



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



TESE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**DINÂMICA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO
MUNICÍPIO DE TAPEROÁ - PARAÍBA: UM ESTUDO
ESPAÇO - TEMPORAL**

JÚLIA SOARES PEREIRA

CAMPINA GRANDE

Estado da Paraíba – Brasil

2019

JÚLIA SOARES PEREIRA

Engenheira agrícola

**DINÂMICA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO
MUNICÍPIO DE TAPEROÁ - PARAÍBA: UM ESTUDO
TEMPORAL**

Orientador: DSc. João Miguel de Moraes Neto

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

2019

P436d

Pereira, Júlia Soares.

Dinâmica da degradação ambiental no município de Taperoá –
Paraíba: um estudo espaço-temporal / Júlia Soares Pereira. – Campina
Grande, 2019.

144 f. : il. color.

Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,
2019.

"Orientação: Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto".

Referências.

1. Cobertura Vegetal. 2. Degradação dos Solos. 3. Risco. I. Moraes
Neto, João Miguel de. II. Título.

CDU 504.3(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA




PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

JÚLIA SOARES PEREIRA

“DINÂMICA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE TAPEROÁ
- PARAÍBA: UM ESTUDO ESPAÇO TEMPORAL”

APROVADO(A): 18 de junho de 2019

BANCA EXAMINADORA



Dr. João Miguel de Moraes Neto
Orientador – UAEA/CTRN/UFPA



Dr. Juárez Paz Pedroza
Examinador – UAEA/CTRN/UFPA



Dra. Maria Sallydelândia Sobral
Examinadora – UAEA/CTRN/UFPA



Dra. Soahd Arruda Rached Farias
Examinadora – UAEA/CTRN/UFPA



Dra. Viviane Farias Silva (CPF: 060.229.274-39)
Examinadora – CTRN/UFPA

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor e meu Deus, por me levantar todos os dias, não me fazer desistir e ser pão vivo da minha casa e minha família e a Intercessão de Nossa Senhora, minha mãezinha.

Ao meu esposo Gustavo por toda paciência e amor e a razão da minha vida ter se tornado iluminada, minha filha Maria Alice.

À minha família: Givonilda dos Santos (mãe), Marinaldo Soares (pai), todos os meus irmãos (Raissa, Hugo, Débora, Márcia, Rossana) e sobrinhas (Alice e Mhaytê), meus tios e tias, minha segunda casa e família Capela de São Pio X, por sempre acreditarem que poderia chegar mais longe.

Às minhas amigas Luanna, Ariadne, Vanessa, Cris, Tatiany, Viviane, Stefany, Priscila, e todos os outros que são meu alicerce em tantos momentos.

Ao orientador Dr. João Miguel de Moraes Neto, muito mais que um professor, um exemplo de ser humano, de pai, esposo, avó, amigo, admiro muito como ele acredita em seus alunos, dando voz e ajudando sempre.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG. À todos os funcionários, de maneira especial ao funcionário do CTRN Miguel José da Silva, por toda ajuda e companheirismo; Roberto e Aldaniza, por sempre ajudarem. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores e examinadores: Professor Juarez Paz Pedroza e Professoras Soahd Arruda Rached Farias, Maria Sallydelândia Sobral de Farias e Viviane Farias Silva, por me acompanharem e contribuírem no processo acadêmico.

A toda família CTRN, em especial Fátima (*in memoriam*), professores Marx e João Miguel, engenheiro Miguel, por me escutarem e me ajudarem em tantos momentos difíceis que passei nesses anos de doutorado que foi conciliado com o nascimento da minha filha.

Gostaria de agradecer muito a todos os dezesseis agentes de saúde da zona rural de Taperoá – PB, por me ajudarem na aplicação dos questionários e a família Lourenço por ter me acolhido.

OBRIGADA!

“Não basta a leitura sem a unção, não basta à especulação sem a devoção, não basta à pesquisa sem maravilhar-se; não basta a circunspeção sem o júbilo, o trabalho sem a piedade, a ciência sem a caridade, a inteligência sem a humanidade, o estudo sem a graça!” (São Boaventura)

RESUMO

O município de Taperoá localiza-se na região central do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião do Cariri Ocidental. O município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido do Brasil, tendo como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco a seca. Esta pesquisa está centrada no estudo da degradação ambiental no município de Taperoá - Paraíba, levando em consideração os limites geográficos que fica em torno da sub-bacia do rio, sendo ao norte, Areia de Baraúna, Salgadinho e Assunção, ao leste, Santo André e São José dos Cordeiros, ao sul, São José dos Cordeiros e Livramento, e ao oeste, Cacimbas e Passagem. Foram utilizados recursos disponíveis através das técnicas de geoprocessamento. O objetivo geral da pesquisa é analisar os níveis de degradação a partir de um estudo espaço temporal da cobertura vegetal, degradação das terras, além das vulnerabilidades da região, sendo elas social, econômica, tecnológica, ambiental e de susceptibilidade as estiagens. Para atender tais objetivos, foram realizados estudos comparativos dos anos de 1990 e 2015, dentro dos limites geográficos apresentados. Os resultados evidenciaram vegetação densa com aumento de 7,34 km² de cobertura vegetal e a semidensa de 8,85 km², já a vegetação rala obteve um aumento significativo de 61,89 km², no intervalo estudado de 25 anos. A vegetação semidensa rala teve uma diminuição de 60,73 km² e a classe solo exposto houve redução significativa de 29,3 km². Em relação aos níveis de degradação das terras, houve redução nos níveis de degradação baixa e moderado baixa (6,4 km²; 72,0 km²), o que apresenta uma redução nas áreas mais preservadas da região. No entanto, o nível degradação moderada teve aumento significativo (116 km²), este avanço no processo de degradação é consequência do desmatamento para diversos fins. As vulnerabilidades estudadas foram consideradas alta e muita alta das famílias da zona rural, com valores de 36,4% (vulnerabilidade social), 61,6% (vulnerabilidade econômica), 59,3% (vulnerabilidade tecnológica) e 67,4% (vulnerabilidade à seca).

Palavras-chave: cobertura vegetal; degradação dos solos; risco

ABSTRACT

The municipality of Taperoá is located in the central region of Paraíba State, Mesorregião Borborema and Western Cariri Microrregião. The municipality is included in the geographical area of coverage of the semiarida region of Brazil, having as criteria the rainfall index, the aridez index and the risk to drought. This research focuses on the study of environmental degradation in the municipality of Taperoá - Paraíba, taking into account the geographical boundaries around the river sub-basin, to the north, Areia de Baraúna, Salgadinho and Assunção, to the east, Santo André and São José dos Cordeiros of to the south, São José dos Cordeiros of the Livramento, and to the west, Cacimbas and Passagem. Resources available through geoprocessing techniques were used. The general objective of the research is to analyze the degradation levels from a temporal study of the vegetation cover, land degradation, and the vulnerabilities of the region, being social, economic, technological, environmental and drought susceptibility. To meet these objectives, comparative studies of the years 1990 and 2015 were performed within the geographical limits presented. The results showed dense vegetation with an increase of 7.34 km² of vegetation cover and a semi-dense of 8.85 km², while thin vegetation obtained a significant increase of 61.89 km², in the studied interval of 25 years. The thin semi-dense vegetation had a decrease of 60.73 km² and the exposed soil class had a significant reduction of 29.3 km². Regarding land degradation levels, there was a reduction in low and moderate low degradation levels (6.4 km²; 72.0 km²), which shows a reduction in the most preserved areas of the region. However, the moderate degradation level has increased significantly (116 km²), this progress in the degradation process is a consequence of deforestation for various purposes. The studied vulnerabilities were considered high and very high among rural families, with values of 36.4% (social vulnerability), 61.6% (economic vulnerability), 59.3% (technological vulnerability) and 67.4% (vulnerability to drought).

Keywords: vegetal cover; soil degradation; risk

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	18
2.1 CLIMA.....	26
2.2 ÍNDICE DE ARIDEZ	26
2.3 RELEVO	27
2.4 SOLOS	28
2.5 AGRICULTURA DO MUNICÍPIO DE TAPEROÁ.....	29
2.6 PECUÁRIA.....	35
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	38
3.1 ESPAÇO GEOGRÁFICO E BACIA HIDROGRÁFICA	38
3.1.2 CAATINGA: BIOMA ÚNICO E EXCLUSIVO DO SEMIÁRIDO DO BRASIL	40
3.1.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO BIOMA CAATINGA	42
3.2 DESASTRE E RISCO AMBIENTAL.....	44
3.3 VULNERABILIDADE DE REGIÕES SEMIÁRIDAS	48
3.4 GEOPROCESSAMENTO	51
3.4.1 SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES (GNSS)	52
3.4.2 SENSORIAMENTO REMOTO	53
3.4.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	57
3.4.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	59
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	62
4.1 MATERIAL.....	62
4.1.1 OBTENÇÃO DOS DADOS	62
4.2 METODOLOGIA.....	63
4.2.1 AQUISIÇÃO DOS PRODUTOS SENSORES ORBITAIS	63
4.3 MÉTODOS	65
4.3.1 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS	65
4.3.2.1 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA - IVDN	66
4.3.2.2 COMPOSIÇÃO MULTIESPECTRAL AJUSTADA (CMA).....	67
4.3.2.3 SEGMENTAÇÃO	67
4.3.2.4 CLASSIFICAÇÃO DE PADRÕES	67
4.3.2.5 EDITORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS.....	68
4.4 DIAGNÓSTICO DAS VULNERABILIDADES BASEADO EM FATORES SOCIAL, ECONÔMICO, TECNOLÓGICO E AMBIENTAL.....	68
4.5 ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DAS TERRAS E DA COBERTURA VEGETAL	70
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73

5.1 CLASSES DE VEGETAÇÃO.....	78
5.2 DEGRADAÇÃO DAS TERRAS.....	84
5.3 VULNERABILIDADE SOCIAL.....	92
5.3.1 A VARIÁVEL DEMOGRÁFICA DO GRAU DE ESCOLARIDADE	93
5.3.2 AS VARIÁVEIS DO TIPO DE HABITAÇÃO E LOCAL.....	95
5.3.3 CONSUMO ENERGÉTICO UTILIZADO PARA COZINHAR E ACESSO À ENERGIA ELÉTRICA	99
5.3.4 TIPO DE ÁGUA CONSUMIDA NA POPULAÇÃO RURAL.....	100
5.3.5 TIPO DE SANEAMENTO UTILIZADO E FORMAS DE ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS	101
5.4 VULNERABILIDADE ECONÔMICA.....	103
5.4.1 ANIMAIS DE TRABALHO E DE PRODUÇÃO.....	104
5.4.2 PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS AGROPECUÁRIOS.....	106
5.4.3 FONTE OFICIAL DE CRÉDITO AGRÍCOLA.....	108
5.5 VULNERABILIDADE TECNOLÓGICA.....	108
5.6 VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO ATINGIDA PELAS ESTIAGENS	113
6. CONCLUSÃO.....	120
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
8. ANEXOS	132
8.1 MODELO DE QUESTIONÁRIO.....	132
8.1.2 VALORES ATRIBUÍDOS A CADA VARIÁVEL NO CÁLCULO DAS VULNERABILIDADES	144
8.2 RELAÇÃO DOS AGENTES DE SAÚDE.....	149

FIGURAS

Figura 1. Município de Taperoá – PB e seus limites geográficos	18
Figura 2. Variação do volume de água do açude Manoel Marcionilo – Taperoá/PB (1994-1999).....	20
Figura 3. Variação do volume de água do açude Manoel Marcionilo – Taperoá/PB (2000-2009).....	21
Figura 4. Variação do volume de água do açude Manoel Marcionilo – Taperoá/PB (2010-2016).....	22
Figura 5. Variação do volume de água do açude Lagoa do Meio – Taperoá/PB (1999)	23
Figura 6. Variação do volume de água do açude Lagoa do Meio – Taperoá/PB (2002-2009).	24
Figura 7. Variação do volume de água do açude Lagoa do Meio – Taperoá/PB (2010-2016).	25
Figura 8. Relevo em 3D do município de Taperoá – PB.....	28
Figura 9. Área (ha) colhida de batata no município de Taperoá - PB	31
Figura 10. Área (ha) plantada de batata no município de Taperoá - PB	31
Figura 11. Área (ha) colhida de Feijão no município de Taperoá - PB.....	32
Figura 12. Área (ha) plantada de feijão no município de Taperoá – PB	32
Figura 13. Área (ha) colhida de milho no município de Taperoá - PB	33
Figura 14. Área (ha) plantada de milho no município de Taperoá – PB.....	33
Figura 15. Área (ha) colhida de tomate no município de Taperoá – PB	34
Figura 16. Área (ha) plantada de tomate no município de Taperoá – PB	34
Figura 17. Detalhamento do Quadro de Análise da Vulnerabilidade com os componentes da exposição, sensibilidade e resiliência	50
Figura 18. Representações do mundo real em camadas	61
Figura 19. Etapas de processamento digital de imagens de satélites	65
Figura 20. Agentes de saúde da zona rural do município de Taperoá – PB em treinamento.	69
Figura 21. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) do município de Taperoá/PB/Brasil em 14/03/1990.....	74
Figura 22. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) do município de Taperoá/PB/Brasil em 06/05/2015.....	75

Figura 23. Área que apresenta degradação ambiental muito grave, com presença de erosão e voçorocas no município de Taperoá/PB/Brasil	76
Figura 24. Área que apresenta regeneração da vegetação no município de Taperoá/PB/Brasil	77
Figura 25. Classes de cobertura vegetal do município de Taperoá/PB/Brasil, ano 1990.....	80
Figura 26. Classes de cobertura vegetal do município de Taperoá/PB/Brasil, ano 2015.....	81
Figura 27. Área do município de Taperoá/PB/Brasil. Apresenta abandono das terras, permitindo regeneração da vegetação	83
Figura 28. Área do município de Taperoá/PB/Brasil. Sistema de preparação do solo para pecuária extensiva	84
Figura 29. Classes de degradação das terras no município de Taperoá/PB/Brasil, ano 1990.	86
Figura 30. Classes de degradação das terras no município de Taperoá/PB/Brasil, ano 2015.	87
Figura 31. Área do município de Taperoá/PB/Brasil, com característica de redução em nível de degradação	89
Figura 32. Área do município de Taperoá/PB/Brasil, com presença de algaroba	90
Figura 33. Vulnerabilidade Social dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	93
Figura 34. Grau de Escolaridade dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	94
Figura 35. Local da residência dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	95
Figura 36. Tipo de habitação dos moradores da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.	96
Figura 37. Tipos de Pisos das residências encontradas na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	97
Figura 38. Tipos de tetos das residências encontradas na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	97
Figura 39. Tipos de eletrodomésticos utilizados pelos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	98
Figura 40. Fontes de energia usadas pelos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.	99

Figura 41. Tipo de água consumida pela população rural do município de Taperoá/PB/Brasil.	100
Figura 42. Tipo de saneamento utilizado pelas famílias da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	102
Figura 43. Forma de eliminação dos resíduos gerados na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	103
Figura 44. Vulnerabilidade Econômica dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	104
Figura 45. Animais de trabalho utilizados pelos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	105
Figura 46. Animais de produção dos produtores rurais do município de Taperoá/PB/Brasil.	106
Figura 47. Venda da produção agropecuária da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.	107
Figura 48. Venda da produção pecuária pelos produtores agropecuários da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	107
Figura 49. Fonte de crédito utilizado pelos produtores agropecuários da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	108
Figura 50. Vulnerabilidade tecnológica da população rural do município de Taperoá – PB.	109
Figura 51. Tipos de tração utilizadas pelos agricultores da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	110
Figura 52. Uso do solo na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	111
Figura 53. Uso da prática de conservação dos solos na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	111
Figura 54. Agricultores que fazem uso de irrigação no município de Taperoá – PB.....	112
Figura 55. Assistência utilizada pelos agricultores no município de Taperoá – PB	113
Figura 56. Vulnerabilidade à seca da população da zona rural no município de Taperoá – PB	114
Figura 57. Formas de armazenamento das águas	115
Figura 58. Famílias da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil, que realizam a captação pluvial.....	116
Figura 59. Formas de abastecimento de água potável domiciliar da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	117

Figura 60. Utilização de águas residuárias pelas famílias de agricultores entrevistadas na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil	118
Figura 61. Manejo sustentável da caatinga pelos produtores/agricultores rurais que habitam no município de Taperoá/PB/Brasil	119

TABELAS

Tabela 1. Dados Climatológicos para o município de Taperoá – Paraíba.....	26
Tabela 2. Classificação climática de acordo com o índice de aridez.....	27
Tabela 3. Intensidade dos eventos de El Niño e La Niña sobre o Oceano Pacífico	34
Tabela 4. Principais Rebanhos do Município de Taperoá - PB.....	36
Tabela 5. Dados das imagens LANDSAT 5 utilizadas na análise da degradação ambiental no município de Taperoá - Paraíba.....	63
Tabela 6. Dados das imagens LANDSAT 8 utilizadas na análise da degradação ambiental no município de Taperoá - Paraíba.....	64
Tabela 7. Classes de Vulnerabilidades	70
Tabela 8. Parâmetros de degradação de indicadores ambientais.....	71
Tabela 9. Quantificação de classes de cobertura vegetal nos anos de 1990 e 2015 no município de Taperoá/PB/Brasil	78
Tabela 10. Quantificação dos níveis de degradação das terras, no período de 1990 e 2015 no município de Taperoá/PB/Brasil	88

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil possui uma área de 393.897 km² enquadrada no nível de degradação ambiental moderado, 81.870 km² em nível grave e 98.595 km² em nível muito grave (MMA, 2007). Marengo et al. (2011) afirmam que com o início da agricultura que foi expandindo para a região semiárida, grande parte da área era ocupada por enormes fazendas de criação de gado, com uso de pasto nativo, a caatinga com pequenos agricultores com agricultura de subsistência, considerados extremamente vulneráveis as condições ambientais.

No domínio do semiárido, bioma caatinga, é caracterizado baixa pluviometria influenciando o curso dos rios, que secam em determinadas épocas, diminuindo a disponibilidade de água para plantas, animais e para os homens, aumentando a aridez do ambiente. O clima é então um fator determinante na caatinga, definindo a paisagem e os hábitos dos moradores deste bioma. Nesse contexto Chaves et al. (2012), relatam que estudos da vegetação e uso da terra vêm sendo desenvolvidos, com o objetivo de obter informações a partir de imagens de satélite e de outros produtos do sensoriamento remoto, em busca de facilitar a análise e a interpretação dos dados de superfície, para posterior estudo e avaliação buscando melhor aplicação na gestão do município.

A degradação está intimamente ligada à dinâmica das vulnerabilidades verificadas na região, sendo que a pobreza e a vulnerabilidade são condições que se reforçam mutuamente, seguido da deficiência nas políticas públicas, as condições climáticas desfavoráveis e solos de reduzida aptidão agrícola, principalmente quando estes recursos naturais são explorados por métodos insustentáveis do ponto de vista da sua preservação.

Estudos da vegetação e uso da terra vêm sendo pontos de pesquisa, com o objetivo de obter informações a partir de imagens de satélite e de outros produtos do sensoriamento remoto, em busca de facilitar a análise e a interpretação dos dados da superfície terrestre, pois índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral de alvos de interesse de diversos ambientes, possibilitando distinguir alterações ao longo de décadas de degradação tanto antrópica, quanto natural.

Nesse contexto, a realização de pesquisas científicas sobre a degradação ambiental, sua destruição ou regeneração, associado a vulnerabilidades da população, com o uso de geotecnologias que proporcionam verificar o uso do solo e aumento ou redução dos impactos ambientais em uma área, são fundamentais para a gestão dos recursos naturais e identificação dos fatores que causam a degradação ambiental, bem como para a tomada de decisão das

políticas públicas na busca da sustentabilidade ambiental para a preservação do meio ambiente.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar os níveis de degradação ambiental no município de Taperoá - Paraíba, além das vulnerabilidades da população, sendo elas, social, tecnológica, econômica e ambiental, visando propostas na gestão do município através das geotecnologias e informações que venham a contribuir para melhor qualidade de vida dos moradores e métodos de recuperação das áreas degradadas e ou abandonadas.

1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a dinâmica da degradação ambiental no município Taperoá - PB utilizando as imagens do satélite Landsat 5 e 8 referentes ao período de 1990 e 2015;
- Realizar o processamento digital das imagens orbitais TM/Landsat 5 e 8 no período compreendido de 1990 e 2015, através do software SPRING 5.2.7;
- Comparar e discutir os níveis de degradação das terras e as classes de cobertura, para os anos de 1990 e 2015;
- Avaliar as vulnerabilidades da população, analisando fatores social, econômico, tecnológico e de susceptibilidade as estiagens, na zona rural do município;
- Calcular cada índice de vulnerabilidade.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Taperoá - PB (7° 12' 23" Sul - 36° 49' 25" Oeste), Estado da Paraíba (Brasil), está localizado na microrregião do Cariri Ocidental. Limita-se ao Norte, com Areia de Baraúna, Salgadinho e Assunção, Leste, com Santo André e São José dos Cordeiros, Sul, com São José dos Cordeiros e Livramento, Oeste, com Cacimbas e Passagem. Possui uma área de 644.155 Km², sendo população total 15.185 habitantes (IBGE, 2018), com população rural estimada em 5.997 habitantes (CENSO IBGE, 2010).

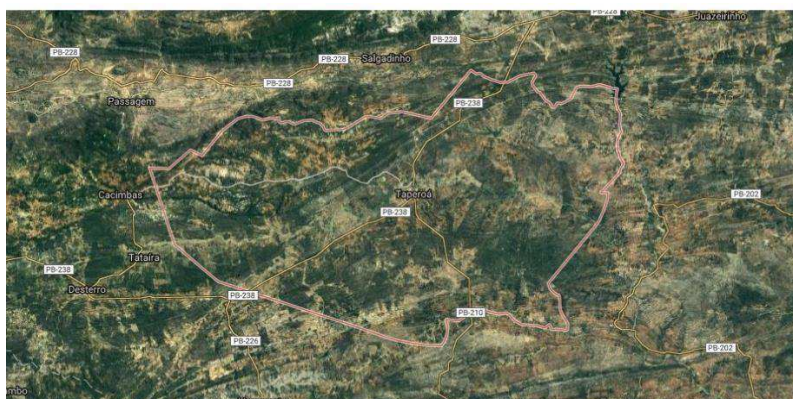


Figura 1. Município de Taperoá – PB e seus limites geográficos

Fonte: Mapasapp 2017.

De acordo com a classificação de Koppen, no município de Taperoá predomina o clima do tipo Bsh: semiárido quente, que abrange a área mais seca do Estado. Nos seus aspectos climáticos, a região está caracterizada por chuvas concentradas em um único período (3 a 5 meses), variando as médias anuais de 400 a 800 mm. As temperaturas médias anuais são elevadas (23 a 27 °C). A umidade relativa anual é entre 50 e 60% e a evaporação média anual é de 2.000 mm/ano (LIMA & RODRIGUES, 2005).

Encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, sub-bacia do rio Taperoá, onde apresenta limitações pela alta evapotranspiração. As variações pluviométricas são as que efetivamente devem receber maior destaque, visto que delas dependem praticamente todas as atividades desenvolvidas no meio rural com influência direta na economia da região. O semiárido Paraibano é conhecido como uma região de baixa incidência de chuvas. Esse fato tem consequência socioambiental que justifica qualquer estudo com o intuito de ajudar a desenvolver políticas para a melhora nas condições locais.

Os principais corpos de acumulação são os açudes: Manoel Marcionilo, com capacidade máxima de 15.148.900 m³ de água; Lagoa do Meio (Municipal) com capacidade de 6.647.875 m³ de água (ambos gerenciados pelo Estado) e as lagoas do Escuro, do Fernando, do Panati e da Canga. Nas figuras (2,3,4,5,6 e 7) observam-se a evolução do volume armazenado das águas do açude Manoel Marcionilo e Lagoa do Meio, ao qual demonstram os registros dos volumes anuais de aporte hídrico dos açudes.

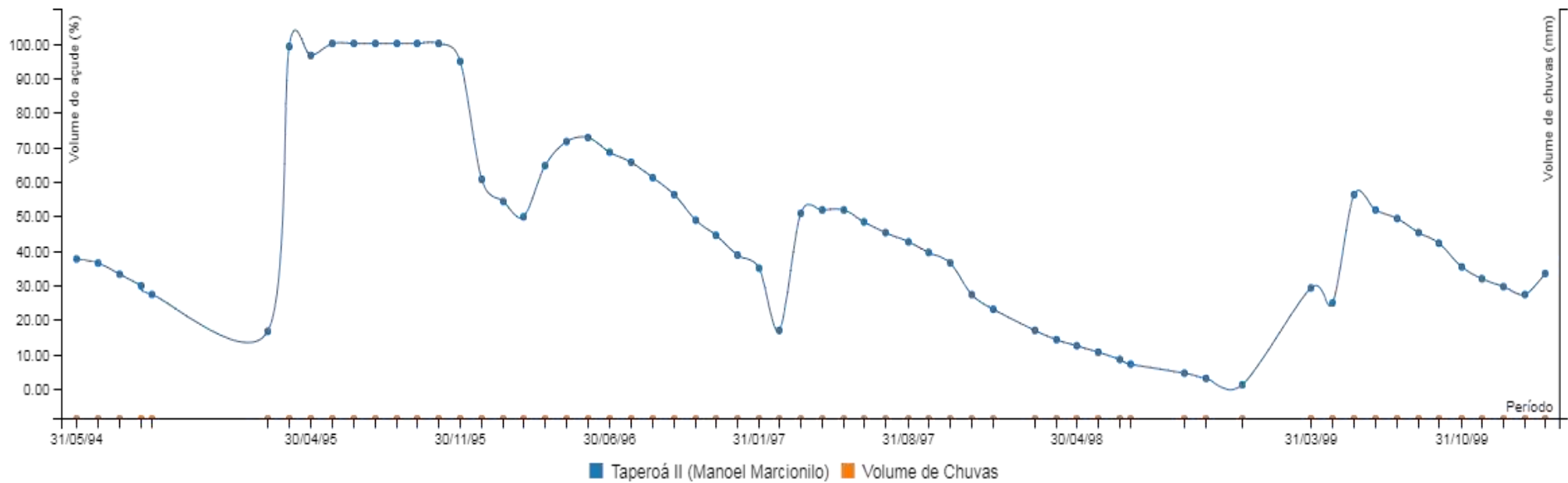


Figura 2. Variação do volume de água do açude Manoel Marcionilo – Taperoá/PB (1994-1999).

Fonte: AESA, 2017.

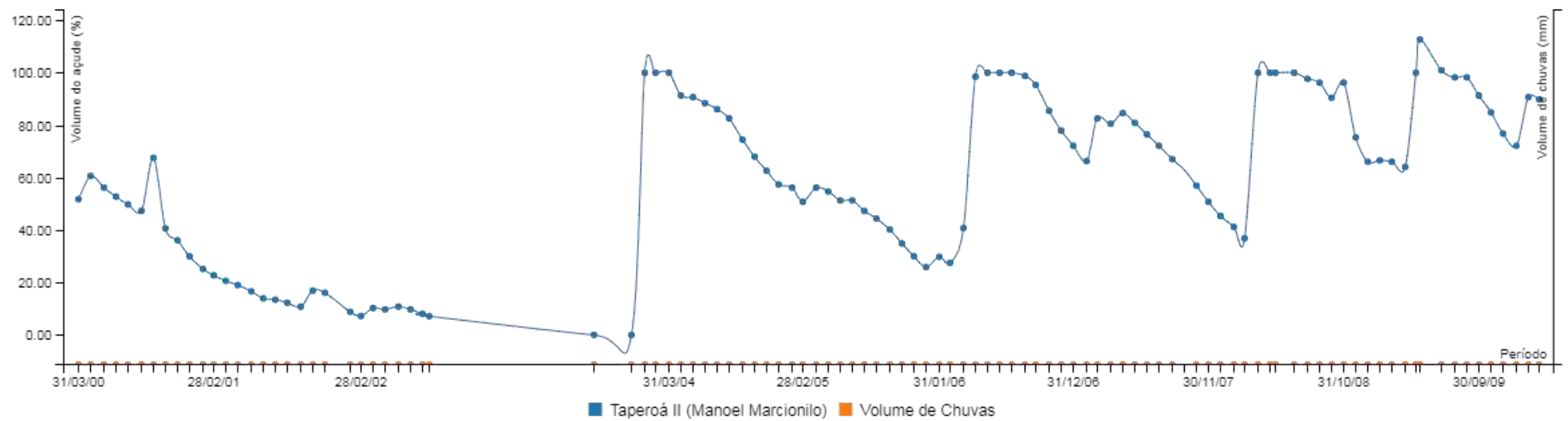


Figura 3. Variação do volume de água do açude Manoel Marcionilo – Taperoá/PB (2000-2009).

Fonte: AESA, 2017.

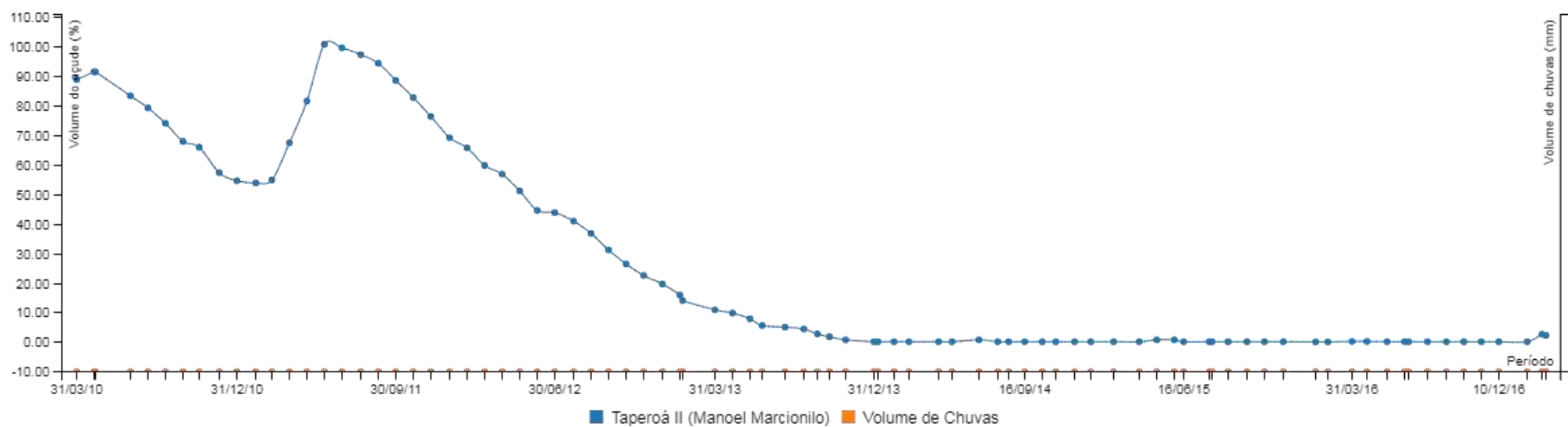


Figura 4. Variação do volume de água do açude Manoel Marcionilo – Taperoá/PB (2010-2016).

Fonte: AESA, 2017.

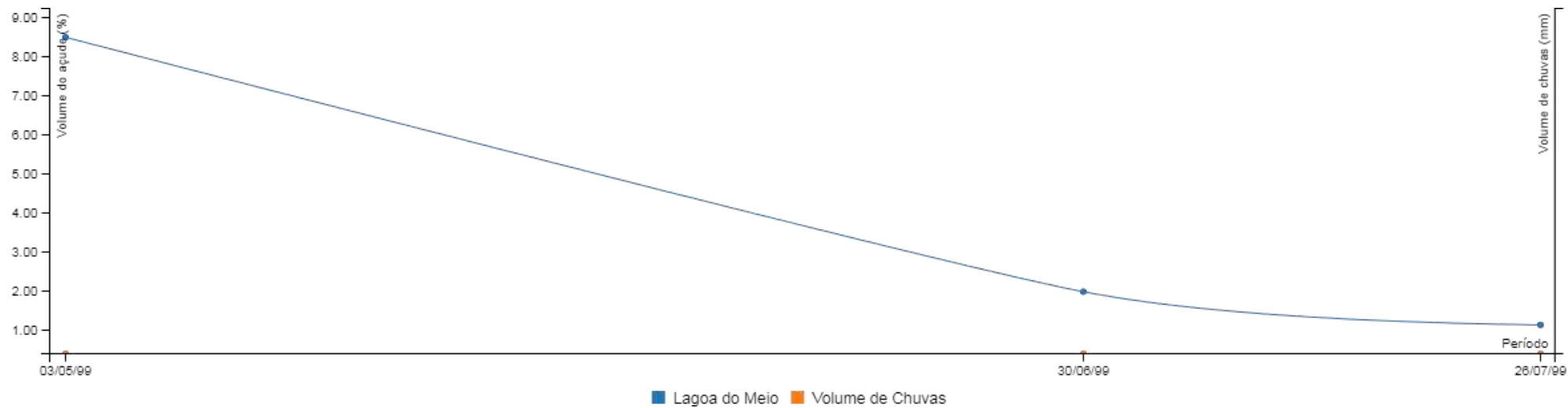


Figura 5. Variação do volume de água do açude Lagoa do Meio – Taperoá/PB (1999).

Fonte: AESA, 2017.

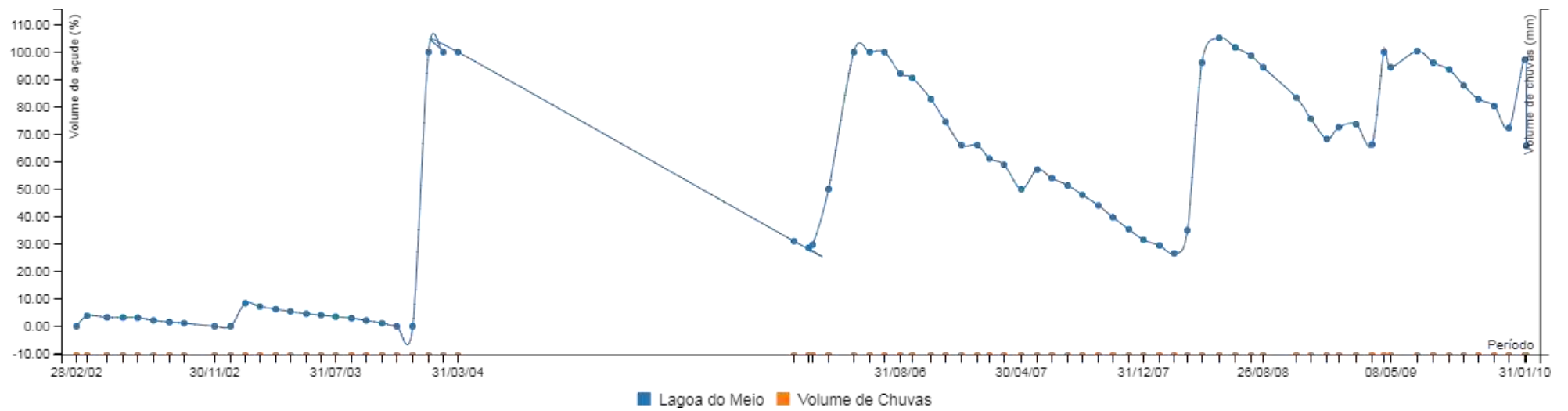
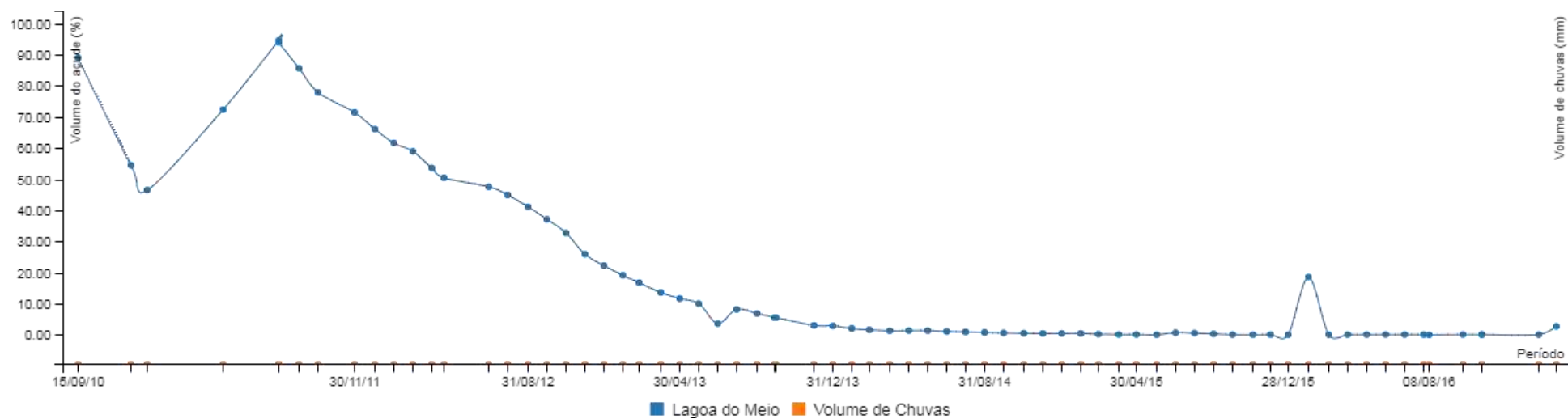


Figura 6. Variação do volume de água do açude Lagoa do Meio – Taperoá/PB (2002-2009).

Fonte: AESA, 2017.



2.1 Clima

Dados do Departamento de Ciências Atmosféricas, da Universidade Federal de Campina Grande, mostram que Taperoá apresenta um clima com média pluviométrica anual de 493.5 mm e temperatura média anual de 23.8 °C.

Tabela 1. Dados Climatológicos para o município de Taperoá – Paraíba.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Temperatura													
Máxima média (°C)	32,2	31,5	30,9	30,2	29,0	28,0	27,9	29,2	30,7	32,9	32,9	30,6	29,5
Temperatura Média (°C)													
	25,1	24,7	24,3	24,1	23,3	22,3	21,9	22,3	23,4	24,4	24,9	25,2	23,8
Temperatura													
Mínima média (°C)	20,4	20,4	20,3	20,0	19,4	18,4	17,5	17,5	18,5	19,3	19,9	20,4	19,3
Precipitação (mm)													
	34,1	83,1	134,9	109,7	50,5	28,2	20,1	7,5	2,4	4,7	10,6	26,1	493,5

Fonte: Departamento de Ciências Atmosféricas, 2014.

2.2 Índice de Aridez

O índice de aridez, elaborado por Thornthwaite (1948) e ajustado posteriormente por Penman (1953), calcula a diferença entre a quantidade de chuva e a perda de água do sistema, ou seja, a evapotranspiração. É de relevante utilização nos estudos não só de áreas secas, como também mais especificamente nos estudos da desertificação, sendo consenso que a susceptibilidade a este processo está diretamente associada ao nível de aridez do local (MATALLO JÚNIOR, 2001). Sua utilização foi um dos critérios para delimitar a nova área semiárida no Brasil, assim como as áreas integrantes do Polígono das Secas no país também são aquelas que se enquadram na fórmula de Thornthwaite (MATALLO JÚNIOR, 2001).

De acordo com o Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul, o índice de aridez foi utilizado tanto para a determinação das áreas de risco deste processo assim como para a elaboração do Atlas Mundial da Desertificação, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). A partir do índice de aridez foram estabelecidas classes climáticas, Tabela 2, em que a desertificação só é passível de acontecer em regiões onde o índice é menor que 0,65.

Utilizando os dados pluviométricos da AESA (período de 1994 – 2000) e dados de evapotranspiração potencial da EMBRAPA na metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1941), o índice de aridez para o município de Taperoá é igual a 0,28. Caracterizando-o como de clima semiárido.

Tabela 2. Classificação climática de acordo com o índice de aridez.

Classes Climáticas	Índice de Aridez
Hiperárido	< 0,05
Árido	0,05 < 0,20
Semiárido	0,21 < 0,50
Subúmido Seco	0,51 < 0,65
Subúmido Úmido	> 0,65

Fonte: Matallo Júnior, 2001.

2.3 Relevo

A região em estudo, estando no planalto da Borborema, com vales profundos e estreitos dissecados, apresenta duas unidades morfológicas: a primeira representada por relevo suave ondulado a montanhoso e, a segunda, referente aos divisores de águas representados por relevo ondulado a montanhoso. Na Figura 8, obtida pela modelagem digital do terreno para o município de Taperoá, utilizando-se o software ArcView 3.2, se pode visualizar com detalhes a disposição do relevo tridimensionalmente.



Figura 8. Relevo em 3D do município de Taperoá – PB.

Fonte: DUARTE, S. M. A., 2008.

2.4 Solos

Nas determinações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), livro que é referência para pesquisadores, estudantes e produtores agrícolas desde 1997 e em sua 5ª edição traz ajustes e correções de conceitos básicos relativos a definição de solo, caracteres, horizontes e diagnósticos, bem como alterações de redação, redefinição da seção de controle, eliminação ou incorporação de classes de solos em todos os níveis categóricos. Dentro desse contexto foram atualizados para o município de Taperoá-PB, os seguintes tipos de solos, conforme a pesquisa de DUARTE et. al, 2008.

LUVISSOLO – LUVI: Do latim luere, “lavar”; conotativo de translocação de argila. Horizonte B textural com alta saturação por bases e Ta. Compreende solos intermediários para Vertissolo, de rochas referidas ao Pré-Cambriano (CD), onde são encontrados principalmente gnaiss com biotita e hornblenda e biotita-plagioclásio gnaiss.

CAMBISSOLO – CAMBI: Do latim *cambiare*, “trocar”, “mudar”; conotativo de solos em formação (transformação). Horizonte B incipiente. São derivados do material proveniente da desagregação de granito-monzonítico com hornblenda. Situa-se em relevo forte ondulado e montanhoso com topos planos e ondulados. São freqüentes os afloramentos rochosos, textura média fortemente drenado, em geral severamente erodido, ácido a moderadamente ácido. As áreas onde o relevo é mais pronunciado e com muita rochosidade são indicadas para conservar a vegetação natural e preservar os solos.

VERTISSOLO – VERTI: Do latim *vertere*, “virar”, “inverter”; conotativo de movimento de material de solo na superfície e que atinge a subsuperfície (expansão/contração). Horizonte vértico. Compreende solos minerais com alto conteúdo de argila, possuem alta saturação de bases (valor V%), valores altos para a soma de bases trocáveis (valor S) onde se destacam os cátions cálcio e magnésio. São imperfeitamente drenados, com lenta permeabilidade, erosão variando de laminar (nas áreas planas) a severa ou em sulcos repetidos ocasionalmente, nas partes onde o relevo é suave ondulado e ondulado.

PLANOSSOLO – PLANO: Do latim *planus*, “plano”; conotativo de solos desenvolvidos em planícies ou depressões com encharcamento estacional. Horizonte B plânico. São solos com saturação com sódio trocável acima de 15% e estrutura normalmente colunar ou prismática, sendo raramente em blocos. O relevo é constituído por superfície aplainada com suaves ondulações, vertentes longas e topos normalmente planos.

NEOSSOLO NEO: Do grego *neo*, “novo”; conotativo de solos com pouco desenvolvimento pedogenético. Compreende solos pouco desenvolvidos, muito arenosos, medianamente profundos ou profundos, com bastante materiais primários de fácil intemperização, tendo como características estrutura maciça, consistência extremamente duro ou muito duro para o solo seco e firme para o solo úmido.

2.5 Agricultura do município de Taperoá

As culturas temporárias, segundo o IBGE (2017) são em número de doze. Com maior número de estabelecimentos se destacam por sua importância econômica e social a abóbora,

moranga e jerimum, feijão fradinho e verde, melancia e milho comercial, ocupando para seu cultivo uma área de 1187,65 hectares. As culturas permanentes são em número de três, acerola, caju e fruta-do-conde.

As principais culturas temporárias são as de autoconsumo: milho e feijão, plantadas em consórcio. Para o agricultor, este procedimento corresponde a uma forma de otimização do uso de poucas terras disponíveis para o cultivo, ora por absoluta escassez de terrenos apropriados ao plantio, ora por inacessibilidade e falta de domínio sobre a terra. Porém como essas culturas são exploradas em regime de sequeiro, a irregularidade e a má distribuição das chuvas comprometem a produção que nos anos de forte El Niño é ainda mais significativo.

Um grupo de pesquisadores coordenado por Toshichika Iizumi, do Instituto Nacional de Ciências Agroambientais do Japão, mapeou o impacto que os fenômenos climáticos El Niño e La Niña podem gerar sobre as principais culturas agrícolas nas diferentes regiões do planeta. Esse parece ser o primeiro trabalho a avaliar a influência global das diferentes fases da Oscilação Sul-El Niño (Osen) – fenômeno climático responsável pelo aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) da temperatura da superfície do oceano Pacífico – sobre as plantações de arroz, trigo, milho e soja, as principais culturas agrícolas do mundo, responsáveis por fornecer até 60% das calorias produzidas em terras agrícolas.

A Osen, que pode aumentar as chuvas em algumas regiões e diminuir em outras, afeta o rendimento das plantações de modo distinto, de acordo com a localização geográfica, o produto cultivado e a fase de aquecimento ou resfriamento do Pacífico. Segundo o estudo, o El Niño pode aumentar o rendimento de até 36% das áreas plantadas e diminuir em até 24% delas – entre as culturas favorecidas estão o milho, a soja e o arroz produzidos no Brasil. Já o La Niña pode causar um impacto negativo em até 13% das terras agrícolas e positivo em no máximo 4% (Nature Communications, maio 2014). Os pesquisadores acreditam que o mapa possa ajudar os produtores a decidir quais culturas plantar, além de fornecer aos governos um sistema de alerta sobre escassez de alimentos.

Nas Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, observam-se as áreas plantadas e colhidas com decaimento de alguns tipos de culturas da agricultura para o município de Taperoá, concernente às culturas de batata, feijão, milho e a fruta tomate, durante o período de 2004 a 2017. É possível verificar como os efeitos dos eventos El Niño e La Niña influenciam no tocante a produção do semiárido, aliado a falta de monitoramento dos órgãos gestores junto aos agricultores, associações e cooperativismos para possibilitar ações frente as esses acontecimentos.

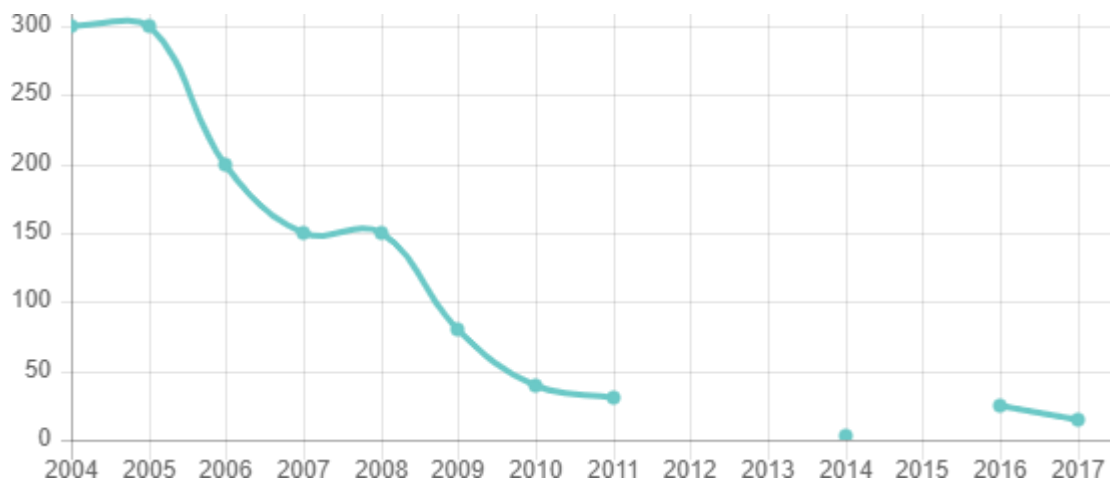


Figura 9. Área (ha) colhida de batata no município de Taperoá - PB.

Fonte: IBGE, 2017

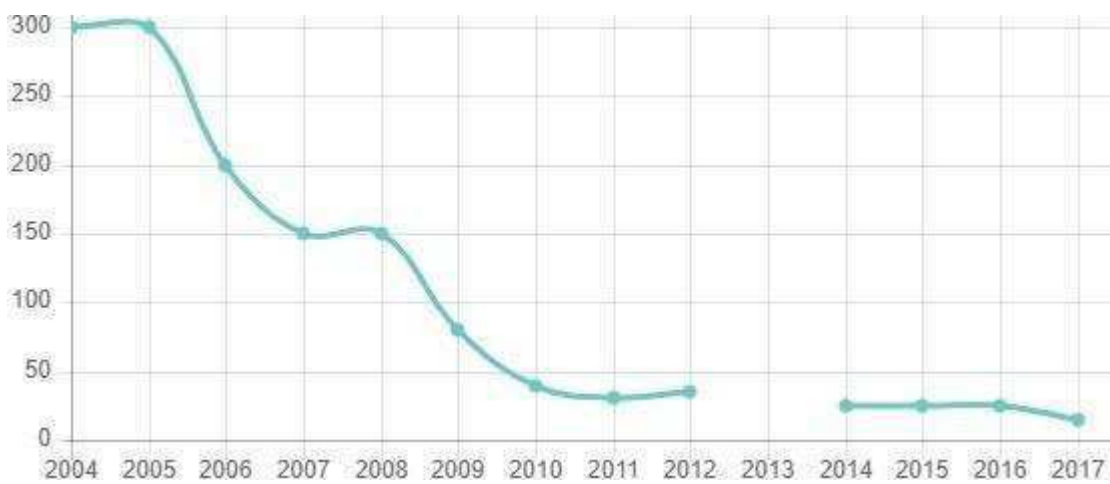


Figura 10. Área (ha) plantada de batata no município de Taperoá - PB.

Fonte: IBGE, 2017

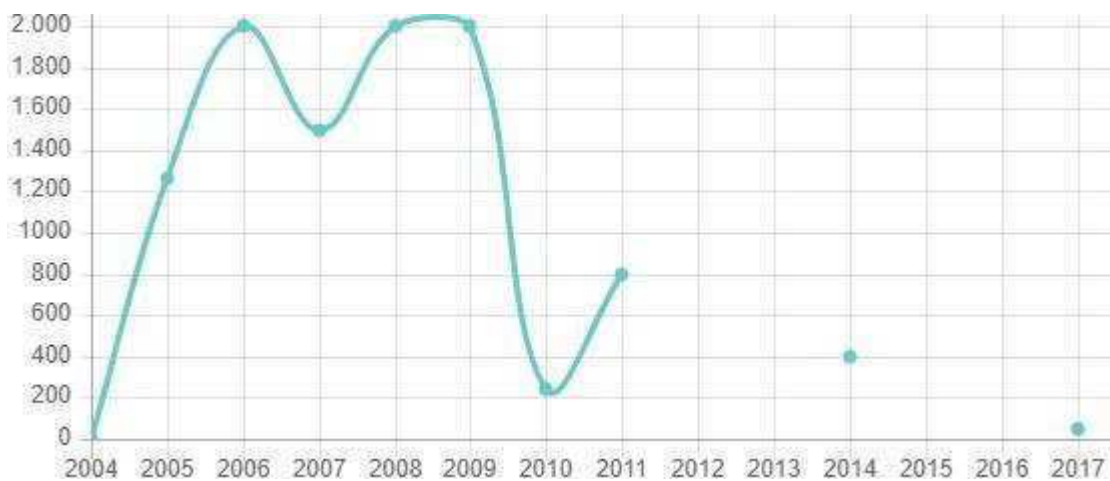


Figura 11. Área (ha) colhida de Feijão no município de Taperoá - PB.

Fonte: IBGE, 2017.

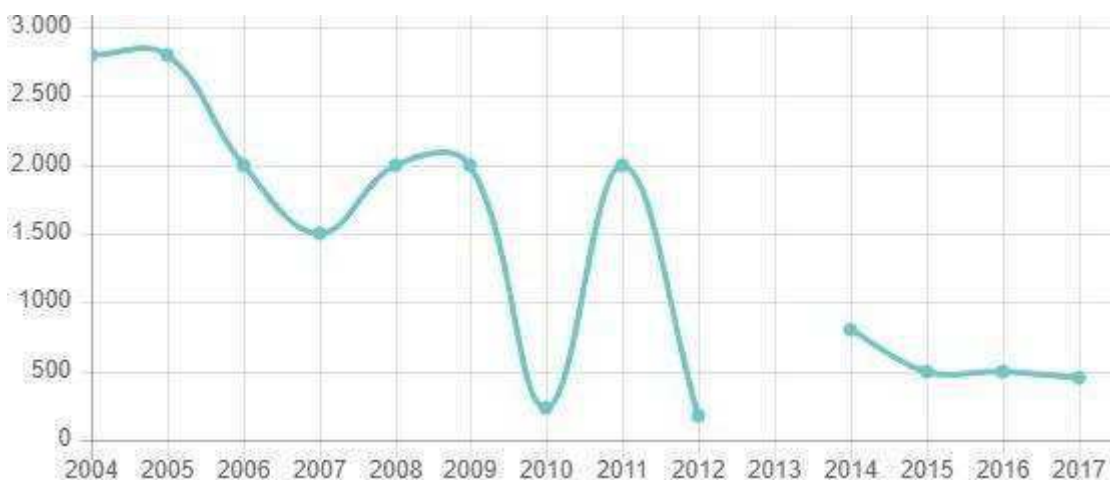


Figura 12. Área (ha) plantada de feijão no município de Taperoá – PB.

Fonte: IBGE, 2017.



Figura 13. Área (ha) colhida de milho no município de Taperoá - PB.

Fonte: IBGE, 2017.



Figura 14. Área (ha) plantada de milho no município de Taperoá – PB.

Fonte: IBGE, 2017.

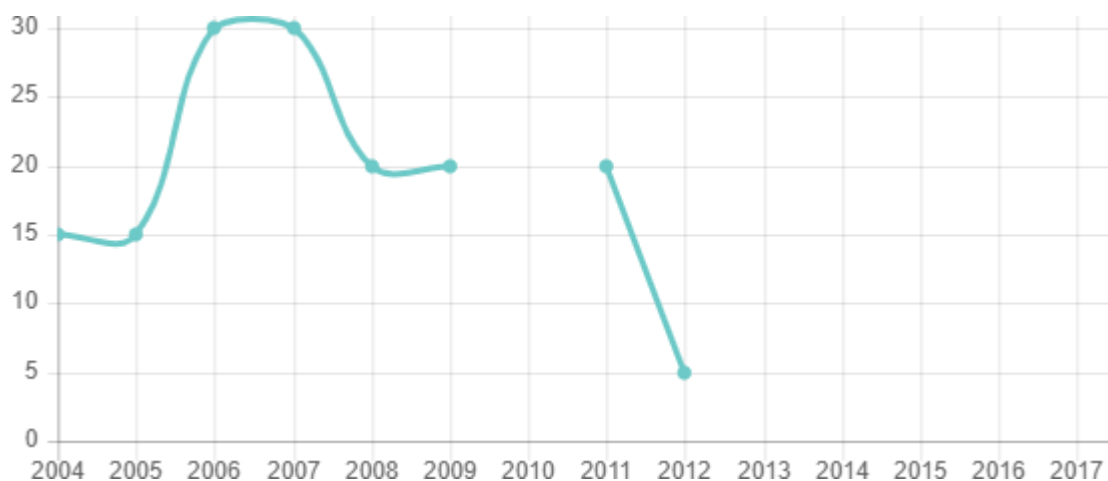


Figura 15. Área (ha) colhida de tomate no município de Taperoá – PB.

Fonte: IBGE, 2017.



Figura 16. Área (ha) plantada de tomate no município de Taperoá – PB.

Fonte: IBGE, 2017.

Para as culturas do feijão e milho nos anos de 2004 e 2005 houve um aumento da área colhida, figuras 13 e 14, em que foi observado chuvas intensas no mesmo período e acúmulo de água de 72,24% no principal açude, constatados na Tabela 3 os acontecimentos meteorológicos e as características do bioma, junto a preservação e monitoramento da ação antrópica na agricultura da cidade, influenciando as culturas da batata e tomate.

Tabela 3. Intensidade dos eventos de El Niño e La Niña sobre o Oceano Pacífico.

EL NIÑO	LA NIÑA
91/92 (F)	95/96 (M)

94/95 (M)	98/99 (M)
97/98 (F)	99/00 (F)
02/03 (M)	00/01 (M)
04/05 (L)	05/06 (L)
09/10 (F)	07/08 (F)
-	08/09 (L)
-	10/11 (F)
-	11/12 (M)
14/15 (L)	17/18 (L)
15/16 (F)	-

Fonte: CPC/NOAA, 2018.

As letras em parênteses na tabela referem -se à intensidade do evento em que, F – forte, M – moderado e L – leve.

2.6 Pecuária

A produção animal no semiárido é realizada, predominantemente, por criadores de base familiar. Assim como observado por Sautier (2000), a pequena produção é majoritária onde o leite produzido na região é basicamente da agricultura familiar, de pequenos agricultores que têm nesta atividade sua principal fonte de renda (ROCHA e COUTO, 2002).

O tamanho das propriedades é pequeno o que dificulta a sustentabilidade dos sistemas de produção. Os rebanhos são pequenos, não permitindo a concorrência com outras regiões em termos de quantidade de leite produzido.

Até os anos de 1996 e 1997, a atividade pecuária desenvolvida no município tinha na bovinocultura sua maior relevância. A criação de caprinos, ovinos, suínos, asininos, muares e equinos sempre foi caracterizada por uma baixa produção. A avicultura se desenvolveu, e tem ocupado um lugar de destaque na produção animal. A Tabela 4 verifica-se a situação dos principais rebanhos do município para o período 1996 a 2015. Onde predomina a criação de caprinos, galináceos, ovinos e bovinos.

Tabela 4. Principais Rebanhos do Município de Taperoá - PB.

Rebanho	1996	1997	1998	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)	(Cab.)
Assinino	500	350	280	263	289	303	315	261	276	248	223	189	-	-	-
Bovino	10368	8056	5639	7600	5211	5732	6190	5261	5629	6304	7500	4750	5300	8113	8158
Caprino	6242	4284	3641	18050	18591	16732	15895	13192	14115	15244	13957	9770	10657	12232	11009
Equino	479	342	239	190	199	189	202	189	202	223	246	209	363	389	496
Galináceo	-	-	-	34136	31686	31686	12083	13415	14622	14622	15281	15281	12585	18421	16578
Muare	138	99	99	99	89	89	97	103	109	119	140	133	-	-	-
Ovino	5724	3720	2255	8550	8806	10127	10430	8656	9261	10001	9800	6860	7760	9107	10841
Suíno	1126	908	455	806	885	758	784	766	809	744	768	653	690	1293	1487

Fonte: IBGE (2003 e 2016) *Cab= Cabeças

Segundo Menezes (1999), a pecuária sertaneja, no passado, estava relacionada às técnicas tradicionais, sem seleção de raças ou cuidados fitossanitários e tendo nas pastagens naturais a base da alimentação. Essas eram quantitativamente e qualitativamente pobres e quando associadas à escassez de água juntamente com as condições inóspitas do sertão e outros fatores, resultavam em baixos índices produtivos. Carvalho Filho et al. (2000) comentam que até os anos 60 os rebanhos eram criados extensivamente, soltos na caatinga, sem cercas e sem alimentação suplementar, sendo os caprinos e ovinos, com maior expressão, quando comparados ao gado bovino.

A pecuária extensiva dessa zona sempre foi muito dependente da época das chuvas, quando existia abundância de alimento provindo da vegetação nativa, permitindo a criação de maior número de animais por hectare. Para melhorar a reserva de forragem, os grandes proprietários cediam temporariamente algumas áreas para rendeiros explorarem as terras, na condição de, após a colheita, a palhada e os restos de cultura de autoconsumo, principalmente feijão e milho, permanecerem na propriedade para alimentação do rebanho durante a estação seca (KILL e CORREIA, 2005). O deslocamento total ou parcial do gado, para regiões menos secas, em busca de maiores possibilidades de água e alimento, era uma prática comum no semiárido (MENEZES, 1999).

Com a decadência da lavoura de algodão, em meados dos anos 80, causada pelo ataque do “bicudo” (*Anthonomus grandis*), observa-se uma rápida expansão de áreas cultivadas com o capim buffel (*Cenchrus ciliaris*) e o processo acelerado de leiterização do rebanho bovino, simultaneamente ocorre uma redução do número de pequenos criadores de ovinos, enquanto que os caprinos foram desaparecendo à medida que as áreas de caatinga iam diminuindo e o cercamento das propriedades se intensificava (CARVALHO FILHO et al., 2000).

No cenário atual a Paraíba, em 2018, foi o maior produtor de leite de cabra do Brasil, segundo o Censo Agropecuário 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Com uma produção de 5,627 milhões de litros de leite por ano. A Paraíba se destaca à frente de estados como Bahia, que ocupa a segunda posição, e Minas Gerais, que vem em terceiro lugar. Taperoá e Sumé são os municípios paraibanos que mais produzem e despontam no ranking nacional no primeiro e terceiro lugar, respectivamente. Com relação à comercialização do leite de cabra, a Paraíba também está em primeiro lugar no ranking nacional: do total produzido, 4,059 milhões foram comercializados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Espaço Geográfico e Bacia Hidrográfica

Segundo Corrêa (2003), o espaço geográfico ou simplesmente espaço tem um significado muito amplo e vago, o qual está associado a uma porção específica da Terra identificada pela natureza ou pelas marcas impressas do homem ou ainda pela referência de localização geográfica.

O objeto geográfico foi definido pelo cientista alemão Friedrich Ratzel como sendo o estudo da influência que as condições naturais exercem sobre a humanidade (MORAES, 2002). O homem é um agente ativo que sofre influências do meio construindo e modificando o espaço geográfico. Esse espaço é dinâmico e os elementos (naturais e antrópicos) que o compõem interagem de forma complexa nesse movimento determinando o próprio ambiente.

Lima (2005), ressalta que o espaço geográfico tem sua concretude e uma circunscrição, ou seja, uma delimitação de área, e que seus recortes devem obedecer a uma identificação da real extensão espacial de um conjunto de objetos inter-relacionados por uma lógica constitutiva, coloca-se em análise o uso de um recorte natural, ou seja, a bacia hidrográfica, em discussão enquanto recorte de estudos geográficos frente à questão ambiental.

Word Vision (2004), ao definir bacia hidrográfica de forma semelhante ao acima citado, destaca, complementarmente, que este é um espaço tridimensional que integra as interações entre a cobertura do terreno, as profundidades do solo e o entorno das linhas divisórias das águas. Nele encontram-se os recursos naturais e a infraestrutura criada pelo homem, na qual este desenvolve suas atividades econômicas e sociais gerando diferentes efeitos favoráveis e desfavoráveis. Esse conjunto forma um sistema que envolve quatro subsistemas:

- a) Biológico: constituído pela flora e pela fauna existentes;
- b) Físico: integrado pelo solo, subsolo, geologia, recursos hídricos e clima (temperatura, radiação, evaporação, entre outros);
- c) Econômico: integrado por todas as atividades produtivas que realiza o homem envolvendo, dentre outros, a agricultura e a pecuária, a exploração de recursos naturais, a indústria e agroindústria, e, a infraestrutura de apoio e serviços (estradas, energia, assentamentos, cidades, dentre outros);
- d) Social: composto pelos elementos demográficos, institucionais, propriedade de terras, saúde, educação, habitação, culturais, organizacionais, políticos e legal.

Dentro desta ótica, a bacia hidrográfica tem que ser considerada como unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação de recursos múltiplos, onde a água, a madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e outros componentes ambientais podem ser produzidos para atender às necessidades da crescente população mundial. (FAO, 1991 citado por LIMA, 2008).

Os impactos indesejáveis da dominação humana dos recursos naturais, associados a um modelo de desenvolvimento incompatível com a ética ecológica, têm se tornado cada vez mais visível. Em tempos de mudanças globais é evidente a necessidade de medidas eficazes de mitigação desses impactos e de adaptação às novas condições ambientais. (BATISTELLA e MORAN, 2008).

As bacias hidrográficas constituem unidades ambientais de fundamental importância para estudos interdisciplinares, visando o seu manejo sustentável. Os recursos naturais que a compõem, solo, água, vegetação e o meio ambiente que a circunda, estão em constantes mudanças em resposta a evolução natural e as atividades humanas. A gestão eficiente desta unidade é um fator básico e fundamental para o planejamento e uso racional de seus recursos naturais, principalmente o manejo eficaz da água que é um recurso de vital importância para os seres vivos. A administração desse recurso garantirá a preservação e conservação ambiental e conseqüentemente o desenvolvimento sustentável da bacia, criando meios mais eficazes para a tomada de decisão dos gestores (SÁ et al., 2010).

Lima e Zakia (2000), acrescentam ao conceito geomorfológico da bacia hidrográfica, uma abordagem sistêmica. Para esses autores as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos. Dentro dessas subdivisões da bacia, aparece também na literatura o termo microbacia. Uma série de conceitos são aplicados na definição de microbacias, podendo ser adotados critérios como unidades de medida, hidrológicos e ecológicos (TEODORO et al., 2007).

Já para Faustino (1996), a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km². Cecílio e Reis (2006), definem a microbacia como uma sub-bacia

hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²).

Do ponto de vista da hidrologia, a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é vista somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio, tendo as microbacias como características distintas, tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal), sendo assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias. Portanto, essa explicação contribui na distinção, definição e delimitação espacial de microbacias e bacias hidrográficas, sendo sua compreensão, crucial para a estruturação de programas de monitoramento ambiental, por meio de medições de variáveis hidrológicas, liminológicas, da topografia e cartografia e com o auxílio de sistemas de informações geográficas. Dessa forma, pode-se chegar a uma adequação espacial de microbacias e bacias hidrográficas (LIMA; ZAKIA, 2000).

A bacia hidrográfica, ao passo que é a unidade de gerenciamento integrado dos recursos naturais, sobretudo dos mananciais com fins de seu aproveitamento, coloca os recursos hídricos na condição de elemento indispensável à vida e como insumo às atividades produtivas, pois o uso pelas populações para irrigação, indústrias, atividades de lazer, dentre os outros múltiplos empregos, requer fontes em qualidade e quantidade saudáveis e seguras ao mercado (NASCIMENTO, 2014).

3.1.2 Caatinga: bioma único e exclusivo do semiárido do Brasil

Bioma é um conjunto de vida vegetal e animal, constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e que podem ser identificados em nível regional, com condições de geologia e clima semelhantes e que, historicamente, sofreram os mesmos processos de formação da paisagem, resultando em uma diversidade de flora e fauna própria. O Bioma Caatinga se estende pela totalidade do estado do Ceará (100%) e mais de metade da Bahia (54%), da Paraíba (92%), de Pernambuco (83%), do Piauí (63%) e do Rio Grande do Norte (95%), quase metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%) (IBGE, 2004).

Dentre os biomas brasileiros, a Caatinga é, provavelmente, o mais desvalorizado e mal conhecido botanicamente. Esta situação é decorrente de uma crença injustificada, e que não deve ser mais aceita, de que a Caatinga é o resultado da modificação de uma outra formação vegetal, estando associada a uma diversidade muito baixa de plantas, sem espécies endêmicas e altamente

modificada pelas ações antrópicas. Apesar de estar, realmente, bastante alterada, especialmente nas terras mais baixas, a Caatinga contém uma grande variedade de tipos vegetacionais, com elevado número de espécies e também remanescentes de vegetação ainda bem preservada, que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos. Nas últimas décadas, os biólogos têm voltado sua atenção para a Caatinga. Em vários dos seus trabalhos, Andrade-Lima (1981,1989) chamou a atenção para a riqueza da flora da Caatinga e destacou os exemplos fascinantes das adaptações das plantas aos habitats do semiárido (GIULIETTI, 2003).

O clima da caatinga é chamado de semiárido. São características desse tipo de clima a baixa umidade e o pouco volume pluviométrico, ou seja, uma quantidade reduzida de chuvas. Este clima irregular influencia o curso dos rios, que secam em determinadas épocas; diminui a disponibilidade de água para plantas, animais e para os homens; aumenta a aridez do ambiente. O clima é então um fator determinante na caatinga: ele acaba definindo a paisagem e os hábitos dos moradores deste bioma (MORAES, 2012).

A Caatinga pode ser apresentada como o mais surpreendente bioma brasileiro, uma região descrita em “Os Sertões” como agonizante, com características e adaptações à região semiárida que possui um alto déficit de água, composição intimamente ligada a qualidade do solo, do sistema fluvial, da topografia e do uso que os habitantes fazem da terra (BARBOSA et al., 2015).

Da abundância da caatinga só é conhecido cerca de 59%, baseado nos dados do MMA (Ministério do Meio Ambiente). Junior (2013), em seu estudo intitulado “Faltam estudos sobre a Biodiversidade da Caatinga” relata tal problema. A Caatinga possui 932 espécies de plantas vasculares, 187 de abelhas, 240 peixes, 167 reptéis e anfíbios, 510 espécies de aves, 148 de mamíferos e o nível de endemismo percentual varia 3% nas aves, 7% nos mamíferos, 57% nos peixes e nas plantas cerca de 34%.

A vegetação da caatinga é composta por plantas xerófitas. Isto porque ela é formada por espécies que acabaram desenvolvendo mecanismos para sobreviverem em um ambiente com poucas chuvas e baixa umidade. No bioma são comuns árvores baixas e arbustos. Espinhos estão presentes em muitas espécies vegetais. Nos cactos, por exemplo, eles são folhas que se modificaram ao longo da evolução, fazendo com que a perda de água pela transpiração seja menor.

Ainda para evitar a perda de água, algumas plantas simplesmente perdem suas folhas na estação seca. Por isso, parece que toda a vegetação está morta, sem folhas, sem verde, só caules e troncos secos e retorcidos. Mas não está. Na verdade, as plantas permanecem vivas, utilizando, por exemplo, suas raízes bem desenvolvidas para obter água armazenada no solo. Outras espécies desenvolvem raízes na superfície, o que lhes permite, no período das chuvas, absorver o máximo possível da água que cai sobre os terrenos. Existem espécies que apresentam outra solução para o problema: elas mesmas armazenam água. É o caso dos cactos. Mas não são os únicos

representantes. Mesmo com o curto período de chuvas, existe uma variedade de espécies vegetais, entre elas estão o mandacaru, a coroa-de-frade, o xique-xique, o juazeiro, o umbuzeiro e a aroeira (SILVA, 2013).

A flora é constituída por espécies xerófitas (formação seca e espinhosa resistente ao fogo e praticamente sem folhas) e caducifólias (que perdem as folhas no período de estiagem) com predominância de cactáceas e bromeliáceas, de modo que as espécies não ultrapassam os 12 metros de altura, o arbustivo 5 metros e o extrato herbáceo apresenta vegetação de até 2 metros de altura. Os principais representantes são: a aroeira, o mandacaru, Xiquexique, o juazeiro e a amburana. A fauna é formada por cerca de 47 espécies de lagartos, 45 espécies de serpentes, 4 de quelônios (família das tartarugas) e 44 espécies de anuros (sapos e rãs), entre eles citamos: Ararinha-azul, Sapo-cururu, Cutia, Asa-branca, Preá, Gambá, Veado-catingueiro, Tatu-peba, cascavel e cobra-bicuda (CAATINGA, 2013).

As ações antrópicas, são frutos de uma percepção errônea gerada por uma educação ambiental falha, com visões preconceituosas e generalistas, tornando a Caatinga um ambiente que mais sofre com a degradação, relatando em números, 45% da sua vegetação original já foi substituído por pastos e lavouras, o que resta são áreas extremamente fragmentadas (ALVES, 2009).

3.1.3 Degradação Ambiental no Bioma Caatinga

A degradação ambiental em seus diversos níveis de intensidade tem sido objeto de preocupação por parte de grupos de estudiosos e de instituições governamentais de todos os países. Na América Latina, vastas áreas se encontram afetadas com diferentes níveis de degradação, onde as principais causas apontadas sob o ponto de vista socioeconômico é a aplicação de modelos de desenvolvimento caracterizados pelo uso não sustentável dos recursos naturais e práticas agrícolas inadequadas (COSTA FILHO, 2007).

O avanço do processo de degradação ambiental do bioma Caatinga deve-se a vários fatores. Parafraseando Thomaz e Costa et al. (2009) e Brasileiro (2009), os principais fatores que contribuem para a degradação desse bioma são: as práticas agrícolas inadequadas, o desmatamento, a infertilidade e a compactação do solo, os processos erosivos e a salinização de algumas áreas.

Segundo Cândido (2000), o desmatamento nas áreas tem provocado sérios problemas de erosão eólica, laminar e hídrica. Com isso, a degradação ambiental das regiões semiáridas está relacionada a uma série de fatores intrínsecos, entre os quais se podem citar a ação antrópica, como

consequência direta da falta de sustentabilidade, as altas taxas de evapotranspiração, os baixos índices pluviométricos e o mau uso da terra.

A agricultura é uma atividade que gera impactos ao meio ambiente, seja em grande ou pequena escala; isso dependerá das técnicas e práticas que forem utilizadas para cultivar a terra. As práticas agrícolas ineficientes que retiram a cobertura vegetal original do solo, deixando-o vulnerável aos processos erosivos. O desenvolvimento contínuo dessas práticas, de retirada de produtos sem a reposição de nutrientes, acarreta a perda da fertilidade da terra. Levando em consideração o tipo de solo da região, isso pode intensificar os processos de degradação do bioma. A agricultura irrigada, realizada sem levar em conta as características físicas da localidade, também pode acarretar sérios problemas, como salinização, erosão e lixiviação. O uso de máquinas também pode interferir na boa conservação do solo, pois poderá ocasionar processo de compactação, entre outros (SANTOS, 2009).

A retirada da cobertura original do solo do bioma caatinga é um dos primeiros indicadores dos processos de degradação e desertificação da região, pois, além de interferir nas condições físicas, afeta o desenvolvimento e a manutenção de atividades ligadas ao social, econômico, cultural (ANDRADE e OLIVEIRA, 2004). Precisa-se urgentemente da implementação de estratégias e de planejamento que visem ao uso racional dos recursos e, conseqüentemente, à melhoria da qualidade de vida no semiárido. Pode-se dizer que a erosão é um dos problemas mais graves na escala de degradação, porque geralmente provoca impactos irreversíveis ao meio ambiente. No que diz respeito ao Nordeste, mais precisamente ao semiárido, os processos erosivos tornam-se preocupantes, já que o solo está cada vez mais vulnerável devido à ação antrópica intensificadora e à própria fragilidade do material pedológico: solos rasos, cascalhentos e muitas vezes areno-argiloso (SÁ et al.,1994).

A salinização tem contribuído bastante para o aumento da degradação do semiárido: “A salinização é um processo que ocorre basicamente pelo acúmulo de sais solúveis e/ou sódio trocável no complexo de troca do solo” (SAMPAIO, 2005). A suscetibilidade dos solos à salinização dependerá da água que é utilizada na irrigação de lavouras, como também dos tipos e perfis de solos predominantes.

A compactação do solo é ocasionado por práticas de manejo inadequado dos rebanhos, principalmente na pecuária extensiva. Nesse tipo de técnica de criação de animais, geralmente o rebanho fica à solta em grandes extensões de terras sem que os proprietários tenham a preocupação em fazer o rodízio apropriado do pasto. Pode-se afirmar, portanto, que os processos de compactação do solo através de algumas atividades econômicas, como a pecuária, não degradam tanto o meio ambiente local, quanto outras. Porém, embora a pecuária não seja uma atividade das mais prejudiciais ao bioma caatinga, se somada aos demais impactos que a região vem sofrendo, poderá

haver um efeito bem mais intenso. A preocupação com o desmatamento e o aceleração dos processos de degradação do bioma caatinga tem levado pesquisadores, órgãos governamentais, ONGs, setor privado e outros atores sociais a empenharem-se na busca de um desenvolvimento econômico sustentável para a região Nordeste. Foi assim que muitas experiências alternativas surgiram, como a agroecologia, o extrativismo controlado de algumas matérias-primas da caatinga e o turismo ecológico (PRUDÊNCIO e CÂNDIDO, 2009).

A necessidade crescente de representação do espaço geográfico e dos fenômenos possibilitou o surgimento de avanços tecnológicos como: a cartografia digital, o sensoriamento remoto (SERE) e o geoprocessamento (SIG's). O que permitiu uma constante análise e sistematização do conhecimento geográfico para o aprimoramento de pesquisas em Geografia, principalmente dentro do âmbito da questão ambiental. A análise de mudanças ambientais ocorridas em uma região somente pode ser amplamente estudada com o emprego de imagens de satélites (SERE) que possibilitam o estudo do espaço ao longo do tempo e também do geoprocessamento (SIG), que permite a aquisição, armazenamento e manipulação de informações de forma rápida e eficiente, proporcionando a tomada de decisões e dirimindo os impactos ambientais (RODRÍGUEZ, 2005).

No atual cenário em que à interferência das ações antrópicas acabam por comprometer a preservação da vegetação, as ferramentas geotecnológicas de monitoramento através de imagens de Sensores Remotos podem ser amplamente utilizadas na análise da degradação vegetal, Florenzano (2011), define sensoriamento remoto como sendo “a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.” A utilização das imagens de sensores remotos é possível um mapeamento através das ferramentas supracitadas, permitindo então, conhecer melhor uma determinada região, possibilitando mais dados e subsídios para uma futura tomada de decisões mais consistentes (FITZ, 2008).

Por meio do sensoriamento remoto, é possível obter dados de sensores distantes instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais, o que permite uma quantidade de informações mais detalhada sobre o espaço estudado (FLORENZANO 2011).

3.2 Desastre e Risco Ambiental

A conceituação adotada pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR) (2009), considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou

ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos. Quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos, passam a se chamar desastres naturais. Os critérios objetivos adotados no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT (Emergency Disasters Data Base) sobre Desastres de 2007 (SCHEUREN et al., 2008) consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios:

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- declaração de estado de emergência;
- pedido de auxílio internacional.

As classificações mais utilizadas distinguem os desastres quanto à origem e à intensidade (MARCELINO, 2008).

Quanto à origem ou causa primária do agente causador, os desastres podem ser classificados em: naturais ou humanos (antropogênicos). Desastres Naturais são aqueles causados por fenômenos e desequilíbrios da natureza que atuam independentemente da ação humana. Em geral, considera-se como desastre natural todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana. Exemplo: chuvas intensas provocando inundação, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado e furacão; etc. Desastres Humanos ou Antropogênicos são aqueles resultantes de ações ou omissões humanas e estão relacionados com as atividades do homem, como agente ou autor. Exemplos: acidentes de trânsito, incêndios urbanos, contaminação de rios, rompimento de barragens, etc (MARCELINO, 2008).

A avaliação da intensidade dos desastres é muito importante para facilitar o planejamento da resposta e da recuperação da área atingida. As ações e os recursos necessários para socorro às vítimas dependem da intensidade dos danos e prejuízos provocados (Quadro 1).

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamado de acidentes, onde os impactos causados e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade onde os impactos são de	Superável pelo município, desde que

	alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5 e 10% PIB municipal)	envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10 e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muita intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Quadro 1. Classificação dos desastres em relação à intensidade.

Fonte: KOBAYAMA et al., 2006.

Diversos autores têm demonstrado o aumento na frequência de desastres naturais no mundo (RODRIGUEZ et al., 2009; VOS et al., 2010) e também no Brasil (KOBAYAMA et al., 2004, 2010). A forma crônica do fenômeno estiagem é denominada seca, analisada atualmente como um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo. Isto se deve ao fato de que ela ocorre durante longos períodos de tempo, afetando grandes extensões territoriais. O Nordeste Brasileiro é reconhecido como uma área altamente vulnerável aos fatores climáticos, principalmente, em sua região semiárida. A seca é considerada um desastre de ordem natural, pois os impactos da semiaridez representam, secularmente, um quadro de risco para a população. Os desastres naturais são causados por fatores relacionados com a geodinâmica terrestre ou relativos a fenômenos meteorológicos como vendavais, secas, geadas, chuvas de granizo, inundações, ondas de calor, ondas de frio, queda da umidade relativa do ar e outros (SILVA et al., 2013).

A importância dos estudos sobre os riscos ambientais tornou-se tão fundamental, quanto à preservação da vida, já que a existência dos seres humanos na biosfera vem sendo determinada, em sua maior parte, pelos seus atos junto ao meio ambiente (ROCHA e FERNANDES, 2007).

O modelo de desenvolvimento estabelecido a partir da Revolução Industrial (final do século XVIII) gerou um aumento qualitativo e quantitativo no processo de degradação da natureza. Esse processo, segundo Rocha (2002), é geralmente denominado risco natural, fazendo parte da dinâmica da natureza, ou seja, sua ocorrência independe da presença do homem. Porém, com a intensificação das atividades humanas, muitos processos naturais, passaram a ocorrer com mais frequência, dado que podem ser induzidos, acelerados e potencializados pelas alterações decorrentes do uso e ocupação do solo. Ressalta, ainda, que “risco é a combinação de frequência e consequência de

eventos indesejáveis envolvendo perda” (ROCHA, 2006).

Atualmente, o aumento do número de pessoas vivendo em áreas de risco ambiental tem sido uma característica negativa do processo de urbanização e crescimento das cidades brasileiras, verificadas principalmente nas regiões metropolitanas. “Fatores econômicos, políticos, sociais e culturais contribuem para o avanço e a perpetuação desse quadro indesejável”. (Curso de mapeamento, gerenciamento e mapeamento de risco, 2006).

A retirada da cobertura vegetal, os assoreamentos, os aterros de corpos hídricos, a ocupação das áreas de maior declividade, das planícies fluviais, lacustres e fluviomarinhas, o aumento da impermeabilização e da quantidade e velocidade do escoamento superficial interferem significativamente nos processos naturais, desencadeando impactos e riscos emergentes. No Brasil a susceptibilidade a esses eventos é mais evidente quando da ocorrência dos eventos hidroclimáticos mais intensos. No entanto, a situação é mais crítica nas áreas ocupadas por populações que apresentam maior vulnerabilidade social, não dispondo de condições de infraestrutura para enfrentar essas situações de crise. Essa situação se agrava, quando aliada à precariedade da população se evidencia a baixa capacidade de resposta do poder público em responder adequadamente as situações de crise (SANTOS, 2015).

Cruz (2003) explica que os riscos são inerentes às atividades humanas e estão presentes no nosso cotidiano, nós temos consciência de boa parte dos riscos, no entanto, a maioria deles está além das nossas possibilidades de seleção e controle. Justamente por constituir temário tão presente na sociedade faz-se necessário maior esclarecimento sobre o que são, como são percebidos e de que modo se manifestam.

Ao relacionar a vulnerabilidade com os riscos Veyret e Richemond (2007), direcionam o entendimento do conceito ao sugerir que ser vulnerável é estar fisicamente exposto a um perigo, apresentando certa fragilidade diante do evento e não ter condições ou os meios para enfrentar a crise, o que significaria a capacidade de um sistema complexo, como uma cidade, se restabelecer após uma situação de crise. Nesta concepção, quanto maior for a vulnerabilidade do sistema menor será sua capacidade de absorver a perturbação sofrida ou de se readaptar a nova situação.

O conceito de vulnerabilidade envolve um caráter multidisciplinar e indica a suscetibilidade das pessoas a problemas e danos, que estão principalmente relacionadas ao conjunto das profundas transformações sociais, econômicas e ambientais que afetam, pelo mundo inteiro, as pessoas ou grupos de pessoas. O conceito pode ser aplicado a uma pessoa ou a um grupo social conforme a sua capacidade de prevenir, de resistir e de contornar potenciais impactos (KOWARICK, 2003).

3.3 Vulnerabilidade de regiões semiáridas

O semiárido brasileiro é caracterizado pelas chuvas irregulares e níveis pluviométricos inferiores a 800 mm/ano, sendo a seca um fenômeno natural no qual esta região passa frequentemente afetando o desenvolvimento da agropecuária, bem como a falta de sistemas eficazes de armazenamento de água (MARENGO et al., 2011).

A maior parte da população rural das regiões semiáridas tropicais vive em situação de vulnerabilidade devido à degradação das terras e condições climáticas dessas regiões (RIBOT et al, 1996). Essas populações, residentes em terras mais ecologicamente marginais, geralmente têm a sua capacidade de lidar com perigos ambientais limitada pela falta de recursos humanos e financeiros (FICHER et al, 2002).

Contudo, a vulnerabilidade não é determinada apenas pela exposição aos fatores de risco. Ela também aparece na resiliência do sistema que sofre o distúrbio (BERKES, 2007). A resiliência é uma característica que aumenta a capacidade dos sistemas sociais e ecológicos de enfrentarem e se adaptarem aos estresses sociais, políticos e/ou ambientais e, assim, reduzem a sua situação de vulnerabilidade (CINNER et al, 2009).

Portanto, diante de um determinado evento climático, o sistema agrícola mais vulnerável é aquele que possui a menor resiliência econômica e social (IGLESIAS et al, 2007). Para Berkes (2007) a resiliência é importante na discussão sobre a vulnerabilidade, pois ajuda a analisar perigos e impactos nos sistemas homem e ambiente de forma abrangente, enfatizando a habilidade do sistema em lidar com os perigos, (através da absorção dos impactos ou da adaptação), e ajuda a buscar alternativas para as incertezas e mudanças futuras.

No Brasil, a região semiárida do Nordeste é considerada uma das mais vulneráveis às variações climáticas devido a irregularidade das chuvas, deficiência hídrica, baixa capacidade de adaptação e pobreza da população (OBERMAIER, 2009). A ocorrência de secas – evento climático esperado nas terras semiáridas – faz da agricultura uma atividade naturalmente arriscada (RIBOT et al, 1996). Nesse contexto, os agricultores familiares são ainda mais vulneráveis – pois além de serem dependentes de recursos naturais, sofrem impactos na produção agrícola causados pela deficiência hídrica. E, assim, se os agricultores familiares estão vulneráveis aos riscos climáticos de tal forma que não conseguem lidar com esses eventos, o resultado pode ser uma situação de vulnerabilidade que enfraquece a sua base de recursos e também a sustentabilidade do sistema (WEHBE et al, 2005).

Nas regiões semiáridas, a vulnerabilidade das populações às variações climáticas constitui um grave problema. Sendo assim, incertezas geradas pelo aquecimento global reforçam a urgência

quanto a necessidade de buscar formas de enfrentar a variabilidade climática atual, através do fortalecimento da resiliência e da redução da vulnerabilidade (RIBOT et al, 2006).

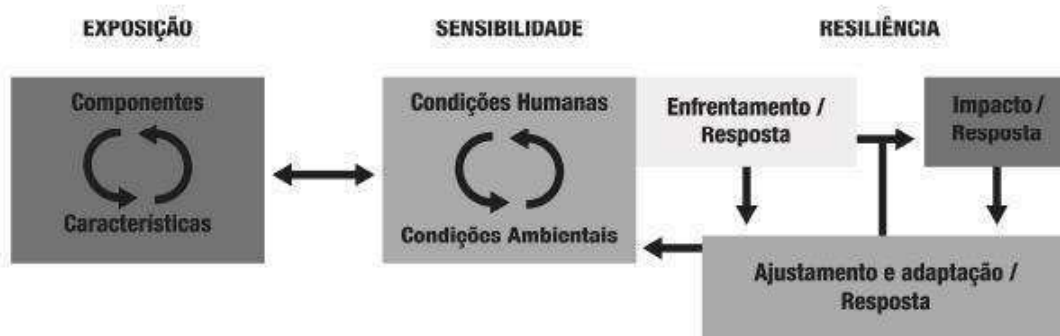
A vulnerabilidade é definida por Turner et al (2003) como “o grau de probabilidade que um sistema, subsistema ou um componente do sistema tem de sofrer danos devido a exposição a um perigo, uma perturbação ou estresse.”

O foco na sustentabilidade amplia e redireciona o estudo da vulnerabilidade e enfatiza os sistemas “homem-ambiente” – e a forma como a vulnerabilidade e a sustentabilidade baseadas nessa sinergia são afetadas por processos que operam em escalas espaço-temporais diferentes (TURNER et al, 2003). Com este foco, a interação entre ambiente e sociedade é vista como um fator preponderante na influência e resposta de grupos sociais e seus meios de subsistência em situações de estresse (FRASER et al, 2003). Populações consideradas vulneráveis têm capacidade limitada de adaptação a perigos ambientais, em particular eventos extremos como secas e enchentes (FISCHER et al, 2002). Dessa forma, a vulnerabilidade é resultante da combinação entre fatores e condições sociais e riscos ambientais (ADGER, 1996).

Wehbe et al (2005) explicam que se uma determinada população agrícola é vulnerável a riscos climáticos não consegue lidar com eventos adversos, nem dispõe de mecanismos para isso – e o resultado pode ser uma situação de vulnerabilidade que compromete sua base de recursos e impede a sustentabilidade a médio e longo prazo. Para os autores, essa falta de capacidade adaptativa na agricultura pode indicar uma falta de sustentabilidade mais geral no sistema (WEHBE et al, 2005).

O Programa de “Pesquisa e Análise de Sistemas para a Sustentabilidade” (Research and Assessment Systems for Sustainability Program) do Centro Belfer (Belfer Center), desenvolveu um quadro de análise – ou framework – considerando que “a vulnerabilidade reside na condição e operação do sistema ‘homem-ambiente’ incluindo a capacidade de resposta e a reação do sistema aos perigos encontrados” (TURNER et al, 2003b). O quadro de análise considera a vulnerabilidade uma função entre exposição, sensibilidade e resiliência manifestada nas interações sociais e ecológicas do sistema.

VULNERABILIDADE



Fonte: Turner et al, 2003a. Adaptado por Andrade et al., 2013.

Figura 17. Detalhamento do Quadro de Análise da Vulnerabilidade com os componentes da exposição, sensibilidade e resiliência.

O primeiro componente da vulnerabilidade – a exposição – é considerado como o grau, frequência, magnitude, duração e/ou extensão a qual o sistema está em contato com, ou sujeito ao estresse (GALLOPIN, 2006; TURNER et al, 2003). Turner et al (2003) citam como exemplos de elementos sujeitos à exposição: indivíduos, famílias, instituições, estados, flora, fauna e ecossistemas.

A sensibilidade é vista como a extensão dos impactos que um sistema – natural ou humano – pode absorver sem sofrer danos de longo prazo ou outras mudanças de estado significativas, determinadas pelas condições humanas e ambientais do sistema (ADGER, 2006).

A resiliência tem sido utilizada, nos estudos da Ecologia, para caracterizar a capacidade de um sistema de se recuperar de uma perturbação até chegar a um estado de referência – e de manter determinadas estruturas e funções (TURNER et al, 2003a). Porém, para Berkes (2007), essa definição da resiliência é pouco útil para a discussão da vulnerabilidade, pois não há um estado-referencial fixo ao qual o sistema homem e ambiente possa retornar.

Carpenter et al (2001) discutem um conceito de resiliência mais adequado ao estudo da vulnerabilidade dos sistemas homem-ambiente, no qual a resiliência “é a magnitude do distúrbio que pode ser tolerado antes que um sistema socioecológico se mova para uma região ou um estado diferente, controlado por um conjunto diferente de processos”. Se as perturbações ou estresses se mantiverem ao longo do tempo, a capacidade de resiliência do sistema se altera e essa alteração pode ser irreversível (KASPERSON e DOW, 2005).

A abordagem da resiliência está fundamentada na ideia de que os sistemas ecológicos e sociais devem ser compreendidos como sistemas que se relacionam e que estão em constante mudança, e não necessariamente em um equilíbrio estático (NELSON et al, 2007). A perspectiva da resiliência também pressupõe que a vulnerabilidade é uma característica intrínseca a qualquer sistema e fornece uma perspectiva dinâmica dos processos de adaptação em diferentes escalas espaciais e temporais (NELSON et al, 2007).

Para Carpenter et al (2001) a resiliência apresenta três propriedades: (a) a quantidade de mudança que o sistema pode suportar e ainda manter a sua estrutura e função; (b) o grau de capacidade de auto organização do sistema; (c) o grau no qual o sistema pode construir a capacidade de aprendizado e adaptação.

Compreende-se assim que a vulnerabilidade é composta por elementos dinâmicos, que não podem ser predeterminados sem que se conheça a realidade do objeto de estudo. Nesse sentido, para a análise dos componentes da vulnerabilidade (exposição, sensibilidade e resiliência), Smit e Wandel (2006) defendem uma abordagem integrada (social e ambiental) qualitativa através de dados obtidos nas comunidades pesquisadas, em conjunto com dados secundários sobre as características ambientais da região. Nessa proposta de análise, o foco é dado aos fatores que são importantes para a comunidade, aplicando o conhecimento de seus membros para caracterizar condições pertinentes, sensibilidades, estratégias adaptativas e processos de tomada de decisão (SMIT e WANDEL, 2006, p. 285).

3.4 Geoprocessamento

O Geoprocessamento é um ramo da área do conhecimento denominada oficialmente de Geomática. Ele engloba o total conjunto de técnicas (ou tecnologias) ligadas à informação espacial, quer seja no tocante a coleta, tratamento e análise desses dados. Algumas dessas técnicas, também chamadas de Geotecnologias são: Topografia; Fotogrametria; Cartografia; Sensoriamento Remoto; Posicionamento por Satélite; Geoestatística; Banco de Dados Geográficos; WebMapping e SIG (MEDEIROS, 2012).

O significado do termo Geoprocessamento definitivamente não é uma unanimidade entre os profissionais e cientistas que se utilizam dessas técnicas nas suas pesquisas e análises. Dependendo do autor, o termo pode significar um conjunto de tecnologias voltadas à aquisição, ao arquivamento, à recuperação, ao processamento, à integração e à representação de dados e informações geográficas; ou seja, com referência de localização espacial na superfície terrestre (BURROUGH, 1987; CÂMARA et al., 2001; ROSA, 2005).

Nesse sentido o termo Geoprocessamento abarcaria as técnicas de aquisição de dados e informações espaciais por Sistema de Navegação Global por Satélites (Global Navigation Satellite System – GNSS) e Sensoriamento Remoto, bem como as técnicas de processamento destas informações por meio de programas (aplicativos computacionais) de Processamento Digital de Imagens (PDI) e Sistemas de informações Geográficas (SIG) (CÂMARA et al., 2001; ROSA, 2005).

Em função da diversidade de designações do termo convém explicitar que nesta pesquisa foi adotado o termo Geoprocessamento como o correspondente a um conjunto de tecnologias voltadas à aquisição, ao tratamento, à manipulação e à representação de informações espaciais (georreferenciadas) para um objetivo específico; e que tem nos SIG a sua principal, mas não única, tecnologia. Dessa maneira as técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens, bem como as técnicas de Sistemas Posicionamento Global estão inclusas nesta última definição, pois se tratam de técnicas voltadas à aquisição ou coleta de dados georreferenciados, acerca de fenômenos e objetos presentes e atuantes na superfície terrestre (ROSA, 2005). Sendo que cada uma dessas tecnologias apresenta características que as singularizam e que permitem que sejam agrupadas de acordo com as suas funções, a saber: as tecnologias que possibilitam a aquisição de dados (Sensoriamento Remoto e GNSS), as que permitem o processamento dos dados (PDI e SIG) e a que permite a organização, o gerenciamento e a apresentação dos dados (SIG).

3.4.1 Sistemas Globais de Navegação por Satélites (GNSS)

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite são tecnologias concebidas para possibilitar o posicionamento (localização georreferenciada) de qualquer ponto ou objeto na superfície terrestre (RAFFO, 2011).

O primeiro sistema GNSS a entrar em operação consistiu no projeto GPS (Global Position System), originalmente denominado de NAVSTAR (Navigation System with Timing and Tanging), que emergiu nos Estados Unidos da América (EUA) em meados da década de 1970, a partir de outros sistemas similares de navegação por rádio que vinham sendo utilizados já desde a década de 1940.

Mais recentemente, desde o ano 2011, o NAVSTAR Global Positioning System (GPS) deixou de ser o único sistema GNSS operacional, quando o projeto russo GLONASS, que vinha sendo desenvolvido ainda na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), desde a década de 1970, finalmente atingiu uma completa cobertura global de operacionalização em 2011. Atualmente a China também vem investindo no seu próprio sistema de navegação, chamado de

Beidou/Compass, bem como a União Europeia, através do projeto chamado de Galileo, vem também desenvolvendo os seus próprios sistemas GNSS. No entanto, ambos ainda se encontram em fase de testes e só têm previsão para estarem totalmente em operação no ano 2020.

Dessa maneira, o termo Global Navigation Satellite Systems (GNSS) refere-se ao conjunto de sistemas utilizados para localização, navegação e aquisição de medidas precisas de qualquer local da superfície terrestre, a partir de receptores de dados enviados por satélites.

3.4.2 Sensoriamento Remoto

Segundo Jensen (2009), Sensoriamento Remoto é a arte e a ciência de obtenção de informações sobre objetos e fenômenos que se manifestam na superfície terrestre sem estar em contato físico direto com eles. Essa definição foi concebida a partir da proposta publicada em 1983 pela Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing). O autor afirma que a principal finalidade do Sensoriamento Remoto é a extração de dados e informações acerca da constituição da superfície terrestre. Nesse sentido, o termo se enquadraria mais adequadamente como um conjunto de técnicas orientadas à obtenção de dados e informações.

A evolução na utilização do Sensoriamento Remoto ocorreu anos após ao avanço nas observações à Terra numa proporção global e periódica, assim como a agilidade no acompanhamento das ocorrências e modificações nos traços terrestres, segundo Meneses (2012). O uso do geoprocessamento para definir as fragilidades ou potencialidade proporciona uma avaliação integrada da paisagem, numa concepção ambiental relacionadas aos componentes físicos da paisagem, conforme Nunes e Leite (2017).

Nesse sentido, diversos autores brasileiros também formularam suas próprias definições na tentativa de melhor caracterizarem o termo Sensoriamento Remoto. Entre os quais, pode ser citada a definição proposta por Florenzano (2002), que o define como a tecnologia voltada para a obtenção de imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície.

De maneira semelhante, Luchiari et al. (2005), salientam que o Sensoriamento Remoto consiste no conjunto de técnicas que se utilizam de dispositivos idealizados para captar a energia eletromagnética proveniente de objetos e feições da superfície terrestre para transformá-la em imagens, ou outros produtos interpretáveis pelo homem, com a finalidade de se obterem dados e informações sobre determinada área e os fenômenos que nela ocorrem.

Segundo Jensen (2009), o surgimento do Sensoriamento Remoto está diretamente vinculado à invenção das câmeras fotográficas que consistem nos primeiros sensores ópticos utilizados no sensoriamento remoto. As primeiras câmeras fotográficas surgiram durante a primeira metade do século XIX quando foram criados os filmes fotográficos compostos por emulsões fotossensíveis. Durante este período (primeira metade do século XIX), foram realizadas diversas experiências pioneiras para a tomada de fotografias aéreas com câmeras acopladas a pipas e balões ou sobre edifícios, torres e outras estruturas altas. De acordo ainda com o autor, tais fotografias eram utilizadas para a elaboração de croquis de bairros e cidades, servindo também para usos militares, no reconhecimento de territórios inimigos e no planejamento da movimentação de tropas.

Essas experiências pioneiras apresentavam grande utilidade na época, mas não eram realizadas de maneira controlada e sistematizada o suficiente para que fosse possível a obtenção de informações e medidas precisas da superfície terrestre (JENSEN, 2009).

Dessa maneira, Andrade (1997) destaca que o maior controle sobre o processo de tomada de fotografias aéreas só começou a ser realizado após o início do século XX, com o advento do avião para a tomada das fotografias aéreas verticais, simultaneamente à evolução da qualidade dos instrumentos de captação (lentes, filmes, filtros etc.), e a invenção dos aparelhos estereoscópios, que permitem a visualização tridimensional de pares adjacentes de fotografias aéreas em sua área de sobreposição. Dessa maneira, os avanços técnicos vivenciados durante aquele período levaram a criação dos conceitos de aerotriangulação, restituição e retificação de fotografias aéreas, o que possibilitou a produção de mapas topográficos e planialtimétricos, em níveis de precisão compatíveis com os exigidos por esses tipos de levantamentos. Ainda hoje as técnicas de fotogrametria consistem em uma das principais técnicas para a geração de mapas de bases planialtimétricas, cartas topográficas e ortofotos.

Uma maneira de classificação dos tipos de sensores remotos orbitais é determinada pela fonte de energia na qual eles operam, podendo ser subdivididos em Sensores Orbitais Ativos e Sensores Orbitais Passivos.

Sensores Orbitais Ativos são sensores independentes, que possuem uma fonte de energia ou radiação própria para a obtenção de imagens e que não necessitam da presença da radiação solar e nem da radiação geotérmica para o seu funcionamento, o que consiste em uma vantagem em relação aos sensores passivos por não dependerem do período do dia e nem de boas condições atmosféricas para a captação de imagens. Entre os sensores ativos que possuem maior relevância e aplicação nas pesquisas ambientais, podem ser citados os sensores que operam na frequência das micro-ondas de rádio do tipo radar (Radio Detection and Ranging) e que geram como produtos os Modelos Digitais de Elevação (MDE), que podem ser entendidos como imagens digitais (matrizes regulares) que contêm dados altimétricos da superfície terrestre (FELICÍSIMO, 1994).

A aquisição de tais dados altimétricos (MDE) nos sensores ativos é realizada a partir do cálculo da amplitude e do tempo de retorno dos sinais que são emitidos por estes sensores na direção da superfície terrestre. O sensor mais amplamente utilizado com essas características em SIG é o SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da NASA, que fornece gratuitamente MDE para todo o globo terrestre em níveis de precisão compatíveis com as escalas entre 1:100.000 e 1:250.000 (MARTINS, 2010).

Além dos sensores do tipo radar, também vêm se destacando o uso dos sensores ativos do tipo Laser Scanner, também conhecidos como LIDAR (Light Detection And Ranging), que vêm sendo cada vez mais utilizados para a geração de Modelos Digitais de Elevação.

Os sensores LIDAR não são orbitais, são aerotransportados e o seu mecanismo de funcionamento é semelhante aos do tipo radar; porém, nesses sensores, os sinais são constituídos por feixes de LASER (Ligth Amplification by StimulatiED Emission of Radiance) e possuem uma densidade de observações (pontos de medição) muito superior aos sensores orbitais do tipo radar, o que possibilita a obtenção de dados altimétricos compatíveis com grandes escalas, chegando até a escalas superiores a 1:5.000 (SANTOS, 2006), o que varia de acordo com a altura de voo dos aviões utilizados para o transporte desses sensores.

Contudo, também merece ser destacada a possibilidade de obtenção de MDE a partir de pares estereoscópicos de imagens obtidas por sensores orbitais passivos, entre os quais podem ser citados: o ASTER/GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model), compatível com escalas médias entre 1:100.000 e 1:250.000; o SPOT-5/HRS, o IKONOS-2 e o QuickBird, capazes de obterem MDE com maior grau de detalhamento e precisão (TOUTIN; GRAY, 2000).

Os sensores orbitais passivos podem ser caracterizados essencialmente como dispositivos eletrônicos, sensíveis à radiação eletromagnética emitida ou refletida da superfície terrestre, e que possuem a capacidade de converter a quantidade da radiação recebida, em determinados intervalos de frequência do espectro eletromagnético, em sinais digitais que são associados a níveis de cinza na imagem (LUCHIARI; KAWAKUBO; MORATO, 2005).

De acordo com Campbell (1996) as imagens orbitais consistem em arquivos digitais organizados na forma de matrizes regulares com “n” linhas e “m” colunas, compostas por pixels (ou células) quadráticas que possuem valores associáveis a níveis de cinza. As principais características que diferenciam os sensores orbitais passivos entre si são as suas respectivas resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais.

A resolução espacial de imagens provenientes de sensores orbitais consiste na medida linear da superfície real que corresponde a qualquer um dos lados do quadrado referente a um único pixel da imagem, o que pode ser apresentado através de qualquer unidade de medida espacial (metros, centímetros, pés, polegadas etc.). A resolução espectral refere-se à quantidade e a amplitude dos

intervalos de frequência do espectro eletromagnético na qual o sensor tem a capacidade de operar, ou seja: produzir imagens. A resolução Radiométrica corresponde à amplitude de valores de níveis de cinza das imagens que representam a intensidade da radiação eletromagnética captada pelo sensor em cada pixel, o que é medido em bits. A resolução Temporal refere-se ao intervalo de tempo necessário para o sensor adquirir duas imagens diferentes em uma mesma área de recobrimento, geralmente dado em dias ou horas (CAMPBELL, 1996).

As primeiras experiências para a tomada sistemática de imagens orbitais através de sensores acoplados a satélites artificiais são da década de 1960, com o lançamento do satélite Tiros-1 e o início do programa ERTS (Earth Resources Technology Satellites); Programa este que posteriormente foi renomeado para Landsat e que resultou, durante as décadas de 1970, de 1980 e de 1990, no lançamento de uma série de sete satélites artificiais que transportavam sensores projetados para a aquisição de imagens multiespectrais com média resolução espacial (LUCHIARI; KAWAKUBO; MORATO, 2005). O último satélite da série é o Landsat 8 que foi lançado no ano de 2013 e tem as suas imagens disponibilizadas pela USGS (United States Geological Survey).

Segundo Luchiari et al. (2005), o grande sucesso do programa Landsat despertou, nas décadas de 1970 e 1980, o interesse de diversos outros países, principalmente por intermédio da atuação dos seus respectivos centros e institutos de pesquisas, o que resultou em uma série de satélites Spot, inaugurado em 1986, produto de um programa Franco-Belga-Sueco; bem como nos satélites CBERS, produtos do programa SinoBrasileiro; e dos satélites Spin do Departamento de Defesa Russo em operação desde 1998. Cada um destes programas, principalmente os programas Spot e Spin, representaram grandes avanços tecnológicos para a obtenção de imagens orbitais, devido principalmente ao aumento da resolução espacial proporcionada pelos seus respectivos sensores.

Segundo Crosta (1992), existem dois conjuntos de técnicas orientadas para a extração de elementos da paisagem a partir da análise de imagens, são elas: interpretação visual de imagens (também conhecida como fotointerpretação), e os procedimentos de classificação automatizados ou semiautomatizados, por meio do processamento digital de imagens.

Ross (1992), afirma que a pesquisa geográfica aplicada, assim como as análises ambientais dos diversos tipos, demandam o uso rotineiro das tecnologias da informação, tais como as imagens de Sensoriamento Remoto, os Sistemas Globais de Navegação por Satélites, e os Sistemas de Informações Geográficas; e que estes permitem a geração e o tratamento de dados geoespaciais de maneira rápida e eficiente, pois servem como fonte de dados que subsidiam a elaboração de diagnósticos.

3.4.3 Processamento Digital de Imagens

Segundo Jensen (1986), o Processamento Digital de Imagens (PDI) pode ser entendido como um conjunto de procedimentos voltados à manipulação e análise de imagens de sensores remotos (fotografias aéreas e imagens orbitais) através do uso do computador.

Crosta (1992) salienta que a função primordial do processamento digital de imagens é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para a posterior interpretação.

Da mesma maneira que Meneses e Almeida (2012), afirmam que o objetivo do PDI é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

Nesse sentido Gonzalez e Woods (2000), explicam que as técnicas de processamento digital de imagens envolvem um conjunto de procedimentos e operações que são expressos de forma algorítmica em meios computacionais. Assim, afirmam que a evolução da tecnologia da informação, bem como o desenvolvimento de novos algoritmos para lidar com sinais digitais bidimensionais, está permitindo um constante aumento da gama de aplicações dessas técnicas.

De acordo com Novo (1988), o conjunto de operações que envolvem o Processamento Digital de Imagens consiste em diversas etapas que podem ser divididas em ao menos três fases distintas e complementares: pré-processamento, processamento e classificação.

As etapas, ou rotinas de pré-processamento, designam-se à retificação (correção geométrica) e restauração (correção radiométrica) das imagens, que consistem em operações realizadas para minimizar a ocorrência de possíveis distorções e degradações presentes nos dados originais das imagens.

A correção geométrica de imagens é necessária devido à ocorrência de determinadas distorções de posição e tamanho das células (pixels) que compõem as imagens. Tais distorções podem ser geradas durante processo de aquisição das imagens por possíveis defeitos existentes no próprio sensor.

Outro procedimento relacionado à etapa de pré-processamento consiste na correção radiométrica, necessária devido à possibilidade de ocorrência de erros ou ruídos na imagem, os quais podem ser gerados pelo próprio sensor, como os erros de detecção ou de transmissão dos dados, ou por condições atmosféricas adversas, como a presença de nuvens.

Para a execução da correção radiométrica voltada para minimizar o efeito da presença de nuvens e nevoeiros, podem ser utilizados o método de mínimo histograma, que subtrai os valores

digitais mais baixos de uma determinada banda ou imagem dos valores digitais dos outros pixels que a compõem, e o método da regressão de bandas, que subtrai dos pixels de duas bandas correlacionadas o valor digital correspondente ao ponto de encontro (maior que zero) entre as retas de melhor ajuste das bandas, com base na análise de seus histogramas (GONZALEZ; WOODS, 2000).

Posterior às etapas de pré-processamento das imagens digitais, as etapas de processamento consistem essencialmente em rotinas de realce de padrões da imagem para facilitar a identificação de alvos (objetos de interesse de classificação) para a sua posterior classificação. De acordo com Luchiari et al. (2011), nesse conjunto de rotinas incluem-se aquelas destinadas à manipulação de contraste e a aplicação de filtros para o realce ou atenuação de certas feições, a fim de possibilitar o seu delineamento com maior precisão. Os mesmos autores ainda salientam que tais procedimentos também permitem gerar composições coloridas a partir da associação de bandas a cores primárias, o que também pode facilitar o reconhecimento de feições para a interpretação visual ou a classificação digital de imagens. Pode-se dizer, portanto, que as principais rotinas de realce consistem na ampliação do contraste, geração de composições coloridas e filtragem digital.

Já a utilização de composições coloridas é fundamentada no fato de que o olho humano é capaz de discriminar mais facilmente cores do que tons de cinza. Dessa maneira, selecionam-se três bandas e associa-se cada qual a uma das três cores primárias (azul, verde e vermelho), obtendo-se, assim, uma composição colorida dessas bandas de acordo com as suas respectivas reflectâncias. A principal limitação desse procedimento é a possibilidade da visualização simultânea de somente três bandas (NOVO, 1988).

A última etapa da fase de processamento, anterior à classificação, consiste na segmentação da imagem. Gonzalez e Woods (2000) definem a segmentação de imagens como sendo o particionamento do espaço de atributos de uma imagem em regiões homogêneas, onde os pixels, que possuem características similares de comportamento espectral são entendidos como pertencentes a uma mesma classe. Para tanto, os programas (*softwares*) designados ao Processamento Digital de Imagens oferecem um conjunto de diferentes algoritmos de segmentação que podem ser aplicados pelo operador ou analista de acordo com os objetos de interesse de reconhecimento. Dessa maneira, o único controle que o analista exerce sobre o processo de segmentação, é na escolha do algoritmo e na determinação do número de classes a serem agrupadas. Segundo Moreira (2001) a segmentação é adotada antes da fase de classificação com o objetivo de particionar a imagem em regiões homogêneas buscando solucionar problemas de subjetividade do analista em classificações supervisionadas.

A terceira e mais importante etapa do Processamento Digital de Imagens consiste nas rotinas de classificação digital de imagens, pois a classificação pode ser entendida como a finalidade ou o

objetivo principal das etapas anteriores, visto que elas servem principalmente para o fornecimento de subsídios ao reconhecimento e à extração das características e feições nelas representadas.

A classificação digital de imagens pode ser entendida como o processo de se atribuir a cada unidade da imagem, pixel ou região previamente segmentada, um atributo qualitativo de classe ou categoria em um dado conjunto de possibilidades de classes que descrevem uma determinada característica ou objeto do mundo real (LILLESAND; KIEFER, 1987); como, por exemplo: a identificação de classes de uso urbano da terra ou de classes de vegetação em diferentes estágios sucessionais, entre outros.

Também consistem em procedimentos de Processamento Digital de Imagens que merecem ser destacados devido sua ampla gama de aplicações em diferentes tipos de análises ambientais, as operações entre bandas (intervalos de frequência do espectro eletromagnético), principalmente entre as bandas correspondentes ao infravermelho próximo e ao vermelho, para a obtenção de índices de vegetação capazes de caracterizar classes de formações vegetais por critérios quantitativos (densidade de biomassa, por exemplo) e qualitativos (tipos de fitofisionomias, por exemplo).

Dessa maneira Huete (1988) destaca que o estabelecimento de relações entre as medições de sensoriamento remoto e os parâmetros da vegetação podem ser capturadas por meio dos índices de vegetação, os quais foram desenvolvidos de forma a possibilitar a avaliação das coberturas vegetais, quantitativa e qualitativamente, utilizando-se dos dados espectrais de imagens orbitais.

Atualmente existe à disposição, tanto no mercado quando gratuitamente na rede de internet, diversos programas (*softwares*) desenvolvidos com o intuito de serem capazes de realizar a maioria das operações de processamento digital sobre imagens digitais, entre os quais podem ser citados: Envi, Emapper, Erdas, Idrisi, Ilwis, PCI, Spring, Miramon, entre outros.

Apesar de serem encontradas algumas variações na estrutura e nos seus aplicativos e algoritmos disponíveis, pode-se dizer que todos esses aplicativos citados contêm, ao menos, o conjunto de rotinas e operações consideradas fundamentais no Processamento Digital de Imagens, ou seja: as rotinas de pré-processamento, processamento e de classificação de imagens.

3.4.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Os SIG (Sistemas Geográficos de Informações) são essencialmente sistemas derivados da Cartografia Digital, que incorporaram funções dos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) e funções mais específicas voltadas à integração, análise espacial e modelagem de dados georreferenciados; bem como, em alguns casos, funções orientadas ao Processamento Digital de Imagens.

Burrough e McDonnell (1998) definem os SIG como um conjunto de ferramentas orientadas para a coleta, o armazenamento, a recuperação, a transformação e a exibição de dados geoespaciais do mundo real para um conjunto de finalidades específicas. De maneira semelhante Marble (1990) detalha o conceito anterior definindo o SIG como sistema voltado ao armazenamento, análise, manipulação e apresentação de informações referenciadas espacialmente.

No âmbito nacional diversos cientistas e pesquisadores também voltaram sua atenção na busca de melhor definir o conceito que envolve as técnicas de SIG, entre os quais se destaca as proposições de Gilberto Câmara que define o SIG como “a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica” (CÂMARA et al., 2001, p. 1), enfatizando que as suas principais características são a de integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de diferentes fontes e em diferentes formatos, tais como: dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, dados de redes e Modelos Digitais de Terreno; possuindo ainda a capacidade de combinar estas informações através de algoritmos de manipulação para gerar outras informações derivadas, além das funções de consulta, recuperação, visualização e publicação do conteúdo da base de dados geocodificados, típicas da cartografia digital (CÂMARA, 1993).

Câmara (1995) explica que a arquitetura de um SIG é dividida em diferentes componentes que se relacionam de forma hierárquica, tais como: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados.

A interação entre usuário/SIG se dá através de uma interface gráfica, na qual o usuário determina as operações a serem executadas pelo sistema de acordo com os seus objetivos. A entrada e a integração dos dados são feitas a partir da conversão de dados externos para o formato no qual o sistema opera (CÂMARA et al. 2001).

De acordo com Burrough e McDonnell (1998), o SIG trabalha a partir da concepção de que o mundo real pode ser discriminado na forma de camadas (*layers*), ou planos de Informação, nas quais cada camada representa um aspecto da realidade. Como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18. Representações do mundo real em camadas.

Fonte: Burrough e McDonnell (1998).

Nesse sentido pode se dizer que os dados e informações espaciais, objetos de uso dos SIG, constituem-se em registros que representam a localização e a distribuição espacial de determinados aspectos da realidade. Sendo um dado espacial caracterizado por sua capacidade de localização no espaço tridimensional (x, y, z), em um determinado momento de registro (t), e por atributos não espaciais. Os atributos podem ser de natureza categórica (atributos temáticos), ou de natureza contínua (atributos numéricos). Elevação, temperatura e pluviosidade são exemplos de atributos com propriedades numéricas. Classes de compartimentos geomorfológicos, tipos de rocha, categorias de vegetação e de uso da terra, são exemplos de atributos categóricos.

No que se refere à entrada de dados nos SIG, Aronoff (1989) relata que existem dois tipos de representação digital: o formato vetorial e o formato matricial (*raster*). O formato vetorial geralmente é resultado da digitalização georreferenciada (vetorização) de objetos, fenômenos ou feições que possuem abrangência espacial na superfície terrestre, de modo que os elementos possam ser representados na forma de linhas, pontos ou polígonos. A posição espacial de cada elemento representado é organizada de acordo com um sistema de coordenadas de referência no qual cada ponto, ou vértice, do objeto representado possui uma coordenada de localização específica na superfície terrestre em um determinado momento. Dessa maneira, um único ponto é representado por apenas uma combinação de coordenadas (x, y, z, t), enquanto os polígonos são representados

por conjuntos de combinações dessas coordenadas, conhecidos por nós ou vértices, nunca inferiores a quatro, sendo que a última combinação de coordenadas deve obrigatoriamente coincidir com a primeira; já as linhas são compostas por um conjunto de combinações de coordenadas (x, y, z, t), nunca inferior a 2 (dois), que são interligadas através de arcos (ARONOFF, 1989). Os arquivos vetoriais são armazenados nos mais diversos formatos: Shapefile, DWG, DXF, DGN, coverage, VPF, entre outros.

De maneira diferente o formato matricial é representado por uma matriz regular composta de “n” linhas e “n” colunas assim como as imagens digitais, construindo célula a célula os elementos a serem representados. Nesse caso os valores atribuídos a cada célula denotam o tipo de elemento ou a condição na qual ele está representado no local (CÂMARA et al. 2001). Os arquivos matriciais são armazenados nos mais diversos formatos, porém os mais utilizados são: Tiff, GeoTiff, Jpeg, BMP, IMG, GRIB, GRID, MrSid, entre outros. Todos esses formatos são armazenados em estrutura binária; no entanto, é possível utilizar um editor de textos simples e produzir um arquivo em formato ASCII GRID, compatível com alguns softwares de SIG.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Obtenção dos Dados

- Cartas topográficas: Carta Planialtimétrica folha Juazeirinho (SB. 24-Z-D-II) editadas pelo MINTER/SUDENE - escala de 1:100.000.

- Produtos de Sensores Orbitais:

Foram usadas as imagens referentes aos anos de 1990 e 2015, obtidas a partir do satélite TM/Landsat - 5, com data de passagem 14/03/1990, e OLI/Landsat - 8, com data de passagem 06/05/2015, referentes a órbita 215 e ponto 65.

- Suporte Computacional:

Foram utilizados recursos de hardware e software: SPRING 5.2.7, EXCEL e WORD 2010.

- Material de campo
 - GPS map 62s GARMIN;
 - Máquina fotográfica Sony 7.0 mega pixels
 - Questionários

4.2 Metodologia

Pesquisa de campo

Baseou-se em um reconhecimento geral da área, feito através de um roteiro pré estabelecido, onde foram descritos os fatores ambientais (relevo, vegetação natural, erosão, declividade, uso atual das terras, aspectos sociais e econômicos). Os Principais objetivos foram:

- Identificação dos aspectos referente a recursos hídricos, rede de drenagem existentes na área de estudo;
- Identificação das unidades de mapeamento, visando a determinação dos diferentes tipos de usos;
- Avaliação das condições social e econômica da população rural, e dos aspectos físicos ambientais e sociais que caracterizam o processo de desertificação, como a identificação de domicílios abandonados na zona rural, fruto da imigração forçada;
- Os aspectos do meio ambiente definindo os tipos de erosão e os diferentes níveis de degradação;
- Aplicação dos questionários para o diagnóstico social, econômica, ambiental, e avaliação tempos de estiagem.

4.2.1 Aquisição dos Produtos Sensores Orbitais

As imagens utilizadas neste trabalho foram adquiridas a partir do Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis de forma gratuita no site da instituição. O critério de seleção das imagens baseou-se principalmente na quantidade e distribuição de nuvens da área de estudo. As características das imagens de satélite TM/Landsat 5 e OLI/Landsat 8 selecionadas podem ser observadas nas tabelas 6 e 7.

Tabela 5. Dados das imagens LANDSAT 5 utilizadas na análise da degradação ambiental no município de Taperoá - Paraíba.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
	(B1) Azul	0.45 – 0.52 μm				

TM (Thematic Mapper)	(B2) Verde	0.50 – 0.60 μm	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B3) Vermelho	0.63 – 0.69 μm				
	(B4) Infravermelho próximo	0.76 – 0.90 μm				
	(B5) Infravermelho Médio	1.55 – 1.75 μm	120 m			
	Infravermelho Termal	10.4 – 12.5 μm				
	Infravermelho médio	2.08 – 2.35 μm	30 m			

Fonte: INPE. Acesso 03/11/2017.

Tabela 6. Dados das imagens LANDSAT 8 utilizadas na análise da degradação ambiental no município de Taperoá - Paraíba.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) Azul Costeiro	0.43 – 0.45 μm	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) Azul	0.45 – 0.51 μm				
	(B3) Verde	0.53 – 0.59 μm				
	(B4) Vermelho	0.64 – 0.67 μm				
	(B5) Infravermelho Próximo	0.85 – 0.88 μm				
	(B6) Infravermelho Médio	1.57 – 1.65 μm				
	(B7) Infravermelho Médio	2.11 – 2.29 μm				
	(B8) Pancromática	0.50 – 0.68 μm	15 m			
	(B9) Cirrus	1.36 – 1.38 μm	30 m			

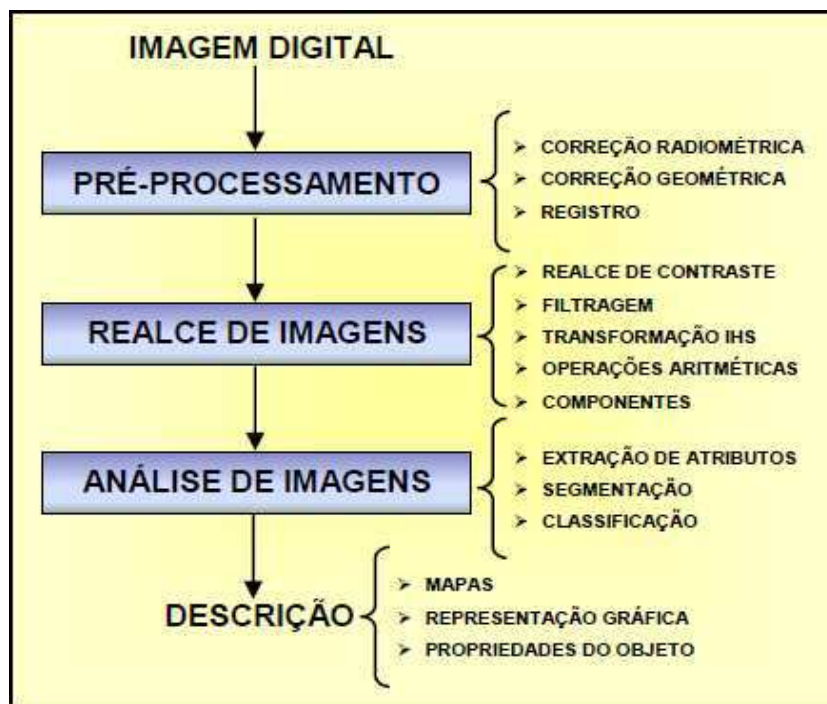
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) Infravermelho Thermal	10.6 – 11.19 μm	100 m			
	(B11) Infravermelho Thermal	11.5 – 12.51 μm	100 m			

Fonte : INPE . Acesso 03/11/2017

4.3 Métodos

4.3.1 Processamento digital de imagens

As técnicas de processamento digital de imagens foram divididas em 3 etapas, conforme a Figura 19.



Fonte: Santos et al. (2010).

Figura 19. Etapas de processamento digital de imagens de satélites.

Pré – Processamento de imagens: é o conjunto de processamentos por onde passa as imagens, visando minimizar, ao máximo, suas distorções. Estas distorções podem ser classificadas em radiométricas e geométricas. As distorções radiométricas alteram os níveis de cinza de cada

elemento da imagem. Já as distorções geométricas alteram a distribuição espacial dos elementos de imagem, afetando escala, afinidade, orientação, entre outras.

Realce de imagens: está técnica tem por objetivo modificar, através de funções matemáticas os níveis de cinza ou os outros valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais, melhorando a sua qualidade visual e facilitando a análise posterior pelo fotointérprete.

Análise de imagens: está relacionada com a extração de informação de imagens. Inclui a segmentação e classificação de imagens. A segmentação tem por objetivo fragmentar uma região em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels, textura e contraste. Já a classificação de imagens visa a categorização da cobertura da terra, distinguindo as composições de diferentes materiais superficiais, sendo uma segmentação específica usando técnicas de reconhecimento de padrões.

4.3.2.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - IVDN

O processamento da imagem será realizado considerando-se as bandas nas faixas do vermelho e infravermelho próximo. Admite-se que as bandas dessas faixas são mais afetadas pela absorção da clorofila na folhagem de vegetação verde. O IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) foi calculado a partir das bandas, empregando a Equação 1 descrita por Rouse et al. (1973).

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Em que: *IVP* é o Valor da reflectância na faixa do Infravermelho próximo; *V* é o valor da reflectância na faixa do Vermelho do Visível.

Os valores do IVDN oscilam de -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de +1, maior a densidade da cobertura vegetal (Costa et al., 2007). A água possui reflectância na banda 3 maior que na banda 4, portanto, apresenta valores negativos, próximos a -1. O solo desnudo, ou com vegetação rala e esparsa, apresenta valores positivos, mas não próximos à +1.

Segundo Neto et al. (2009), as operações aritméticas – razão entre bandas – IVDN (Índices de Vegetação Normalizada), foram criados para diminuir o trabalho de análise de dados orbitais, por

meio de uma maximização de informações espectrais da vegetação no menor número de bandas de operação dos sensores. Essas operações ressaltam o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo, o que permite reduzir a dimensão das informações multiespectrais obtidas, mesmo fornecendo um número altamente correlacionado de parâmetros agrônômicos.

4.3.2.2 Composição Multiespectral Ajustada (CMA)

Esta operação corresponde a uma transformação (RGB) em que a fonte de luz vermelha (R) estará posicionada a banda 3, na fonte verde (G) a imagem IVDN vindo desta operação ($C = \text{Ganho} \cdot (A - B) / (A + B) + \text{Offset}$) e na fonte azul (B) a banda 1; e esta combinação é denominada de (CMA), como resultado as áreas de alto valor aparecerão em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixa aparecerão em vermelho ou azul, indicando a presença de solo exposto.

4.3.2.3 Segmentação

Constitui um processo de análise de pixels de forma isolada. Esta abordagem apresenta a limitação da análise pontual ser baseada unicamente em atributos espectrais. Para superar essas limitações, propõe-se o uso de segmentação de imagem, anterior à fase de classificação, onde são extraídos os objetos relevantes para a aplicação desejada (CÂMARA et al., 1996). Neste processo, divide a imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se por regiões um conjunto de "pixels" contínuos, que se espalham bidirecionalmente e apresentam uniformidade.

4.3.2.4 Classificação de padrões

A classificação consiste no estabelecimento de um processo de decisão no qual um grupo de pixels foi definido como pertencente a uma determinada classe. A classificação de padrões foi dividida pelas fases de segmentação (extração de regiões), classificação e mapeamento (MOREIRA, 2004). Para realizar a classificação utilizou-se o classificador Bhattacharyya, que utiliza amostras do treinamento para estimar a função densidade de probabilidade para estas classes apontadas; ao final, todas as regiões foram associadas a uma classe definida pelo algoritmo, associando o tema a classe temática, às classes temáticas definidas no banco de dados.

4.3.2.5 Editoração dos mapas temáticos

Os mapas finais das classes de vegetação e dos níveis de degradação das terras serão criados no módulo SCARTA do software usado, SPRING.

4.4 Diagnóstico das vulnerabilidades baseado em fatores social, econômico, tecnológico e ambiental

A metodologia utilizada no diagnóstico social, econômico, tecnológico e ambiental foi adaptado por pesquisas de Merídia, na Venezuela e Rocha, no Rio Grande do Sul (1997). Por trabalhos de Araújo (2002), Silva (2002), Moraes Neto (2003), Alencar (2004) e outros pesquisadores que utilizaram pesquisas no semiárido paraibano.

O estudo consistiu de um levantamento das famílias rurais, a partir do qual foram definidas suas vulnerabilidades. Para a aplicação dos questionários, foi realizado reuniões com os agentes de saúde (Figura 20), o qual teve por base um treinamento, com o objetivo de capacitá-los para o desempenho da atividade de campo, onde cada agente trabalhou voluntariamente com a finalidade de ajudar na pesquisa e conhecer um pouco mais da realidade da zona rural da cidade. Durante o treinamento foi entregue um número de questionários para cada agente aplicar na sua área de atuação (Anexo 1).

A colaboração dos agentes (Anexo 3) deve-se ao fato de os mesmos terem uma maior facilidade de contato com as famílias rurais, e portanto de maior confiabilidade com os mesmos em responder os questionários. Na Figura 20, observa-se a participação dos agentes de saúde em treinamento, onde cada agente respondeu um questionário para apresentarem as dúvidas existentes. O Município de Taperoá dispõe de 1.391 famílias residentes na zona rural. Estas famílias estão distribuídas de forma heterogênea ao longo da extensão territorial do município. Para efeito de trabalho, tomou-se a distribuição espacial dessas famílias a partir de um mapa pré-estabelecido pela Secretaria Municipal de Saúde, que agrupa um número x de famílias por Agente Comunitário de Saúde.



Figura 20. Agentes de saúde da zona rural do município de Taperoá – PB em treinamento.

Fonte: Autor, 2016.

O treinamento para aplicação do questionário (Anexo 1) se deu da seguinte forma:

- Apresentação da equipe de trabalho e seus objetivos. Aspectos geo-econômicos e ambientais da região do semiárido. O desastre seca – causas e efeitos. O evento ENSO - causas e riscos a desastre;
- Estudo do questionário e dos seus fatores: social, econômico, tecnológico, vulnerabilidades às secas e migração. Aplicação no município de Taperoá, discussão das dúvidas e apresentação de soluções.

Na confecção do questionário foram considerados os seguintes fatores:

- Fator vulnerabilidade social: demografia, habitação, consumo de alimentos, participação em organizações e salubridade rural;
- Fator vulnerabilidade econômica: produção vegetal, produção de animais de trabalho, verticalização, comercialização, crédito e rendimento;
- Fator vulnerabilidade tecnológica: tecnologia e máquinas;
- Fator vulnerabilidade ambiental ou à seca: recursos hídricos, produção, manejo de caatinga, exploração de espécies nativas, armazenamento, redução do rebanho, previsão de chuvas, educação e administração rural.

Os valores encontrados podem variar de zero (vulnerabilidade nula) até 100% (vulnerabilidade máxima) e são classificados, de acordo com Barbosa (1997), em quatro

classes (Tabela8).

Tabela 7. Classes de Vulnerabilidades.

Baixa	Moderado	Alta	Muito alta
0-15	16-30	31-45	>45

Fonte: Barbosa, (1997).

Através da seguinte equação 2:

$$V = ax + b \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

V= vulnerabilidade variando de zero (nula) até 100 (máxima);

a e b = constantes para cada fator;

x = valor significativo encontrado.

O valor maior do código representa a maior deterioração e o valor menor, com baixa deterioração. Os diagnósticos permitirão avaliar e identificar algumas características importantes da população da zona rural.

A cada variável foi atribuído um valor de 1 a 5, 1 a 6, etc., de acordo com a subdivisão da variável em atenção à sua importância. Os valores significativos encontrados (codificação significativa de maior frequência) foram analisados entre os valores mínimos e máximos de codificação. A tabulação teve por finalidade agrupar os códigos e repetir aqueles de maior frequência (maior ocorrência) - a “moda”. A proposta inicial foi a aplicação de 160 questionários (11% do total das famílias da zona rural do município), dez questionários para cada agente aplicar em cada família da zona rural, no entanto foram aplicados 120 questionários por diversas dificuldades encontradas.

4.5 Análise da Degradação das Terras e da Cobertura Vegetal

A degradação ambiental foi analisada a partir dos resultados encontrados nos mapas dos níveis da degradação das terras e das classes de cobertura vegetal, classificados como: muito baixo, baixo, moderado baixo, moderado, moderado grave e grave; e as classes de vegetação como: densa, semi-densa, semi-densa a rala, rala e solo exposto. Estes foram determinados no banco de dado como planos de informações (PIs), sendo essa estrutura relacionados aos programas de informações geográficos. A Tabela 8 representa conteúdo convencionado na fixação aos níveis de degradação seguindo esses parâmetros como indicadores, com características físicas distintas segundo BARBOSA et al. (2005).

Tabela 8. Parâmetros de degradação de indicadores ambientais.

Indicadores	Características	Níveis de degradação
Vegetação	Rala, porte predominante arbustivo com poucos exemplares arbóreos.	
Uso da Terra	Áreas de vegetação nativa intercaladas com áreas de cultura e pastagem. Pecuária extensiva e semi-extensiva.	
Erosão	Acentuada. Em áreas de relevo plano a suave ondulado predomina erosão laminar. Em relevo mais declivoso podem aparecer sulcos em alguns pontos ravinas e voçorocas.	Grave
Detritos orgânicos na superfície	Poucos, nas áreas de vegetação nativa	
Densidade populacional	Média a média alta. Migração.	
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva, agricultura de sequeira e pequena irrigação.	Moderado Grave; Moderado; Moderado Baixo
Erosão	Moderada, laminar, com ou sem a presença de sulcos incipientes.	
Detritos orgânicos na superfície	Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade média, porte	

Indicadores	Características	Níveis de degradação
	predominante arbustivo com exemplares arbóreos	
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva, agricultura de sequeira e pequena irrigação.	Moderado
Erosão	Moderada, laminar, com ou sem a presença de sulcos.	
Detritos orgânicos na superfície	Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade alta, porte arbóreo e arbustivo.	
Uso da Terra	Vegetação nativa, culturas agrícolas; pastos; pecuária extensiva em pequena escala. Manejo florestal.	Baixa
Erosão	Baixa. Laminar. Ausência de sulcos.	
Detritos orgânicos na superfície	Quantidade de média a alta.	
Densidade populacional	Baixa à média.	
Vegetação	Densidade alta a muito alta, porte predominantemente arbóreo e arbustivo.	
Uso da Terra	Vegetação nativa	
Erosão	Ausente	Muito Baixa
Detritos orgânicos na superfície	Quantidades expressivas; presença de gramíneas e herbáceas.	
Densidade populacional	Muito baixa ou nula.	

Fonte: Barbosa et al. (2005)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a plotagem dos dados, foram realizadas análises para comparar as imagens, no que se referem a Composição Multiespectral Ajustada (CMA) para a mesmas datas do IVDN, 14/03/1990 e 06/05/2015, onde foi permitido observar o comportamento dos alvos, vegetação e solo, com pontos elevados de degradação pela retirada de sua vegetação (Figuras 21 e 22).

No ano de 1990, nota-se toda a rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica que abrange o município de Taperoá, com área de vegetação e de solo exposto significativo para aquela região. Nas proximidades do açude constata-se ausência de vegetação para a conservação do corpo hídrico, ocasionando a degradação, assoreamento, entre outros impactos (Figura 21). É perceptível a diminuição da cobertura vegetal no ano de 2015, comparado com o ano de 1990, bem como o total de diminuição do volume do açude (Figura 22).

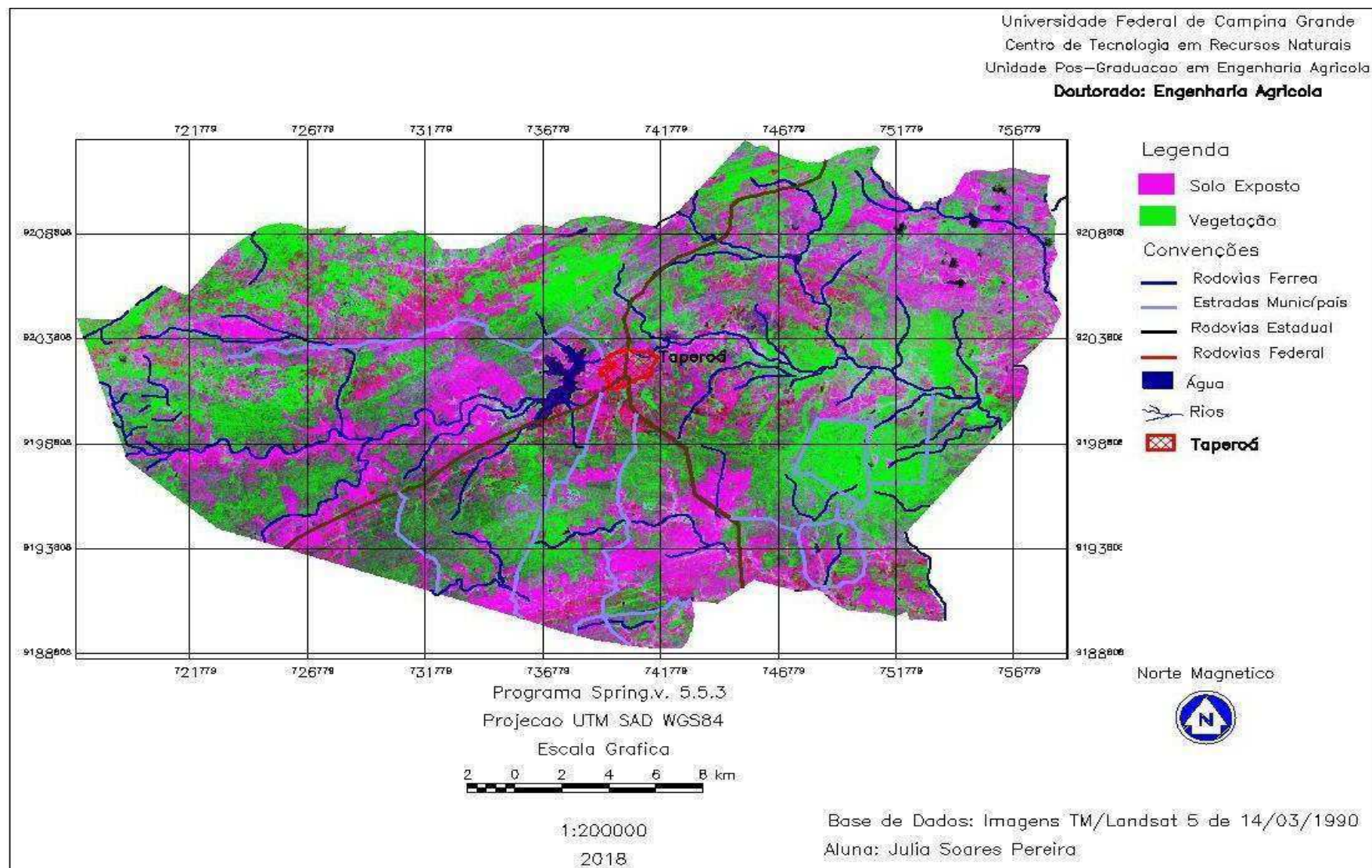


Figura 21. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) do município de Taperoá/PB/Brasil em 14/03/1990.

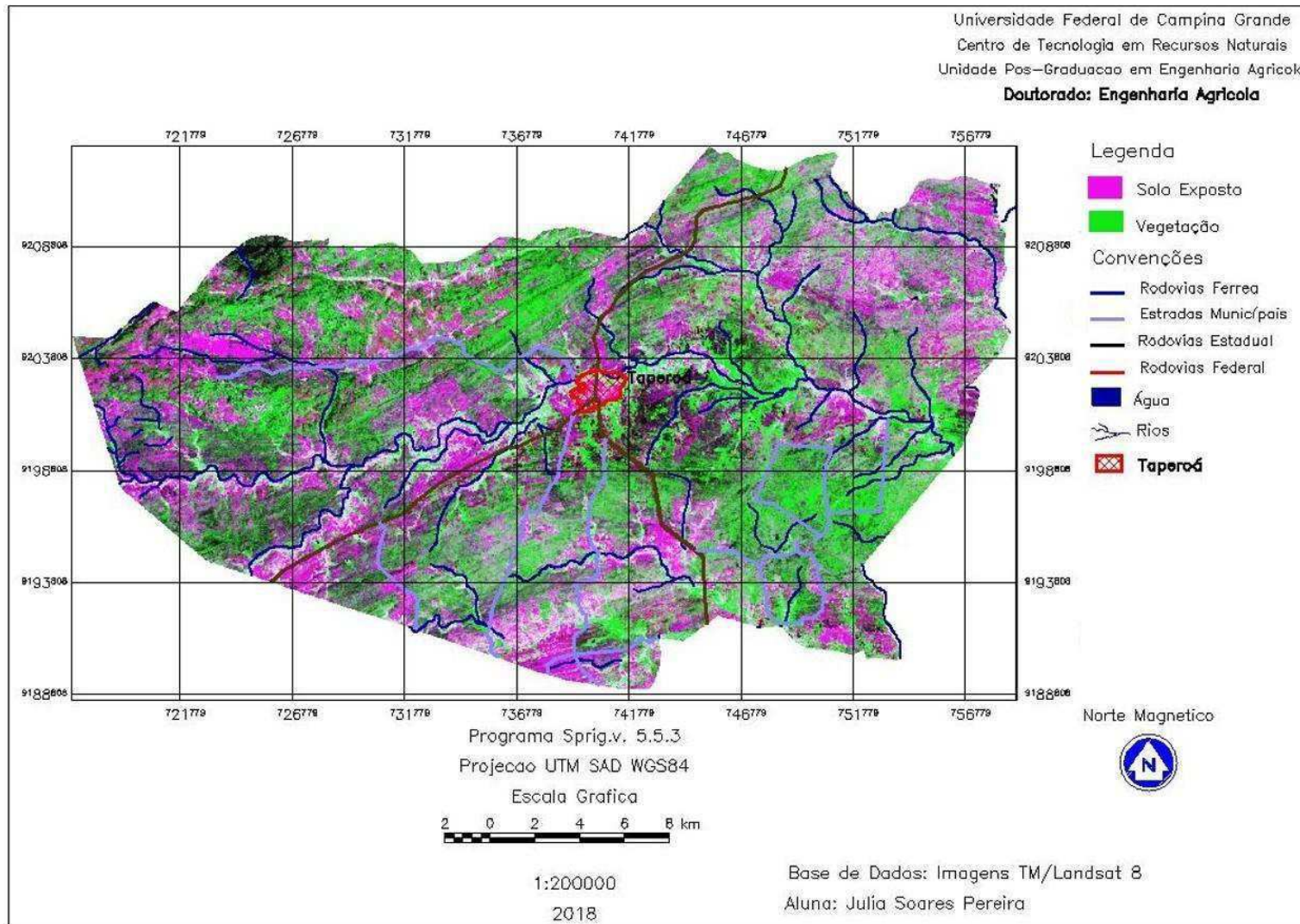


Figura 22. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) do município de Taperoá/PB/Brasil em 06/05/2015.

As Composições Multiespectrais Ajustadas são eficientes e práticas para o estudo e acompanhamento espaço-temporal da ação antrópica, neste caso específico da dinâmica envolvendo o desmatamento e a recomposição da vegetação nativa, bem como dos espelhos d'água nos mais representativos mananciais hídricos da região de estudo.

Em visitas a campo no ano de 2016, foram observadas as mesmas características das imagens de satélite analisadas e geradas no processamento digital das imagens. Áreas com relevo suave ondulado a ondulado; solo exposto com alta pedregosidade; vegetação arbustiva rala; exemplares com presença de cactácea, macambira, jurema e pereiro; presença de algaroba; degradação ambiental muito grave; erosão laminar, com presença de ravinas, sulcos e voçorocas; exploração bovina e caprina (Figura 23). Na Figura 24, observa-se áreas com perfil de abandono e regeneração natural.



Figura 23. Área que apresenta degradação ambiental muito grave, com presença de erosão e voçorocas no município de Taperoá/PB/Brasil.

Fonte: Pereira, 2016.

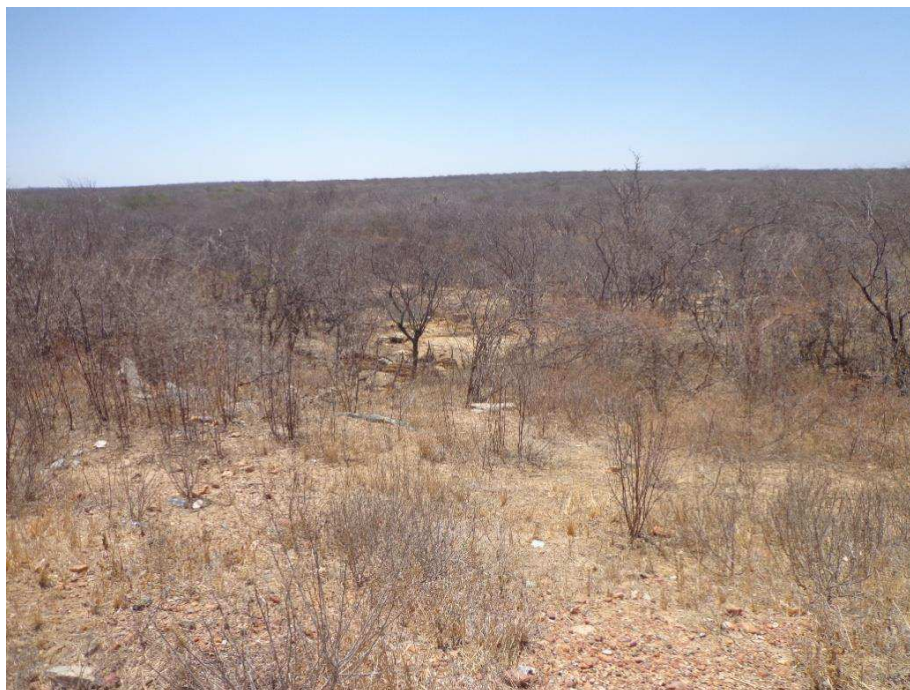


Figura 24. Área que apresenta regeneração da vegetação no município de Taperoá/PB/Brasil

Fonte: Pereira, 2016.

De acordo com IBGE (2018) em 2006 áreas com pastagens do semiárido degradadas foram cerca de 13% do total de pastagens, outras partes estavam com indícios de erosão, salinização e desertificação. A utilização inadequada da área influencia diretamente na degradação ambiental, com perdas de área para cultivo, solo e nutrientes. O avanço do processo de degradação da Caatinga tem diversas fontes, segundo Thomaz e Costa et al. (2009) os principais fatores que contribuem para a degradação desse bioma são: as práticas agrícolas inadequadas, o desmatamento, a infertilidade e a compactação do solo, os processos erosivos e a salinização de algumas áreas.

Campos et al. (2015) consideram a Caatinga um bioma sensível e identificaram que as degradações do Estado do Ceará são ocasionadas por uso de equipamentos agrícolas, produtos químicos, manejo inadequado, assim como uso excessivo agrícola e pecuária. Estes autores analisando a degradação de 1996 a 2006 concluíram que houve aumento na degradação, principalmente no Ceará. As causas antrópicas como desmatamento da caatinga para transformar em lenha e carvão são mais frequentes, segundo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2011). Pesquisas referentes a utilização incorreta dos recursos naturais na Caatinga, segundo Freire e Pacheco (2017) na região de Xingó, Brasil, são fundamentais, tendo em vista a importância socioeconômica e ambiental do bioma para a região semiárida.

Para auxiliar na detecção e acompanhamento de perdas de vegetação a análise espectral torna-se fundamental para observação ambiental com análises espaço-temporal significativas em relação a acontecimentos naturais ou antrópicas, contribuindo no âmbito científico na área ambiental. Francisco et al. (2012) evidenciam o uso da análise espectral para verificar e identificar a densidade da vegetação. Alguns pesquisadores, Nascimento e Araújo (2014) e Lopes et al., (2014), têm utilizado o sensoriamento remoto como base de suas pesquisas no semiárido. Ponzoni et al. (2012) relatam que alterações no meio ambiente pode ser detectado por meio de tecnologias e técnicas como o sensoriamento remoto.

5.1 Classes de Vegetação

A obtenção de informações sobre classes de vegetação é um importante instrumento de gestão e tomada de decisão. O conhecimento das classes de cobertura vegetal permite sugerir com antecipação obras de proteção que possam reduzir os impactos negativos a que estão submetidos estes ambientes, tal como medidas emergenciais e ações corretivas para o enfrentamento dessa situação (Farias, 2013).

A análise de cobertura vegetal de uma região através de imagens de satélites, de acordo com Ballén et al. (2016) podem gerar uma base para identificar as condições de uso do solo, como um parâmetro de qualidade ambiental, com dados fundamentais para estabelecer tipos de degradação, recuperação, agricultura, entre outros aspectos. A identificação de áreas com solo exposto, cobertura vegetal, área desmatada, possibilita a classificação e analisar os usos do solo e verificar os pontos graves para planejamento de recuperação ambiental (LIMA et al., 2013).

Em relação a classe de cobertura vegetal, em 1990 e 2015, observa-se na tabela 10 que a cobertura vegetal pode ser classificada como densa, semidensa, semidensa rala, rala, rala + solo exposto e solo exposto. A vegetação rala e solo exposto são identificados em alguns locais com áreas expressivas e preocupantes.

Tabela 9. Quantificação de classes de cobertura vegetal nos anos de 1990 e 2015 no município de Taperoá/PB/Brasil.

Cobertura Vegetal	1990		2015	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Densa	8,29	1,25	15,63	2,36
Semidensa	13,88	2,09	22,73	3,43

Semidensa rala	140,83	21,25	80,1	12,1
Rala	159,31	24,03	221,20	33,37
Rala + solo exposto	228,53	34,48	245,35	37,01
Solo exposto	107,54	16,23	78,25	11,8
Água (Corpos d'água)	4,35	0,66	0,0	0,0
Total	662,86	100	662,86	100

Ao comparar os anos de 1990 e 2015 (Figuras 25 e 26), observa-se que a vegetação densa teve um aumento de 7,34 km² de cobertura vegetal e a semidensa de 8,85 km², já a vegetação rala obteve um aumento significativo de 61,89 km², no intervalo estudado de 25 anos. A vegetação semidensa rala teve uma diminuição de 60,73 km², a classe solo exposto houve redução significativa de 29,3 km². O que pode ser justificado com o aumento da vegetação densa pela redução do desmatamento para uso da madeira, área de agricultura e pecuária, ocasionando também aumento da vegetação rala. A prática da agricultura de plantas forrageiras justificam a redução do solo exposto, bem como as precipitações em curto espaço de tempo na época da imagem coletada.

Nascimento et al. (2015) analisando um intervalo de 15 anos em área da caatinga, constataram que houve mudanças no ambiente analisado, com acréscimos na caatinga do tipo Arbustiva Aberta e Semiaberta, elevação dos solos expostos e atenuação caatinga do tipo Arbustivo- arbórea, relacionando as áreas de solo exposto e vegetação rala a questão de aumento na exploração dos recursos naturais com a pecuária. Silva e Almeida (2015) obtiveram resultados semelhantes ao estudarem imagens no intervalo de 1988 e 1995, com diminuição em área de vegetação densa e observaram que a vegetação nativa foi substituída por solo exposto.

Em visita in loco, Figura 29, foi constatado que em 2016 a área estudada têm desmatamento com extensões de manchas de solo exposto que se mostraram presentes em toda área, além da presente pecuária extensiva, como caprinos e bovinos, verificando que a vegetação rala+ solo exposto nesta imagem.

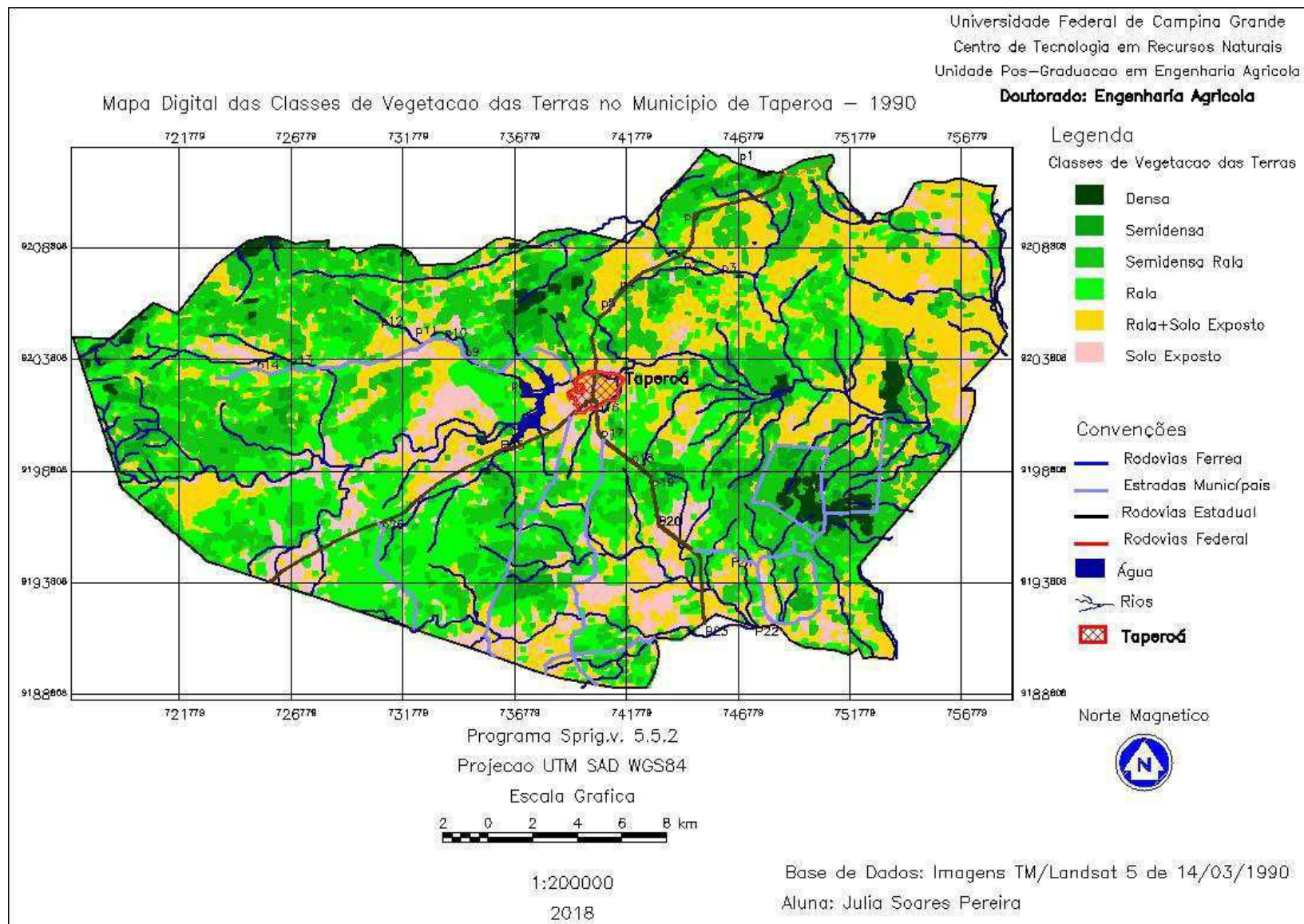


Figura 25. Classes de cobertura vegetal do município de Taperoá/PB/Brasil, ano 1990.

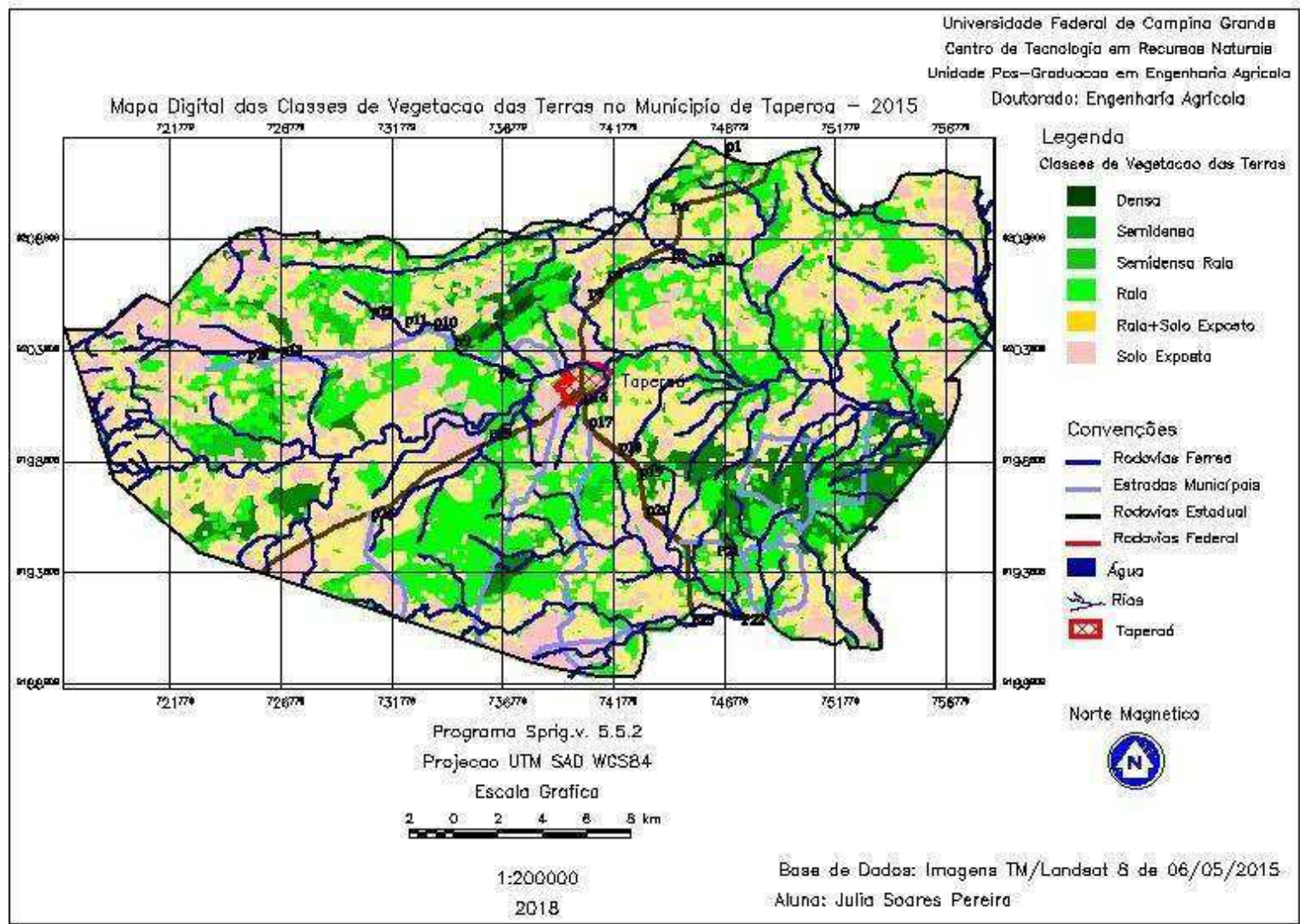


Figura 26. Classes de cobertura vegetal do município de Taperoá/PB/Brasil, ano 2015.

Resultados divergentes foram obtidos por Gonçalves et al. (2015) analisando a degradação ambiental de um município paraibano de Soledade, onde verificaram que em 1996 no mapa de vegetação, foram identificados que a vegetação densa com 4,99% da área total e 2,48% a classe solo exposto. Observa-se que esta área analisada por estes autores possuem maior área coberta por vegetação, quando comparado com os dados obtidos nesta pesquisa.

Corroborando com esta pesquisa, Nascimento et al. (2014) analisando a degradação da Caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba, destacam que em 1989 foi detectado alguns pontos com solo exposto, e maior concentração de caatinga semi-aberta com 43,5%. Souza et al. (2011) analisando o município de São Domingos do Cariri-PB, descrevem que em 1989 havia aproximadamente 69% de área desertificada e em 2005 este índice teve elevação de 10% da área total em 16 anos.

Em vários pontos observados em campo foi possível detectar diversas áreas em abandono, colaborando para regeneração natural da área (Figura 27).

A vegetação da caatinga possui mecanismos de defesa para as épocas de secas, com perdas de folhas e tempos de hibernação até o retorno das chuvas, em que a vegetação reaparece e continua seu ciclo vegetativo as vezes em curto prazo.

Estes mecanismos de adaptação e defesa para continuidade vegetativa, é pesquisada para adaptar culturas rentáveis para o clima semiárido, atualmente existe o arroz de sequeiro que antes apenas era cultivado em áreas alagadas, observando assim a magnitude da relevância da vegetação para desenvolvimento de pesquisas e da manutenção dos ecossistemas. A diminuição da vegetação, inclui perda de espécies de flora da caatinga, espécies de animais que também são espécies endêmicas do semiárido. Como afirmam Silva e Almeida (2015) a perda de folhas em épocas de escassez hídrica interfere na resposta espectral do solo em áreas com cobertura vegetal.



Figura 27. Área do município de Taperoá/PB/Brasil. Apresenta abandono das terras, permitindo regeneração da vegetação.

Fonte: Pereira, 2016.

Na Figura 28, observou-se que a área está cercada para utilização da pecuária extensiva, com solo exposto e pedregoso, com indício de erosão laminar e em alguns locais erosão por sulcos, com perdas de solo, nutrientes, compactando o solo com a presença de animais, impactando fortemente o ambiente.



Figura 28. Área do município de Taperoá/PB/Brasil. Sistema de preparação do solo para pecuária extensiva.

Fonte: Pereira, 2016.

Os impactos ambientais ocasionados na caatinga, conforme Nascimento et al. (2015) são resultados da utilização inadequada dos recursos naturais da caatinga, com substituição de mata nativa por culturas sazonais, sem manejo adequado do solo, nem reposição correta dos nutrientes, com perda da vegetação e nenhuma iniciativa de recuperação da mata, com perdas de espécies que não há em nenhum outro bioma.

Freire e Pacheco (2017) constataram que analisando imagens de 1989 e 2003, houve elevação de solo exposto, redução de caatinga arbórea, arbustiva e elevação de áreas antropizadas. Relatam ainda que na análise da caatinga arbustiva pode ter ocorrido uma justaposição com os pastos e áreas de cultivo, pelas respostas espectrais serem similares.

5.2 Degradação das terras

Os resultados dos níveis de degradação das terras (Figuras 29 e 30) obtido com base em imagens TM/Landsat-5 para o ano de 1990 e OLI/Landsat-8 para o ano de 2015, processadas no SPRING 5.2.7 e complementado com trabalho de campo, apresentado na Tabela 10 evidenciam que a degradação na área de estudo ocorreu variações significativas, caracterizadas por seis níveis de degradação ambiental: muito baixo, baixo, moderado baixo, moderado, moderado grave e grave, além dos níveis foi observado o corpo d'água presente na imagem.

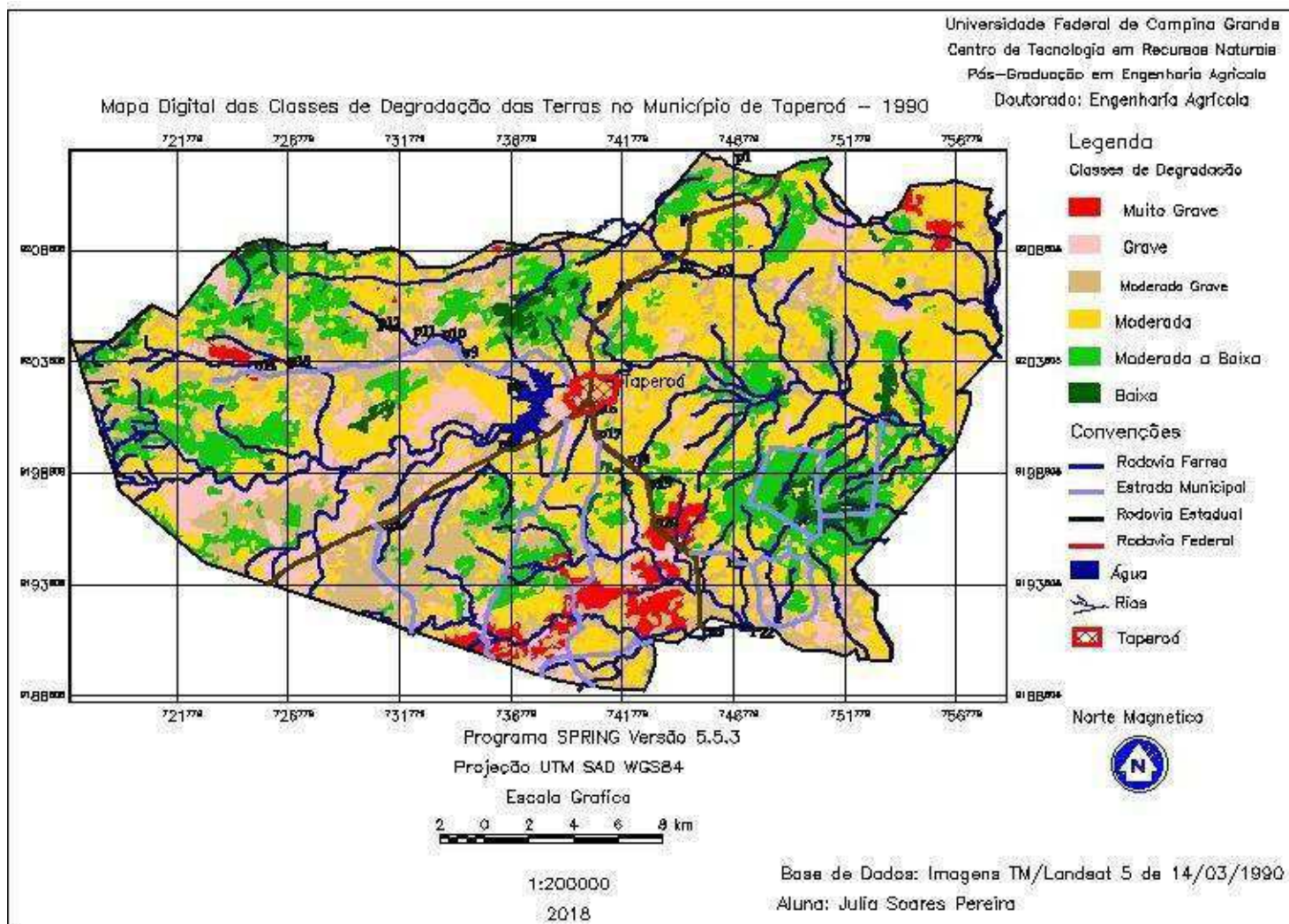


Figura 29. Classes de degradação das terras no município de Taperoá/PB/Brasil, ano 1990.

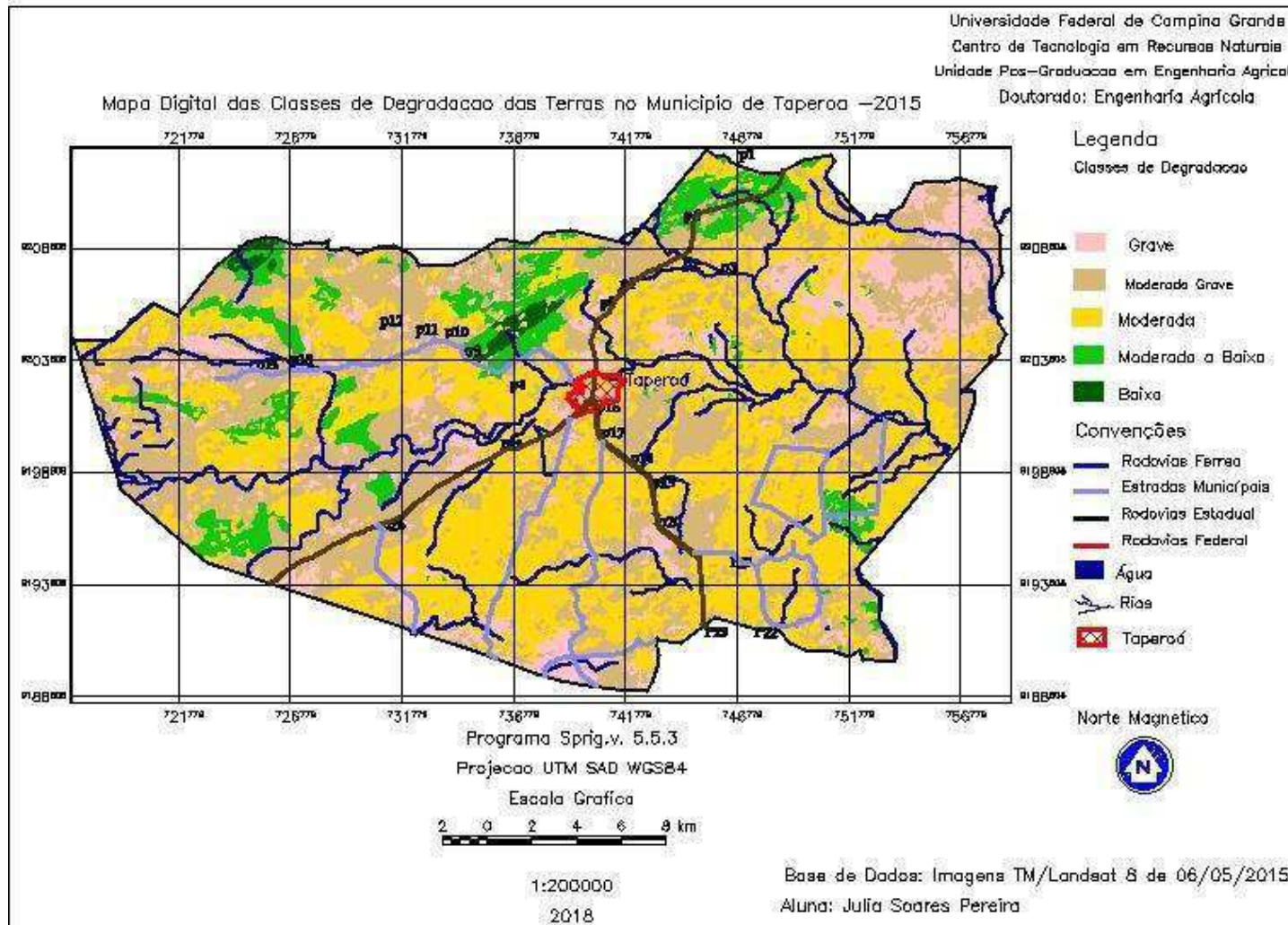


Figura 30. Classes de degradação das terras no município de Taperoá/PB/Brasil, ano 2015.

O comportamento dos níveis de degradação das terras, Tabela 11, teve variações significativas durante intervalo da pesquisa, e pode ser observado que os níveis de degradação baixa e moderado baixa tiveram reduções, o que apresenta uma redução nas áreas mais preservadas desta região. No entanto, o nível de degradação muito grave teve total redução e degradação moderada teve aumento significativo, este avanço no processo de degradação é consequência do desmatamento para diversos fins, o risco à degradação é evidente. Conforme o Ministério do Meio Ambiente, o melhor caminho para se evitar a desertificação é a prevenção, por meio do uso racional dos recursos naturais, não permitindo que situações extremas se tornem cada vez mais comuns dentro da paisagem diminuindo recursos importantes para sustentabilidade do homem no campo.

Tabela 10. Quantificação dos níveis de degradação das terras, no período de 1990 e 2015 no município de Taperoá/PB/Brasil.

Níveis de Degradação		1990		2015	
		Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Degradação Muito Grave		23,98	3,62	0,0	0
Degradação Grave		87,32	13,17	87,28	13,17
Degradação Moderada Grave		267,25	40,32	256,47	38,69
Degradação Moderada		156,11	23,55	272,35	41,09
Degradação Moderada Baixa		114,21	17,23	42,23	6,37
Degradação Baixa		10,54	1,59	4,15	0,63
Água (Corpos d'água)		3,45	0,52	0,40	0,06
Total		662,86	100	662,86	100

O nível de degradação muito grave teve seu valor reduzido no ano de 2015 à zero, diminuição significativa em relação a 1990, 23,98 km², correspondendo a 3,62% da área, mostrando que houve recuperação dessas áreas. Essa recuperação foi resultante do abandono das

atividades agropecuárias, pois as terras com esse nível são impróprias para a utilização na agropecuária, e com isso os produtores buscam outras áreas e deixam essas abandonadas, havendo assim, uma regeneração lenta (Figura 31).

Constata-se, na mesma tabela que os níveis de degradação grave permaneceu com o mesmo percentual (13,17%). Observa-se, ainda que o nível de degradação moderada grave ocupava em 1990, uma área total de 267,25 km² (40,32%) e que com o passar dos anos foi de 256,47 km² (38,62%). O nível moderada grave identificado encontra-se em pequena redução.



Figura 31. Área do município de Taperoá/PB/Brasil, com característica de redução em nível de degradação.

Fonte: Pereira, 2016.

Nas áreas identificadas, as principais espécies florestais encontradas foram algaroba (Figura 32), malva, xique-xique e mandacaru. Foi possível observar também bastante solo exposto, com aparecimento de sulcos/voçorocas e ausência de matéria orgânica no solo. Os desmatamentos, de forma geral, expõem o solo à maior incidência dos raios solares, inibindo a vida microbiana e propiciando a perda da matéria orgânica. Os desmatamentos causam também a desagregação das gotas de chuva, acelerando o processo de degradação das terras. A área tem

uma densidade populacional moderada, mas essa característica demográfica aumenta as possibilidades de modificação da bacia, e praticamente não existem pássaros, pequenos roedores e répteis.



Figura 32. Área do município de Taperoá/PB/Brasil, com presença de algaroba.

Fonte: Pereira, 2016.

Na degradação grave a vegetação é rala e/ou inexistente, com poucos exemplares de jurema preta, malva, xique-xique e mandacaru. Observou-se a presença de solo exposto, pedregosidade alta e afloramentos de rochas. Além dos problemas já citados com relação aos desmatamentos, ele é responsável também pela redução da infiltração de água no solo, diminuindo a quantidade de água para o abastecimento do lençol freático, que ocasiona o abaixamento do seu nível. Praticamente toda a vegetação nativa foi retirada, sendo a algaroba a única espécie vegetal, isso tem uma explicação, devido esta ser extremamente alelopática, o crescimento de outras espécies vegetais ao seu redor é inibida, prejudicando a alimentação dos animais domésticos nos períodos de entressafra. Além disso, o consumo excessivo do fruto dessa planta causa nos bovinos a doença conhecida como “cara-torta”, o que reduz a produtividade do rebanho. Na agricultura as espécies mais exploradas são feijão e milho, já na pecuária os mais explorados são bovinos, caprinos e ovinos.

Nas áreas de degradação moderada grave a vegetação é rala e/ou arbustiva, com alguns exemplares de jurema, algaroba, malva, pereiro, xique-xique e mandacaru. Observou-se, também, a presença de solo exposto, com grandes áreas em processo de erosão e pedregosidade alta. Muitos agricultores realizam queimadas para “limpar” os terrenos para o próximo ano, essa prática é realizada sem nenhuma orientação técnica e a maioria dos agricultores não sabe dos malefícios que essas queimadas trazem ao solo. A pecuária extensiva é realizada por grande parte dos agricultores e essa forma de criação compacta os solos e causa erosão. A densidade populacional é de média a alta, e é possível observar pássaros e pequenos roedores.

Houve um aumento da degradação moderada entre as datas analisadas. Nas terras com este nível de degradação, a agricultura é constituída basicamente por feijão e milho. As espécies florestais mais encontradas foram pereiro, malva, algaroba, jurema, juazeiro e marmeleiro. A quantidade de solo exposto é menor do que no nível moderada grave, a densidade populacional é média, e são encontradas aves como o galo de campina, caboclo e golado. Já na pecuária, a caprinovinocultura é a atividade mais realizada pelos agricultores.

Mesmo sabendo da importância socioeconômica da pecuária para a região, essa atividade também gera pressão sobre os recursos naturais. A criação de caprinos, principal atividade da região, pode levar a morte centenas de espécies vegetais, pois, por possuir um hábito alimentar aéreo, chega a roer até as cascas das árvores, destruindo os vasos liberianos, o que leva a interrupção do transporte de seiva bruta e elaborada, e a consequência disso é a morte da planta. Já os bovinos, de peso específico superior até ao de máquinas agrícolas, como de um trator, por exemplo, pode em pouco tempo de pastejo compactar uma determinada área, reduzindo o potencial produtivo da mesma.

Nas áreas com degradação moderada baixa, a densidade populacional observada foi baixa, a vegetação arbustiva é de porte baixo, representada basicamente por jurema, malva, algaroba, marmeleiro e por exemplares isolados de pereiro, aroeira, juazeiro, macambira, coroa de frade, xique-xique e mandacaru. Observou-se ainda ocupação agrícola com milho, feijão, batata-doce e muitas fruteiras: cajueiro, mangueira, goiabeira e coqueiro. Foram encontrados muitos pássaros e insetos.

O nível de degradação baixa ficou caracterizada pela pouca interferência humana. A densidade da vegetação é de média a alta. As espécies vegetais mais encontradas foram pereiro, catingueira, marmeleiro, jurema, algaroba, juazeiro, malva, alecrim, xique-xique, mandacaru,

coroa de frade e macambira. Os solos dispõem de muito detrito orgânico, o que reduz a erosão nos períodos de chuva. Atividades como agricultura e pecuária são menos frequentes, a quantidade de aves e répteis é grande.

Já a degradação muito baixa é caracterizada pela pequena densidade populacional. Este nível se encontra nas serras e a preservação se deve a dificuldade de acesso do homem a essas serras. A vegetação é densa, predominante de porte arbustivo, com alguns exemplares arbóreos. Nos topos das serras há grandes extensões de rocha expostas caracterizando áreas de afloramento, ocupadas por espécies típicas, como umbuzeiro, juazeiro, mufumbo, cumaru, jatobá, pereiro, quixabeira, aveloz, catingueira e jurema, além de muitas cactáceas e gramíneas. Foi observado uma grande quantidade de pássaros, roedores, répteis e animais de pequeno e médio porte, os solos são conservados e férteis, com muita matéria orgânica.

5.3 Vulnerabilidade Social

Com relação à vulnerabilidade social o valor encontrado foi de 36,4% (Figura 33), o que representa alta vulnerabilidade. Foram consideradas com relação a vulnerabilidade social alguns aspectos importantes: demográficos, habitação, consumos de alimentos, participação em organização e salubridade rural.

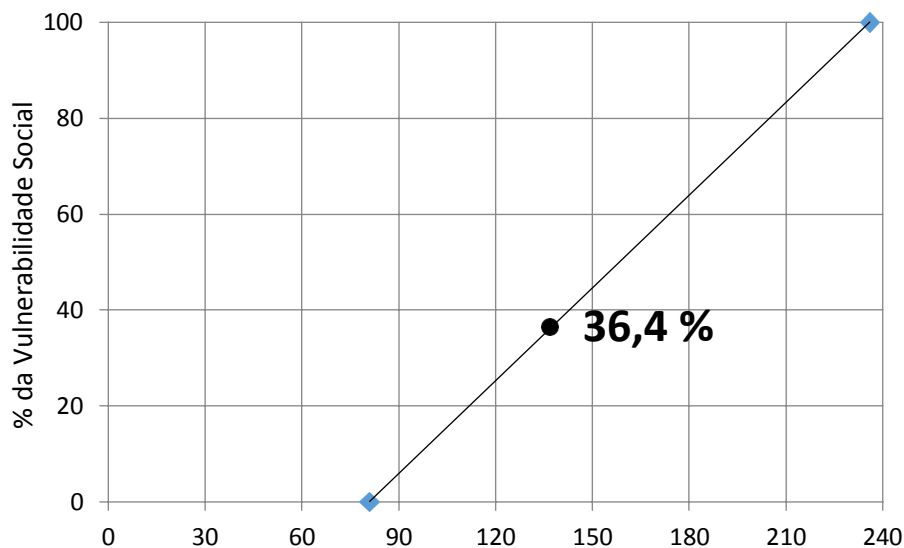


Figura 33. Vulnerabilidade Social dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Tominaga et al. (2009) afirmam que as pessoas mais vulneráveis são aquelas que habitam em ambientes físicos escasso ou em ambientes que terão as modificações climáticas mais grave. Dessa forma, O'brien et al. (2013) relatam que cada indivíduo ou grupo social se comporta de uma maneira a determinada situação, como por exemplo, as mudanças climáticas, indicando sua vulnerabilidade, e esta análise de vulnerabilidade está relacionada com os aspectos do meio físico.

5.3.1 A Variável Demográfica do Grau de Escolaridade

Os dados apresentados em termos de acesso à educação indicam que apesar dos avanços alcançados e dos esforços municipais na melhoria da qualidade do ensino, o IDH do município de Taperoá corresponde a 0,578, segundo a Confederação Nacional dos Municípios (CNM), considerado baixo. O Índice de Desenvolvimento Humano é uma medida comparativa de riqueza, alfabetização, educação, esperança de vida, natalidade e outros fatores para os diversos países do mundo. É uma maneira padronizada de avaliação e medida do bem-estar de uma população, especialmente bem-estar infantil. Os dados são preocupantes no tocante a população constituída por pessoas consideradas analfabetos e analfabetas funcionais,

principalmente na zona rural, o percentual de analfabetos na faixa etária de 7-14 anos é elevado, este número aumenta quando se avalia a faixa etária maior que 25 anos.

Partindo-se desta premissa, 15% representa o percentual da população analfabeta, 63,3% constitui àqueles que estudaram até a 4ª série, 9,2% até a 8ª série. Importante frisar que a pequena parcela da população com acesso ao ensino médio e superior corresponde um percentual ainda distante da realidade, em torno de 5% possui o ensino médio incompleto, 2,5% têm o ensino médio completo e apenas 0,8% da população possuem o ensino superior (Figura 34).

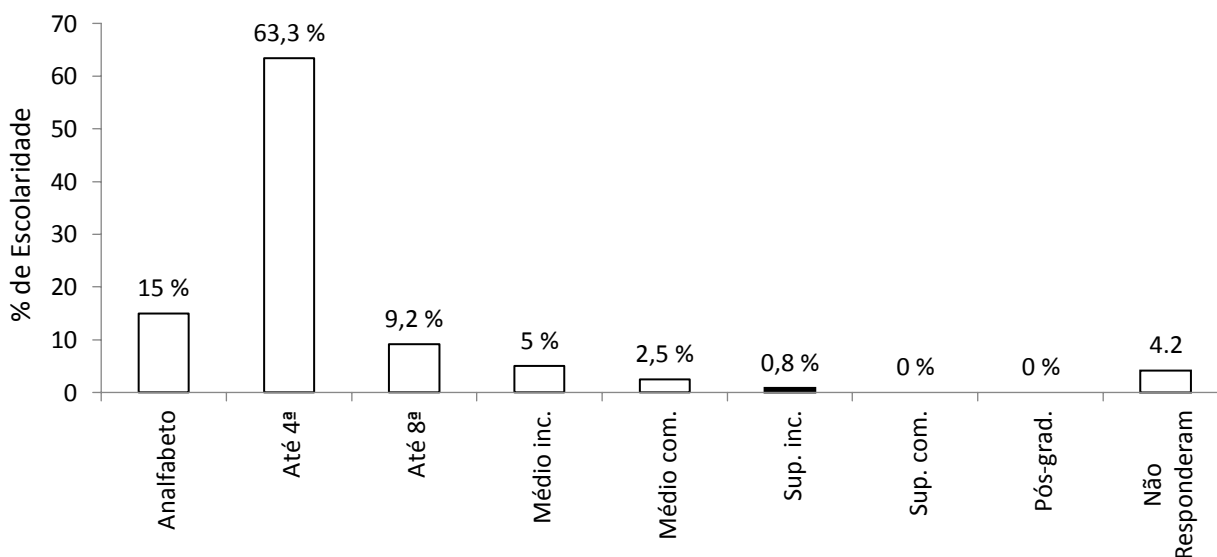


Figura 34. Grau de Escolaridade dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Uma análise das características da comunidade com relação ao tema educação percebe-se que esta população não possui conhecimentos necessários para tomada de decisão e gerenciamento dos recursos naturais locais. Existe a necessidade de uma abordagem mais intensificada, principalmente, ao nível do ensino fundamental, para que no futuro estas tenha consciência de uma visão na conservação do meio ambiente que se apresenta em risco de degradação, vivenciando a realidade local, e sensível as áreas mais vulneráveis a risco ambiental e suas sustentabilidades.

A escolaridade da população brasileira com idade de 15 a 17 anos, no ano de 2012 cerca de 84,2% estão matriculados na Educação Básica (BOLETIM JUVENTUDE INFORMA, 2014). No entanto, o fato de estar matriculado não significa estar alfabetizado, como é notório nos resultados desta pesquisa.

Marchelli (2019) relatam que os obstáculos no sistema educacional público sobre o ensino fundamental são responsáveis por grande parte dos jovens que terminaram o ensino fundamental com atraso e déficit de conteúdo, o que implica em discrepância e diferença significativa na competição intelectual, comparado aos alunos que fizeram o ensino fundamental com maior consistência, muitas vezes não continuam os estudos, o que reduz o nível de ensino.

5.3.2 As Variáveis do Tipo de Habitação e Local

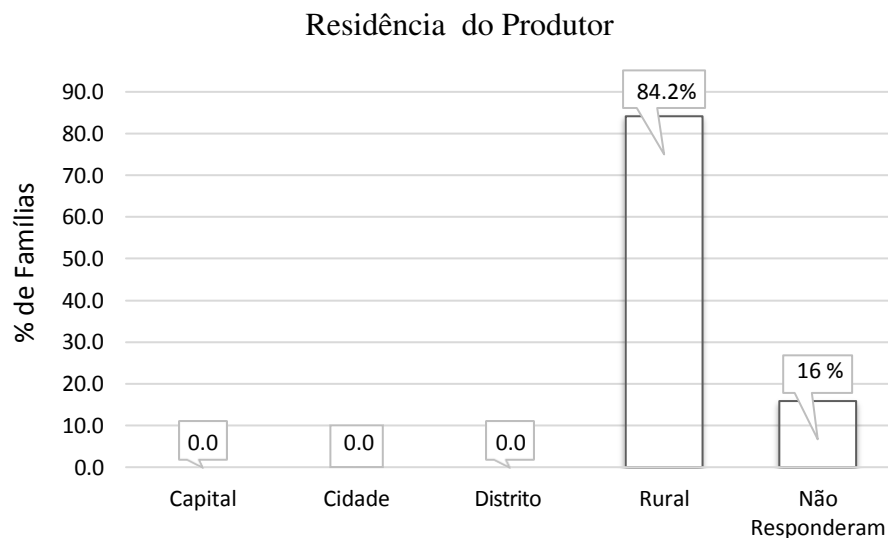


Figura 35. Local da residência dos habitantes da zona rural do município de Tapeeroá/PB/Brasil.

A estrutura social da comunidade com relação à habitação foi considerada de boa qualidade, evidenciando-se o padrão de moradia, tendo sua importância observada quanto à fixação dos produtores na zona rural, pois 84,2% têm moradia fixa na zona rural (Figura 35). Com relação ao tipo de moradia (Figura 36) as principais habitações encontradas em sua maioria são de alvenaria em bom estado de conservação 75,8% (b); de alvenaria em mau estado de conservação 5,0% (m) e menor percentual foi habitação do tipo taipa em mau estado, 2,5% (m).

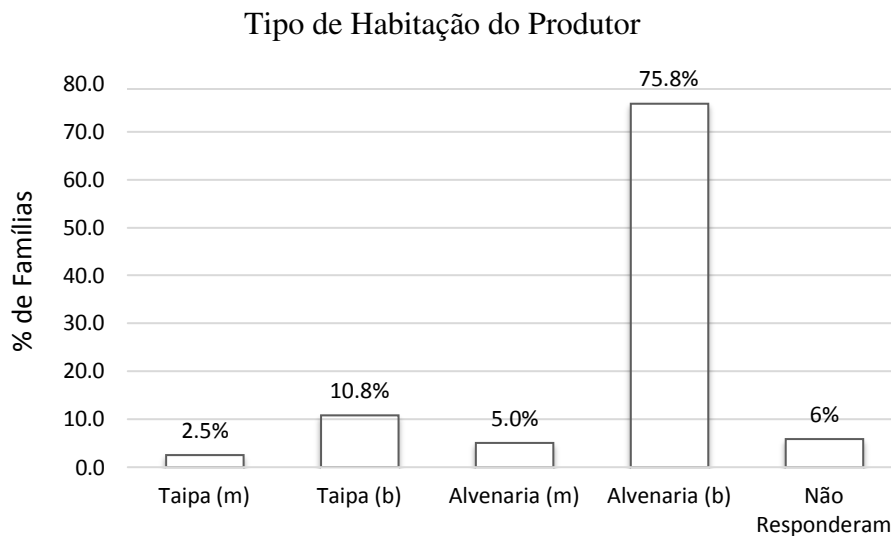


Figura 36. Tipo de habitação dos moradores da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Existem dois extremos, o agricultor com um maior poder aquisitivo e outro vivendo em condições precárias, com pouca infraestrutura.

O estado de conservação das moradias pode ser observado quanto: piso em cimento está presente em 68% das moradias, seguido de chão batido 17% e cerâmica com 9% (Figura 37). Quanto ao tipo de cobertura 83% das residências utiliza a telha cerâmica (Figura 38).

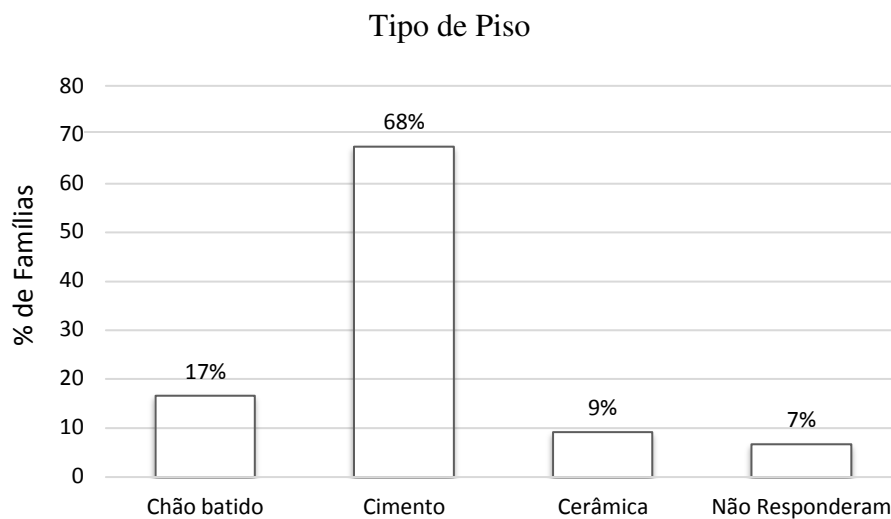


Figura 37. Tipos de Pisos das residências encontradas na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

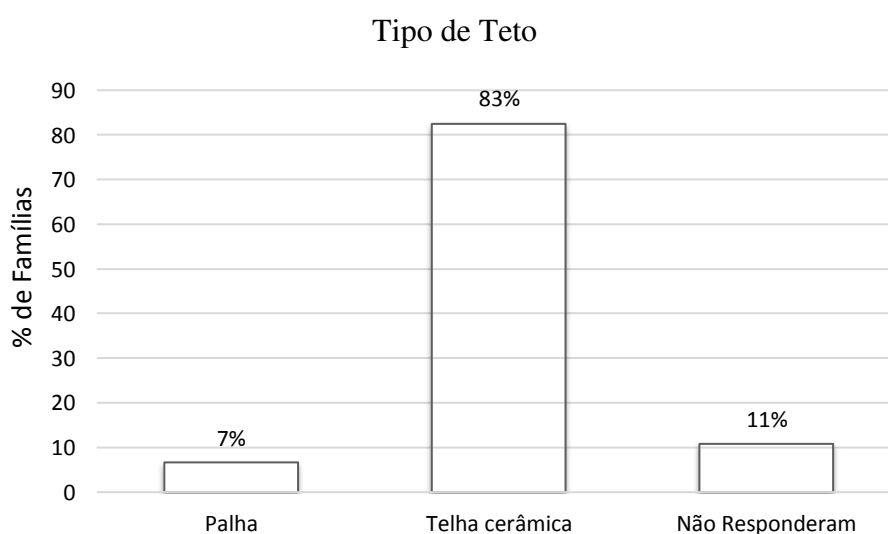


Figura 38. Tipos de tetos das residências encontradas na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Cabe ressaltar que existe uma grande disparidade quando é avaliado o tipo de habitação da população rural, uns em mau estado de conservação, com condições sanitárias precárias, e

outros com boa infraestrutura. Alves e Cavenaghi (2016) afirmam que o principal objetivo de uma política habitacional é elevar a qualidade das habitações, e o êxodo rural é um dos fatores que afeta o problema das sub habitações, diminuindo o nível habitacional. Contudo nota-se na região analisada que há um déficit habitacional, evidenciando o déficit nas políticas habitacionais.

Outro ponto importante é em relação ao uso de eletrodomésticos (Figura 39), 88,3% da população possui geladeira, 94,2% dispõe de televisão, considerado o veículo de comunicação de maior disseminação, 68,3% possuem DVD e 80,8% aparelho de rádio, quando se trata de acesso a jornais ou revistas informativas o acesso é praticamente inexistente.

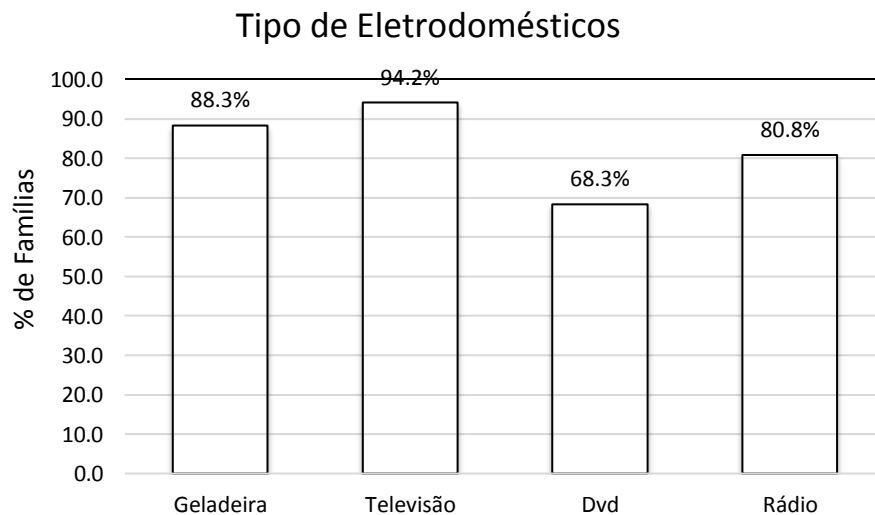


Figura 39. Tipos de eletrodomésticos utilizados pelos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

A população rural apresenta uma renda mais baixa que a zona urbana, porém também conseguiu adquirir bens de consumo duráveis. Isto se deve aos programas de transferência de renda por parte do governo federal, e os programas assistenciais como bolsa família, programa de erradicação do trabalho infantil, aposentadoria onde a facilidade de acesso ao crédito, entre outros, permitiram um crescimento do consumo entre a população rural.

5.3.3 Consumo energético utilizado para cozinhar e acesso à energia elétrica

Dentre as famílias pesquisadas, 10% utilizam gás para cozinhar os alimentos, 23,3% usam lenha e carvão, e 62,5% utilizam lenha/carvão/gás (Figura 40). O percentual de famílias que utilizam a lenha/carvão para cozinhar ainda é elevado, costume que foi utilizado por antepassados e ainda hoje vivenciado por pequenos agricultores, isto se deve ao baixo custo da extração da lenha e do elevado preço do gás de cozinha, entretanto, esta prática tem contribuído para o desmatamento, com perdas expressivas principalmente para a caatinga.

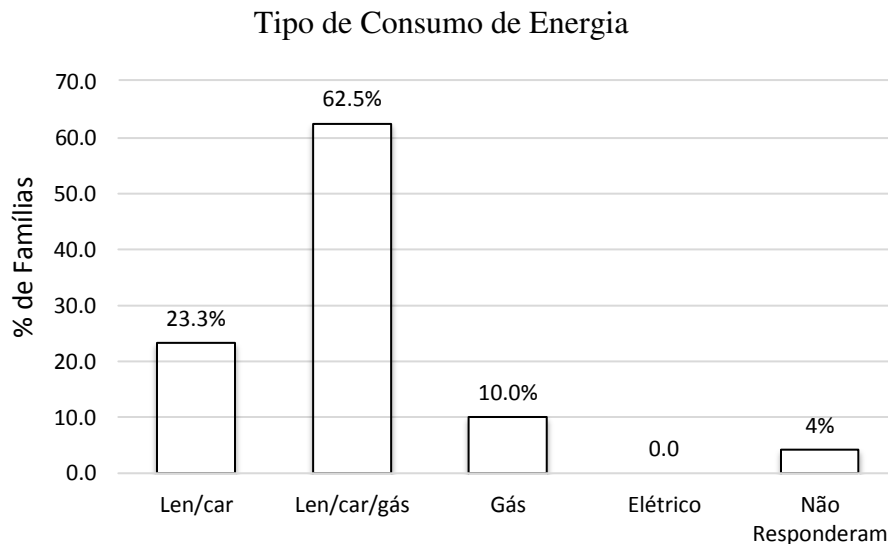


Figura 40. Fontes de energia usadas pelos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Com relação ao acesso à energia elétrica observou-se que as residências rurais estão ligadas à rede de energia elétrica, não existindo uso de energias alternativas.

Segundo a ANEEL (2013), aproximadamente 95% dos domicílios brasileiros dispõem de eletricidade. Borger et al. (2015) afirmam que há cerca de seis milhões de brasileiros que não têm acesso a esse bem básico, e concentra-se na população que possui renda mensal de até um salário mínimo, desta parte quase 10,7% não possui energia elétrica em sua residência, e a degradação social vai aumentando com 36,5% sem acesso à água adequada e sem coleta de esgoto (74,7%).

5.3.4 Tipo de água consumida na população rural

A água é considerada primordial para a manutenção da vida, também essencial para o desenvolvimento de uma região. Nesse sentido, 75% dos entrevistados responderam que utilizam água potável e apenas 10% utilizam água potável (Figura 41). Uma pesquisa realizada por CARVALHO (2010), constatou que a água do açude de Soledade representa riscos de doenças para a população que usa o açude para lazer, em função dos elevados valores de coliformes, não atendendo aos padrões de qualidade de água determinados pela Resolução 247/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

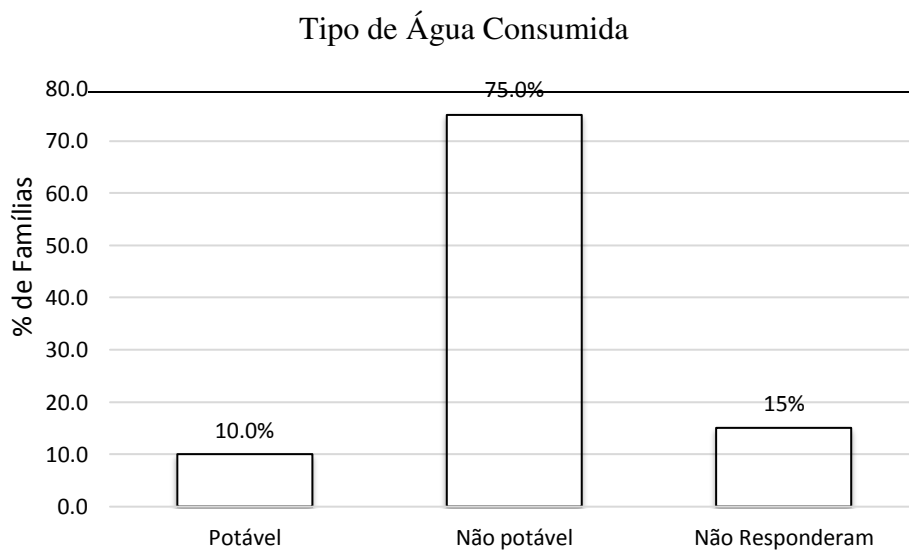


Figura 41. Tipo de água consumida pela população rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

De acordo com Luna et al. (2011) a utilização de água não potável é um dos aspectos responsável de algumas doenças e dentre delas, destaca-se as diarreicas. Entre as principais doenças relacionadas a ingestão de água contaminada, destaca-se o cólera, febre tifóide, hepatite A, doenças gastrintestinais e diarréicas agudas, além de parasitas como a Ameba, Giárdia, *Cryptosporidium* e *Cyclospora* (DDTHA/CVE, 2009). Desta maneira, nota-se que apenas 10% da população analisada estão protegidas de determinadas doenças, enquanto que a maioria da população está propícia a ter algum tipo de doença proveniente da péssima qualidade da água consumida.

5.3.5 Tipo de saneamento utilizado e formas de eliminação de resíduos

As condições são preocupantes quando se trata do esgotamento sanitário na zona rural, o que não é diferente do que acontece em áreas rurais do Brasil. Do universo pesquisado, 55% da população utilizam fossa e 32,5% fazem eliminação livre (Figura 42), em consequência, esta forma de deposição causa sérios danos à saúde humana e animal, poluição das águas subterrâneas, etc.

Garcia e Ferreira (2017) afirmam que o problema no saneamento básico tem relação direta com as adversidades na saúde pública e com a degradação do meio ambiente, devido à falta de saneamento básico ser um dos principais fatores de ocorrência de infecções gastrointestinais, assim como um responsáveis pela degradação ambiental das bacias hidrográficas.

De acordo com a Figura 42, pode-se afirmar que a falta de coleta de esgoto é um problema que afeta o aspecto social e ambiental, a falta de investimento em saneamento básico é notório, tendo em vista que a disposição inadequada de esgoto prolifera diversos tipos de doenças. Segundo o CNBB (2015) é fundamental investir no saneamento básico, já que a cada um real empregado no saneamento resulta numa economia 4 vezes maiores na saúde, assim o saneamento básico é a prevenção de doenças, bem como possibilita melhor qualidade de vida a população.

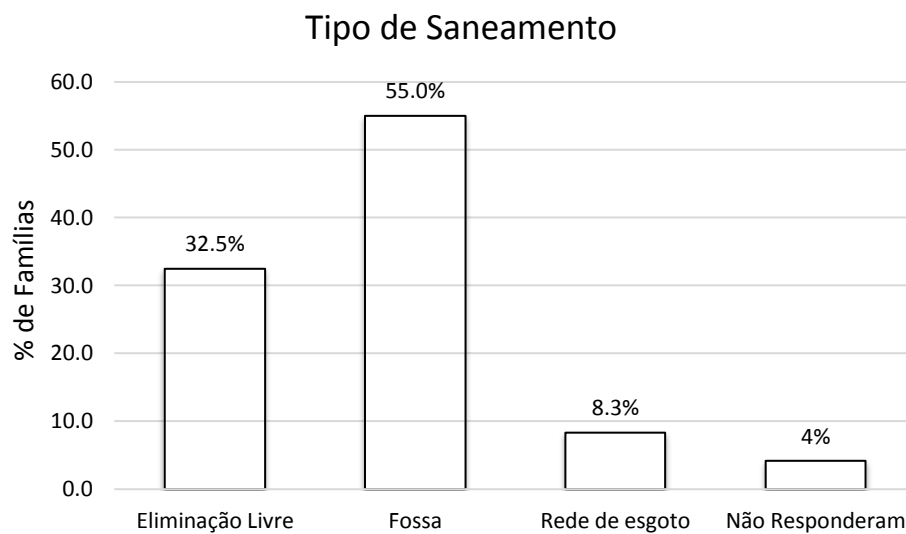


Figura 42. Tipo de saneamento utilizado pelas famílias da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Cerca de 85,8% dos resíduos gerados é enterrado e/ou queimado, prática bastante comum entre a população residente na zona rural. A prática de eliminação livre representa 7,5% da população rural (Figura 43), isto ocorre devido à inexistência de educação ambiental e prática adequada sobre coleta seletiva, e a junção no incentivo da gestão política e a população.

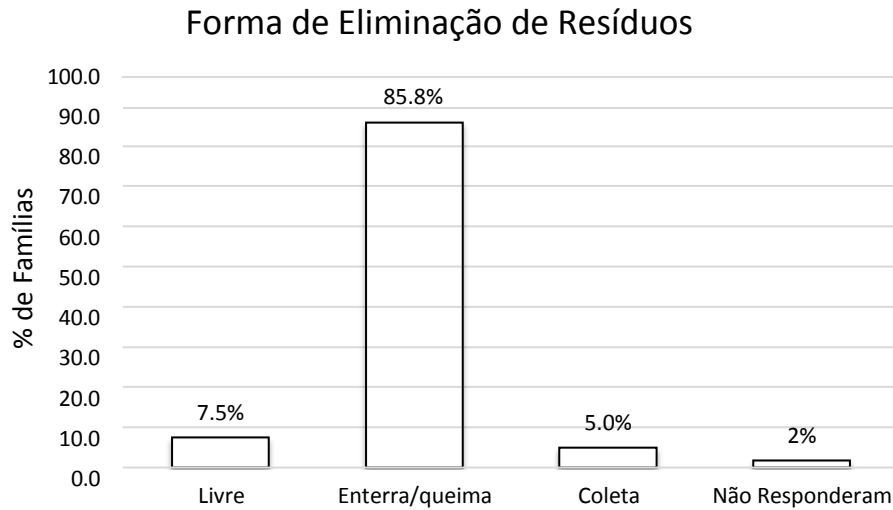


Figura 43. Forma de eliminação dos resíduos gerados na zona rural do município de Taperá/PB/Brasil.

Segundo Garcia e Ferreira (2017) a destinação final dos resíduos sólidos incorretos é prejudicial a população e ao meio ambiente, devido a contaminação de solo, reservatórios hídricos, proliferação de insetos, entre outros impactos negativos.

5.4 Vulnerabilidade Econômica

Para a vulnerabilidade econômica o valor determinado foi de 61,6%, indicando que a população encontra-se exposta a uma vulnerabilidade econômica muito alta (Figura 44). Na identificação da vulnerabilidade econômica foram analisados os seguintes aspectos: produção vegetal, animais de trabalho e de produção, venda da produção agrícola, venda da produção pecuária e fonte principal de crédito.

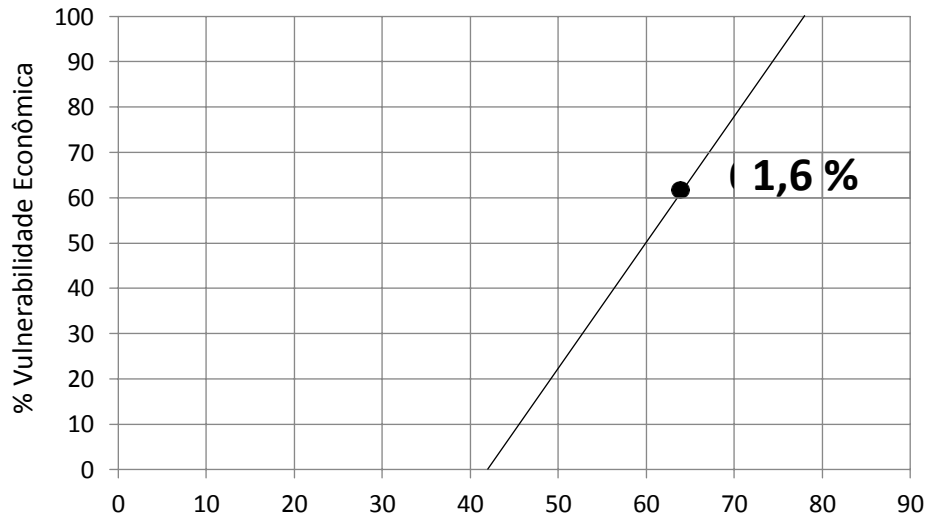


Figura 44. Vulnerabilidade Econômica dos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

5.4.1 Animais de trabalho e de produção

Com relação à variável animais de trabalho, a maioria das famílias utilizam a força animal como instrumento de trabalho, denotando um baixo nível tecnológico, em muitos casos, é utilizado o arado à tração animal no preparo da terra pelos pequenos agricultores (Figura 45). Assim, é costume entre agricultores utilizar bois (60%), cavalos (13,3%), jumentos (22,5%) e muares (5,8%) nas atividades de preparo do solo, entre outras atividades do cotidiano rural.

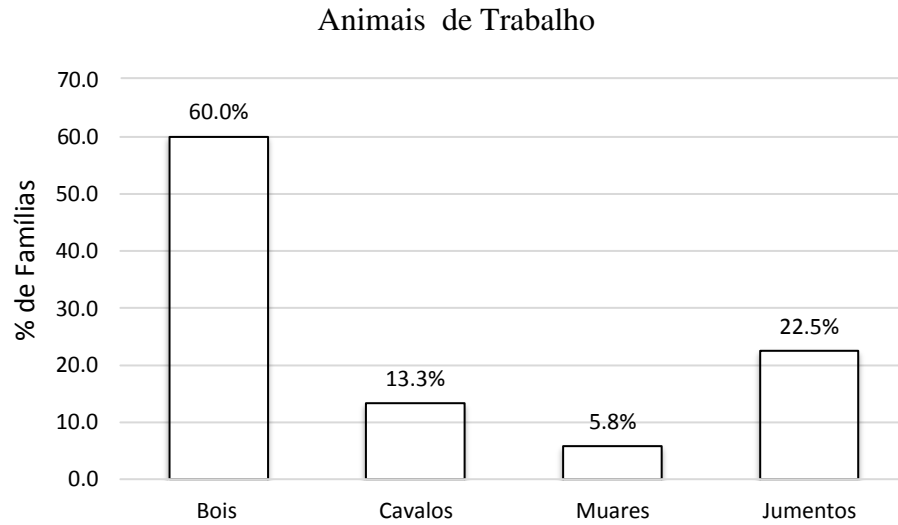


Figura 45. Animais de trabalho utilizados pelos habitantes da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Os animais de produção (Figura 46), em sua maioria foram representados por garrotes (55%), vacas (38,3%), aves (54,2%), bodes/carneiros (49,2%), ovelhas (26,7%), cabras (50%), porcos (19,2%) e peixes (5,8%), demonstrando a grande diversidade de espécies que o homem do campo, independentemente de suas dificuldades consegue assegurar para a sua sobrevivência e permanência no meio rural.

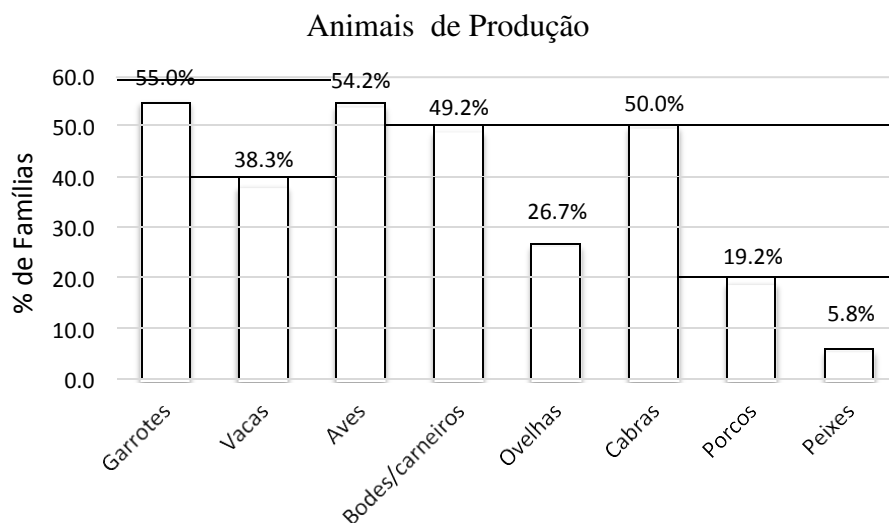


Figura 46. Animais de produção dos produtores rurais do município de Taperoá/PB/Brasil.

Também importante observar os dados do IBGE que, em termos quantitativos demonstra nos municípios a predominância do rebanho efetivo de caprinos, fato observado em função das características da região do cariri paraibano, por haver uma melhor adaptação para este tipo de rebanho. Deve ser destacada a importância desse efetivo na economia dos municípios.

5.4.2 Produção e comercialização dos produtos agropecuários

Com relação à comercialização da produção agropecuária em torno de 50,8% das famílias não comercializam a sua produção (Figura 47), o que significa ser esta, em sua maioria destinada ao consumo próprio, considerando que a agricultura desenvolvida é do tipo familiar. O excedente da produção é repassada praticamente para a figura do atravessador e/ou para o varejista. Em relação à comercialização da produção pecuária o índice que não faz a comercialização é de 36,7%, isto decorre em função dos anos consequentes de secas, o que torna inviável o setor da pecuária principalmente do gado bovino na região, a figura do atravessador e varejista, representam 33,3% e 12,5, respectivamente, para os demais a produtividade é muito pequena dificultando assim a sua distribuição (Figura 48).

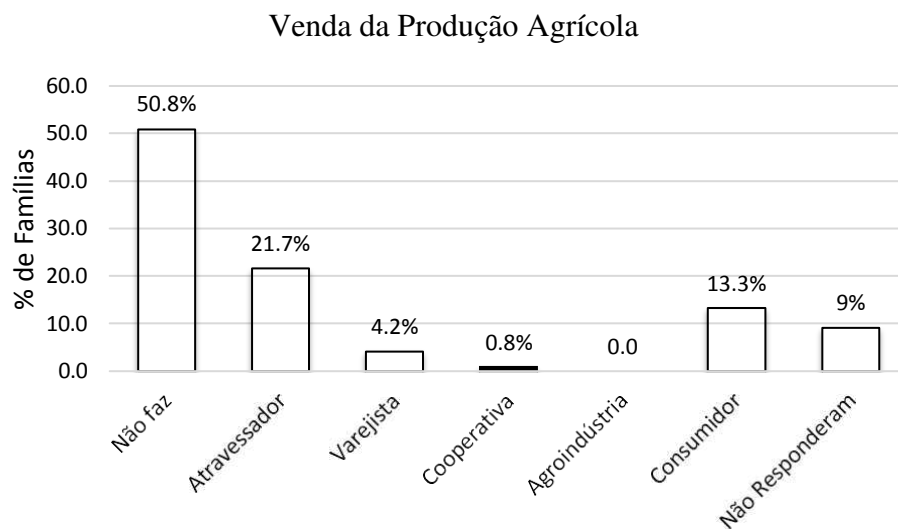


Figura 47. Venda da produção agropecuária da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

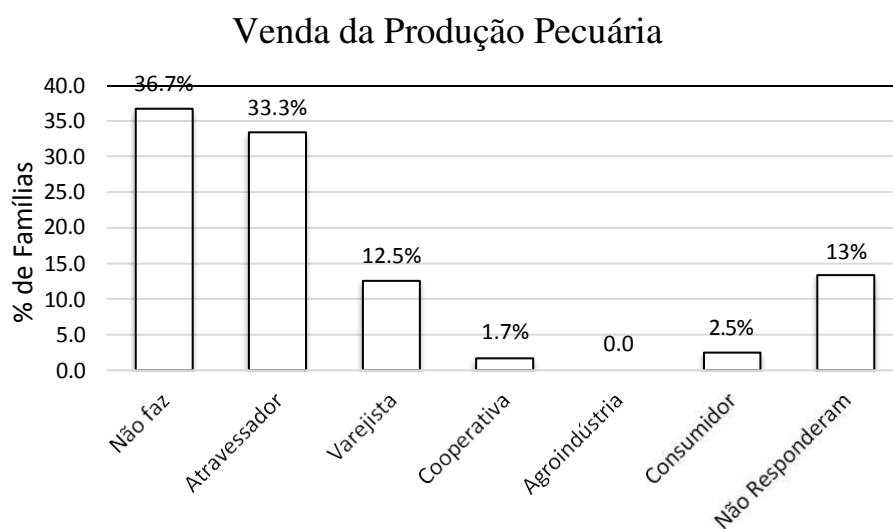


Figura 48. Venda da produção pecuária pelos produtores agropecuários da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

5.4.3 Fonte oficial de crédito agrícola

Importante observar o elevado percentual de produtores que não utilizam fonte de crédito, pois os anos consecutivos de seca, só foi possível a plantação para o próprio consumo, ou seja, um caso de sobrevivência. Alguns ainda utilizam o banco oficial (16,7%) e recorrem a particular um percentual de 5% (Figura 49). Tal resultado indica a necessidade de políticas de crédito para o apoio dos pequenos produtores, para eliminar a presença do atravessador e a agiotagem, dando possibilidades concretas do pequeno produtor de competir de igual para igual no comércio local e/ou regional com os grandes proprietários de terra.

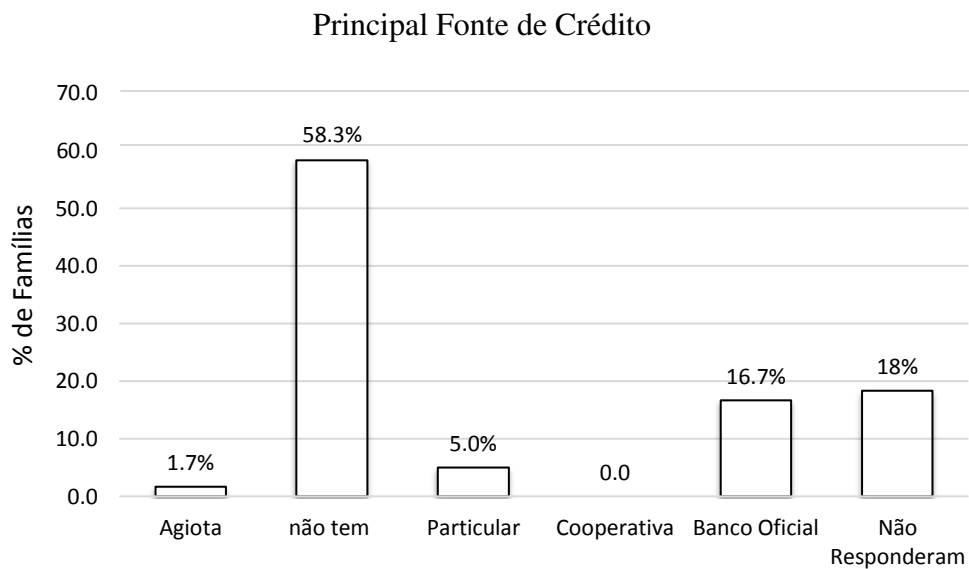


Figura 49. Fonte de crédito utilizado pelos produtores agropecuários da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

5.5 Vulnerabilidade Tecnológica

A vulnerabilidade tecnológica encontrada é considerada muito alta (Figura 50), correspondendo a 59,3%, reforçando a tese de que grande parcela da população rural em estado de vulnerabilidade social não dispõe de recursos, nem conhecimentos suficientes para empregar tecnologias em suas atividades agropecuárias. As principais variáveis responsáveis pela ampliação do valor da vulnerabilidade tecnológica foram: tração de ferramentas, uso do solo, práticas de conservação, irrigação e assistência técnica.

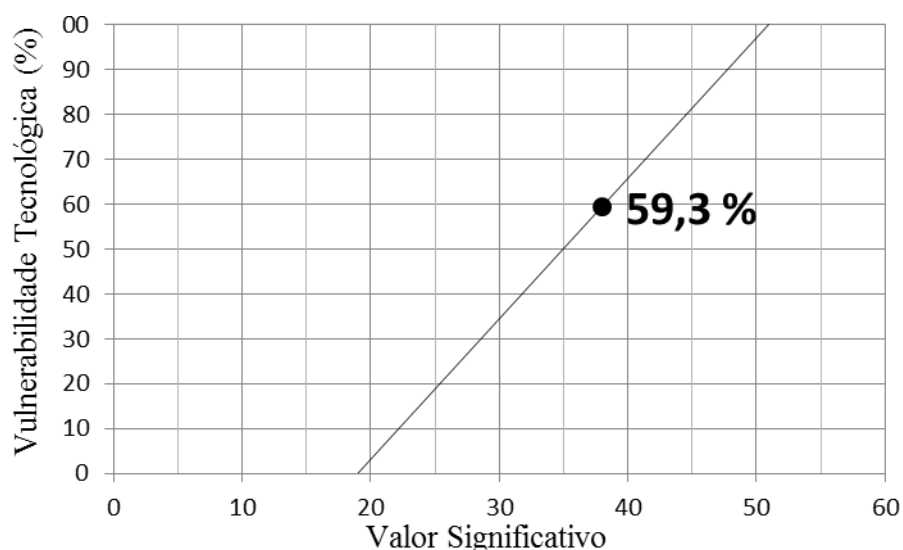


Figura 50. Vulnerabilidade tecnológica da população rural do município de Taperoá – PB.

Quanto à tração de ferramentas, é interessante notar que 23,3% utilizam ferramentas manuais e 59,2% usam animais. Dos entrevistados 7,5% usam máquinas para realizar as atividades no campo (Figura 51). Atividades como aração, semeio, cultivo e colheita são realizadas manualmente ou, em sua maioria, com ajuda de animais e no mínimo de máquinas. É a tração animal a principal forma de preparo e cultivo da terra, conferindo difícil capacidade de ampliação da produção e competitividade. Essas formas de trabalho são muitas vezes menos degradantes para o solo do que as máquinas, devido à menor compactação que causam, embora as máquinas possibilitem uma maior produção e agilidade.

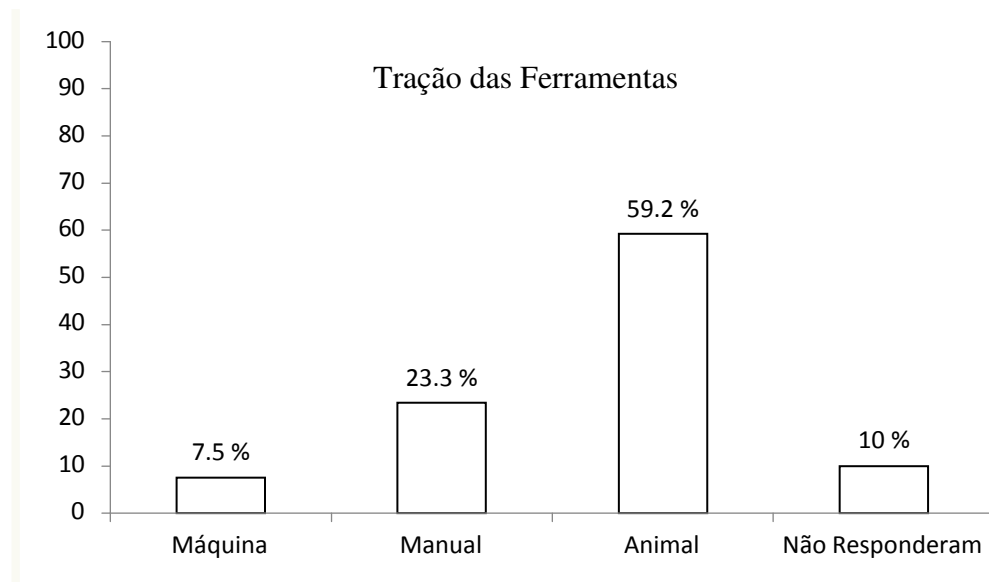


Figura 51. Tipos de tração utilizadas pelos agricultores da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Com relação ao uso do solo, observou-se que 35,0% fazem o plantio em declive e 49,2% fazem em curvas de nível (Figura 52). O plantio em declive é muito prejudicial, devido à vegetação ter sido largamente dizimada, a maioria dos solos ficam desprotegidos e, quando chove ocorre graves perdas, proporcionando assoreamento dos rios e açudes, tornando mais difícil a sustentabilidade do ecossistema local. O plantio em curvas de nível diminui consideravelmente a erosão, nesse método o plantio é feito seguindo as curvas do terreno. Observa-se uma situação de alto risco e vulnerabilidade, pois poucos agricultores desconhecem, por falta de orientação técnica, alguma prática de conservação do solo.

Foi observado que 62,5% dos produtores não usam práticas de conservação dos solos (Figura 53). A maioria dos agricultores utiliza a terra de forma inadequada, muitas atividades são realizadas numa mesma área: planta-se milho, feijão, batata-doce, no mesmo espaço em que se cria caprinos, ovinos, bovinos. As terras não têm descanso. Quando degradadas, são usadas para o pastejo de animais e, dificilmente, encontram-se atividades de reflorestamento nessas áreas.

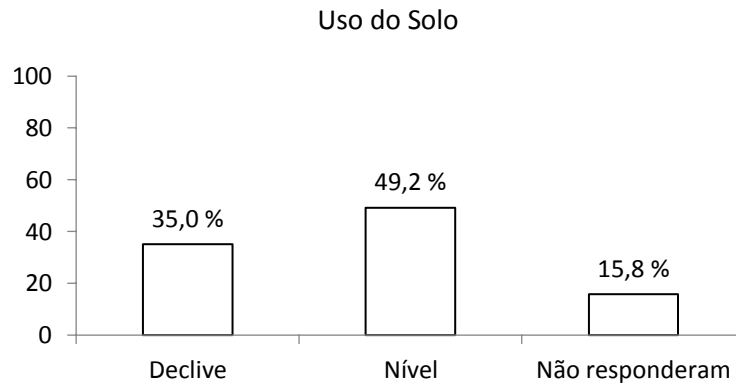


Figura 52. Uso do solo na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

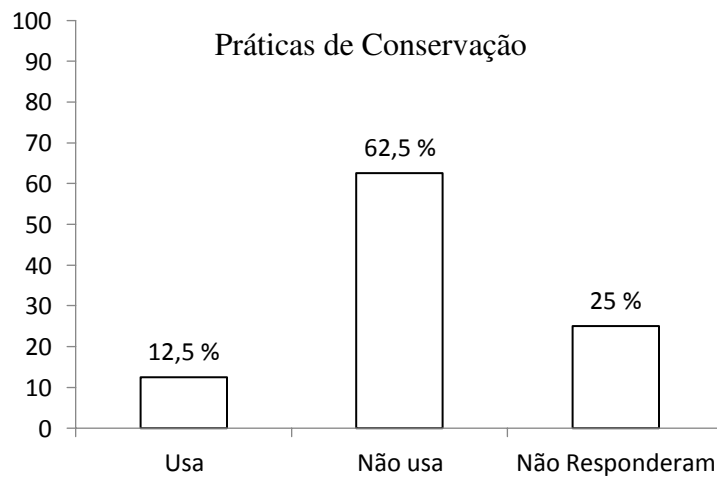


Figura 53. Uso da prática de conservação dos solos na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Em relação à irrigação, 62,5% dos entrevistados responderam que não utilizam prática de irrigação em sua propriedade (Figura 54), considerando que os agricultores só plantam no período chuvoso, ou seja, de fevereiro até junho.

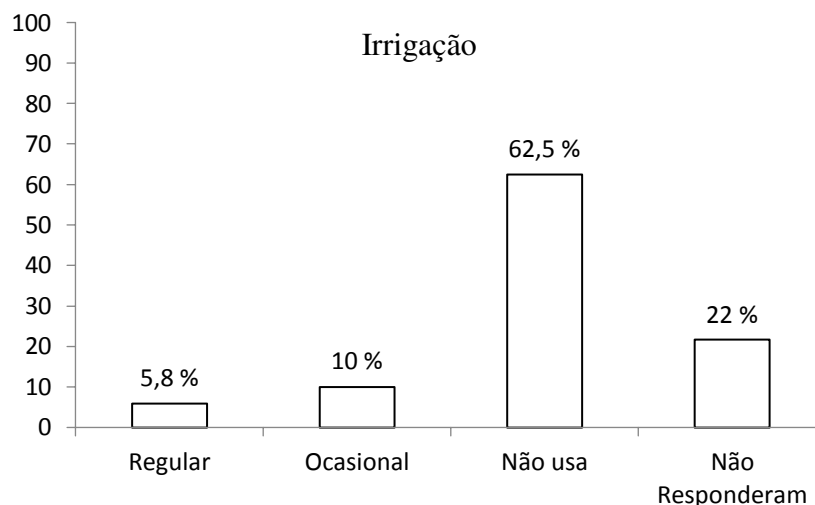


Figura 54. Agricultores que fazem uso de irrigação no município de Taperoá – PB.

A assistência técnica na área é quase inexistente, apenas 4,2% usam regularmente (Figura 55). Esta deficiência demonstra a ausência das empresas que prestam assistência, como exemplo a Emater. Sabe-se que esta empresa tem por finalidade garantir assistência aos produtores rurais, mas a falta de orientação e conscientização do agricultor dificultam o uso e a conservação dos solos. O que resulta na baixa produtividade verificada na agricultura e na pecuária local. Observa-se, também, que a falta de assistência técnica está diretamente ligada à deficiência nas práticas de conservação dos solos, como a rotação, consorciação de culturas, o uso de adubagem e a calagem. A carência de conhecimentos apropriados, aliada ao uso inadequado dos fatores produtivos e ao desconhecimento do funcionamento integrado do meio ambiente, têm sido agravantes da degradação, no local.

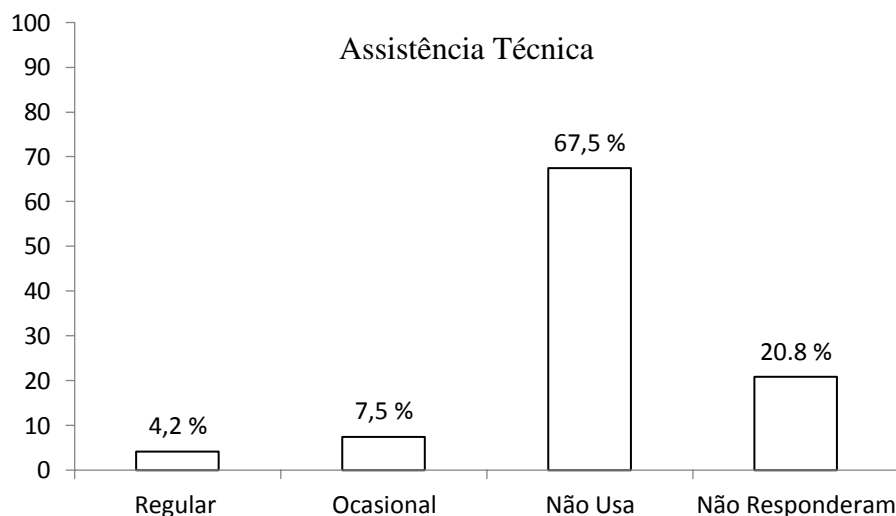
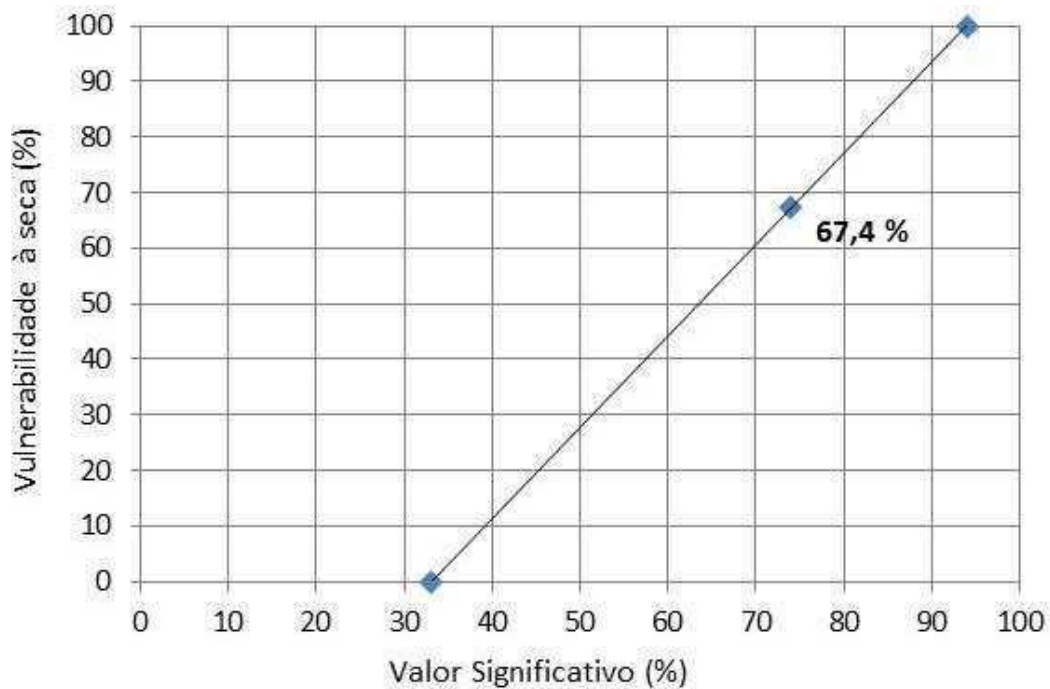


Figura 55. Assistência utilizada pelos agricultores no município de Taperoá – PB.

5.6 Vulnerabilidade da população atingida pelas estiagens

O índice de vulnerabilidade à seca encontrado foi de 67,4% (Figura 56), sendo considerada de acordo com Barbosa (1997), uma vulnerabilidade muito alta e inaceitável, evidenciando a vulnerabilidade da população às secas e o estado permanente de debilidade socioeconômica. Indica ainda, a inexistência de políticas e infraestrutura para a convivência com o semiárido. A região paraibana é uma das áreas mais críticas em relação aos desastres (Seca) no Brasil. O despreparo para o enfrentamento de uma estiagem torna a população vulnerável, resultando em uma grande calamidade, acarretando graves problemas na produção agropecuária e repercutindo nas condições de vida e no trabalho da população (FARIAS, 2013).

Ao relacionar a vulnerabilidade com os riscos Veyret e Richemond (2007b), direcionam o entendimento do conceito ao sugerir que ser vulnerável é estar fisicamente exposto a um perigo, apresentando certa fragilidade diante do evento e não ter condições ou os meios para enfrentar a crise, o que significaria a capacidade de um sistema complexo, como uma cidade, se restabelecer após uma situação de crise. Nesta concepção, quanto maior for a vulnerabilidade do sistema menor será sua capacidade de absorver a perturbação sofrida ou de se readaptar a nova situação.

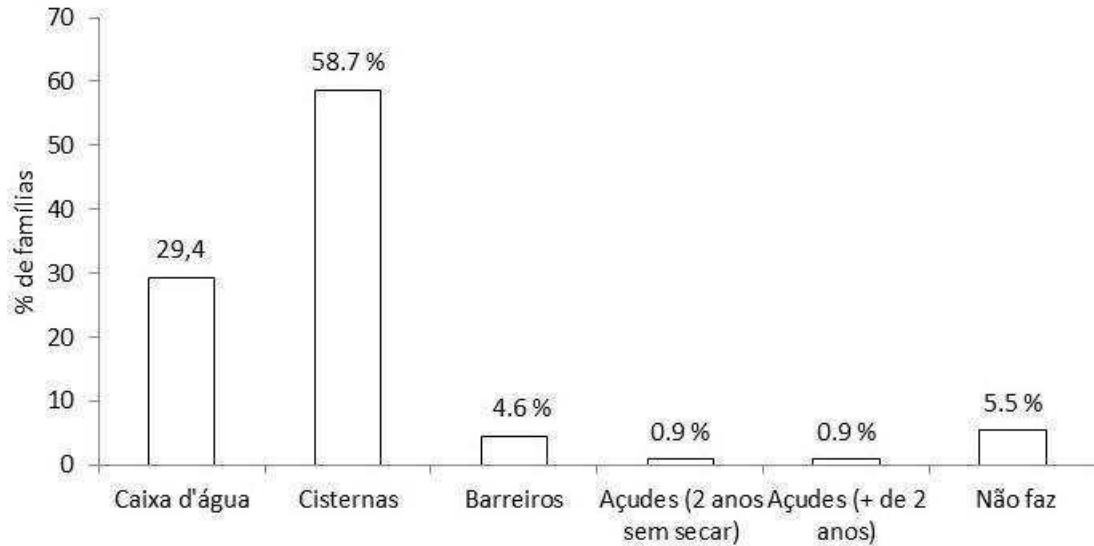


Fonte: Autor, 2018.

Figura 56. Vulnerabilidade à seca da população da zona rural no município de Taperoá – PB

Na Figura 57 observa-se que, 58,7 % das famílias fazem armazenamento de água em cisternas, 29,4% fazem uso de caixa de água, 0,9% utilizam como recurso hídrico os açudes e 5,5% não faz nenhum tipo de armazenamento de água.

Diante dos problemas de abastecimento que a população da região semiárida do país enfrenta a cada ano, no período de estiagem, faz-se necessário o uso de técnicas de aproveitamento de águas pluviais a fim de mitigar os efeitos da seca. Desse modo, existe uma grande diversidade de técnicas para captação e aproveitamento dessas águas, tais como a construção de cisternas para armazenar as águas das chuvas, que são coletadas dos telhados das casas, a construção de microbarragens, sistemas de infiltração, cacimbas de areia (cisternas no leito arenoso dos rios, poços rasos, etc.) (GNADLINGER, 2001).

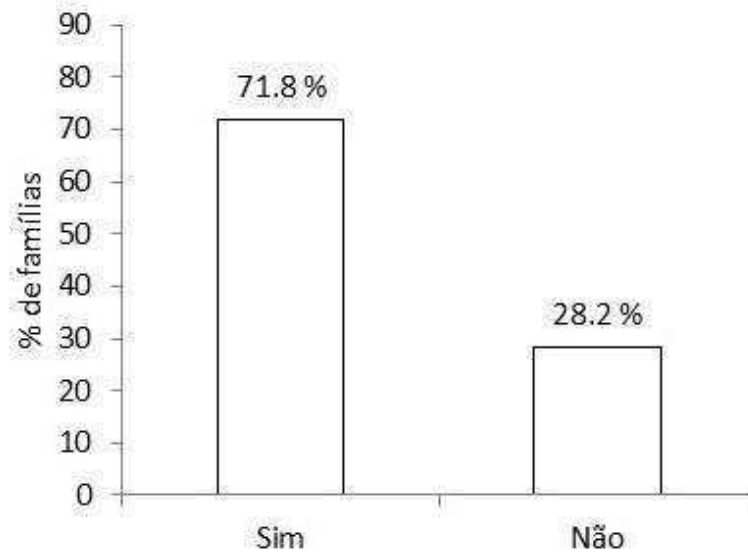


Fonte: Autor, 2018.

Figura 57. Formas de armazenamento das águas.

O desenvolvimento de ações de convivência com o semiárido na implantação de cisternas deve ser de caráter social, preservando os recursos naturais e ampliando de forma sustentável a produção familiar. Esse tipo de sistema possibilita o aumento da disponibilidade de água para beber, cozinhar, entre outros, garantindo o acesso descentralizado da água para o consumo humano, além de melhorar a qualidade de vida daqueles mais necessitados como as crianças, mulheres e idosos. Em cidades mais populosas e com um déficit no esgotamento pluvial, a execução de cisternas também pode auxiliar no controle de enchentes, evitando que a água seja lançada em maior demanda para galerias ou cursos hídricos, o que possivelmente diminuiria as inundações e alagamentos (MATIAS, 2001).

Em relação a captação de água de chuva, Figura 58, aproximadamente 71,8% realizam a captação de chuva, sendo uma maneira alternativa de ter água por um período prolongado de água.

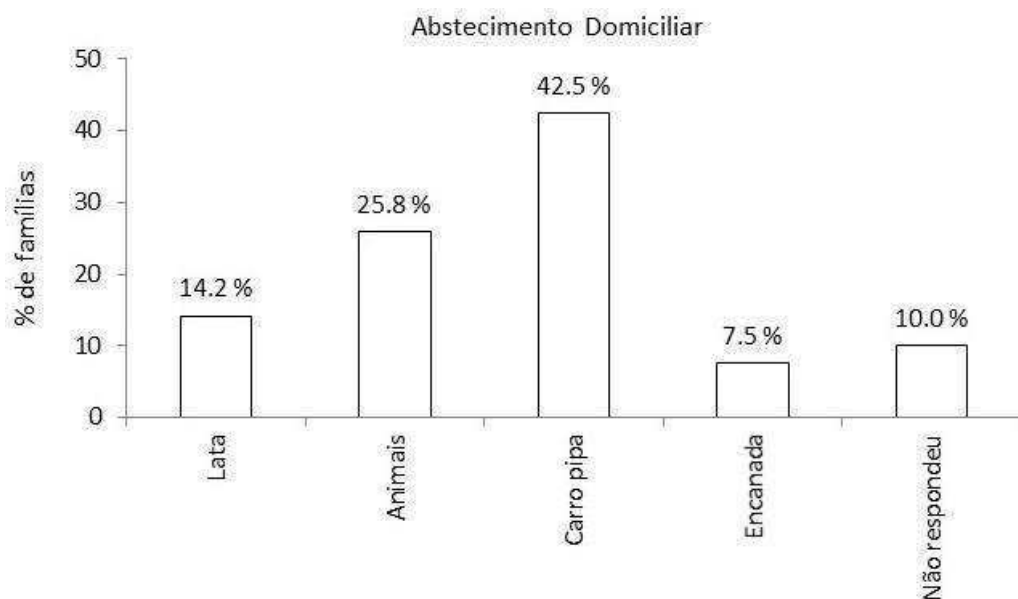


Fonte: Autor, 2018.

Figura 58. Famílias da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil, que realizam a captação pluvial.

O abastecimento domiciliar é feito principalmente por carros pipa 42,5 % (Figura 59), diariamente são encontrados animais fazendo o transporte de água dos açudes até as residências. Para 14,2 % dos entrevistados, esse abastecimento é feito através de latas, onde essa água é transportada na maioria das vezes na cabeça e realizada por mulheres e crianças.

Querino et al. (2017) ressaltam a Operação Pipa como uma alternativa paliativa para amenizar a escassez hídrica para atender os municípios com a distribuição de água potável, não sendo garantia suficiente para atender a todos. O Exército realiza o cadastramento das famílias, estabelece a periodicidade de abastecimento das casas, local de colocação da água e as rotas com o percurso a ser realizado pelos caminhões pipa.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 59. Formas de abastecimento de água potável domiciliar da zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

Com relação ao aproveitamento de águas residuárias, 61,4% não fazem esse reaproveitamento (Figura 60). O reaproveitamento das águas residuárias é justificado, principalmente, em virtude da escassez hídrica, crescimento populacional e urbanização. O aproveitamento planejado de águas residuárias na agricultura além de favorecer a disponibilização de água para as culturas, também implica no controle da poluição d'água nos lençóis freáticos, na reciclagem de nutrientes e no aumento da produção agrícola (FARIAS, 2013). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), no ano de 2016, cerca de 80% das águas utilizadas são descartadas na natureza. Se fossem reaproveitadas, a necessidade pela água potável diminuiria, assim como seria reduzido também o volume de esgoto lançado nos rios, lagos, mares. Em pesquisa pelo coordenador da ASA no estado do Ceará algumas alternativas estão sendo realizadas para que não haja desperdício, como o chamado caminho das águas, onde é realizado cavar valas no terreno dos quintais das casas para que o líquido que escorre das pias e tanques alcance as raízes das fruteiras.

A agricultura é uma atividade que gera impactos ao meio ambiente, seja em grande ou pequena escala; isso dependerá das técnicas e práticas que forem utilizadas para cultivar a terra. As práticas agrícolas ineficientes que retiram a cobertura vegetal original do solo, deixando-o vulnerável aos processos erosivos. O desenvolvimento contínuo dessas práticas, de retirada de produtos sem a reposição de nutrientes, acarreta a perda da fertilidade da terra. Levando em consideração o tipo de solo da região, isso pode intensificar os processos de degradação do bioma. A agricultura irrigada, realizada sem levar em conta as características físicas da localidade, também pode acarretar sérios problemas, como salinização, erosão e lixiviação. O uso de máquinas também pode interferir na boa conservação do solo, pois poderá ocasionar processo de compactação, entre outros (SANTOS, 2009).

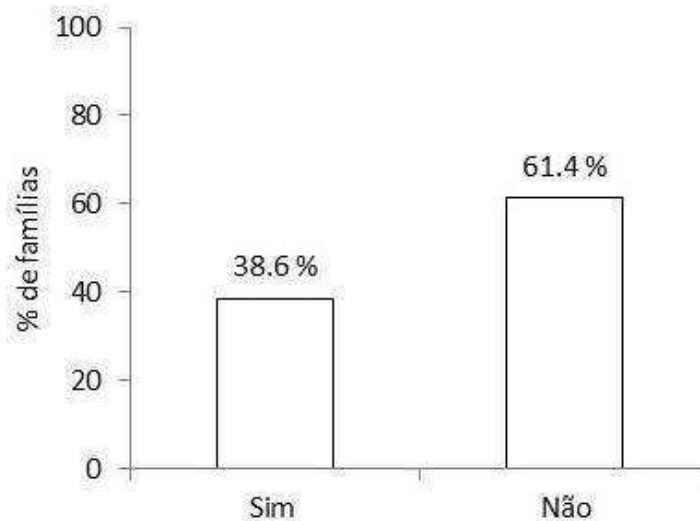
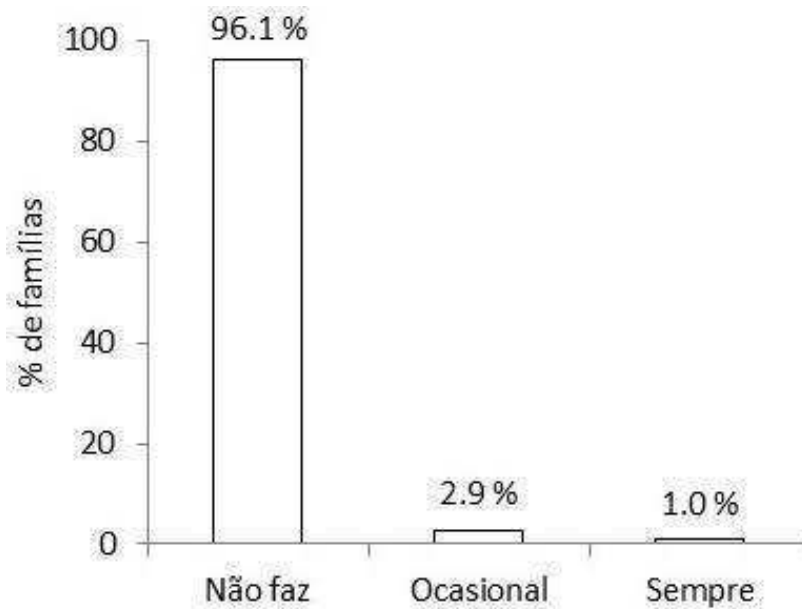


Figura 60. Utilização de águas residuárias pelas famílias de agricultores entrevistadas na zona rural do município de Taperoá/PB/Brasil.

O bioma caatinga é companheiro e auxiliar na sobrevivência do homem no semiárido, produzindo alimentos, forragem para os rebanhos, produtos madeireiros e disponibilizando uma vital fonte energética, tanto para consumo doméstico quanto para atividades produtivas. No entanto, foi observado que 96,1% das famílias entrevistadas não fazem nenhum manejo da caatinga visando uma utilização sustentável (Figura 61). Foi observado, também, que a vegetação no local vem sendo explorada de forma predatória, é possível observar na área de estudo a evolução espaço-temporal do comportamento da cobertura vegetal, a principal causa dessa diminuição das classes de vegetação é a exploração desenvolvida sem planejamento. Um manejo

sustentável da vegetação aumentaria e estabilizaria a produção de forragem para alimentar o rebanho de caprinos, ovinos, bovinos, aves, entre outros. É com o manejo adequado de espécies vegetais que o produtor pode garantir alimento de boa qualidade para o rebanho no período seco do ano e preservar as espécies vegetais.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 61. Manejo sustentável da caatinga pelos produtores/agricultores rurais que habitam no município de Taperoá/PB/Brasil.

6. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados permitem concluir que:

- A vegetação densa teve um aumento de 7,34 km² de cobertura vegetal e a semidensa de 8,85 km², já a vegetação rala obteve um aumento significativo de 61,89 km², no intervalo estudado de 25 anos. A vegetação semidensa rala teve uma diminuição de 60,73 km², a classe solo exposto houve redução significativa de 29,3 km².

- Em relação aos níveis de degradação das terras, houve redução nos níveis de degradação baixa e moderado baixa (6,4 km²; 72,0 km²), o que apresenta uma redução nas áreas mais preservadas da região. No entanto, o nível degradação moderada teve aumento significativo (116 km²), este avanço no processo de degradação é consequência do desmatamento para diversos fins, o risco a uma degradação de nível elevado é evidente.

- Em toda a área estudada e pelos relatos da população em mais de 10 anos sem produtividade, muitas áreas foram abandonadas, dando prioridade a agricultura de subsistência, o que mostra o aumento da vegetação semidensa. Já a redução da vegetação que apresenta densidade e o solo mais exposto foram características da exploração da pecuária extensiva, desmatamento, implantação de loteamentos da construção civil e o aumento da densidade demográfica. Essas atividades provocam perdas de biodiversidade, desencadeando processos erosivos e provocando assoreamento dos açudes.

- As atividades antrópicas como: utilização inadequada das terras agrícolas, práticas deficientes no manejo de solos e água, desmatamento, remoção da vegetação natural, pastoreio excessivo, rotação incorreta de culturas e práticas não conservacionistas contribuíram diretamente na degradação.

As vulnerabilidades estudadas foram consideradas alta e muita alta das famílias da zona rural, com valores de 36,4% (vulnerabilidade social), 61,6% (vulnerabilidade econômica), 59,3% (vulnerabilidade tecnológica) e 67,4% (vulnerabilidade à seca).

- Os altos valores das vulnerabilidades encontradas expressam a fragilidade em que vive a população da zona rural do município aos fatores econômico, tecnológicos e ambientais e a ausência de políticas públicas que possam minimizar os efeitos climáticos (secas), fator mais indicado pela população entrevistada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVEZ, J.E.D.; CAVENACHI, S. Déficit habitacional, famílias conviventes e condições de moradia. *Demographicas*, v.3, p.257-286, 2016.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: DL Publications, 1989.

ANDRADE, D. F. P. N. **Fotogrametria Básica**. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1997.

ADGER, W. N. et al. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Noruega: Tyndall Centre For Climate Change Research, 2004. 128 p.

ARTAXO, P. Vem aí um outro mundo. *Revista Caros Amigos*, São Paulo, v. 18, n. 73, p. 24-25, abr. 2015.

ADGER, W. N. Approaches to vulnerability to climate change. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment Working Paper GEC 96-05. Norwich, Reino Unido. University of East Anglia e University College London, 1996.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em:<www.aneel.com.br> . Acesso em: 25 mar. 2019.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. In: *Revista Caatinga - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA): Mossoró - Brasil*, v. 22, n3, p. 126-135. Julho/setembro 2009.

Barbosa, E. I.; Nascimento, S. R.; Pordeus, R. Batista. PERCEPÇÕES DA CAATINGA, UM BIOMA ÚNICO E EXCLUSIVO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro Campina Grande – PB. 2015.

Ballén, L.A.C.; Souza, B.I.; Lima, E.R.V. Análisis espacio-temporal de la cobertura vegetal em el área de protección ambiental del cariri, Paraíba, Brasil. Boletim Goiano de Geografia, v. 36, n.3, p.555-571, 2016.

BENDIG, J.; BOLTEN A.; BARETH, G. Introducing a low-cost mini-UAV for thermal and multispectral-imaging. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, p. 345-349, 2012.

BERKES, F. Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Nat Hazards*, v. 41, p.283-295, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Monitoramento do desmatamento dos biomas Brasileiros por satélite: acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. MMA: Brasília, 2011. 46 p

BRASILEIRO, Robson S. Alternativas de Desenvolvimento Sustentável no Semiárido Nordeste: da Degradação à Conservação. *Scientia Plena*, v. 5. n. 5, 2009.

BATISTELLA, M; MORAN, E. F. Geoinformação e monitoramento ambiental na America Latina. Editora SENAC São Paulo. São Paulo, 2008.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL. R. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, 1998.

BURROUGH, P. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon Press, 1987.

BOLETIM JUVENTUDE INFORMA. Participatório: Observatório Participativo da Juventude da Secretaria Nacional de Juventude/SNJ e do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada /IPEA, Brasília, Ano 1, nº 1, 2014. 37p.

BORGER, F. G.; NASCIMENTO JOÃO, B.; SANTOS CLARO, J. A. C.; GAUDEOSO, É., JUNQUEIRA, L. A.; JÚNIOR, J. S. Inovação social e sustentabilidade: consumo de energia elétrica em comunidades carentes no Brasil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(1), 71-79, 2015.

Campos, S.A.C.; Ferreira, M.D.P.; Coelho, A.B.; Lima, J.E. Degradação ambiental agropecuária no Bioma Caatinga. *Revista econômica do Nordeste*, v.46, n.3, p.155-170, 2015.

CÂMARA, G. et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. (on-line, 2a. edição, revista e ampliada) Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: Jun. 2012.

CAATINGA, Associação. Disponível em Fauna. <http://www.acaatinga.org.br/index.php/o-bioma/sobre-o-bioma/fauna/> (Acesso em 25 de fevereiro de 2017).

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 1996.
CARVALHO FILHO, O.M; SÁ, J. L.; ARAÚJO, G. G. L.; SÁ, C. O. Produção de leite em sistema agroecológico no semiárido sergipano. In: II Congresso Brasileiro de Agroecologia, V Seminário Internacional sobre Agroecologia e IV Seminário Estadual sobre Agroecologia, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2000. CD-ROM.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**, Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E.; SANO, E. (Ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 1993.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, Dezembro de 1995. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>>. Acesso em: Abr. 2012.

CARPENTER, S. et al. From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, p.765-781, 2001.

CINNER, J.; FUENTES, M. M. P. B.; RANDRIAMAHAZO, H. Exploring Social Resilience in Madagascar's Marine Protected Areas. *Ecology And Society*, v. 14, n. 1, p.1-20, 2009.

CRUZ, José et al. *Ecología Social de Los Desastres*. Montevideú: Coscoroba ediciones, 2003. 176p.

CORRÊA, R. L. Espaço, Um conceito chave da Geografia. In: Castro, I. E. de, Gomes, P. C. da C.; Corrêa, R. L. *Geografia Conceitos e Temas*. 5ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

CNBB -CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL. Casa Comum, nossa responsabilidade. Texto Base. Editora CNBB, 2015.

SÃO PAULO (Estado). Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica. São Paulo: Divisão de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar – DDTHA/CVE. Informativo técnico. dez. 2009.

DUARTE, S. M. A. 2008. O desastre da Desertificação no município de Taperoá, Estado da Paraíba, Brasil. 2008, 238f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

FARIAS, A. A.; MORAES NETO, J. M.; BARBOSA, M. P.; ALVES, T. L. B.; SILVA, J. M., 2013. Análise da degradação das terras na microbacia hidrográfica do açude Manoel Marcionilo. Revista Brasileira de Geografia Física. 06, p. 978-994.

Freire, N.C.F.; Pacheco, A.P. Uma abordagem geoespacial e espectro-temporal da degradação ambiental no Bioma Caatinga na Região de Xingó, Brasil. Revista ciência & trópico, v.14, n.2, p.97-128, 2017.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Texto, 2002.

FELICÍSIMO, A. M. **Modelos Digitales del Terreno**: introducción y aplicaciones em las ciencias ambientales. Pentalfa Ediciones, Oviedo, 1994.

FISHER, G.; SHAH, M.; VELTHUIZEN, H. V. Climate Change and Agricultural Vulnerability. Joanesburgo: IIASA Publications, 2002.

FRASER, E. D. G.; MABEE, W.; SLAYMAKER, O. Mutual vulnerability, mutual dependence: The reflexive relation between human society and the environment. Global Environmental Change. V. 13, p. 137-144, 2003.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem Complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GONÇALVES, J.L.G.; FRANCISCO, P.R.M.; MORAES NETO, J.M. Análise da degradação ambiental do município de Soledade utilizando índice de vegetação. In: Congresso Técnico Científico da engenharia e da Agronomia, Ceará, 2015.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

GALLOPÍN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Global Environmental Change, n. 16, p. 293-303.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

GNADLINGER, João. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo. Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, v. 3, 2001.

GALVÃO, A. L. C. O.; GALVÃO, W. S.; SHITO, C. H. Análise multitemporal da cobertura vegetal e ocupação das terras na área nuclear de degradação do núcleo de desertificação de Gilbúes – PI. *Brazilian Journal of Ecology*, v.2, n.1, 2003, pp. 52 – 60.

GARCIA, M. S. D.; FERREIRA, M. de P. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, v. 2, n. 3, p. 12, 2017.

Giulietti, A. M.; Bocage Neta, A. L.; Castro, A. A. J. F.; Virgíneo, J. F.; Sampaio, E. V. S. B.; Gamarra-Rojas, C. F. L.; Queiroz, L. P.; Figueiredo, M. A.; Rodal, M. J. N.; Barbosa, M. R. V.; Harley, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do Bioma Caatinga. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2003.

HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI)**. *Remote Sensing of Environment*, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Mapas de Biomas e de Vegetação, 2004.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote sensing Perspective**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1986.

JUNIOR, Haroldo Palo. Faltam estudos sobre a biodiversidade da Caatinga. Disponível em: <http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/paginas/novidades/detalhe/default.aspx?idNovidade=538/>. Acesso em 09 de dezembro de 2016.

KASPERSON, R. E; DOW, K. (coord.). *Vulnerable Peoples and Places*. In: HASSAN, R; SCHOLES, R; ASH, N. (Comp.). *Ecosystems and well-being: Current states and trends*, Volume 1. Washington, EUA: Island Press, 2005. p. 145-164.

KELLY, P M; ADGER, W N. Theory and practice assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climate Change*, Holanda, V. 47, p.325-352, 2000.

KOWARICK, Lúcio. Sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil: Estados Unidos, França e Brasil. *RBCS*. v. 18, n. 51, fev. 2003.

KILL, L. H. P.; CORREIA, R. C. A região semiárida brasileira. Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 17-35.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). *Amби-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G. Aplicações de Sensoriamento Remoto na Geografia In: VENTURI, L. A. B. Org. *Geografia: Praticando Geografia: técnicas de campo e de laboratório*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, p. 33-54, p. 2005.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 2. Ed. New York. John Wiley; Sons. 1987.

LIMA, A. G. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. *GEOGRAFIA* – v. 14, n. 2, jul./dez. 2005 - Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

LIMA, W. de P. Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, 2ª ed., 2008. 253p.

LUNA, C. F. et al. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarreicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.*, v. 11, n. 3, p. 283-292, 2011.

LEITE, F. R. B., et al. Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na região do Médio Jaguaribe – CE. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 11, 2003, Belo Horizonte. *Anais do...* São José dos Campos: INPE, 2003. pp. 1315 – 1322.

LOPES, H. L.; SILVA, B. B.; PACHÊCO, A. P. Distribuição espacial do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo no território de Itaparica, Nordeste do Brasil. *RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online)*, v. 66, p. 233-244, 2014.

MARCHELLI, P.S. Educação, Trabalho e vulnerabilidade social: reflexões sobre os jovens excluídos no ensino médio no Brasil. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, v. 9, n. 19, p. 129-146, 2016. doi:10.20952/revtee.2016v19iss19pp 129-146.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, n. 27, 2008.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Capítulo 13, p.383-422, 2011.

MORAES, A. C. R. **Geografia pequena Historia Crítica**. 18ª Edição. São Paulo: HUCITEC, 2002.

MATIAS, José Afonso Bezerra. Cisterna de placas pré-moldadas. 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi Árido. Petrolina-PE, 2001.

MARTINS, E. S. F. **Avaliação da exatidão cartográfica de dados SRTM e atualização da carta plani-altimétrica Salinópolis - NE do Pará**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2010.

MENESES, P. R., ALMEIDA, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Brasília: UnB/CNPq, 2012. 1 v.

MENEZES, A. V. C. Estado e organização do espaço semiárido sergipano. Aracaju, SE: UFS/NPGeo, 1999. 281p. : il.

MARBLE, D. F. **Geographic Information Systems: An Overview**. In: PEUQUET, D. J.; MARBLE, D. F. (Ed.). **Introductory Readings in GIS**. London: Taylor and Francis, 1990.

MEDEIROS, Anderson. O Geoprocessamento e Suas Tecnologias: Parte 1. Disponível em <<http://www.andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>>. Acesso em: 14 de ago. 2017.

MARBLE, D. F. **Geographic Information Systems: An Overview**. In: PEUQUET, D. J.; MARBLE, D. F. (Ed.). **Introductory Readings in GIS**. London: Taylor and Francis, 1990.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

MEDEIROS, Anderson. O Geoprocessamento e Suas Tecnologias: Parte 1. Disponível em <<http://www.andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>>. Acesso em: 14 de ago. 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Curso de capacitação, mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília – DF: 2006.

MORAES, denise. Bioma Caatinga, 2012. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=962&sid=2>> Acesso em: 25/04/2017.

NASCIMENTO, F. C. A.; ARAÚJO, F. R. C. D. Estudo comparativo entre o IVDN e a precipitação na região oeste potiguar. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, p. 269-274, 2014.

NASCIMENTO, FLÁVIO RODRIGUES. Bacias hidrográficas intermitentes sazonais e potencialidades hidroambientais no nordeste setentrional brasileiro. Universidade Federal Fluminense. 2015.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1. ed., 1988.

NELSON, D. R.; ADGER, N.; BROWN, K. Adaptation to environmental change: contributions of a resilience framework. The Annual Review of Environment and Resources 32, 2007, p. 395-419.

NUNES, A.B.; LEITE, E.F. Geoprocessamento aplicado ao estudo de caracterização física e ambiental da bacia hidrográfica do rio Areias, no estado do Tocantis, Brasil. Espaço em Revista, v.19, n.2, 2017.

Neto, A. F. S.; Barbosa M. P.; Morais Neto, J. M.; Silva, M. J.; Filgueira, H. J. A. As composições multiespectrais ajustadas e a dinâmica vegetal em municípios do Cariri Ocidental da Paraíba - Brasil. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6249-6255.

OBERMAIER, M. et al. Adaptation to climate change in Brazil: The pintadas pilot project and multiplication of best practice examples trough dissemination and communication networks. In: RIO 9 - WORLD CLIMATE & ENERGY EVENT, 2009, Rio de Janeiro. p.185-190.

O'BRIEN, K.L.; ERIKSEN, S.; NYGAARD, L.P.; SCHJOLDEN, A. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. Climate Policy, v.7, n.1, p.73-88, 2013.

PENMAN, H. L. The physical bases of irrigation control. In: Hort. Congr., 2, London, Royal Horticultural Society, 1953, p.913-924. 1110p.

Prudêncio, Marivan Almeida; Cândido, Daniela Karina. Degradação da vegetação nativa do município de Assú/RN: indicadores e ações mitigadoras. Sociedade e Território, Natal, v. 21, nº 1 – 2 (Edição Especial), p. 144 -156, jan./dez. 2009.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, E. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório do desenvolvimento humano 2013. Brasília, DF, 2013.

RIO 9 - WORLD CLIMATE & ENERGY EVENT, 2009, Rio de Janeiro. p.185-190.

Querino, L. A. L.; Silva, V. M. M. F; Santos, C. A. C. Atuação da operação carro-pipa em municípios do semiárido paraibano. II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (II WIASB). 2015.

RODRÍGUEZ, Ana Cristina Machado. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados na Análise da Legislação Ambiental no Município de São Sebastião (Sp). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. p. 6. 2005. Dissertação de Mestrado.

RODRIGUES, L.A.; CUNHA, D.A.; BRITO, L.M.; PIRES, M.V. Pobreza, crescimento econômico e degradação ambiental no meio urbano brasileiro. Revista Iberoamericana de Economia Ecológica, v.26, p.11-24, 2016.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: <<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/artigos/ArtigoAmbienteGeotecnologias.pdf>> Acesso em: Mai. 2013.

RAFFO, J. G.G. Técnicas de Localização e Georreferenciamento. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Geografia: Práticas de Campo e de Laboratório**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 255-270.

ROSS, J. L. S. Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p.17-29, 1992.

RIBOT, J.C.; NAJAM, A.; WATSON, G. Climate variation, vulnerability and sustainable development in the semi-arid tropics. In: (Eds.) RIBOT, J.C.; MAGALHÃES, A.R.; PANAGIDES, S. S. Climate Variability, Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-Arid Tropics. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova Iorque, 1996, p. 13-54.

ROCHA, G. C. (ORG.). Gestão ambiental em municípios: riscos e impactos ambientais. Curso de especialização em Gestão Ambiental em Municípios. Apostila. UFJF. 2002.

Rocha, G. C.; FERNANDES, B. J. Educação Sobre Riscos Ambientais: Uma Proposta

Metodológica. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2007.

ROCHA, G. C. Avaliação e mapeamento de riscos ambientais em Minas Gerais. Juiz de Fora. UFJF. 2006 (no prelo).

ROCHA, A. S.; COUTO, V. A. Integração industrial: melhor para quem? Dois casos do complexo leite/laticínios. Revista Conjunturas e Planejamento. Salvador. n.102, p.15-20, Nov 2002.

SÁ Talita Freitas Filgueira; COSTA FILHO Jose Ferreira; FRANCISCO Paulo Roberto Megna; JÚNIOR, Joel Martins Braga. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) PARA A GESTÃO AMBIENTAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. Recife - PE, Julho de 2010 p. 001 – 004.

SANTOS, D. R. **Automação da resseção espacial de imagens com uso de hipóteses de rodovias como apoio de campo derivadas do sistema de varredura laser**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTOS, J. O. Relações entre Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social na Susceptibilidade aos Riscos. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.

SANTOS, Laércio Leal dos. Quantificação do escoamento superficial e erosão do solo em regiões semiáridas. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 2. n.1, jan/abril 2009, pp. 14 – 25.

SAMPAIO, E. V. S. B; ARAÚJO, M. S. B. Desertificação no Nordeste do Brasil. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Anais do..., 2005.

SILVA, João Luiz. POTENCIALIDADES DA CAATINGA. Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos, Perú 2013. Encuentro de Geógrafos da América Latina (EGAL).

SILVA, M. J. 2011. Dinâmica da Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Açude Soledade. PB. Um Estudo temporal (1990-2010). 97 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande.

Silva, G.J.F.; Almeida, N.V. Degradação Ambiental no município de Parari-PB: uma análise por meio de sensoriamento remoto. Revista eletrônica do programa de pós graduação em geografia, v.10, n.2, p.140-164, 2015.

SAUTIER, D. Perspectivas para um desenvolvimento sustentável na região semiárida do Nordeste a partir da implantação de agroindústrias leiteiras. In: ENCONTRO DE VETERINÁRIA, 5. 2000, Aracaju. Resumos... Aracaju: ENCONVET, 2000. p. 1-11.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. Rio Claro (SP): Geografia, v. 36, n. 1, p. 193-205, 2011.

Teodoro, Valter Luiz Iost; Teixeira, Denilson; Costa, Daniel Jadyr Leite; Fuller, Beatriz Buda. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. REVISTA UNIARA, n.20, 2007.

TOUTIN, T.; GRAY, A. L. State-of-the-art of extraction of elevation data using satellite SAR data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 55, n. 1, p. 13-33, 2000.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres naturais: conhecer para prevenir. Lídia K. Tominaga, Jair Santoro, Rosângela do Amaral (Orgs.). São Paulo: Instituto Geológico, 2009, 196p.

THOMAZ, C; COSTA, C. et al.. Análise da Degradação da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13. 2009. pp.961-974.

TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; CHRISTENSEN, L. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proc Natl Acad Sci, Washington, p.8074-8079, 2003a.

TURNER, B. L. et al. Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. Proc Natl Acad Sci, Washington, p.8080-8085, 2003b.

THOMAZ, C; COSTA, C. et al.. Análise da Degradação da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13. 2009. pp.961-974.

VEYRET, Yvette & RICHEMOND, Nancy Meschinet. Definições e vulnerabilidades do risco. In: VEYRET, Yvette (org.) Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007b. p. 25-46.

WATTS, A. C.; AMBROSIA, V. G.; HINKLEY, E. A. Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use, Remote Sensing 4, p. 1671-1692, 2012.

WEHBE, M. et al. Social Methods for Assessing Agricultural Producers: Vulnerability to Climate Variability and Change Based on the Notion of Sustainability. AIACC Working Paper n. 19, 2005.

WORD VISION (2004). Manual de Manejo de Cuencas. 2ª Edición. Coordinador General: Ing. Carlos Gómez. Visión Mundial El Salvador. San Salvador. 2004. 154p

8. ANEXOS

8.1 Modelo de Questionário

Município de Taperoá – Paraíba.

Dados de Identificação

Número do questionário:

Nome da propriedade:

Localidade:

Nome do produtor:

Propriedade: Própria () Arrendada () Empregado () Morador ()

A. Fator Social

a) Variável Demográfica

1.1. Número total de pessoas na família _____ sexo masculino _____ sexo feminino _____

1.2. Número total de pessoas economicamente ativa na família ____ sexo masculino ____ sexo feminino ____

1.3. Faixa etária 0-7 __ 8-14 __ 15-18 __ 19-25 ____ 26-35 ____ 36-45 __ 46-45 __ >65 _____

1.4. Escolaridade até a 4ª série () até a 8ª série () ensino médio incompleto () ensino médio completo ()

Analfabeto () superior incompleto () superior completo () escolaridade do produtor

1.5. Residência do produtor casa rural () cidade () distrito () capital ()

1.6. Área da propriedade _____

1.7. Número de famílias/pessoas na propriedade _____

1.8. Mortalidade

número _____ idades _____ sexo _____ causas _____

anos _____ número _____ idades _____ sexo _____

causas _____ anos _____

b) Variável Habitação

2.1. Tipo de habitação: taipa em mau estado () bom estado () alvenaria em mau estado () bom estado ()

2.2. Fogão lenha/carvão () lenha/carvão + gás () gás () elétrico ()

2.3. Água consumida: potável filtro (F), poço tubular (PT) ou encanada (E) () não potável ()

2.4. Esgotos: rede de esgotos () fossa () eliminação livre ()

2.5. Eliminação de lixo: coleta () enterra ou queima () livre ()

2.6. Eliminação de embalagens de agrotóxicos: comercialização com as próprias firmas ()

devolução aos revendedores () reutilização () colocada em fossa especial () queimada () reaproveitada para outros fins ou deixada em qualquer lugar ()

2.7. Tipo de piso: chão batido () tijolo () cimento () cerâmica ()

2.8. Tipo de teto: palha () telha cerâmica () outros ()

2.9. Energia: não tem () elétrica monofásica () elétrica bifase () elétrica trifásica () solar () eólica ()

2.10. Geladeira: tem () não tem ()

2.11. Televisão tem () não tem () Antena Parabólica: Sim () Não: ()

2.12. DVD tem () não tem ()

2.13. Rádio: tem () não tem ()

2.14. Periódicos: tem () não tem () Qual

(is) _____

2.15. Equipamentos de informática: Sim () Não () Qual (is)

c) Variável Consumo de Alimentos

3.1. Consumo de leite em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.2. Consumo de carne bovina em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.3. Consumo de carne caprina/ovina em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

()

3.4. Consumo de carne de porco em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.5. Consumo de legumes em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.6. Consumo de verduras em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.7. Consumo de frutas em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.8. Consumo de batata-doce em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.9. Consumo de ovos em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.10. Consumo de café em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.11. Consumo de massas em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.12. Consumo de feijão em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.13. Consumo de aves (guiné, galinha, peru, pato) em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias ()

() 5 dias ()

3.14. Consumo de peixe em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.15. Consumo de caça em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.16. Consumo de derivados do milho (cuscutz, angu, polenta, mugunzá) em dias da semana: 1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

3.17. Consumo de farinha de mandioca em dias da semana:
1 dia () 2 dias () 3 dias () 4 dias () 5 dias ()

d) Variável Participação em Organização

4.1 Pertence: sim () não () qual _____

e) Variável Salubridade Rural

5.1. Infestação de nematóides: inexistente () baixa () média () alta ()

5.2. Infestação de cupins: inexistente () baixa () média () alta ()

5.3. Infestação de formigas: inexistente () baixa () média () alta ()

5.4. Infestação de doenças vegetais: inexistente () baixa () média () alta () qual (is)

5.5. Infestação de vermes/carrapato nos animais: inexistente baixa ___ média ___ alta ___

5.6. Infestação de mosca do chifre: inexistente ___ baixa ___ média ___ alta ___

5.7. Infestação de doenças nos animais: inexistente () baixa () média () alta () qual
(is) ___

5.8. Surtos de febre aftosa: sim () não ()

5.9. Infestação de doenças nas pessoas: inexistente () baixa () média () alta () qual (is)

5.10. Infestação de piolhos/fungos nas pessoas: inexistente () baixa () média () alta () qual
(is) ___

5.11. Combate às pragas domésticas sim () não () qual (is) _____

5.12. Infestação por cólera: sim () não () quantas pessoas infectadas _____ mortes
sim () não
() _____ Quando (em que período?) _____

5.13. Infestação por dengue: sim () não () quantas pessoas infectadas _____ mortes
sim () não () Quando (em que período?) _____

B. Fator Econômico

a) Variável Produção Vegetal

6.1. Cultivo _____ produção _____ área _____ produtividade _____

6.2. Cultivo _____ produção _____ área _____ produtividade _____

6.3. Cultivo _____ produção _____ área _____ produtividade _____

6.4. Cultivo _____ produção _____ área _____ produtividade _____

6.5. Cultivo _____ produção _____ área _____ produtividade _____

6.6. Cultivo _____ produção _____ área _____ produtividade _____

6.7. Área de pastejo: não tem () abandonada () conservada ()

6.8. Florestamento/mata nativa não tem () <25% da área () 25% da área () > 25% da área ()

b) Variável Animais de Trabalho

7.1. Bois: tem () não tem ()

7.2. Cavalos: tem () não tem ()

7.3. Muares: tem () não tem ()

7.4. Jumentos: tem () não tem ()

c) Variável Animais de Produção

8.1. Garrotes: tem () não tem ()

8.2. Vacas: tem () não tem ()

8.3. Aves: tem () não tem ()

8.4. Bodes / carneiros: tem () não tem ()

8.5. Ovelhas: tem () não tem ()

8.6. Cabras: tem () não tem ()

8.7. Porcos: tem () não tem ()

8.8. Peixes: tem () não tem ()

d) Variável Verticalização

9.1 Matéria prima processada/melhorada na propriedade: sim _____ qual fonte _____

9.2 Matéria prima processada/melhorada na propriedade: sim _____ qual fonte _____

9.3 Matéria prima processada/melhorada na propriedade: sim ___ qual ___ fonte _____

e) Variável Comercialização, Crédito e Rendimento

10.1 Venda da produção agrícola: não faz () atravessador () varejista () cooperativa ()

Agroindústria () consumidor ()

10.2 Venda da produção pecuária: não faz () atravessador () varejista () cooperativa ()

Agroindústria () consumidor ()

10.3 Venda da produção verticalizada: não faz () atravessador () varejista () cooperativa ()

Agroindústria () consumidor ()

10.4 Fonte principal de crédito: não tem () agiota () banco particular () cooperativa ()
banco oficial ()

10.5 Renda bruta aproximada da propriedade por ano (R\$) _____

10.6 Outras rendas (R\$) _____ Qual (is) _____

10.7 Renda total(R\$)

C. Fator Tecnológico

a) Variável Tecnologia

11.1 Área da propriedade (ha): <50 (aproveitamento de até 50%) () <50 (aproveitamento
>50%) ()

51-100 (aproveitamento de até 50%) () 51-100 (aproveitamento
>50%) ()

101-200 (aproveitamento de até 50%) () 101-200 (aproveitamento
>50%) ()

11.2 Tipo de posse: proprietário () arrendatário () meeiro () ocupante ()

11.3 Uso de Biocidas (veneno caseiro): regular () ocasional () não usa () controle biológico ()

11.4 Uso de adubação/calagem: regular () ocasional () não usa () adubação orgânica ()

11.5 Tração das ferramentas: máquina () manual () animal ()

11.6 Uso do solo: em declive () em nível ()

11.7 Práticas de conservação: não usa () usa ()
quais _____

11.8 Conflitos ambientais: sim ()
quais _____
não ()

11.9 Irrigação: regular () ocasional () não usa ()

11.10 Assistência técnica: regular () ocasional () não tem ()

quem? _____

11.11 Exploração da terra: intensiva irracional () extensiva irracional () racional ()

11.12 Capacitação para exploração: instituições governamentais e/ou ONG () técnicos particulares () sozinho () não faz ()
quais _____

11.13 Sabe executar obras de contenção: sim () quais _____ não
()

b) Variável Máquinas e Verticalização

12.1 Possui máquinas agrícolas e/ou implementos: nenhum () alguns () principais () todos ()

12.2 Possui equipamentos adequados para transformação de matéria prima: sim () não ()

D. Fator Susceptibilidade às Estiagens

a) Variável Recursos Hídricos

13.1 Armazenamento de água: não faz () caixa d'água () cisternas () barreiros () açudes (2 anos sem secar) () açudes (+ de 2 anos sem secar) () outras opções de armazenamento – qual(is) _____

13.2 Água armazenada seca nas pequenas estiagens: sim () não ()

13.3 Captação de água das chuvas (telhado): não faz () faz ()

13.4 Fonte de água: não possui () cacimba () poço amazonas () poço tubular ()
outras _____

13.5 Fonte de água seca nas pequenas estiagens: sim () não ()

13.6 Periodicidade da oferta hídrica dos reservatórios e fontes: temporária () permanente ()

13.7 Água das fontes permite abastecimento humano todo o ano: sim () não ()

13.8 Água das fontes permite abastecimento animal todo o ano: sim () não ()

13.9 Água das fontes permite irrigação todo o ano: sim () não ()

13.10 Forma de abastecimento domiciliar: lata () animais () carros pipa () encanada ()

13.11 Racionamento: não faz () faz durante as estiagens () faz permanentemente ()

13.12 Aproveitamento das águas residuais: não () sim ()
como_

13.13 Observação de alguma fonte/barragem que não secava e passou a secar: sim () não ()
qual(is)

b) Variável Produção

14.1 Orientação técnica para as secas: tem () não tem ()

14.2 Pecuária: não explora () explora raças não adaptadas () explora raças adaptadas ()

14.3 Agricultura de sequeiro: não faz () faz sempre () faz com chuvas suficiente ()

14.4 Cultivo de vazantes: não faz () faz ocasionalmente () faz sempre () Qual (is)
Espécies _____

14.5 Irrigação: não faz () faz ocasionalmente () faz sempre () Qual (is) Espécies
_____ Método de
irrigação _____

c) Variável Manejo da Caatinga

15.1 não faz () faz ocasionalmente () faz sempre ()
Como _____

--

d) Variável Exploração de Espécies Nativas

16.1 faz sem replantio () não faz () faz com replantio ()

Espécies/Finalidades _____

e) Variável Armazenamento

17.1 Alimentação humana: não faz () faz (estoque para um ano) () faz (para mais de um ano) ()

Forma de estocar _____

17.2 Armazenamento da alimentação animal: não faz () faz (estoque para um ano) () faz (para mais de um ano) () Forma de estocar

f) Variável Redução do Rebanho

18.1 não faz () faz antes das estiagens () faz durante as estiagens ()

Critérios de descarte _____

g) Variável Observação das Previsões De Chuvas

19.1 não faz () faz pela experiência () faz por instituições ()

Quais instituições?

h)Variável Ocupação nas Estiagens

20.1 Abandona a terra () Recorre a frentes de emergência () Presta serviços a outros produtores ()

Se mantém na atividade ()

j)Variável Educação

21.1 Disciplinas contextuais no ensino básico: não possui () até o quinto ano () do sexto ao nono ano () em todas () Qual (is) _____

21.2 Disciplinas contextuais no ensino médio: não possui () possui incompleto () possui completo ()

l)Variável Administração Rural

22.1 Planejamento da produção: não faz () faz empiricamente () acompanhamento técnico ()

22.2 Oferta contínua dos produtos: não () sim () por que _____
não comercializa () comercializa o excedente () produz para comercialização ()

22.3 Fontes de renda: exclusivamente da propriedade () outras ()

Histórico das Secas

23.1 Secas acontecidas: ano _____ duração _____ (meses)
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

23.2 Secas acontecidas: ano _____ duração _____ (meses)
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

23.3 Secas acontecidas: ano _____ duração _____ (meses)
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

Sugestões para a problemática "seca"

24.1 A família reside a quantos anos? _____

24.2 Quantas pessoas da família deixaram a propriedade nos últimos anos? _____

a dois anos () a quatro anos () a seis anos () a oito anos () a dez anos () ou mais ()

24.3 Quantas pessoas da família regressaram e se fixaram? _____

24.4 Quantas famílias regressaram e se fixaram na: própria propriedade () em outra propriedade ()

24.5 Destino dos que saíram: zona urbana do município () outras localidades na Paraíba ()

outros Estados ()

Exploração de Minérios

Sim () Tipo: _____ Qual(is) minérios: _____ Não
explora ()

8.1.2 Valores atribuídos a cada variável no cálculo das vulnerabilidades.

Fator Vulnerabilidade Social															
a) Variável demografia															
Item	Opção		Opção		Opção		Opção		Opção		Opção		Opção		Opção
1.1	= 7	07	< 7	06	< 6	05	< 5	04	< 4	03	< 3	02	< 2	01	
1.2	1 pessoa	03	2 pessoas	02	> 2 pessoas	01									
1.3	< 14	05	> 65	04	15-18	03	19-25	02	26-64	01					
1.4	Analfabeto	08	Até 4ª	07	Até 8ª	06	Médio inc.	05	Médio com.	04	Sup. Inc.	03	Sup. Com.	02	Pós-grad.
1.5	Capital	04	Cidade	03	Distrito	02	Rural	1							
b) Variável habitação															
2.1	Taipa (m)	04	Alvenaria (m)	03	Taipa (b)	02	Alvenaria (b)	01							
2.2	Len/car	04	Len/car/gás	03	Gás	02	Elétrico	01							
2.3	Não potável	02	Potável	01											
2.4	Elim. livre	03	Fossa	02	Rede esgoto	01									
2.5	Livre	03	Ent/quei.	02	Coleta	01									
2.6	Reaproveita	06	Queima	05	Reutiliza	04	Fossa	03	Devolução	02	Comerc.	01			
2.7	Chão bat.	03	Cimento	02	Cerâmica	01									
2.8	Palha	02	T/Cerâmica	01											
2.9	Não tem	06	Monofásica	05	Bifásica	04	Trifásica	03	Solar	02	Eólica	01			
2.10	Não tem	02	Tem	01											
2.11	Não tem	02	Tem	01											
2.12	Não tem	02	Tem	01											
2.13	Não tem	02	Tem	01											
2.14	Não tem	02	Tem	01											
c) Variável consumo de alimentos															
3.1	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.2	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.4	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.5	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.6	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.7	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.8	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.9	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.10	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.11	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.12	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.13	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.14	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.15	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.16	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
3.17	1	07	2	06	3	05	4	04	5	03	6	02	7	01	
d) Variável participação em organização															
4.1	Não	02	Sim	01											

e) Variável salubridade rural													
5.1	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.2	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.3	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.4	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.5	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.6	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.7	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.8	Sim	02	Não	01									
5.9	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.10	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
5.11	Alta	04	Média	03	Baixa	02	Inexistente	01					
Fator Vulnerabilidade Econômica													
a) Variável produção vegetal													
6.1	Baixa	03	Média	02	Alta	01							
6.2	Baixa	03	Média	02	Alta	01							
6.3	Baixa	03	Média	02	Alta	01							
6.7	Não tem	03	Abandonada	02	Conservada	01							
6.8	Não tem	03	< 25%	02	> 25 %	01							
b) Variável animais de trabalho													
7.1	Não tem	02	Tem	01									
7.2	Não tem	02	Tem	01									
7.3	Não tem	02	Tem	01									
7.4	Não tem	02	Tem	01									
c) Variável animais de produção													
8.1	Não tem	02	Tem	01									
8.2	Não tem	02	Tem	01									
8.3	Não tem	02	Tem	01									
8.4	Não tem	02	Tem	01									
8.5	Não tem	02	Tem	01									
8.6	Não tem	02	Tem	01									
8.7	Não tem	02	Tem	01									
8.7	Não tem	02	Tem	01									
8.8	Não tem	02	Tem	01									
d) Variável verticalização													
9.1	Não	02	tem	01									
e) Variável comercialização, crédito e rendimento													
10.1	Não faz	06	Atravessador	05	Varejista	04	Coop.	03	Agro-indústria	02	Consumidor	01	
10.2	Não faz	06	Atravessador	05	Varejista	04	Coop.	03	Agro-indústria	02	Consumidor	01	
10.3	Não faz	06	Atravessador	05	Varejista	04	Coop.	03	Agro-indústria	02	Consumidor	01	
10.4	Agiota	05	Não tem	04	Particular	03	Coop.	02	Banco oficial	01			
10.5	< 10 Sal.	04	11-30	03	31-60	02	> 61	01					
10.6	Não tem	02	Tem	01									
10.7	< 10 Sal.	04	11-30	03	31-60	02	> 61	01					

Fator Vulnerabilidade Tecnológica														
a) Variável tecnológica														
11.1	a	06	b	05	c	04	d	03	e	02	f	01		
11.2	Ocupa	04	Meeiro	03	Arrendatário	02	Proprietário	01						
11.3	Regular	04	Ocasional	03	Não usa	02	Biológico	01						
11.4	Não usa	04	Ocasional	03	Regular	02	Orgânico	01						
11.5	Manual	03	Animal	02	Mecânico	01								
11.6	Declive	02	Nível	01										
11.7	Não usa	02	Usa	01										
11.8	Sim	02	Não	01										
11.9	Não usa	03	Ocasional	02	Regular	01								
11.10	Não usa	03	Ocasional	02	Regular	01								
11.11	Int. Irrac.	03	Ext. Irrac.	02	Racional	01								
11.12	Não faz	04	Sozinho	03	Particular	02	Gov./Org.	01						
11.13	Não	02	Sim	01										
b) Variável máquinas e verticalização														
12.1	Nenhum	04	Algumas	03	Principais	02	Todas	01						
12.2	Não	02	Sim	01										
Fator Vulnerabilidade às Secas														
a) Variável recursos hídricos														
13.1	Não faz	06	Cx. d'água	05	Cisternas	04	Barreiros	03	Açude (2 anos sem secar)	02	Açudes (+2 anos)	01		
13.2	Sim	02	Não	01										
13.3	Não Faz	02	Faz	01										
13.4	Não possui	04	Cacimba	03	Poço amazonas	02	Poço tubular	01						
13.5	Sim	02	Não	01										
13.6	Temporário	02	Permanente	01										
13.7	Não	02	Sim	01										
13.8	Não	02	Sim	01										
13.9	Não	02	Sim	01										
13.10	Lata	04	Animais	03	Carro pipa	02	Encanada	01						
13.11	Não faz	03	Na estiagem	02	Permanente	01								
13.12	Não	02	Sim	01										
13.13	Sim	02	Não	01										
b) Variável produção														
14.1	Não tem	02	Tem	01										
14.2	Não	03	Exp.ñ.adap.	02	Exp. Adap.	01								
14.3	Não faz	03	Sempre	02	Com chuva	01								
14.4	Não faz	03	Ocasional	02	Sempre	01								
14.5	Não faz	03	Ocasional	02	Sempre	01								
c) Variável manejo da Caatinga														
15.1	Não faz	03	Ocasional	02	Sempre	01								
d) Variável exploração de espécies nativas														
16.1	Não faz	03	Faz s/ rep.	02	Faz c/ rep.	01								

e) Variável armazenamento													
17.1	Não faz	03	Faz (1ano)	02	Faz(+1ano)	01							
17.2	Não faz	03	Faz (1ano)	02	Faz(+1ano)	01							
f) Variável redução do rebanho													
18.1	Não faz	03	Durante	02	Faz antes	01							
g) Variável observação das previsões de chuvas													
19.1	Não faz	03	Experiência	02	Instituições	01							
h) Variável ocupação nas estiagens													
20.1	Abandona	04	Frentes	03	Prest. Serv.	02	Se mantém	01					
i) Variável educação													
21.1	Não possui	02	Possui	01									
21.2	Não possui	02	Possui	01									
j) Variável administração rural													
22.1	Não faz	03	Empiric.	02	Acompanham.	01							
22.2	Não	02	Sim	01									
22.3	Não	03	Excedente.	02	Comercializa	01							
22.4	Exclusiva	02	Outras	01									
l) Variável histórico das secas													
23.1	Sim	02	Não	01									
m) Variável residência													
24.1	< 10 anos	03	11-20 anos	02	> 21	01							

8.2 Relação dos Agentes de Saúde

Agente Comunitário	Nº de Famílias
José Ivanildo de Souza	32
Inácio Feliz de Lima	75
Rosenildo Barbosa de Oliveira	137
José Rodrigues de Lima	108
Vera Lucia Campus	58
Rosangela Neves Diniz	133
Monica Julião de Farias	123
José Davi Silvestre	83
Rosenete Farias Angelina	64
Maria Lucia Rodrigues	88
Sebastiana de Oliveira Nunes	98
Maria de Fátima Silva Costa	91
Edilma de Souza Bezerra	79
Alcina Alves de Oliveira	88
Maria do Socorro Vieira Andrade Silva	76
Maria da Paz Oliveira	58
TOTAL	1.391