publicação do projeto no ano de 2004.

Com a delimitação das bases, conceitos e estruturação do plano, é possível analisar a efetivação do que seria uma correção necessária à vigência da Lei nº 9.433/97. Este instrumento legislativo teve sua eficiência contestada, em razão dos seus objetivos de atribuição de valor econômico à água, por ter sido fruto de um momento político de privatizações e monetização das riquezas naturais do país.

É possível encontrar no Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco (2003), que a análise da organização político-administrativa da Bacia aponta para uma fragilidade institucional, com inúmeros organismos que tratam o desenvolvimento de forma desarticulada e setorial. O arcabouço jurídico que dá suporte à ação institucional é, sem dúvida, um aspecto relevante no que concerne à implementação de políticas públicas. Esse contexto jurídico não estava favorável ao desenvolvimento do projeto, justificando, assim, os diversos embates que embargaram a sua execução.

Resulta desse arcabouço normativo, uma ampla guia de normativas ambientais na questão da água, que ainda hoje padecem de unidade legislativa. Ou seja, para que se tenha soluções jurídicas, é necessário sempre considerar um montante expressivo de normas, que acabam por dar bastante complexidade ao tema, dificultando, assim, a própria gestão jurídica das águas no Brasil. Para além da falta de clareza na divisão das competências entre a União, Distrito Federal e os municípios, em cada ente federativo há a presença de mais órgãos específicos para o tratamento da questão da água.

Os instrumentos legais analisados viabilizam a identificação do principal problema na regulação do Direito à água, que é a própria extensão das regras que acabam por dificultar a aplicação da norma. Esse problema poderia ser resolvido com a unificação das normativas nacionais, através da análise de impacto legislativo, que deve ser prévia à promulgação das leis. Dessa maneira, a questão da água pode ser melhor tratada e entendida pela própria população, que se perde em meio a tantos dispositivos.

## A transposição das águas do Rio São Francisco no alto sertão da Paraíba

A escassez de águas é uma preocupação mundial e, quanto ao nordeste do Brasil, é um problema que os governantes há centenas de anos tem buscado uma solução, dentre elas a tão sonhada transposição das águas da Bacia do Rio São Francisco (PARAÍBA, 2022).

A água em quantidade e qualidade para a população do semiárido nordestino, tão sonhada desde o Império, hoje é realidade. No presente trabalho, apontar-se-á um olhar holístico da transposição do Rio São Francisco, no entanto ter-se-á como foco o sertão paraibano.

Conhecido por Projeto Setentrional de transposição das águas do Rio São Francisco, hoje Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF (DNOCS, 2022) pode ser observado no mapa de localização, conforme Figura 1.



Figura 1. Mapa de localização. Fonte: DNOCS (2022).

No mapa, se pode identificar as prioridades da implementação da obra de transposição no curso de suas projeções que, conforme a Tabela 2, apontadas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS apresenta a relação das barragens/prioridades em recuperação/a recuperar e que estas foram distribuídas em três prioridades. Vejamos a delimitação das prioridades:

Tabela 1. Prioridades apontadas pelo DNOCS

Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3	Prioridade 3
Eng. Ávidos/PB	Castanhão/CE	Banabuiú/CE	Entremontes/PE
Porções/PB	Barra do Juá/PE	Quixabinha/CE	Chapéu/PE
São Gonçalo/PB	Epitácio Pessoa/PB	Prazeres/CE	Angicos/RN
Curema/PB	Armando Ribeiro Gonçalves/RN	Lima Campos/CE	Pau dos Ferros/RN
Mãe D'água/PB	Poço da Cruz/PE	Orós/CE	Sta. Cruz do Apodi/RN
Camalaú/PB			

Fonte: DNOCS (2022).

Dentre as ações do DNOCS, com a previsão de recuperação das barragens/prioridades, em recuperação/a recuperar foram pautadas, através dos seguintes termos: Termo de Execução Descentralizada - TED nº 02/2016 - Prioridade 1 R\$ 99.862.608,16; Barragens: Engº Ávidos/PB, São Gonçalo/PB, Poções/PB, Curema/PB e Mãe D água/PB e Camalaú/PB; Termo de Execução Descentralizada - TED nº 03/2016 - Prioridade 2 R\$ 72.717.429,17; Barragens: Castanhão/CE, Barra do Juá/PB, Boqueirão/PE, Armando Ribeiro Gonçalves/RN e Poço da Cruz/PE.

Atualmente, tem-se nova realidade. As obras estão cem por cento concluídas e as águas já jorram no solo nordestino. Nesta perspectiva, há a previsão de que 390 municípios sejam atendidos, e que sejam beneficiadas, aproximadamente 12 milhões de pessoas, totalizando um investimento de R\$ 14,6 bilhões (PISF, 2022).

Como o objeto do presente estudo é o sertão paraibano, reportando-se às águas recebidas apenas nesta zona geográfica que abrange os municípios de São José de Piranhas, Cajazeiras e Sousa. Conforme o Ministro do Desenvolvimento Regional - MDR, Sr. Rogério Marinho (MDR, 2022) "Essas águas vão permitir que milhares de pessoas possam ter a tão sonhada segurança hídrica. Água tratada na torneira, água à disposição para se gerar emprego e oportunidade, para se diminuir a pressão sobre o sistema de saúde pública."

A barragem de Engenheiro Ávidos, no município de Cajazeiras, recebeu as águas da transposição no dia 25 de janeiro de 2022 (MDR, 2022) (Figura 2).



Figura 2. Foto da abertura das comportas da Barragem de Caiçara. Fonte: MDR (2022).

Conforme o MDR (2022), a estrutura atende cerca de 61,4 mil pessoas da região e deve beneficiar o rio Piranhas-Açu até a barragem de São Gonçalo, em Sousa. O que representa, para esta área geográfica, muito mais do que a realização de um sonho, representa a própria possibilidade de subsistência para uma região tão castigada pela escassez hídrica.

Uma região que, no período de 2012 a 2017, teve seus reservatórios completamente vazios; as culturas de sobrevivência locais completamente dizimadas e, chegando a tão preocupante existência de conflitos pelo uso da água, requer um essencial estudo do sistema ambiental.

Conforme Candido et al. (2018), no estudo Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica na sub-bacia do Alto Piranhas no sertão paraibano foi evidenciado que, na Bacia do Alto-Piranhas, os setores que mais demandam água são os do abastecimento, na água azul e da agricultura irrigada na água verde. Com a chegada das águas, inúmeros impactos podem ocorrer e tal conceito denota a preocupação que se deve ter no que diz respeito aos aspectos jurídico, social e ambiental, principalmente quanto aos setores de irrigação e abastecimento humano.

A chegada das águas da transposição ao Estado da Paraíba é através de um túnel no sítio Morros, que é a primeira barragem a recebê-la (barragem de contenção); beneficiando o rio Piranhas-Açu até a barragem de São Gonçalo, em Sousa.

A barragem de Boa Vista (Figura 3) localizada no município de São José de Piranhas, possui uma estrutura de 260 milhões de metros cúbicos, sendo reconhecida como a maior do gênero de toda a transposição (MDR, 2022). Com a abertura de suas comportas, as águas seguiram o curso para a barragem de Caiçara, chegando ao município de Cajazeiras-PB;

passando pelo município de Sousa na barragem de São Gonçalo-PB e, sendo direcionadas para o estado do Rio Grande do Norte.



Figura 3. Maior Barragem de toda a Transposição - Barragem de Boa Vista.

O Seminário das águas, intitulado Transposição do São Francisco (TSF), Oportunidades de Desenvolvimento e Gestão Sustentável das Águas, promovido pela FECOMERCIO/SESC/SENAC em parceria com o SEBRAE no município de Cajazeiras, contou com a representatividade de empresários, entidades sindicais regionais, das instituições de governança da água, atores e classe política da região. Na oportunidade, houve uma visita técnica às barragens de Caiçara e Boa Vista, no município de São José de Piranhas, encerrando em São Gonçalo, distrito de Sousa.

Conforme Oliveira (2016) a região do sertão paraibano tem uma agricultura irrigada muito forte, a exemplo do município de Sousa-PB, que possui as culturas do coco e da banana; além de ser muito potente no setor lácteo, que evidencia a necessidade de uso abundante de água e requer maior zelo com as águas da transposição, que tem como uso prioritário o abastecimento humano (PARAÍBA, 2022), mas, sobretudo, necessita de gestão e governança que possibilite o desenvolvimento econômico e social local com vistas a amenizar os possíveis impactos, garantindo sua preservação, que está sob a tutela do Estado e da Coletividade (art. 225, CF/88).

Administrar o uso deste recurso natural de tamanha importância é imprescindível; segundo Abrantes Oliveira (2019), em seu estudo sobre as águas, a governança da água compreende um arcabouço complexo, sistêmico e dinâmico de atores, situações, interesses, política, poder e conflitos pela utilização e pela posse da água, nos seus múltiplos usos.

Na conferência do Conselho Técnico da Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo – CNC 2022, o Professor da Academia Brasileira de Letras, Arnaldo Niskier (2022), em seu texto Educação Ambiental, uma prática inovadora, demonstrou que entende-se como meio ambiente atual o resultado do processo histórico de transformação social, cultural, geográfica e ecológica dos povos.

Juridicamente, a transposição atende aos requisitos legais estabelecidos na lei das águas Nº. 9.433/1997, no entanto é imprescindível quanto ao uso sustentável dessas águas, principalmente em relação aos setores de irrigação e abastecimento humano, que reconhece o sistema ambiental analisando juridicamente, ambientalmente e socialmente.

### **Impactos ambientais: os benefícios e malefícios do desenvolvimento**

De acordo com Castro (2011), nas últimas décadas, o problema da água tem sido um problema global, à medida que o comportamento humano acelera o processo de deterioração de suas propriedades (físicas, biológicas e químicas) demanda por esse recurso vem aumentando gradativamente enquanto sua disponibilidade diminui, o que contribui claramente para o atual cenário de crise mundial desse importante recurso. De forma preocupante Castro (2011) aduz que parte da água da Terra está contaminada de alguma forma, o que, em muitos casos, a torna imprópria para o consumo humano, podendo até levar a doenças endêmicas devido ao uso indevido.

E, com isso, os problemas que o semiárido enfrenta com relação à escassez de água já vêm sendo constatados desde o século XVI, tendo sido relatado até mesmo pelos jesuítas com as drásticas reduções das chuvas. No século XVII, novos registros de eventos secos severos foram feitos nas províncias da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, em uma média de quase uma grande seca por década. No século XVIII, foram registrados mais seis grandes períodos secos, estes mais longos, sucedendo-se impacto de dois anos secos por década (SARMENTO, 2005).

A bacia do rio Piranhas-Açu está localizada na parte leste do nordeste do Brasil e faz parte dos territórios dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. O rio é chamado de Piranhas no estado da Paraíba, após fazer divisa com o estado do Rio Grande do Norte, recebeu o nome de Piranhas-Açu, sua nascente fica no município de Bonito de Santa Fé na Paraíba, em um grande Atlântico e, é responsável pela extração de grande parte do cloreto de sódio (JÚNIOR, 2007).

Como uma medida de sanar este problema, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) e Bacia hidrográfica Nordeste Setentrional, é um projeto antigo, que surge com a expectativa de sanar os problemas hídricos comuns na região semiárida, uma iniciativa do Governo Federal, organizada pela Ministério da Integração Nacional, que busca garantir o abastecimento de água, pelo menos em cerca de 12 milhões de habitantes em cidades de pequeno e médio porte da região até 2025 nas regiões dos semiáridos de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (MDR, 2022).

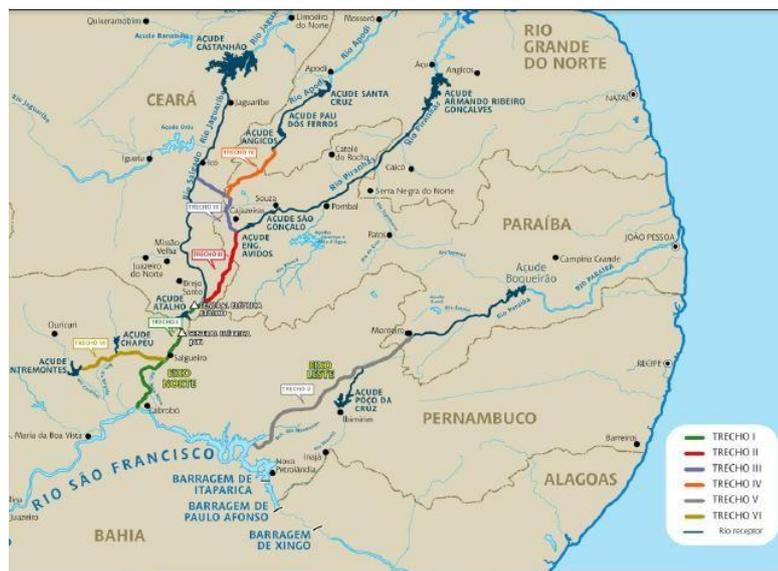


Figura 4. Mapa dos eixos do projeto da Transposição do Rio São Francisco. Fonte: MDR (2022).

Durante o período de construção da obra de transposição do Rio São Francisco, vários impactos foram detectados, o desmatamento por ser o mais visível a partir do momento em que a ação degradante que descaracteriza a vegetação nativa, para iniciar o processo de escavação, ou seja, os primeiros a sentir os impactos serão os animais na perda de seus habitats (BARBOSA, 2014).

Com base em estudos e pesquisas a respeito dos impactos, o município de São José de Piranhas-PB será um dos) mais afetados com a execução do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF, pois seu território servirá de bacia receptora das águas. Para tanto, foi aproveitado o armazenamento já existente no Açude Engenheiro Ávidos, com capacidade de 255 milhões de m<sup>3</sup> de água, hoje servindo para o abastecimento humano na cidade de Cajazeiras/PB e para irrigar as várzeas de Sousa/PB (BARBOSA, 2014).

Assim, a água do Rio São Francisco chegou à cidade de São José de Piranha por meio de um túnel denominado Túnel Cuncas I, um túnel de 17 km de extensão que tem início na cidade de Mauriti (CE) e desagua na Serra do Gonçalo, Município de São José de Piranhas (GONÇALVES, 2014).



Figura 5. Túnel Cuncas I.

De acordo com Gonçalves (2014), o Relatório de Impactos Ambientais (RIMA) descreveu no contexto da obra 44 impactos ambientais que foram desencadeados no decorrer das 3 fases do processo de transposição, porém, os impactos previstos pela RIMA, que repercutiram de maior forma em suas fases finais, despenderam uma atenção maior do que aqueles típicos das fases de planejamento e construção. Desses, apenas o impacto sobre as possibilidades de interferência com a população indígena não estava previsto para afetar o município paraibano, uma vez que esses foram dizimados anteriormente durante o processo de ocupação pelos colonizadores. Os demais impactos estão afetando ou ainda afetarão o município em estudo, seja num grau maior ou menor de magnitude, mesmo já com o término da obra.

No contexto da área de estudos, percebe-se que alguns setores passaram por um processo de desertificação, isto é, perder a capacidade de retenção da água e de nutrientes, indispensável ao desenvolvimento da vegetação, com a construção do projeto, poderá ocasionar um efeito de desertificação no solo, devido à pressão nos recursos naturais, principalmente nas margens do canal (BRASIL, 2004).

Assim, o processo de escavação comprometeu o solo também acelerando o processo de erosão como podemos observar nas imagens a seguir. Devido à retirada da cobertura vegetal,

proporcionando a degradação ambiental. Esse processo pode acarretar um ambiente desertificado devido à falta dessa vegetação (BRASIL, 2004).



Figura 6. Barragem dos morros.



Figura 7. Canal Cuncas I para barragem do Morros.

Porém, mesmo acarretando impactos fortes para o meio ambiente, o Projeto de Transposição cuidou para que houvesse um mecanismo de compensação ambiental. O estudo foi desenvolvido através de um edital de pesquisa na Caatinga, para que houvesse o levantamento de dados, foram incluídas 230 localidades dos chamados eixos Leste e Norte da obra, que serviram como pontos de coleta para estudos específicos da vida marinha, tendo acrescida, também, informações de mais 76 localidades disponíveis em repositórios *online* (OLIVEIRA et al., 2017).



Figura 8. Canal Vindo dos Morros.

Para que pudesse ser compensada uma situação vivenciada por esta região ao longo de vários séculos, foi necessária a ação do homem, interferindo no Meio Ambiente em busca de garantir a melhoria da qualidade de vida de várias famílias e até mesmo do ecossistema, assim como em vários processos de impactos quando são bem articulados, observados e respeitados seus Indicadores de Avaliação (IA), a compensam acontece restabelecendo o equilíbrio (OLIVEIRA et al., 2017).

### **Impactos sociais: desafios e incertezas de uma nova realidade**

O homem é um ser social, dotado de liberdade e escolha, sendo-lhe permitido, pelo princípio do direito natural, manter suas origens e criar padrão de vida na melhor forma que lhe convém. É assegurado o direito de ir e vir, formar família e estabelecer moradia de forma legal no ambiente que melhor atenda às suas necessidades (CF/BRASIL, 1988).

Retirado do seu *habitat*, o homem perde o espaço que antes era seu, tornando-se um deslocado e desajustado, tendo em vista que, mesmo acreditando sentir-se em casa em qualquer lugar, ao perder esse domínio de espaço e ambiente, é fato que, em lugar nenhum, o fará sentir plenamente em casa (SOUSA, 2010).

O projeto de transposição do Rio São Francisco ou integração de bacias no alto sertão da Paraíba resultou num choque de realidade e mudança na vida de centenas de pessoas, causando impactos de ordem social, com incertezas para uma realidade, até então, desconhecida (GONÇALVES, 2014).

O referido autor ainda pontua que o município de São José de Piranhas-PB, setor geográfico de recepção das águas do Velho Chico, foi o que mais sentiu o impacto de

mudanças, por agregar um cenário de construção de túneis e canais para escoamento da água e barragens com reservatório de contenção e distribuição para outros setores que compreende o projeto. No percurso do canal principal, bem como nas localidades onde as barragens foram edificadas, inúmeras propriedades rurais e produtivas foram desapropriadas, impondo aos habitantes, a necessidade de retirada do *habitat* de origem, o que levou a muitas pessoas, uma série de problemas de ordem pessoal e social.

O processo de desapropriação, que durou cerca de quatro anos, foi de dúvidas e de insegurança para os proprietários rurais, em face da burocracia, com inúmeros pedidos de revisão de laudos, tendo em vista que algumas pequenas propriedades necessitaram de ajustes legais à adequação fundiária (ISMAEL & BARBOSA, 2019).

Com as desapropriações, o poder público, representado pelo Ministério da Integração Nacional – MIN, promoveu a realocação e assentamento das pessoas indenizadas que optaram pela vinculação às vilas, outros decidiram receber os valores devidos e de forma independente, buscarem assentamento por conta própria, ou seja, adquirindo terras para moradia e produção, desobrigando o poder público de ônus quanto à sua manutenção (BRASIL, 2005).

De acordo com as características socioeconômicas das populações de áreas afetadas pelo projeto de transposição, identificadas em pesquisas, audiências públicas e reuniões comunitárias sobre a viabilidade do mesmo, o MI definiu alguns conceitos e definições, quanto à categoria de pessoas envolvidas, fosse proprietárias ou não, destacando o Reassentamento, como um processo de deslocamento de grupos populacionais com objetivo de minimizar o impacto de realocação, com garantia de nova base produtiva e qualidade de vida ao menos semelhante à atual e a Vila Produtiva, como áreas rurais adquiridas pela União, com infraestrutura comunitária e produtiva, destinada ao reassentamento das famílias residentes em toda faixa atingida pela obra, garantindo o atendimento necessário conforme critérios de elegibilidade determinados pelo projeto (BRASIL, 2005).

Foram construídas quatro vilas produtivas pelo Programa de reassentamento de populações: Irapuá 1 e 2, Cacaré e Quixeramobim, com área padronizada de 50m de frente por 100m de fundo para cada reassentado (MDR, 2022). O Programa de Reassentamento no intuito de reproduzir com menos impactos os modos de vida das pessoas que foram desapropriadas e realocadas, recomenda que as vilas produtivas, ofereçam aos seus moradores, residências com área de 60m<sup>2</sup>, com infraestrutura para fornecimento de água, sistema sanitário e eletricidade, bem como, serviços sociais básicos de saúde, escola, posto de

saúde e centro comunitário (SILVA & SANTOS, 2020). A segurança pública dessas pessoas e do próprio ambiente, quanto à prevenção e combate à criminalidade pessoal e patrimonial, também faz parte do programa, haja vista, que muitos saíram de ambientes familiares para uma nova adaptação social (TOLEDO & SOUZA, 2015).

Durante visita técnica iniciada as quatro vilas em 08 de maio de 2022, e sob a visão etnográfica deste recorte da pesquisa, várias pessoas reassentadas foram ouvidas, que, de forma livre, voluntária e consciente, responderam a algumas indagações relacionadas à transição do modo de vida anterior à nova realidade, incorporando às perguntas os princípios de liberdade, segurança, assistência social e a saúde, uso da água da transposição, abastecimento de água potável, coleta de resíduos sólidos, produtividade agrícola, área destinada à irrigação, assistência e orientação do MDR e problemas de ordem pessoal.

Pelas narrativas dos atores envolvidos na referida visita, entendeu-se que a mudança do ambiente de origem para as vilas teve impacto significativo para todos os reassentados, especialmente em relação à liberdade, haja vista deixarem um ambiente de autonomia e livre de regras de convivência para se submeterem à disciplina e obediência a normas de controle social local, sem que tenha havido qualquer preparação com assistência psicológica e social por parte do MDR. Para alguns, houve melhoria no que tange à segurança pública, tendo em vista que muitas habitações eram distantes e de difícil acesso à via urbana, ocasionando perturbações por atos delinquentes de infratores da lei.

Os autores em continuidade a visita, retornando no dia 15 de maio às vilas Irapuá 1 e 2, observaram que não possuem postos de saúde e toda a população desses setores é assistida pelo Distrito de Boa Vista, localidade bem próxima, de modo que nas Vilas Cacaré e Quixeramobim, apesar de contarem com unidade de saúde, ambas por conta do Município, a assistência ainda é precária e, em todas as quatro vilas, o abastecimento de água potável é por conta de cada assentado, através de poços artesianos, tendo em vista que, mesmo havendo captação de água da Barragem de Boa Vista, maior reservatório da integração de bacias da transposição, o gasto para o tratamento da água é por conta dos moradores, e representa valores significativos na renda dos mesmos, o que, segundo eles, impossibilita esse meio de abastecimento.

Em conversa com os assentados, também se observou que um dos pontos de grande relevância nos assentamentos é a produção agrícola e pecuária, onde prevalece a agricultura familiar, cuja atividade é desenvolvida em lote de sequeiro (área não irrigada) ou cultura de fundo de quintal, com plantio e produção de culturas regionais e pequena criação de animais

típicos da região, em sua maioria, para consumo próprio. Destaca-se, portanto, que cada residência recebe através do provedor familiar (chefe de família) do MDR uma ajuda de custo no valor de um salário mínimo vigente, ficando constatando *in loco* que, poucos realmente exercem a atividade agrícola e pecuária, valendo-se, apenas, do montante pago mensalmente pelo programa do governo federal, inclusive, demonstram resistência quando se fala em cessar tal benefício. Em todas as vilas existe uma associação comunitária, como entidade de representação da comunidade, porém, com poucos associados e em relação aos resíduos sólidos, o serviço de coleta do município faz o recolhimento uma vez por semana.

Complementando a visita às comunidades produtivas em 21 de maio, pode-se registrar que a parte destinada à irrigação como previsto no Programa de Reassentamento das Populações do projeto principal de integração de bacias (BRASIL, 2005), ainda não foi concretizada, desse modo, a água da transposição existe, porém, ainda não está sendo usada como deveria, faltando regulamentação, permissão e orientação dos órgãos responsáveis pela administração das águas. Registro das Vilas Produtivas no Município de São José de Piranhas-PB (Figuras 9 e 10).



Figuras 9. Vila Produtiva Rural-Irapuá 1.

Figura 10. Vila Produtiva Rural-Irapuá 2.

A Vila Produtiva Rural - Irapuá 1, de acordo com o projeto, é composta por 31 casas residenciais e 03 que foram construídas depois. De acordo com o projeto, a Vila Produtiva Rural - Irapuá 2, é composta por 20 casas residenciais. A Vila Produtiva Rural - Quixeramobim, conforme o projeto, é composta por 47 casas residenciais (Figura 11). A Vila Produtiva Rural - Cacaré, conforme o projeto é composta por 120 casas residenciais (Figura 12).



Figura 11. Vila Produtiva Rural – Cacaré.



Figura 12. Vila Produtiva Rural – Quixeramobim.

Como resultado dos impactos sociais na área atingida pelo Projeto de Transposição do Rio São Francisco (PISF), verifica-se que a mudança dos reassentados do seu ambiente de origem para outro local, adaptando a um novo modo de vida e convivência social, além de muitas incertezas, teve impacto negativo profundo, que segundo relatos, motivaram comportamentos pessoais preocupantes, ocorrendo inúmeros problemas de saúde, como ansiedade, problemas cardíacos, depressão profunda, dentre outras sequelas ainda persistente em alguns, inclusive, com registro de pessoas que cometeram suicídio.

Atualmente, as Vilas produtivas rurais aguardam a concretização de muita coisa que foi prometida pelo MDR, como implantação de área para irrigação, autorização para o uso da água dos reservatórios e canais que cortam os setores e mais atenção e incentivo a produção rural e pecuária.

Quanto às pessoas indenizadas que não optaram pelas vilas e utilizaram do valor recebido para aquisição de outra propriedade, em conversa com uma delas, deixou entender

que atualmente vive de maneira estável, ou seja, num ambiente próprio, ainda que não seja igual ao de origem, mas, livre de regras de controles sociais.

### **Considerações Finais**

A importância das águas da transposição se dá prioritariamente ao seu “Objetivo-Mor”, que é o abastecimento humano em sua garantia constitucional e prioritária; mas também o é, quanto ao desenvolvimento econômico, ambiental e social, tendo em vista fortalecer o consumo humano, a agricultura e reduzir as desigualdades sociais quando gera desenvolvimento econômico de forma sustentável e oportunidades de trabalho para as comunidades rurais e o setor produtivo, em uma política socioambiental efetiva.

Tendo em vista a necessidade de manter o desenvolvimento econômico, de garantir o abastecimento humano de uso prioritário e manter culturas que, mesmo sendo totalmente dependentes da água, é de conhecimento popular que são reconhecidas mundialmente pela qualidade e oportunidade de exportação, a exemplo do coco na região de Sousa, que tem reconhecimento como a melhor água de coco do mundo, é que se deve ter um plano de proteção para este recurso, com base na descentralização e na projeção do desenvolvimento econômico local.

Ambientalmente, os impactos existem, no entanto, merecem ser gerenciados, analisados e amenizados com base nos aspectos ecológicos e sustentáveis do sistema ambiental local. Do ponto de vista dos beneficiários, a população estará sendo atendida, porém, necessita de uma gestão com responsabilidades e ações descentralizadas que, para isso acontecer, requer orientações quanto ao uso da água para consumo humano e para a agricultura, de modo a evitar o desperdício, mantendo o equilíbrio social e ambiental da região.

Do ponto de vista jurídico verificou-se diversas espécies legislativas que acabam por trazer complexidade de compreensão a sociedade e conseqüentemente acaba por trazer ineficiência. Assim, é possível compreender que os dispositivos legais já existentes para regulamentar o direito das águas poderiam ser unificados, como por exemplo em um código das águas, bem como dando conhecimento através de políticas públicas de informação, com o objetivo de efetivação prática.

Inúmeras devem ser as preocupações locais quanto ao sistema ambiental e a preservação das águas advindas do Rio São Francisco. Estudos de gerenciamento das bacias e de impacto ambiental devem ser implementados em todo o percurso e avaliados a curto,

médio e longo prazo. Acesso a informações e processo transparente das etapas e fases do projeto, com controle e participação social devem ser prioridades para a gestão das águas, uma vez que se trata de um recurso fundamental para a vida de todas as espécies, animal, vegetal e humana no Sertão Paraibano e Nordeste.

## **Referências**

ANA. Agência Nacional de Águas. Plano decenal de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Ministério do Meio Ambiente. 2004. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ProjetoRioSaoFrancisco/ArquivosPDF/documento\\_stecnicos/PLANODECENALDERCURSOSHIDRICOS2004\\_2013.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ProjetoRioSaoFrancisco/ArquivosPDF/documento_stecnicos/PLANODECENALDERCURSOSHIDRICOS2004_2013.pdf). Acesso em: 26 de maio 2022.

AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. Scielo. Estudos Avançados. Brasil: 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/rzjGTQ7yBVbJ3RSkKHb4L7n/?lang=pt>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

BELLO FILHO, N. de B. Pressupostos sociológicos e dogmáticos da fundamentalidade do Direito ao Ambiente sadio e ecologicamente equilibrado. Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106577/265734.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

BENJAMIN, A H. V. Introdução ao Direito Ambiental Brasileiro. Revista de Direito Ambiental. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, abril-junho 1999. v.4. Ano 4. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ppgdir/article/download/49540/30958/201022>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

BRASIL. Constituição Brasileira de 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Editora do Senado, 1988.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Ministério da Saúde. 2004. Disponível em: [http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518\\_25\\_03\\_04.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf). Acesso em: 24 de maio de 2022.

BRASIL. Lei nº 6.938. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 25 de maio de 2022.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Instituto Código Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm). Acesso em: 25 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/web/guest/projeto-sao-francisco1>. Acesso em: 12 nov. 2015.

BRASIL. Águas da transposição do São Francisco chegam à Barragem Engenheiro Ávidos, na Paraíba. MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/aguas-da-transposicao-do-sao-francisco-chegam-a-barragem-engenheiro-avidos-na-paraiba>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/relatorio-de-impacto-ambiental-rima>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Relatório de Impactos Ambientais do Projeto de Integração do São Francisco. 2004, 136p.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. Sobre a transposição do Rio São Francisco. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/transposicao-sao-francisco>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Programa de Reassentamento das populações (PBA08): Projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional. Brasília, DF, 2005.

CANDIDO, L. L. T.; VIEIRA, A. S.; SILVA, E. L.; FERNANDES, F. D. S.; CÂNDIDO, R. A.; SÁ NETO, J. A. Sustentabilidade ambiental da pegada hídrica na sub-bacia do Alto Piranhas no sertão paraibano. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329039137\\_Sustentabilidade\\_ambiental\\_da\\_pegada\\_hidrica\\_na\\_sub-bacia\\_do\\_Alto\\_Piranhas\\_no\\_sertao\\_paraibano](https://www.researchgate.net/publication/329039137_Sustentabilidade_ambiental_da_pegada_hidrica_na_sub-bacia_do_Alto_Piranhas_no_sertao_paraibano). Acesso em: 15 de maio de 2022.

CORDEIRO, M. G. S. Transposição do rio São Francisco: causas e consequências de um projeto. *Diversitas Journal*, v.2, n.1, p.91-96, 2017.

CONAMA. Resolução de nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 25 de maio de 2022.

CUNHA, T. B.; CARVALHAL, M. D. Terra – água – trabalho: o agrohidronegócio e a transposição do Rio São Francisco. *Revista Pegada*, v.15 n.1, p.70, 2014.

FARIAS, T. Direito Ambiental e Sustentabilidade: pontos relevantes do Licenciamento Ambiental. Universidade Federal da Paraíba: Manole, 2016. Disponível em: [http://www5.trf5.jus.br/novasAquisicoes/sumario/direito\\_ambiental\\_e\\_sustentabilidade\\_536-2018\\_sumario.pdf](http://www5.trf5.jus.br/novasAquisicoes/sumario/direito_ambiental_e_sustentabilidade_536-2018_sumario.pdf). Acesso em; 25 de maio de 2022.

FEITOSA, A. A. F. M. A.; GADELHA, T. M.; GUERRA, J. de S. Estudos socioambientais em áreas assistidas pela transposição do rio São Francisco no semiárido – enfoque na sustentabilidade e nas (in) viabilidades do percurso. *Ambiência Guarapuava*, v.15, n.1, p.40-56, 2019.

GONÇALVES, C. D. B. Impactos, conflitos e tensões do projeto de integração do Rio São Francisco no município de São José de Piranhas/PB. 156f. (Dissertação). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2014.

IBAMA. Licença Prévia nº 200/2005. Projeto de Integração do Rio São Francisco. Ministério do Meio ambiente. 2005. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ProjetoRioSaoFrancisco/ArquivosPDF/documentostecnicos/LICENCA-PREVIA-IBAMA-200-2005.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

ISMAEL, L. L.; BARBOSA, E. M. Conflitos hídricos do projeto de integração do Rio São Francisco. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.3, p.74-89, 2019.

JÚNIOR, M. dos S. Características da Bacia Hidrográfica Piranhas/Açu. Campina Grande, 2007, Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

MENDONÇA, C. A. de. Os desafios impostos pela proposta de transposição das águas da bacia do rio São Francisco para a bacia hidrográfica do nordeste setentrional: da adequação do projeto de integração às normas referentes à gestão e ao uso das águas. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2010.

OLIVEIRA, F. C. M. Diagnóstico Estratégico do uso das águas de um laticínio no município de Sousa-PB. 68f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2016.

OLIVEIRA, P. A.; SANTOS, V. S.; CURI, R. C.; CARVALHO, J. R. M. Redução de evaporação de água: estudo de caso no reservatório de São Gonçalo/PB. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.5, p.204-217, 2019.

PIOVESAN, F. A proteção dos Direitos Humanos no Sistema Constitucional Brasileiro. Centro de Estudos: São Paulo. 2003. Disponível em: <http://www.pge.sp.gov.br/centrodeestudos/revistaspge/revista5/5rev4.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

RAVENA, N. A regulação da água no Brasil: Quando o domínio público era um pressuposto inovador. Papers do NAEA nº 208: Belém. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/pnaea/article/viewFile/11443/7890#:~:text=A%20regula%C3%A7%C3%A3o%20de%20recursos%20h%C3%ADricos,institucional%20no%20qual%20foi%20gerado>. Acesso em: 24 de maio de 2022.

SARMENTO, F. J. Transposição do Rio São Francisco – Realidade e obra a construir. EDICEL, Brasília, 2005. 132p.

SILVA, G. da; SANTOS, S. E. B. Grito da terra: narrativa acerca dos fenômenos da desapropriação na transposição do velho Chico. Rev. Conexão, v.16, p.1-23, 2020.

SILVA, M. M. V.; DINIZ, P. C. O.; MEDEIROS, P. C. Conflitos pelo acesso à água: impactos da Transposição do rio São Francisco sobre a Vila Lafayette, Monteiro/PB. Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens. v.55, p.166-185, 2020.

SOUSA, F. G. F. A. O Meio ambiente e a sociedade de risco: Uma abordagem quanto à formação da identidade na (re)construção individual e social nos desastres ambientais em uma sociedade pós-moderna. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=f3951984ba668223>. Acesso em: 03 Jul. 2022.

SPÍNOLA, C.; VITÓRIA, F.; CERQUEIRA, L. A Lei das águas e o São Francisco: os limites da gestão descentralizada dos recursos hídricos no Brasil. Revista de Desenvolvimento Econômico, v.18, n.33, p.70-90, 2016.

TOLEDO, L. M.; SOUZA, E. R. Transposição das águas do Rio São Francisco, situação de saúde e segurança pública: expedição científica da Fiocruz à área de abrangência das obras do empreendimento. Rio de Janeiro: ENSP/ FIOCRUZ, 2015. 109p. Disponível em: <http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/arquivos/anexos/d969af1822498ae7b15e468ba9f000a9ca1d26c7.PDF>. Acesso em: 03 jul. 2022.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2015. 200p.

## CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

**Paulo Roberto Megna Francisco:** Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba - UFPB - CCA/Areia. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorando em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e Graduação em Tecnologia Agrícola - Mecanização pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atuando atualmente como pesquisador e colaborador em projetos junto à UFPB Campus de Areia e Campus de João Pessoa, UFCG - Campus de Campina Grande e Campus de Sumé. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Atualmente é Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC.  
**paulomegna@gmail.com**

**George do Nascimento Ribeiro:** Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).  
**george@ufcg.edu.br**

**Viviane Farias Silva:** Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2015) e doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2017). Pós Doutora em Recursos Naturais (2017-2019). Professora do Magistério superior da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal na área de ciências básicas, Engenharia e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande.  
**viviane.farias@professor.ufcg.edu.br**



978-65-00-48306-2