



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**USO DE DADOS DE SENSORES REMOTOS NA ANÁLISE DAS
ALTERAÇÕES TEMPORAIS NO USO E COBERTURA DA TERRA
NA LAGOA DE ITAPARICA, BAHIA, BRASIL**

SIVAL RIBEIRO DE SENA

Salvador-Bahia
Março de 2021

SIVAL RIBEIRO DE SENA

**USO DE DADOS DE SENSORES REMOTOS NA ANÁLISE DAS
ALTERAÇÕES TEMPORAIS NO USO E COBERTURA DA TERRA
NA LAGOA DE ITAPARICA, BAHIA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito de aprovação do Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Santana Santos.
Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Yvonilde Dantas Pinto Medeiros.

Salvador-Bahia
Março de 2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Ciências e Tecnologias
Prof. Omar Catunda, SIBI – UFBA.

S474 Sena, Sival Ribeiro

Uso de dados de sensores remotos na análise das alterações temporais no uso e cobertura da terra na Lagoa de Itaparica /Sena, Sival Ribeiro. - Bahia, Brasil, 2021.

148 f.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Santana Santos

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a Yvonilde Dantas Pinto Medeiros.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2021.

1. Meio Ambiente. 2. Impacto Ambiental. 3. Hidrologia. I. Santos, Pablo Santana. II. Medeiros, Yvonilde Dantas Pinto.

III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título

CDU 502.1

TERMO DE APROVAÇÃO

USO DE DADOS DE SENSORES REMOTOS NA ANÁLISE DAS
ALTERAÇÕES TEMPORAIS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA
LAGOA DE ITAPARICA, BAHIA, BRASIL

SIVAL RIBEIRO DE SENA

BANCA EXAMINADORA

Prof. Pablo Santana Santos (Orientador)
Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFBA)

Profa Yvonilde Dantas Pinto Medeiros (Co-Orientadora)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Prof. Antonio Puentes Torres
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Prof. Danilo Heitor Caires Tinoco Bisneto Melo
Universidade Federal da Bahia (UFBA)



Prof. Vinícius de Amorim Silva
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

Aprovada em Sessão Pública de 31 de março de 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL BAHIA

SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO, ADMINISTRAÇÃO

FOLHA DE ASSINATURAS

E CONTRATOS

Emitido em 31/03/2021

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO DO PROJETO No 6/2021 - POSGEO (12.01.14.13)
(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado eletronicamente em 06/04/2021 17:01)

YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
284762

(Assinado eletronicamente em 06/04/2021 12:28)

ANTONIO PUENTES TORRES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
1444401

(Assinado eletronicamente em 06/04/2021 22:10)

PABLO SANTANA SANTOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
2541720

(Assinado eletronicamente em 06/04/2021 14:38)

**DANILO HEITOR CAIRES TINOCO BISNETO
MELO**
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
1753402

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufba.br/documentos/> informando seu número: **6**, ano: **2021**, tipo: **DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO DO PROJETO**, data de emissão: **06/04/2021** e o código de verificação: **b12b76103c**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido chegar a mais uma conquista, a qual pareceu muitas vezes inalcançável ou até mesmo inacessível. Não por falta de capacidade ou força de vontade e sim pela falta de oportunidades que é característica de um mundo tão desigual. Agradeço o apoio e a torcida incondicionais da minha família e por se sentirem sempre representadas com minhas conquistas. À minha noiva, Crislane Soares, obrigado pelo apoio e companheirismo.

Por falar em oportunidades, eu jamais poderia ter chegado até aqui sem o apoio e acolhimento dos Professores Carlos Henrique Medeiros e Yvonilde Medeiros. Aos dois, os meus eternos agradecimentos e gratidão pelas infinitas oportunidades, por estarem sempre tão presente contribuindo com as minhas conquistas, por ter me guiado sempre pelo caminho correto, justo e verdadeiro.

Obrigado ao meu filho Davi Luís, que apesar de tão pequeno pareceu sempre entender as minhas justificativas quando não podia estar presente. Obrigado por ter me trazido mais responsabilidade e maturidade e por ter dado mais sentido à minha vida.

Obrigado ao meu orientador, Pablo Santana Santos, pelo profissionalismo, pela paciência e as importantes contribuições. Estendo esses agradecimentos à minha Co - Orientadora, Yvonilde Dantas Pintos Medeiros, pela dedicação e contribuição.

O meu muito obrigado a todos os professores do Curso de Geografia do Instituto de Geociências e funcionários da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia, pelos ensinamentos e por se colocarem sempre à disposição.

Sou grato à Universidade Federal da Bahia e aos seus programas de apoio estudantil por contribuírem com a minha permanência e a de outros tantos estudantes vulneráveis socialmente. Sou grato também aos Programas de concessões de Bolsas de Mestrado como os da Capes, CNPQ e outros, e que a continuidade dos mesmos seja garantida.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar as alterações ambientais na área da de influência da Lagoa de Itaparica em função das mudanças temporais no Uso e Cobertura da Terra. A Lagoa de Itaparica é a maior e mais importante lagoa marginal da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Ela é um importante berçário natural para a reprodução de diversas espécies, principalmente de peixes e aves migratórias. Entretanto, nos últimos anos a referida lagoa vem apresentando grande instabilidade no seu regime hídrico, o qual tem se agravado em períodos de estiagem. Ao mesmo tempo os problemas ambientais têm sido potencializados em função do desenvolvimento de atividades não sustentáveis como o desmatamento e queimadas, a extração de areia, de rochas, ouro, diamante e cristais. O presente estudo foi concretizado em duas etapas: Utilizando dados de sensores remotos dos satélites Landsat 1,2, 5 e 8 a primeira etapa foi pautada na análise temporal das modificações no Uso e Cobertura da Terra para o período compreendido entre 1975 e 2018 considerando 09 períodos de observação e intervalos de 5 e 7 anos. A partir da década de 1970 os dados de sensores remotos passaram a ser disponibilizados gratuitamente pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e por outras agências espaciais, a exemplo da NASA. A segunda etapa foi voltada para a análise da Vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos. A análise histórica do Uso e Cobertura da Terra demonstrou que entre 1975 e 2018 houve uma supressão de 53% da Savana Estépica Arborizada e 66% do tipo Savana Estépica Florestada, em detrimento disso houve a expansão das classes representadas por Áreas Degradadas e Pastagem. No resultado do mapeamento da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos as áreas classificadas como de Média, Alta e Muito Alta Vulnerabilidade foram de, respectivamente 26,78%, 20,14% e 9,12%. Além disso, o estudo demonstrou uma piora nas condições hídricas da Lagoa de Itaparica, materializada pelo decréscimo abrupto da área ocupada pelo seu espelho d'água e dos corpos hídricos na área da bacia hidrográfica como um todo.

Palavras-chaves: Landsat, Lagoas Marginais, Regime Hidrológico, Dados de Sensores Remotos, Impactos Ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the environmental changes in the area of influence of the Itaparica Lagoon due to the temporal changes in Land Use and Coverage. The Itaparica Lagoon is the largest and most important marginal lagoon in the São Francisco River Basin. It is an important natural nursery for the reproduction of several species, mainly of migratory fish and birds. However, in recent years, the aforementioned lagoon has shown great instability in its water regime, which has worsened in periods of drought. At the same time, environmental problems have been increased due to the development of unsustainable activities such as deforestation and burning, the extraction of sand, rocks, gold, diamonds and crystals. The present study was carried out in two stages: Using data from remote sensors of the Landsat satellites 1,2, 5 and 8 the first stage was based on the temporal analysis of changes in Land Use and Coverage for the period between 1975 and 2018 considering 09 observation periods and intervals of 5 and 7 years. From the 1970s on, remote sensor data became available for free by the Institute for Space Research (INPE) and other space agencies, such as NASA. The second stage was devoted to the analysis of Vulnerability to Erosion and Loss of Soils. The historical analysis of Land Use and Coverage showed that between 1975 and 2018 there was a suppression of 53% of the Savanna Estépica Arborizada and 66% of the Savana Estépica Florestada, to the detriment of this there was the expansion of the classes represented by Degraded Areas and Pasture. As a result of mapping the vulnerability to erosion and soil loss, the areas classified as Medium, High and Very High Vulnerability were 26.78%, 20.14% and 9.12%, respectively. In addition, the study showed a worsening of the water conditions in the Itaparica Lagoon, materialized by the abrupt decrease in the area occupied by its water mirror and the water bodies in the area of the hydrographic basin as a whole.

Keywords: Landsat, Marginal Lagoons, Hydrological Regime, Remote Sensor Data, Environmental Impacts.

LISTA DE SIGLAS

ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica
ANA - Agência Nacional de Águas
CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CIBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação
FIT - Frente Intertropical
IBF - Instituto Brasileiro de Florestas
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEMA - Instituto do Meio Ambiente E Recursos Hídricos
INEMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MAPBIOMA - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil
MDE - Modelo Digital de Elevação
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME- Ministério de Minas e Energia
NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
NDVI - Índice de Vegetação com Diferença Normalizada
NEB - Nordeste brasileiro
RADAMBRASIL - Projeto Radar da Amazônia
RPGA - Região de Planejamento e Gestão das Águas
SEI - Superintendência De Estudos Econômicos e Sociais
SIG - Sistema de Informações Geográficas
SINUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TSG - Teoria Geral dos Sistemas
USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Imagens dos satélites Landsat do lago Paranoá de Brasília..... | 36 |
| Figura 2. Precipitações médias e duração do período chuvoso do Brasil. | 50 |
| Figura 3. Mapa de Localização da área de influência da Lagoa de Itaparica..... | 52 |
| Figura 4. Fotografia da planície de inundação da Lagoa de Itaparica..... | 54 |
| Figura 5. Fotografia tirada por ocasião da Lagoa de Itaparica ainda com água..... | 56 |
| Figura 6. Foto publicada na Matéria de Jornal destacando os efeitos da seca de 2017 | 57 |
| Figura 7. Povoados situados a leste da Lagoa de Itaparica..... | 58 |
| Figura 8. Fotografias da entrada do povoado de Santo Inácio em Gentio do Ouro e do mesmo local representando um monumento histórico abandonado. | 58 |
| Figura 9. Exemplos de Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada. | 60 |
| Figura 10. Imagens de um ponto a leste da lagoa e do mesmo local representando um afloramento rochoso..... | 60 |
| Figura 11. Mapa Geologia e Recursos Minerais da área de estudo..... | 61 |
| Figura 12. Tipo de solos observados na área de estudo..... | 63 |
| Figura 13. Distribuição das Intensidades Pluviométricas na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito..... | 72 |
| Figura 14. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em de junho de 1975. | 77 |
| Figura 15. Imagem Landsat-1 de junho de 1975..... | 78 |
| Figura 16. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em de junho de 1979. | 79 |
| Figura 17. Imagem Landsat-2 de maio de 1979..... | 81 |
| Figura 18. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em junho de 1986. | 83 |
| Figura 19. Imagem Landsat-5/TM de maio de 1986..... | 85 |
| Figura 20. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em 1990..... | 87 |
| Figura 21. Imagem Landsat-5/TM de abril de 1990..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em junho de 1997..... | 91 |
| Figura 23. Imagem Landsat-5/TM de Junho de 1997..... | 92 |
| Figura 24. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em Abril de 2002..... | 93 |
| Figura 25. Imagem Landsat5/TM de Abril de 2002. | 94 |
| Figura 26. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em Maio de 2007..... | 97 |
| Figura 27. Imagem Landsat-5/TM de Maio de 2007..... | 98 |
| Figura 28. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em Abril de 2014..... | 101 |
| Figura 29. Imagem Landsat-8/OLI de Abril de 2014..... | 102 |
| Figura 30. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em Maio de 2018. | 104 |
| Figura 31. Imagem Landsat -8/OLI de Maio de 2018. | 105 |
| Figura 32. Distribuição espacial da aptidão agrícola dos solos na Bacia do rio Vereda do Bonito. | 112 |
| Figura 33. Espacialização das áreas com recargas de aquíferos e localização dos pontos da captação de água subterrânea na bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito. | 120 |
| Figura 34. Análise espacial das variáveis Solos e Geologia na área de estudo..... | 128 |
| Figura 35. Análise espacial dos Índices de Dissecação do Relevo..... | 130 |
| Figura 36. Análise espacial da vulnerabilidade associada à declividade na área de estudo. | 131 |
| Figura 37. Espacialização da vulnerabilidade associada à Intensidade Pluviométrica na área de estudo. | 134 |
| Figura 38. Distribuição espacial da vulnerabilidade e erosão e perda de solos na área de estudo. | 135 |

LISTA TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1. Duração do período chuvoso e Intensidades pluviométricas por regiões no Brasil. | 51 |
| Tabela 2. Classes de declividade associada à vulnerabilidade à Erosão e Perda de Solos. | 70 |
| Tabela 3. Classes de vulnerabilidade para Intensidade Pluviométrica..... | 73 |
| Tabela 4. Valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de Uso e Cobertura da Terra de 2018..... | 73 |
| Tabela 5. Pesos atribuídos a cada plano de informação..... | 74 |
| Tabela 6. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 1975 e 1979. | 76 |
| Tabela 7. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 1986 e 1990. | 82 |
| Tabela 8. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 1997 e 2002. | 89 |
| Tabela 9. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 2007 e 2014. | 95 |
| Tabela 10. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2018. | 103 |
| Tabela 11. População estimada dos distritos e povoados de Gentio do Ouro. | 125 |
| Tabela 12. Classes de vulnerabilidade para intensidades pluviométricas..... | 133 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1. Histórico e características da série de imagens Landsat..... | 48 |
| Quadro 2. Imagens utilizadas no mapeamento histórico do Uso e Cobertura da Terra..... | 48 |
| Quadro 3. Imagens utilizadas..... | 65 |
| Quadro 4. Valores de Vulnerabilidade..... | 68 |
| Quadro 5. Matriz dos índices de dissecação do Relevo desenvolvida por Ross (1992)..... | 71 |
| Quadro 6. Evolução da área plantada e quantidade produzida por tipo de cultura para os municípios de Xique-Xique e Gentio do Ouro. | 106 |
| Quadro 7. Eventos de Estiagens históricas observadas. | 114 |
| Quadro 8. Caracterização das Outorgas de Captação de Água Subterrânea identificadas na área de estudo..... | 121 |
| Quadro 9. Quadro descritivo referente às datas de concessões das outorgas de captação de água subterrânea..... | 122 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1. Dados de produção pecuária de Xique-Xique e Gentio do Ouro entre 1999 e 2017. | 108 |
| Gráfico 2. Análise da produtividade agropecuária dos municípios de Gentio do Ouro e Xique-Xique..... | 109 |
| Gráfico 3. Análise da evolução temporal das principais classes de Uso e Cobertura da Terra..... | 110 |
| Gráfico 4. Representação da distribuição percentual das principais classes de cobertura vegetal em 1975 e 2018..... | 110 |
| Gráfico 5. e Gráfico 6. Análise temporal das precipitações para o período entre 159 a 1984 em Irecê e 1989 a 2014 em Ibipoba /BA. | 113 |
| Gráfico 7. Análise das precipitações Médias por décadas observadas na área de estudo. | 113 |
| Gráfico 8. Série histórica de Vazões Afluentes no Reservatório de Sobradinho. | 115 |
| Gráfico 9. Análise Espacial e Temporal da superfície coberta por água na área de estudo. | 116 |
| Gráfico 10. Análise temporal da presença água e episódios de seca na Lagoa de Itaparica..... | 117 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 20 |
| 1.1 PROBLEMÁTICA | 21 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA | 22 |
| 2. OBJETIVOS | 23 |
| 2.1 GERAL | 23 |
| 2.2 ESPECÍFICOS..... | 23 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 24 |
| 3.1 LAGOAS MARGINAIS E SUA IMPORTÂNCIA SOCIOAMBIENTAL..... | 24 |
| 3.2 PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO..... | 27 |
| 3.3 EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O USO E COBERTURA DA TERRA | 28 |
| 3.4 FATORES DE MODIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA . | 29 |
| 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 32 |
| 4.1 O SENSORIAMENTO REMOTO E AS TÉCNICAS DE GEOROCESAMENTO COMO APOIO À ANÁLISE AMBIENTAL | 32 |
| 4.2 AQUISIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS DADOS DE SENSORES REMOTOS..... | 34 |
| 4.3 USOS E APLICAÇÕES DE DADOS DE SENSORES REMOTOS | 36 |
| 4.4 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS..... | 38 |
| 5. VULNERABILIDADE À EROSÃO E PERDA DE SOLOS | 40 |
| 5.1 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À GEOLOGIA..... | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À PEDOLOGIA..... | 43 |
| 5.3 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À GEOMORFOLOGIA | 44 |
| 5.4 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À PRECIPITAÇÃO | 45 |
| 5.5 VULNERABILIDADE ASSOCIADA AO USO E COBERTURA DA TERRA E VEGETAÇÃO | 46 |
| 6. ASPÉCTOS METODOLÓGICOS..... | 47 |
| 7. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 52 |
| 7.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO | |
| 52 | |
| 7.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO E DA LAGOA DE ITAPARICA | 53 |
| 7.3 ASPECTOS SOCIAIS | 55 |
| 7.4 ASPECTOS AMBIENTAIS | 55 |
| 7.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS | 58 |
| 7.6 FORMAÇÃO VEGETAL..... | 59 |
| 7.7 ASPECTOS GEOLÓGICOS..... | 60 |
| 7.8 ASPECTOS PEDOLÓGICOS | 62 |
| 8. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 63 |
| 8.1 MATERIAIS..... | 64 |
| 8.1.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO | |
| 64 | |
| 8.1.2 MAPEAMENTO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA | 65 |
| 8.1.3 COMPOSIÇÃO COLORIDA..... | 66 |
| 8.1.4 CORREÇÃO GEOMÉTRICA | 66 |

| | |
|---|------------|
| 8.1.5 MOSAICO DE IMAGENS | 66 |
| 8.1.6 CLASSIFICAÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA..... | 67 |
| 8.2 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE A EROSÃO E PERDA DE SOLOS | |
| 67 | |
| 8.2.1 GEOLOGIA | 68 |
| 8.2.2 PEDOLOGIA..... | 69 |
| 8.2.3 DECLIVIDADE..... | 70 |
| 8.2.4 ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO | 70 |
| 8.2.5 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA..... | 72 |
| 8.2.6 VEGETAÇÃO E USO DA TERRA | 73 |
| 9. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 75 |
| 9.1 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1975 E 1979 | 75 |
| 9.2 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1986 e 1990..... | 81 |
| 9.3 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1997 e 2002 | 89 |
| 9.4 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 2007 e 2014..... | 95 |
| 9.5 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE EM 2018..... | 103 |
| 10. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO E PERDA DE SOLOS | 126 |
| 10.1 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO E USO DA TERRA..... | 126 |
| 10.2 ANÁLISE GEOPEDOLÓGICA | 127 |
| 10.3 ANÁLISE DO ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO E DECLIVIDADE | |
| 129 | |
| 10.4 ANÁLISE DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA..... | 133 |

| | |
|---|------------|
| 10.5 ANÁLISE INTEGRADA DA VULNERABILIDADE A EROSÃO E PERDA DE SOLOS | 134 |
| 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 136 |
| 12. RECOMENDAÇÕES | 139 |
| 13. REFERÊNCIAS | 140 |

1. INTRODUÇÃO

Os debates envolvendo os problemas ambientais gerados pela degradação dos recursos naturais se intensificaram nas últimas décadas do século XX. A partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-72) a sociedade passou a discutir uma série de impactos resultante do modelo de exploração capitalista da natureza. Dessa forma vieram à tona as primeiras contradições resultantes da forma como a sociedade vinha se apropriando da natureza. Isso tem contribuído ainda mais para o questionamento a respeito do modelo produtivo vigente e dominante.

O que acontece quando um subsistema (no caso, o econômico) segue crescendo dentro de outro (o planeta terra) com tamanho fixo? Ele bate no teto (LEONARD, 2011, p13). De acordo com Becker (2010), as mudanças de postura em direção ao ambientalismo contemporâneo devem-se, em grande parte, à constatação empírica da ameaça eminente de esgotamento e/ou deterioração dos recursos naturais em escala planetária em face de um processo civilizatório pautado no uso indiscriminado desses recursos.

A degradação dos recursos naturais tem sido interpretada como resultado da forma como o capital tem se apropriado da natureza, devido a sua necessidade de maximização dos lucros em curto prazo. Nesse sentido, Altivater (1995) destaca que o sistema capitalista, associado à produção industrial depende de quantidades cada vez mais crescentes de recursos naturais. Nesse sentido Ross (2011) destaca que:

O avanço técnico e científico e o crescente processo de industrialização, seja nos países ricos, seja nos pobres, nos capitalistas ou nos socialistas, vêm progressivamente interferindo, agredindo e alterando a natureza, em benefício dos interesses imediatos dos homens. (ROSS, 2011, p212).

Essa necessidade tem imposto diferentes padrões tecnológicos de usos e ritmos de exploração da natureza, liberando substâncias tóxicas na atmosfera, nas águas e nos solos. Como resultado disso têm-se agravado os desequilíbrios ambientais e a redução da capacidade de regeneração dos ecossistemas naturais. O crescimento da população mundial vem demandando cada vez mais recursos naturais, matérias primas e energia. Neste contexto, o desenvolvimento sustentável surge como um modelo mundial de exploração a ser seguido. É importante destacar que o conceito de sustentabilidade não abarca somente as dimensões ambientais,

mas também social econômica e cultural. Com relação a essa dimensão:

Na Conferência do Rio (ECO-92), planejada para discutir “Desenvolvimento Sustentável”, evoluiu para o tema “Meio Ambiente e Desenvolvimento”, por que não adianta discutir desenvolvimento sustentável sem a dimensão social do problema (LEITE, 1995, p.34).

Na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco as lagoas marginais são importantes berçários ecológicos. De acordo com Araújo (2007), esses ecossistemas vêm sendo bastante impactados pelas ações antrópicas, a exemplo da construção de barramentos, da canalização dos rios e do desmatamento. Essas ações têm comprometido a existência das planícies de inundações onde se encontram as lagoas, trazendo consequências diretas à reprodução de espécies de aves e peixes.

Localizada na sua margem direita, na região fisiográfica do Médio São Francisco, a Lagoa de Itaparica é a mais importante lagoa marginal do rio São Francisco (CBHSF, 2017). Essa lagoa, assim como tantas outras, desempenha funções ecossistêmicas e sociais importantes, servindo como lugar de reprodução de peixes, aves migratórias, de dessedentação animais, de pesca de lazer das comunidades.

As modificações nos padrões de Uso e Cobertura da Terra no entorno dessas lagoas têm gerado o comprometimento do seu regime hidrológico e da sua biodiversidade. As alterações ambientais na área de influência da Lagoa de Itaparica têm comprometido o sustento e o lazer das comunidades que ali vivem. Os ecossistemas compostos pelas lagoas marginais mantem um processo intenso de trocas de matéria e energia com os rios. Diante disso, o conhecimento a respeito do Uso e Cobertura da Terra no entorno dessas lagoas é importante, visto que os problemas evidenciados na bacia hidrográfica do rio São Francisco vão além daquilo que se observa na calha principal do rio.

1.1 PROBLEMÁTICA

De acordo com Junk (1993), entre as áreas úmidas mais ameaçadas da América do Sul destacam-se justamente as planícies de inundações costeiras e continentais. As planícies de inundação da América do Sul Tropical podem ser consideradas áreas de reprodução, contribuindo para as grandes diversidades na área (JUNK, 1993 p. 680, Tradução nossa). No continente, essas áreas inundáveis

são constituídas pelas planícies de inundações propriamente ditas e pelas lagoas marginais. De acordo com Araújo (2007), as planícies de inundação costumam sofrer alagamentos sazonais enquanto as lagoas marginais acumulam água por um período mais longo.

Segundo relatos das comunidades locais, as secas na Lagoa de Itaparica têm se tornado mais frequentes, o que tem preocupado ainda mais as populações que dela dependem, principalmente para o sustento, lazer e dessedentação de animais. Conforme relatos dessas comunidades, a primeira seca na Lagoa de Itaparica teria ocorrido em 1930. Depois disso a lagoa teria secado novamente mais quatro ocasiões não especificadas pelas comunidades. Depois de ter secado em 2015 a lagoa voltou ter água em função das chuvas que caíram em 2016, porém, voltou a secar completamente em 2017. Apesar de estar situada em uma região de clima semiárido, a qual vem passando por uma das secas mais severas das últimas décadas ANA (2015), os problemas por ela enfrentados podem ter sido potencializados nas últimas décadas devido ao uso inadequado do solo e dos seus recursos naturais.

Segundo o INEMA (2019), a criação da Área de Proteção Ambiental, que recebe o mesmo nome da lagoa pelo Decreto 6.546 de 18 de julho de 1997, se deu em função da importância que a mesma tem para a região. De acordo com esse mesmo decreto, a Lagoa de Itaparica é considerada um dos maiores reservatórios hídricos naturais da região semiárida, sendo detentora de grande valor para o consumo humano, lazer e criação de animais. Todavia, na bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito onde está localizada a Lagoa de Itaparica existem conflitos, principalmente relacionados à pesca, caça predatória, desmatamento e queimadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A Lagoa de Itaparica, em função da sua importância ecológica e social e de seu potencial paisagístico, requer maior atenção quanto aos diferentes tipos de uso do solo e dos recursos naturais. Nos últimos anos, a área ocupada pelo espelho d'água da lagoa vem sendo reduzida, e as secas têm sido mais frequentes. Segundo Marengo (2016), durante o evento La Niña de 2012, o mesmo ano em que houve inundações recordes no leste da Amazônia, o Nordeste Brasileiro (NEB) declarou

estado de emergência na maioria dos distritos na região devido a uma estiagem, considerada a mais grave das últimas décadas. Mesmo diante da diminuição no volume das precipitações na região, as alterações no Uso e Cobertura da Terra na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito são fatores que podem ter agravado ainda mais a situação hídrica na lagoa.

O fato de a lagoa estar inserida em uma área de proteção ambiental (APA), chama à atenção a piora de alguns indicadores ambientais observados no entorno da mesma, principalmente após a sua criação em 1997. Diante disso, é importante compreender quais fatores vêm contribuindo com o aumento no grau de degradação da lagoa. É pertinente também verificar se os usos na bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito têm seguido as diretrizes propostas e condizentes com uma APA.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho pretende analisar as alterações temporais na área de influência da Lagoa de Itaparica tentando compreender a extensão dos impactos ambientais e sociais sobre as comunidades do seu entorno. Além disso, esta pesquisa almeja trazer contribuições que possam auxiliar a sociedade e os governos na tomada de decisões voltadas para recuperação e conservação dos remanescentes desses ecossistemas. Sendo assim, os objetivos foram organizados da seguinte forma:

2.1 GERAL

Realizar a análise temporal das alterações ambientais resultantes das mudanças no Uso e Cobertura da Terra no entorno da Lagoa de Itaparica para o intervalo compreendido entre 1975 e 2018.

2.2 ESPECÍFICOS

a) Determinar as alterações temporais de cada classe de Uso e Cobertura na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito;

b) Determinar a dinâmica espacial e temporal do espelho d'água da Lagoa de Itaparica e da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito buscando identificar os principais impactos ambientais nas comunidades do seu entorno;

c) Compreender a intensidade da degradação na bacia hidrográfica considerando os períodos anteriores e posteriores à criação da Área de Proteção Ambiental Lagoa de Itaparica;

d) Definir as áreas de maior vulnerabilidade à Erosão e perda de Solos na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 LAGOAS MARGINAIS E SUA IMPORTÂNCIA SOCIOAMBIENTAL

As lagoas marginais enquadram-se na categoria de áreas alagáveis e funcionam como habitats permanentes e temporários para muitas espécies, dentre elas, peixes e aves. Às áreas alagáveis dispõem de grande diversidade de fauna e flora. Além disso, as mesmas têm grande importância na vida das comunidades que delas dependem para o sustento, lazer e abastecimento de animais. Segundo Christofolletti (1981), as lagoas podem ser do tipo marginais ou costeiras e são formadas em áreas de planícies, as quais costumam sofrer alagamentos nos períodos de cheias. Para Welcomme (1985), as planícies de inundação podem ser também divididas em lagoas marginais sazonais, as quais permanecem secas durante parte do ano, e permanentes, quando mantêm água durante toda a estação seca. A Lagoa de Itaparica pode ser considerada uma lagoa marginal permanente, pois historicamente tem garantido água para as comunidades nas estiagens mais severas.

Alguns estudos até então produzidos na Bacia do Rio São Francisco têm destacado os impactos mais diretos sobre esses mananciais, principalmente aqueles resultantes da construção de reservatório. Nesse sentido, as lagoas situadas à jusante das barragens são as mais prejudicadas, pois têm o seu o fluxo de água e sedimentos interrompidos pela regularização das vazões. O represamento dos canais por barragens promove também a valorização das terras que se tornam atrativas aos grandes projetos de irrigação. Todavia, ainda são escassos os estudos voltados para uma análise mais integrada e que compreenda os impactos indiretos sobre as lagoas marginais. Nas últimas décadas, as lagoas marginais têm sido bastante impactadas em função do aproveitamento das terras situadas nas suas áreas de influência para o desenvolvimento da agricultura mecanizada.

De acordo com a Companhia Hidrelétrica do Vale São Francisco (CODEVAF, 2016), na bacia do São Francisco a agricultura irrigada já se expandiu por uma área superior a 300 mil hectares. A CODEVAF lançou em 2016 um documento denominado “Plano Nascente São Francisco” visando à conservação e recuperação de nascentes na bacia do rio São Francisco em que uma das justificativas para a elaboração do referido plano consta o elevado nível de degradação caracterizado pelo assoreamento dos rios tributários e a contaminação das águas por efluentes. Diante disso, torna-se urgente o aprofundamento de estudos que identifiquem os principais impactos causados nos ecossistemas situados além da calha principal dos rios, a exemplo das lagoas marginais e suas áreas de influência. As alterações promovidas no Uso e Cobertura da Terra nas Microbacias do rio São Francisco vêm afetando de forma direta e indireta não somente a dinâmica hidrológica das lagoas, mas também a qualidade de vida das comunidades que delas dependem.

Dentre alguns estudos que abordaram temáticas semelhantes é possível destacar aquele realizado por Santos e Luz (2009), no qual estudaram os fatores relacionados às alterações hidrológicas resultantes da construção de barragens na área do baixo São Francisco. No referido trabalho foi enfatizada a importância de sua conservação e os atuais impactos sofridos por estas áreas após a construção de barragens. Também nessa linha, Carvalho (2013) analisou a importância ecológica das planícies de inundação e das suas lagoas marginais associadas à conservação de aves aquáticas no Alto Rio São Francisco. A importância das lagoas como viveiros naturais de peixes também foi destacada por Araújo (2007) em trabalho denominado “Áreas Prioritárias para a Conservação”.

Entretanto, mesmo diante desse quadro preocupante, há o que se destacar de positivo no que se refere à conservação e recuperação da Lagoa de Itaparica. O próprio cenário de degradação vivido por ela nos últimos anos tem contribuído para atrair a atenção de ambientalistas e do poder público. Em decorrência disso, medidas importantes vêm sendo tomadas na busca por respostas, que possam mitigar os impactos e recupera-la.

A partir do ano de 2018, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, através da Agência de Bacias Peixe Vivo, investiu R\$ 265.313,53 (duzentos e sessenta e cinco mil, trezentos e treze reais e cinquenta e três

centavos) contratando uma empresa para executar o Plano de Ação S.O. S Lagoa de Itaparica. A referida empresa executou um diagnóstico contemplando aspectos ambientais, sociais e econômicos na bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Os recursos financeiros aplicados foram oriundos da cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Em setembro de 2020, foi assinado um novo contrato no valor previsto de R\$ 2.509.891,64 (Dois milhões, quinhentos e nove mil, oitocentos e noventa e um reais e sessenta e quatro centavos) na contratação de outra empresa para a elaboração de projeto executivo de engenharia visando à realização da limpeza na Lagoa de Itaparica. Com previsão de término para maio de 2021 no projeto mais atual, a área alvo da execução dos serviços é aquela considerada ocupada pelo espelho d'água da lagoa, uma área de aproximadamente 14 km². Dessa forma, foi feito um estudo dos impactos mais diretos para definir quais ações devem ser prioritárias e aplicadas na limpeza da lagoa.

O estudo realizado pela primeira empresa considerou a bacia hidrográfica como unidade de planejamento enquanto que a segunda elaborou um diagnóstico mais pontual e mais restrito ao entorno da lagoa. Ambos os trabalhos trouxeram contribuições muito importantes, mas no trabalho realizado pela primeira empresa, o fato de ter considerado a bacia hidrográfica como unidade de gestão foi uma iniciativa importante, pois os fatores responsáveis pela degradação observados na Lagoa de Itaparica podem ter origem além do seu entorno imediato. Nesse sentido, em outra iniciativa do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), juntamente com as prefeituras municipais de Xique-Xique e de Gentio do Ouro e outros órgãos uniram esforços em uma ação chamada de SOS Itaparica para definir ações visando desassorear alguns trechos de rios que levam água para a lagoa.

Nesse sentido, o CBHSF, em parceria com a Companhia de Desenvolvimento do Vale São Francisco (CODEVASF) e com Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), já realizou o desassoreamento de 1.600 dos 3.600 metros do canal Guaxinim, um dos principais que fazem ligação com a Lagoa de Itaparica.

Outro indicador também importante é a existência de propriedades com certificações rurais na área de estudo. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um

importante instrumento para gerar e integrar as informações ambientais das propriedades rurais, servindo como base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e combate ao desmatamento (LEI 12.651, de 25 de maio de 2012).

Ao adquirir o cadastro, o proprietário assume o compromisso de explorar as suas terras respeitando os limites impostos pela legislação ambiental. A partir de dados disponíveis no site do (INCRA, 2019) foram identificadas na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito, 365 propriedades certificadas. Em termos espaciais isso representou uma área de 1.246,80 km² (31,17%) da área da bacia. A APA Lagoa de Itaparica, mesmo ocupando apenas 2% da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito dispõe de mecanismos regulatórios importantes. Entretanto, esses mecanismos não têm sido suficientes na contenção do avanço de inúmeras atividades danosas ao meio ambiente, praticadas na área. A gestão Ambiental também é um campo fértil de conflitos, pois esses territórios envolvem vários usos dos recursos naturais, cujos atores sociais envolvidos nem sempre seguem as normas impostas pelas políticas ambientais do Brasil (SILVA, et al 2020, p.197).

As iniciativas de sucesso na proteção de Unidades de Conservação têm demonstrado que a forma mais eficiente de gestão das mesmas tem sido quando os atores sociais locais são conscientizados e inseridos no processo de gestão e decisões. A gestão participativa é inclusive uma das diretrizes previstas na Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, a qual instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SINUC.

3.2 PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO

De acordo com o IBGE (2020), a área onde atualmente estão os municípios de Xique-Xique e Gentio do Ouro, outrora era ocupada pelos índios Massacará, Pontás, Aracajás e Amoipiras. Após esse período, sertanistas à procura de ouro teriam iniciado o desbravamento do Vale do São Francisco, formando algumas fazendas na margem direita do rio de mesmo nome. O município de Xique-Xique foi fundado em 1832 com o nome de Senhor do Bomfim do Xique-Xique enquanto que Gentio do Ouro foi fundado 1890. O próprio município de Gentio do Ouro recebeu

esse nome em função da grande quantidade de gente (Gentio) à procura de metais preciosos (ouro).

Conforme descreve Sousa (2001), a ocupação do semiárido nordestino teve início com as incursões de bandeirantes e sertanistas à procura de metais preciosos, a partir do século XVI. A descoberta de metais preciosos nos locais, onde hoje estão as cidades de Jacobina e Rio de Contas, algumas vilas foram se formando e com elas outras atividades a exemplo da criação de gado para abastecer as populações. Os dois municípios nos quais está situada a Lagoa de Itaparica pertencem ao Território de Identidade de Irecê e, de acordo com Santos (2012), essa região fez parte do processo de territorialização do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB). Esse programa foi parte de ações do Governo Federal na busca por alternativas frente ao aumento dos preços dos combustíveis, decorrente da crise mundial do petróleo, foi criado o Proálcool em 1975. O referido programa tinha como objetivo intensificar a produção de combustíveis (etanol) no Brasil. Conforme o supracitado autor, em 2003 o Governo da Bahia criou a Rede Baiana de Biocombustíveis, a qual reuniu representantes de órgãos públicos, de empresas, de centros de pesquisas e universidades. Nesse sentido destaca o autor que:

Como parte dessa rede foi criada a Usina de Produção de Biodiesel (PBIO) instalada em Candeias no ano de 2008. A base da matéria prima seria a produção de oleaginosas do semiárido, pois, a mesma tinha na ocasião contratos com aproximadamente 26 mil agricultores familiar, mediados por meio de cooperativas. (SANTOS, 2012, p.87).

Segundo informações do Ministério da Agricultura (2020), atualmente a região conta com três Cooperativas, a Agropecuárias Mista de Irecê (COPIRECE), Cooperativa Mista de Produção (COOPESERTÃO) a Cooperativa dos Produtores de Grãos do Semiárido (COPERGRÃOS), ambas sediadas em Irecê.

3.3 EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS SOBRE O USO E COBERTURA DA TERRA

O pioneirismo nos estudos sobre Uso e Cobertura da Terra no Brasil pode ser creditado ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir do Séc. XX. Os primeiros trabalhos nesse sentido foram desenvolvidos a partir de 1936, pelo próprio IBGE, e, a partir da década de 1970, por outras instituições como o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A partir da década de 1970, o Projeto Radar da Amazônia

(RADAMBRASIL) desenvolveu trabalhos voltados para a avaliação da capacidade do uso da terra e econômica dos recursos naturais. Com o RADAMBRASIL, tem início também os primeiros trabalhos sistemáticos tomados a partir de técnicas de sensoriamento remoto.

Conforme o IBGE (2013), os conhecimentos sobre o uso da terra ganham relevo pela necessidade de garantir a sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável. Segundo o próprio IBGE, os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam íntima relação, sendo que é comum serem usados como sinônimos, em função de as atividades antrópicas estarem intrinsecamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial. Nesse sentido, o Uso e Cobertura da Terra são definidos como:

Os elementos da natureza como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra. (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996; BURLEY, 1991 apud ANDERSON et.al. 1979, p.20 apud IBGE, 2013, p.44).

Indo ao encontro de outras entidades internacionais, o IBGE (2013) propõe três níveis de identificação para o Uso e Cobertura da Terra. Os três níveis partem, do ponto de vista geográfico, a partir de uma visão mais ampla, iniciando na escala continental e nacional, até aquelas escalas capazes de atender aos objetivos mais específicos da sociedade (Regional e Local). A metodologia utilizada pelo IBGE costuma utilizar sistemas de classificação em escala crescente de mapeamento. Sendo assim, as escalas de análise costumam ir do nível exploratório de 1:1000.000 até 1:2500.000, Reconhecimento 1:250.000 até 1:100.000, Semidetalhe 1:100.000 até 1:25.000 e de maior nível de detalhe > 1:25.000.

3.4 FATORES DE MODIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA

A relação do homem com o solo remonta o início da agricultura, há aproximadamente dez mil anos. O solo é a base de sustentação da sociedade, tanto do ponto de vista físico, quanto como provedor de alimento. O processo de sedentarização do homem, o crescimento populacional e conseqüentemente o progresso técnico imprimiu intensas modificações e padrões espaciais à superfície

terrestre.

No Brasil, as práticas inadequadas de uso da terra, sejam elas resultantes da expansão urbana, das práticas agrícolas inadequadas ou do desmatamento, têm inserido na lista de extinção diversas espécies e ecossistemas. A Mata Atlântica é uma das mais ameaçadas e vem sendo suprimida desde os anos 1500 quando da chegada dos colonizadores portugueses à costa brasileira. De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), esse domínio teve uma perda da ordem de 2.742 e 248 km² entre os anos de 2002 e 2008, e entre 2008 e 2009, respectivamente. Segundo as estimativas, atualmente restam apenas 12% da cobertura original deste bioma.

O Bioma da Caatinga, no qual está inserida a Lagoa de Itaparica, tem uma área estimada em 845.000 km². De acordo com o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF, 2019) no âmbito do Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas (PMDDBBS) esse bioma registrou uma supressão equivalente a 16.576 km² entre 2002 e 2008. De acordo com o IBF (2019), estima-se que para os períodos compreendidos entre 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 as perdas tenham sido da ordem de 1.921, 1.131 e 495 km², respectivamente. Segundo informações levantadas por este mesmo instituto, atualmente restam pouco mais de 365.000 km² da cobertura natural da Caatinga. A Caatinga, ao contrário do que prega o imaginário popular, é muito rica e heterogênea. Segundo informações do Instituto Brasileiro de Florestas (IBF, 2019), nela há pelo menos uma centena de paisagens únicas, nas quais se destacam as lagoas ou áreas úmidas temporárias, os refúgios montanhosos e alguns poucos rios permanentes, a exemplo do São Francisco, único rio perene a cortar todo o semiárido nordestino.

As alterações na Cobertura e Uso da Terra desse bioma vêm dando sinais preocupantes. Na Caatinga, o alto grau de degradação ambiental, materializado, principalmente pelos processos de desertificação, tem preocupado os sertanejos e defensores do meio ambiente. Um estudo divulgado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação (FAO, 2015) aponta que as terras degradadas já cobrem aproximadamente 35 milhões de km² (24%) da superfície terrestre. As principais causas estão relacionadas a incêndios na limpeza da terra, aos impactos da agricultura mecânica, desmatamento, dentre outros.

De acordo com Guerra et al (2009), o ser humano tem sido muito inteligente em termos de produzir alimentos, roupas e aumentar o nível de vida de uma parte da população mundial, mas não tem sido capaz, o suficiente, para associar o desenvolvimento com a conservação dos solos. Diante dos crescentes problemas ambientais como a perda de solos férteis, destruição dos principais biomas, o Uso e Cobertura da Terra requerem mais atenção. De acordo com Porto (2005), a (re) produção das relações de dominação centro-periferias costuma ser marcada pelo desprezo sobre as pessoas e a natureza. A partir dessa perspectiva se discute o conceito de Justiça e Injustiça ambiental. O conceito de injustiça Ambiental se teve origem com os movimentos populares iniciado nos Estados Unidos durante a década de 1970, quando teve início também os debates sobre o racismo ambiental.

No fim da década de 1970, movimentos começaram a se organizar a partir do caso de contaminação química em Love Canal, Niágara (Nova York), em 1978, ocasião em que casas de um conjunto habitacional pobre estavam bem próximas a um canal aterrado com dejetos químicos industriais e bélicos. (LEÃO, 2013, p.188).

De acordo com Acselrad et al (2004). Justiça ambiental e cidadania a injustiça ambiental pode ser entendido como uma forma de assegurar nenhum grupo de indivíduos, independente da etnia, raça, ou classe social, sejam submetidos de forma desproporcional aos efeitos da degradação do espaço coletivo.

Os solos, outrora vistos apenas como suporte da vida vegetal, são hoje considerados provedores de funções ambientais importantes, dentre elas, a produção de biomassa, a filtragem e transformação de nutrientes, subsistência e água. Além disso, os solos atuam como provedores de reserva de carbono. A degradação dos mesmos, na visão de Guerra (2009), afeta tanto as terras agrícolas como as áreas de vegetação natural e pode ser considerado, dessa forma, um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias. Dessa forma, os conhecimentos sobre a evolução do uso da terra têm se constituído em importantes ferramentas de gestão do território e dos recursos naturais.

Um dos pioneiros a desenvolver um sistema de classificação e padronização para o uso da terra e do revestimento do solo para os Estados Unidos, Anderson et al (1979), afirma que os primeiros levantamentos sobre o uso da terra foram orientados a pessoas, ou seja, para a ocupação urbana. Todavia, a exploração exaustiva e inadequada das terras pelo homem tem, conforme o supracitado autor,

feito crescer os estudos sobre o Uso e Cobertura da Terra direcionada no sentido dos recursos naturais com o propósito de enfatizar os recursos remanescentes terrestres.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 O SENSORIAMENTO REMOTO E AS TÉCNICAS DE GEOROCESAMENTO COMO APOIO À ANÁLISE AMBIENTAL

Os crescentes avanços nos setores de geotecnologias e geoinformações têm viabilizado importantes pesquisas voltadas para o desenvolvimento de soluções geoespaciais. Para Novo (2010), as geotecnologias referem-se ao conjunto de tecnologias utilizadas na coleta, processamento, análise e disponibilização de informações geoespaciais. Esses avanços observados nas áreas de tecnologias da informação associados à produção cada vez mais crescente de dados de sensores remotos vêm ampliando capacidade de processamento e armazenamento de dados e informações geoespaciais. Dentre essas geotecnologias é possível citar o sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento. O geoprocessamento consiste no uso de ferramentas computacionais para tratamento e análise de dados geográficos (EMBRAPA, 2014).

Essas geotecnologias têm se tornado importantes ferramentas no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, processos de gestão, manejo e em ações de aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico. A utilização dessas tecnologias requer o uso de *hardware* e *software* e podem ser grandes aliadas de profissionais, auxiliando-os nas tomadas de decisões. Os dados de sensores remotos, por exemplo, quando associados às técnicas de geoprocessamento têm se constituído em ferramentas valiosas nas análises de alterações ambientais e de outros fenômenos na superfície terrestre. As imagens de satélites têm possibilitado trabalhar com diferentes níveis de escala espacial e temporal, além de possibilitar uma visão sinótica dos fenômenos observados.

Essas geotecnologias são imprescindíveis para apoiar avanços na identificação, na qualificação, na quantificação e no monitoramento de áreas agrícolas e recursos naturais, possibilitando a geração de mapas e análises de informações geoespaciais de forma mais efetiva, rápida e precisa. (EMBRAPA, 2014, p.36)

Os dados de sensores permitem ao pesquisador a coleta automática de informações de um determinado alvo na superfície terrestre a distância e com significativas reduções de custos. Além disso, permite um olhar mais amplo e integrado da área e dos fenômenos estudados. Com os referidos dados, é possível identificar os níveis de degradação ambiental decorrentes da pressão exercida pela expansão das atividades antrópicas ao longo do tempo. De acordo com Anderson (1979), um dos pré-requisitos básicos para um melhor uso da terra é a informação sobre os modelos existentes de uso do solo e as mudanças ocorridas no decorrer do tempo. Nesse sentido, é importante salientar que:

O avanço tecnológico que tem causado maior influência nas pesquisas geográficas está relacionado ao advento das geotecnologias, com especial destaque para os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e os avanços na área do Sensoriamento Remoto. (FITZ, 2009, p.5)

Para Meneses e Almeida (2012), os avanços na área do sensoriamento remoto observado nas últimas décadas do século XX e início do século XXI deve-se à revolução nos meios de se observar a terra numa escala global e periódica, e na rapidez da monitoração dos fenômenos dinâmicos e das mudanças das feições terrestres.

Por sensoriamento, conforme Jensen, entende-se:

O registro das informações das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos tais com câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens (JENSEN, 2011, p.4).

Todavia, de acordo com Meneses e Almeida (2012), a definição mais conhecida e clássica é aquela na qual é o sensoriamento remoto uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto. Os dados de sensores remotos são produzidos por plataformas orbitais (satélites) e suborbitais (Aviões, Drones) que carregam consigo sensores capazes de registrar a radiação eletromagnética dos alvos. Dessa forma, o sensoriamento remoto é uma medida da interação da radiação eletromagnética com a superfície dos objetos.

De acordo com Jensen (2011), a ciência do sensoriamento remoto é diferente da cartografia e da Ciência da Informação Geográfica (GIS), abreviação em inglês

para Sistema de Informações Geográficas (SIG). O sensoriamento remoto, ao contrário das outras ciências, não se assenta em dados produzidos por outras ciências, a exemplo do geoprocessamento. O SIG é um sistema computacional composto por *hardware* e *software* que trabalha com um número infinito de informações geográficas (FITZ, 2009, p.22). A função de um SIG é coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados e informações a ele vinculadas. Esta é uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias utilizadas na manipulação, análise e simulação de modelagens e visualização de dados georreferenciados (*idem*).

Os dados de sensoriamento remoto podem ser gerados por sensores passivos ou ativos. Os primeiros têm a sua produção dependente da fonte de luz solar, enquanto o segundo não depende dessa fonte por carregar baterias a bordo dos satélites. Como exemplo de dados de sensores passivos e ativos é possível citar, respectivamente, as imagens ópticas dos satélites Landsat-8/OLI as imagens do satélite Sentinel 1A. Uma das vantagens dos dados de sensores ativos é a de não sofrer menos interferência de obstáculos como nuvens e copas de árvores no momento da captura. Mesmo não dispondo dessas vantagens com os dados de sensores passivos é possível obter informações importantes dos alvos, a exemplo de teor de umidade dos solos e das plantas, calcular quantidade de biomassa vegetal, extrair temperatura de superfície, dentre outras aplicabilidades.

Em função dessas propriedades, os dados de sensores remotos têm possibilitado a sua aplicação nos levantamentos de recursos naturais e mapeamentos temáticos, monitoramento ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos, previsões de safras, cadastramento multifinalitário, cartografia de precisão, defesa e vigilância, entre outras.

4.2 AQUISIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS DADOS DE SENSORES REMOTOS

As técnicas de mapeamento do Uso e Cobertura da Terra têm crescido bastante no Brasil. O INPE, desde a década de 1970, vem disponibilizando gratuitamente uma grande quantidade de dados de sensores remotos. Desde então, o referido instituto tem permitido o acesso de forma gratuita a imagens de satélites ópticos com ótima resolução espacial (30m) e temporal (16 dias). Os dados

disponibilizados pelo INPE pertencem à série de satélites estadunidenses Landsat, país responsável pelo lançamento do primeiro satélite de sensoriamento remoto. O primeiro satélite da série Landsat, lançado pelos Estados Unidos, chamava-se ERTS-1 e após 1972 passou a ser denominado de Landsat-1. Os dados de sensores remotos mais atuais dessa série são do Landsat-8/OLI. Além destes, há em circulação no espaço diversos satélites imageando a terra, alguns deles com alta resolução espacial e espectral.

Os avanços registrados, principalmente na informática têm possibilitado a automatização de uma infinidade de atividades envolvendo processamento de imagens. O formato raster dos dados de sensores remotos facilitam as operações matemáticas computadorizadas, processadas por meios de Softwares específicos. Isso tem sido positivo, visto que não é preciso ser especialista na área para conseguir extrair informações importantes das imagens de satélites. Com isso, profissionais de distintas áreas têm se apropriado dessas técnicas e ferramentas para desenvolverem seus trabalhos. Entretanto, de acordo com Meneses e Almeida (2012), os conhecimentos técnicos sobre as imagens e os métodos utilizados no processamento digital das mesmas são indispensáveis, pois vão influenciar na qualidade das informações obtidas.

Ter um conhecimento básico sobre as características desses dados e de como processá-las é de vital importância quando se deseja obter respostas confiáveis a respeito de um determinado problema. Dentre as características dos dados de sensores remotos destacam-se as resoluções espacial, temporal, espectral e radiométrica. A resolução temporal refere-se ao intervalo que o satélite leva para imagear um mesmo ponto. Os dados de sensores remotos atuais da série Landsat dispõem de uma resolução temporal de 16 dias. Essa característica permite observações de fenômenos de característica sazonais, como o ciclo de uma colheita ou o processo de desmatamento.

A segunda característica, a resolução espacial, é determinada pelo menor objeto que pode ser identificado por uma imagem. As imagens do Landsat-8 e do CIBERS possuem uma resolução espacial de 30 e 20 metros, respectivamente, ou seja, é possível utilizar essas imagens para analisar objetos que possuem respectivamente 30 x 30 e 20 x 20 metros ou maiores. Alguns satélites como o *Ikonos* e o *Worldview2*, não disponíveis gratuitamente, já dispõem de imagens com

até 50 centímetros de resolução espacial. Outra característica extremamente importante é a resolução espectral, pois quanto maior o seu valor, maior será a capacidade de distinção entre os alvos analisados. A Figura 1 traz um exemplo de como uma dessas propriedades (resolução espacial) influenciam de forma prática nas características das imagens.

Figura 1. Da esquerda para direita, imagens dos satélites Landsat com resolução espacial de 30, Spot com 10 m e Ikonos com 1 m, de uma porção do lago Paranoá de Brasília.



Fonte: Meneses e Almeida (2012).

No que se refere a esse potencial disponível nos dados de sensores remotos cabe destacar que:

As imagens com maiores resoluções espectrais, multiespectrais (múltiplas), Hiperespectrais (centenas) e Hiperespectrais (centenas) de bandas possibilitam identificar alvos que refletem em diferentes regiões do espectro e comprimentos de ondas. (JENSEN, 2011, p.195)

A resolução radiométrica, também conhecida como quantização, é a quarta característica dos dados de sensores remotos. Ela determina e mede a intensidade da radiância de cada pixel (menor unidade de uma imagem) e para isso utiliza dígitos binários (*Bits*). Nesse aspecto, quanto maior for o número de *Bits* de uma imagem, melhor será a sua qualidade visual. Tomando como exemplo uma imagem de 2 *bits* (2^2), significa que essa imagem possui 4 bits, enquanto que outra com 8 *bits* (2^8) possuem 256 bits, sendo possível discriminar 256 níveis de cinza em um objeto. De acordo com Almeida e Menezes (2012), as seguintes perguntas a respeito das propriedades de cada imagem precisam ser feitas, tais como: Qual é a melhor resolução espacial para que seja possível identificar ou resolver os objetos de interesse? Qual é a melhor escala para representar os objetos ou fenômenos geográficos?

4.3 USOS E APLICAÇÕES DE DADOS DE SENSORES REMOTOS

O conhecimento sobre o Uso e Cobertura da Terra, conforme já discutido, é muito valioso nos processos de gestão territorial. Os avanços tecnológicos já abordados têm se constituído em importantes ferramentas de suporte às pesquisas geográficas, auxiliando na tomada de decisões voltadas ao planejamento ambiental. Os progressos já citados têm ampliado a capacidade de investigação dos fenômenos na superfície terrestre. Sendo assim, compreender a dinâmica dos fenômenos em sua dimensão espacial e temporal é de extrema importância ao planejamento ambiental.

Nesse sentido, é pertinente citar os trabalhos desenvolvidos por Melo (2002), no qual o autor utilizou dados do satélite *Ikonos II* na análise urbana em testes operacionais na Zona Leste de São Paulo. Na região do Médio São Francisco, (Reis, 2002 e Richard, 1993) usaram dados de sensores remotos em estudos de qualidade de Água. Costa et al (2012) utilizou dados do satélite Landsat-5/TM para analisar a qualidade de água no Reservatório de Manso. Dekker (1993) utilizou dados de sensores remotos em um estudo de qualidade de água em um lago na Holanda. Em outro trabalho, Rodrigues et al (2009) aplicou o sensoriamento remoto para compreender a evolução temporal do Uso e Cobertura da Terra na micro bacia do Córrego da Fazenda Glória, em Taquaritinga, São Paulo.

Dados de sensores remotos também foram utilizados por Prado (2004), para analisar as alterações espaço temporais do Uso e Cobertura da Terra da Qualidade da água no Reservatório de Barra Bonita, no Estado de São Paulo. Clemente e Santos (2017) fizeram uso das Geotecnologias como suporte na Análise Temporal da Vegetação na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Gavião. O Sensoriamento Remoto foi aplicado por Silva et al (2019) no Monitoramento Espaço-Temporal do Risco de Degradação Ambiental e Desertificação na Região do Semiárido Brasileiro. Fazendo uso de um conjunto de informações biofísicas extraídas de dados de sensores remotos orbitais Santos e Ferreira (2017) analisou os padrões de Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, no Bioma do Cerrado.

Nesse sentido, fazendo uso das geotecnologias representadas pelo geoprocessamento e pelo sensoriamento remoto a análise temporal do Uso e Cobertura da Terra tem se tornado um dos meios mais eficazes para a compreensão da dinâmica das alterações ambientais considerando suas dimensões temporal e

espacial. Com base nessas informações, é possível compreender os fatores responsáveis pelas alterações e adotar medidas mitigadoras, de prevenção e recuperação.

4.4 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O processamento digital de imagens é representado por um conjunto de operações matemáticas visando corrigir erros e melhorar a qualidade das informações a serem extraídas. Os referidos erros são gerados, principalmente, pelos sistemas dos sensores a bordo dos satélites e por interferências atmosféricas. A primeira etapa do processamento digital de imagens é denominada de Pré-processamento e envolve os procedimentos para a correção de ruídos, a correção Geométrica e a correção atmosférica (Radiométrica).

Nas imagens, os ruídos costumam gerar erros nos valores digitais dos pixels manifestando-se nas mesmas através de linhas claras ou sem sinais (escuras). Ao adquirir essas imagens, caso esses erros não tenham sido equacionados pelos laboratórios geradores das imagens cabe ao usuário fazê-los. Métodos como a aplicação de filtros de mediana ou recomposição substituindo as linhas ruins pelos valores médios dos pixels correspondentes das linhas anteriores e posteriores são os mais utilizados para removê-los. Na Correção Atmosférica a Subtração do escuro (*Dark Subtraction*) tem sido a técnica mais aplicada (MENESES E ALMEIDA,2012). Baseado nessa técnica pressupõe-se que cada banda da imagem deveria conter alguns pixels com valores próximos ou iguais a zero. Esses valores teriam origem em áreas de sombras de relevo, mas que, em função dos efeitos do espalhamento atmosférico é adicionado um valor de brilho a todos esses pixels. Dessa forma, os mesmos deixam de apresentar valores próximos ou iguais à zero induzindo leituras erradas dos valores digitais.

Em alguns trabalhos, a exemplo daqueles voltados para extração de reflectância e temperatura de superfície é necessário realizar esse tipo de correção. Quanto à correção Geométrica, os usuários já recebem as imagens corrigidas pelos próprios fornecedores, pois esse procedimento requer conhecimento de parâmetros que os usuários não dispõem. Entretanto, em alguns casos os usuários precisam realizar um processo complementar denominado de Georeferenciamento.

O georreferenciamento é o processo por meio do qual se faz um ajuste na posição dos dados. De acordo com Meneses e Almeida (2012), o objetivo é inserir na imagem um sistema de projeção para se estabelecer um referencial de coordenadas que possibilite localizar na imagem a posição geográfica dos alvos. Dito em outras palavras, o georreferenciamento consiste em separar uma imagem com um sistema de referência conhecido da mesma área a qual servirá de base para o arquivo (FITZ, 2009, p.69). O processo envolve transformações geométricas simples visando estabelecer um ajuste entre as coordenadas espaciais da imagem obtida e as coordenadas geográficas de uma imagem já conhecida.

Após o pré-processamento têm início a segunda etapa do processamento digital de imagens. Nessa etapa se realiza dois conjuntos de procedimentos conhecidos como realce e a classificação. As técnicas utilizadas no realce promovem transformações espectrais (ampliações de contraste, operações aritméticas, realce por descorrelação etc) e transformações espaciais (filtro passa alta, passa baixa, filtros adaptativos, filtros de textura, dentre outros). E por fim, a denominada classificação cumpre a função de fornecer ao usuário uma avaliação da distribuição espacial das classes de Uso e Cobertura da Terra na área de interesse.

Ao pesquisador cabe ainda escolher trabalhar com a Classificação Supervisionada ou a Não Supervisionada. Para o mapeamento de Uso e Cobertura da Terra, o método mais aplicado tem sido o da classificação supervisionada (MENESES E ALMEIDA, 2012, p.244). A utilização desse método requer do usuário o conhecimento prévio das classes de alvos, a fim de classificar a imagem nas classes de interesses determinadas pelo usuário. Nesse processo, o pesquisador escolhe pequenas amostras na imagem contendo pixels que sejam espectralmente bem representativos de padrões ou feições dos alvos por ele reconhecidos. Para que os resultados sejam satisfatórios é preciso que as amostras recolhidas sejam bem representativas e estejam bem distribuídas por toda a imagem. Outra observação a ser feita é que no processo de classificação é recomendável a utilização do maior número de bandas possível, pois isso ajudará na separabilidade das classes na área de interesse.

Ao coletar as amostras nas imagens para a classificação, o pesquisador pode se apropriar de outras fontes, a exemplo de dados de campo e mapas já existentes

para validar os pontos amostrais de cada classe coletada. Por trás das classificações há processos estatísticos e os resultados das classes geradas dependem do método de classificação utilizado. Na classificação supervisionada, a maioria dos softwares de processamento de imagens dispõem dos classificadores voltados para aplicação dos métodos do paralelepípedo, distância mínima, distância de Mahalanobis e Máxima Verossimilhança (MaxVer). No presente trabalho foi utilizado o método da Máxima Verossimilhança o qual considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes identificadas nas imagens INPE (2008). É um procedimento que utiliza algoritmos estatísticos a partir do qual se assume que todas as bandas têm distribuição normal, em que a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma classe específica é calculada.

5. VULNERABILIDADE À EROÇÃO E PERDA DE SOLOS

De acordo com Ross (2011), toda a dinâmica que rege os fenômenos da natureza contidos no estrato geográfico é produto do antagonismo entre as forças geradas pela energia solar que atua na superfície terrestre, com o auxílio da atmosfera, e a energia do interior da terra, que rege na superfície através da crosta terrestre ou litosfera. Tanto as formas de relevo quanto os materiais de natureza orgânica e inorgânica que constituem a superfície terrestre formam um sistema autorregulador. Essa autorregulação se dá em decorrência das ações oriundas das forças internas (vulcanismo e tectonismo) e externas, representadas pelos diversos tipos de intemperismo.

A análise de uma unidade de paisagem natural requer conhecimentos a respeito de sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo da cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve (CREPANI, 2001, p13). De acordo com Falcão (2013), os conhecimentos sobre os riscos à degradação das terras de uma bacia hidrográfica ajudam na compreensão da realidade dinâmica da relação entre homem e natureza e na obtenção de informações importantes de problemas para subsidiar intervenções futuras. Nesse sentido, as ações externas representadas pelas atividades humanas quando realizadas de maneira não sustentável podem pôr em risco a condição de estabilidade dos ecossistemas. Diante disso, a identificação das características genéticas do meio natural é

importante na compreensão da capacidade do mesmo de suportar os impactos das ações antropogênicas.

Nesse contexto, os conhecimentos acerca da cobertura vegetal de uma determinada área, dos solos e da geomorfologia, assim como dos diferentes tipos usos são determinantes no diagnóstico da suscetibilidade ambiental. A associação de fatores naturais e antrópicos sobre cada unidade de paisagem determinam diferentes condições de estabilidade ou instabilidade quanto aos processos erosivos que levam à perda de solos. Quanto às variáveis que influenciam na estabilidade das unidades de paisagem destacar-se-á aquela de ordem natural, como a geologia, a geomorfologia, a pedologia, a vegetação, a precipitação e as de natureza antropogênica caracterizada pelos diferentes tipos de usos que se faz da terra.

Mas uma vez os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), materializados por meio de dados de sensores remotos e de técnicas de geoprocessamento tem possibilitado analisar de forma integrada de que maneira o conjunto formado por variáveis físicas e antropogênicas influenciam na condição estabilidade ou instabilidade de uma unidade de paisagem. No que se refere ao uso dessas tecnologias, destaca Falcão (2013) que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) dispõem de métodos de monitoramento e avaliação de um ambiente natural, que visam ao controle rigoroso sobre os fatores que provocam impactos ao meio ambiente.

Nesse sentido a análise multicritério, apoiada em ambientes SIG tem sido bastante utilizada na avaliação de níveis de degradação ambiental. Essa metodologia foi aplicada por Crepani *et al* (2001) para elaborar o Zoneamento Ecológico e Econômico da Região Amazônica. Falcão (2013) utilizou análise multicritério para identificar os riscos à degradação ambiental em um município do Estado do Ceará. A análise multicritério permite definir a vulnerabilidade das unidades de paisagens a partir de operações matemáticas envolvendo o cruzamento de inúmeros planos temáticos de informações. Os planos temáticos geralmente são formados por Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Precipitação Pluviométrica, Vegetação e Uso da Terra e até mesmo outros indicadores sociais. De acordo com Falcão (2013), considerando a complexidade, integração e dinamicidade das variáveis envolvidas nesses ambientes naturais, pressupõe-se a necessidade de

planejamento do uso e gerenciamento dos seus recursos naturais em uma abordagem integrada.

Na elaboração de mapas de vulnerabilidade, a partir de análise multicritério atribui-se pesos para cada plano de informação considerando a condição de restrição de cada variável ao equilíbrio das unidades de paisagens. Tomando como exemplo o plano de informação formado pela geomorfologia, os relevos mais íngremes são considerados mais restritivos ao manejo dos solos e exercem mais influência nos processos morfogenéticos.

5.1 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À GEOLOGIA

A influência da variável geológica na Erosão e Perda dos Solos está condicionada à sua história e ambiente de formação e principalmente ao grau de coesão ou intensidade de ligação entre os minerais que constitui as rochas. Levando-se em consideração esses aspectos, as rochas pouco coesas tendem a favorecer os processos erosivos e modificadores das formas de relevo. Na situação oposta, os processos pedogenéticos caracterizados pela formação dos solos estão mais propensos a ocorrerem.

De maneira geral, em ordem crescente, as rochas de maior resistência são respectivamente as Sedimentares, Metamórficas e Ígneas. De menor resistência, as rochas sedimentares se originam a partir de fragmento de outras rochas. Elas podem ser formadas em diferentes ambientes, marinho, fluvial, lacustre, glaciais e eólico. Cada ambiente de formação resulta em rochas de diferentes tipos e aspectos os quais dependem também do material de origem ROSS (2011). As rochas metamórficas são produtos de alterações causadas por elevadas pressões e temperaturas que atingem tanto as rochas sedimentares quanto as ígneas. Esses tipos de rochas costumam apresentar falhas e fraturas pouco resistentes à erosão.

O alto grau de resistência das rochas ígneas é devido a sua formação ter corrido no interior da superfície, porém, em algum momento da história geológica elas foram expostas à superfície terrestre. As condições nas quais essas rochas são formadas permite um maior grau de desenvolvimento dos seus minerais o que as torna mais resistentes.

Ainda com relação à resistência apresentada pelas rochas ígneas destaca-se

que:

As primeiras ferramentas, de pedra lascada ou polida, eram manufaturadas predominantemente a partir de rochas ígneas finas ou vítreas, ou obsidianas. As rochas ígneas eram as preferidas para construções e outros fins pela sua alta resistência e outros fins (TEIXEIRA et al, 2001, p.328).

Para Crepani (2001), nas rochas pouco coesas prevalecem os processos modificadores das formas de relevo enquanto que na situação oposta, processos de formação de solos. Por sua vez os solos possuem uma relação muito direta com geologia, pois as rochas são o seu principal material de origem.

5.2 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À PEDOLOGIA

Os conhecimentos sobre os solos, suas características, assim como a melhor forma de manejá-los são importantes ao planejamento ambiental. De acordo com Marioti *et al* (2013), a erosão do solo é a principal causa de sua degradação, podendo ocorrer naturalmente ou de forma induzida, acelerada pela ação antrópica. Apesar de ocorrer naturalmente, as práticas agrícolas têm sido a principal responsável pela degradação dos solos no mundo. Os solos mais aptos à agricultura apresentam elevado teor de silte, mas quando manejados inadequadamente tornam-se mais erodíveis.

A influência da pedologia está diretamente associada ao grau de maturidade dos solos, que, por sua vez, é resultante do balanço entre a pedogênese e a morfogênese. O resultado desse balanço pode resultar na formação de solos jovens ou pouco desenvolvidos, caso tenha prevalecido na área a morfogênese, ou na constituição de solos bem maduros ou bem desenvolvidos, no caso da pedogênese. Com relação aos solos, é importante destacar que:

Dentro dos processos morfodinâmicos os solos participam como produto direto do balanço entre a morfogênese e a pedogênese indicando claramente se prevaleceram os processos erosivos da morfogênese ou, por outro lado, se prevaleceram processos de pedogênese, gerando solos bem desenvolvidos (CREPANI, 2001 p. 83).

Os solos maduros e bem desenvolvidos costumam ser resultantes de processos pedogenéticos são, portanto, mais estáveis. Enquanto aqueles menos desenvolvidos costumam ser rasos, pedregosos e mais vulneráveis à erosão. As abordagens sobre os impactos resultantes da ação erosiva enfatizam bastante os processos de assoreamento de canais fluviais e formação de bancos e areia. As

rochas são principal material de origem dos solos, porém, é preciso destacar que, a depender das condições ambientais as quais estão submetidas uma mesma rocha, pode dar origem a diferentes tipos solos. Sendo assim, a formação dos solos vai depender ainda de um conjunto de outros fatores, a exemplo do relevo, do clima, da vegetação e do tempo.

Por ser também a base física onde as atividades agrícolas se desenvolvem, a perda de solos férteis também está associada às práticas inadequadas de uso da terra. Por isso, os solos mais desenvolvidos e que agregam mais estabilidade às unidades de paisagem, são também os mais explorados pelas atividades antrópicas, muitas delas exaustivas, esgotando assim a sua capacidade de absorver os impactos.

5.3 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À GEOMORFOLOGIA

A estabilidade de uma unidade de paisagem é também bastante dependente da geomorfologia. As variáveis do relevo, declividade, grau de dissecação ou a densidade de drenagem são atributos da geomorfologia que podem ser quantificados empiricamente para determinar quanta energia potencial há disponível ao escoamento superficial. Por sua vez, valores altos de escoamento superficial elevam a capacidade erosiva. Quando se observa valores altos associados às variáveis geomorfológicas é possível inferir que a energia potencial pode ser transformada em energia cinética capaz de esculpir com mais intensidade o relevo.

O índice de dissecação do relevo é um fator que pode ser determinado a partir da densidade de drenagem. A densidade de drenagem pode ser determinada dividindo-se o comprimento médio dos canais fluviais por unidade de área. Dessa forma, quanto maior a densidade de drenagem maior será a capacidade de os canais fluviais promoverem a erosão através do entalhamento do relevo. Os relevos dissecados são partes da crosta terrestre sulcadas com grande vigor pela rede hidrográfica (GUERRA, 1993, p.168). Esse índice foi desenvolvido por Ross (1996) e define as paisagens talhadas pelo relevo. É uma análise morfométrica que considera o grau de entalhamento do vale e dimensão interfluvial média. Os interflúvios são pequenas ondulações que separam os vales cujas vertentes são, na maioria dos casos, de forma convexa, constituindo pequenas colinas (GUERRA, 1993, p.355).

Sendo assim, as características geomorfológicas, quando bem definidas podem fornecer, por exemplo, informações sobre o transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica. Os sedimentos presentes nos cursos d'água são partículas sólidas originadas da erosão dos solos e das rochas da bacia contribuinte ou do próprio leito do rio (EMBRAPA, 2011, p.11). As áreas de maior grau de declividade ou dissecação do relevo quando manejadas de forma não sustentável podem desenvolver inúmeros processos erosivos. A ocupação e a exploração inadequada dessas áreas de platôs ou tabuleiros promovem inúmeros danos ambientais. Tomando como referência a região do Cerrado Brasileiro, Azevedo e Monteiro (2003) destacaram que o manejo inadequado dos solos nas áreas tabulares tem potencializado os processos erosivos. Associado a isso segue um processo natural de erosão e assoreamento dos cursos de água do próprio planalto, os quais têm afetado os rios do Pantanal.

A identificação dessas áreas e dos processos que nelas atuam podem contribuir com um ordenamento mais sustentáveis solos. Nesse sentido é importante frisar que:

Há a necessidade de um conhecimento integrado e profundo dos elementos, dos processos físicos, químicos, biológicos e das ações humanas que se interagem e contribuem para a dinâmica do sistema ambiental físico, objetivando conhecer a estabilidade e os limites do equilíbrio dinâmico dos mais diversos subsistemas geomorfológicos. (GUERRA, 2009, p.197)

A declividade e o Índice de Dissecação do Relevo são variáveis de grande relevância na determinação da vulnerabilidade à erosão e perda de solos. Essas informações podem contribuir com tomadas de decisões mais precisas quanto ao ordenamento do uso do solo.

5.4 VULNERABILIDADE ASSOCIADA À PRECIPITAÇÃO

O clima controla o intemperismo diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, e também indiretamente através dos tipos de vegetação que poderão cobrir a paisagem (CREPANI 2001 p.94). No semiárido nordestino, a ausência de chuvas em alguns anos e a sua irregularidade temporal e espacial são as características mais marcantes. Nessa região, o período de chuvas é aguardado com bastante expectativa, pois a mesma definirá o sucesso

da agricultura, a qual é em sua maioria de subsistência. Todavia, as mesmas chuvas que garantem o sucesso da produção agropecuária também podem contribuir com o agravamento de alguns problemas ambientais, principalmente a erosão e o assoreamento de canais fluviais. Nesse sentido:

O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas de clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta. Além disso, em muitas dessas áreas, as chuvas concentram-se em certas estações do ano, o que agrava ainda mais a erosão. (GUERRA et al, 2009, p.19).

No semiárido nordestino, apesar da escassez pluviométrica característica, quando a mesma ocorre concentra-se apenas em dois ou três meses do ano. A ocorrência de chuvas intensas em áreas onde as atividades antrópicas são caracterizadas pelo desmatamento e práticas agrícolas não adequadas os solos se tornam mais expostos e, portanto, mais suscetíveis à erosão. As chuvas mais intensas, ao atingir uma superfície desprovida de cobertura vegetal têm como principal consequência o aumento do escoamento superficial em detrimento da infiltração. Nessas condições, os processos de remoção de solos férteis através da erosão e o assoreamento dos canais fluviais tendem a ser gravados. Em função disso, o clima e mais especificamente a intensidade pluviométrica é um elemento importante para a compreensão do dinamismo de uma unidade de paisagem quanto aos processos de perda de solos.

5.5 VULNERABILIDADE ASSOCIADA AO USO E COBERTURA DA TERRA E VEGETAÇÃO

Com agravamento dos problemas ambientais os conhecimentos sobre o uso da terra tornam-se ainda mais importante devido à necessidade que a sociedade tem de garantir a sua sustentabilidade. De acordo com Almeida (2007) remontam da antiguidade os primeiros relatos sobre a relação do homem com terra ao mencionar uma espécie de almanaque do agricultor elaborado pelos Sumérios denominado Instruções de Suruppak, datado de cerca de 2500 a.c. Informações precisas sobre o uso da terra são muito uteis na identificação de problemas ambientais fornecendo-lhes diretrizes no que se refere a melhorias ou manutenção dos níveis adequados de qualidade ambiental.

Nesse sentido a vegetação pelo seu papel de proteção natural contra os

impactos direto das gotas de chuva sobre os solos precisa ser preservada. As florestas tropicais cobrem extensas áreas do globo e participam efetivamente do equilíbrio da atmosfera, sendo que através de suas folhas evaporam grandes volumes de água (ROOS, 2011 p.69). A supressão da cobertura vegetal para ceder lugar a outras formas de usos antrópicos deixa os solos mais vulneráveis a inúmeros processos. Nessas condições os problemas relacionados à erosão, assoreamento e perda de solos tendem a aumentar. Nas palavras de Girão (2018) a degradação ambiental tem sido o pilar dos problemas ambientais contemporâneos, especialmente pela atual condição de transformação do espaço físico-natural, num contexto social de desigualdade econômica e social.

6. ASPÉCTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho tem como proposta a análise temporal das alterações históricas do Uso e Cobertura da Terra e da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito, considerada aqui como a área de influência da Lagoa de Itaparica. O desenvolvimento desse trabalho se deu em duas etapas, sendo primeira destinada ao mapeamento multitemporal do Uso e Cobertura da Terra utilizando dados de sensores remotos dos satélites Landsat-1, 2,5 e 8. Enquanto que na segunda etapa foram identificadas as áreas mais vulneráveis aos processos de erosão e perda de solos para o ano de 2018. Por meio do software de análise espacial QGIS, versão 3.4, a análise temporal do Uso e Cobertura da Terra foi realizada para o intervalo compreendido entre 1975 e 2018, considerando 09 períodos (1975, 1979, 1986, 1990, 1997, 2002, 2007,2014 e 2018).

Em função da indisponibilidade de imagens com ausência de nuvens, as análises temporais do Uso e Cobertura da Terra foram realizadas com intervalo mínimo compreendido entre, no mínimo 5 e no máximo de 7 anos entre si. O período inicial das observações (1975) coincide com a disponibilização gratuita dos primeiros dados de sensores remotos do satélite Landsat pelo INPE. A disponibilização dos mesmos teve início a partir de 1972, porém, não foi possível obter imagem de boa qualidade, sem cobertura de nuvens para os anos anteriores a 1975. O Quadro 1 apresenta as datas de lançamento de cada satélite e suas principais características.

Quadro 1. Histórico e características da série de imagens Landsat.

| Satélite | Lançamento | Desativado | Resoluções | | | |
|-----------|------------|-------------|-----------------|--------------|---------------------|---------------------|
| | | | Temporal (dias) | Espacial (m) | Radiométrica (bits) | Faixa Imageada (km) |
| Landsat-1 | Jul/72 | Jan/78 | 18 | 80 | 64 | 170x185 |
| Landsat-2 | Jan/75 | Fev/82 | 18 | 80 | 64 | 170x186 |
| Landsat-3 | Mar/78 | Set/83 | 16 | 80 | 64 | 170x187 |
| Landsat-5 | Mar/84 | Jun/13 | 16 | 40 | 256 | 185x185 |
| Landsat-7 | Abr/99 | * | 16 | 30 | 256 | 185x186 |
| Landsat-8 | Fev/13 | Em operação | 16 | 30 | 256 | 185x186 |

Fonte: Elaborado pelo autor

*Em maio de 2003, o satélite Landsat-7 apresentou um problema no espelho corretor de Linha de Varredura (SLC) e em função disso não vem sendo mais utilizado.

Para os períodos de 1975 e 1979 foram utilizadas as imagens Landsat/MSS 1 e 2, enquanto que para os períodos de 1986, 1990, 1997, 2002 e 2007 foram utilizadas as imagens Landsat-5/TM. Nos dois últimos períodos (2014 e 2018) foram utilizadas as imagens Landsat-8/OLI. O Quadro 2 descreve as imagens utilizadas em cada período com as datas (dia/mês/ano) de passagem de cada satélite na área de estudo.

Quadro 2. Imagens utilizadas no mapeamento histórico do Uso e Cobertura da Terra.

| Ano | Imagem | Dia/Mês |
|------|-----------|----------|
| 1975 | Landsat-1 | 26/Maio |
| 1979 | Landsat-2 | 14/Maio |
| 1986 | Landsat-5 | 11/Maio |
| 1990 | Landsat-5 | 20/Abril |
| 1997 | Landsat-5 | 26/maio |
| 2002 | Landsat-5 | 29/abril |
| 2007 | Landsat-5 | 05/maio |
| 2014 | Landsat-8 | 22/maio |
| 2018 | Landsat-8 | 16/maio |

Fonte: Do autor (2020)

O mapeamento do Uso e Cobertura da Terra foi elaborado com imagens obtidas logo a após o período chuvoso buscando-se excluir imagens com a presença de nuvens e, ao mesmo tempo, que também fossem de períodos nos quais a vegetação tivesse com mais vigor vegetativo. A cobertura vegetal predominante na área de estudo (a caatinga) apresenta uma heterogeneidade sazonal muito grande, sendo que, nos períodos mais chuvosos, a mesma encontra-

se com mais vivas, portanto, de mais fácil identificação nas imagens. Nos períodos secos, essa vegetação costuma perder suas folhas como forma de adaptação à escassez de água. Dessa forma, se o mapeamento fosse gerado tomando como referência esses períodos (secos) os solos se apresentariam mais expostos e isso poderia alterar completamente as interpretações, gerando equívocos quanto à estimativa real da cobertura vegetal.

A Segunda etapa do trabalho foi voltada para o mapeamento da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos. No presente trabalho, o mapeamento da vulnerabilidade a erosão e perda de solos foi adaptado à metodologia desenvolvida por Crepani et al (2001). Tomando como referência os princípios da Ecodinâmica desenvolvida por Tricart (1977), Crepani analisou a vulnerabilidade natural à perda de solos da Amazônia. O princípio da Ecodinâmica estabelece diferentes categorias morfodinâmicas as quais são resultantes dos processos de morfogênese ou pedogênese. Sendo assim, quando a morfogênese é predominante, os processos modificadores do relevo e erosivos são mais atuantes, na situação oposta predominam os processos formadores, a exemplo da formação dos solos (pedogênese).

A vulnerabilidade ambiental está associada ao maior ou menor estágio de estabilidade ou instabilidade dos fatores abióticos (TRICART 1977 apud CREPANI, 2001). Sendo assim, esses fatores estariam diretamente ligados às modificações geradas pela morfopedogênese e fitos sucessão atuantes nas unidades ecodinâmicas. Atinente a isso, a vulnerabilidade tende a ser mais elevada quando há a interação de um conjunto de fatores naturais e sociais. Ela envolve aspectos da fragilidade do ambiente indicando áreas mais ou menos suscetíveis à degradação ambiental, contribuindo no processo de tomada de decisão à cerca da gestão do território.

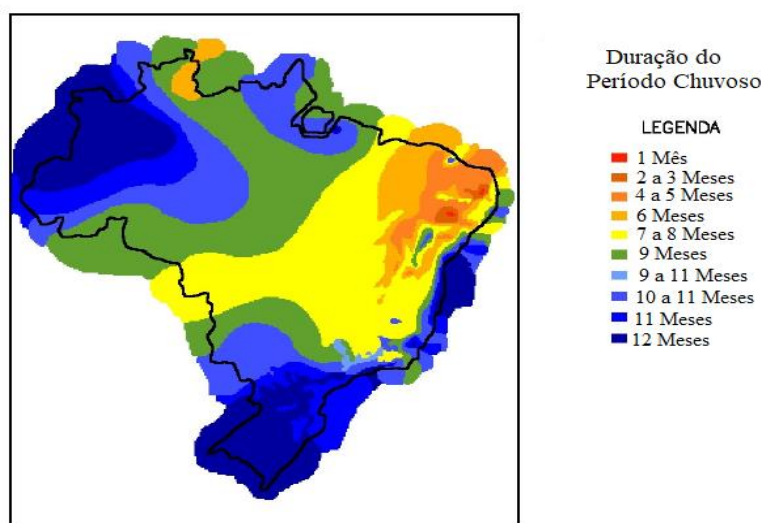
Sendo assim, no mapeamento da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos foram utilizados os Planos de Informações Temáticas (PI) constituídos por Geologia (CPRM, 2003), Geomorfologia, Pedologia (EMBRPA, 2011), Vegetação e Uso da Terra (do próprio autor, 2018) e Precipitação (ANA, 2015). Dessa forma, o mapeamento da vulnerabilidade foi resultado do cruzamento dos Planos de Informações constituídos, tanto por unidades de paisagens naturais quanto por polígonos de intervenção antrópica (Uso da Terra). Com base no estabelecimento

desses parâmetros, cada plano de informação teve associado aos seus atributos valores relativos e empíricos compreendidos entre 1 e 5. Os valores próximos de 1 e de 5 foram associados a graus de vulnerabilidade Muito Baixa e Muito Alta, respectivamente. Nos valores atribuídos aos atributos de cada Plano de Informações (PI) foi considerada a influência de cada um deles nos processos de morfogênese e pedogênese.

Através da aplicação de técnicas de geoprocessamento, o cruzamento dos planos de informações culminou com estabelecimento de Unidades Territoriais Básicas (UTB) classificadas como Muito Baixa (1), Baixa (2), Média (3), Alta (4) e Muito Alta Vulnerabilidade (5). Para viabilizar o processamento, todos os planos de informações foram convertidos para o formato numérico. Essa conversão consiste em converter os planos temáticos do formato vetorial *shapefile* (shp) para o formato raster, sendo o mapa de vulnerabilidade resultante da média ponderada entre os planos de informações.

A intensidade pluviométrica foi obtida com base na observação de 22 anos (1993/2014) de dados oriundos de série histórica de precipitações pluviométricas disponíveis em seis postos situados na região de estudo. As intensidades médias costumam ser determinadas dividindo-se as precipitações médias anuais pelos meses considerados chuvosos. Tomando como exemplo a região do semiárido nordestino, onde as precipitações médias anuais máximas estão situadas próximo dos 750 mm, ao dividi-la por seu período de chuva (3 meses) se chegaria a um valor de intensidade média de 250 mm mensais. O mapa da Figura 2 do IBGE (1993) destaca os períodos chuvosos do no território brasileiro.

Figura 2. Precipitações médias e duração do período chuvoso do Brasil.



Fonte: IBGE, 1993 apud Crepani (2001).

Dessa forma as intensidades pluviométricas estabelecidas pelo IBGE são obtidas dividindo-se as precipitações médias anuais pelos meses considerados chuvosos (Tabela 1).

Tabela 1. Duração do período chuvoso e Intensidades pluviométricas por regiões no Brasil.

| Região | Pluviosidade Média Anual (mm) | Duração do Período Chuvoso (meses) | Intensidade Pluviométrica (mm/mês) | |
|--------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|
| | | | Mínima | Máxima |
| Norte | 1400 a 3400 | 7 a 12 | 116,6 | 485,7 |
| Nordeste | 300 a 2000 | 1 a 3 | 100,0 | 200,0 |
| Sudeste | 900 a 3600 | 6 a 12 | 75,0 | 600,0 |
| Sul | 1200 a 2000 | 9 a 12 | 100,0 | 222,2 |
| Centro-oeste | 1000 a 3000 | 7 a 11 | 90,9 | 428,5 |

Fonte: IBGE adaptado por Crepani (2001).

Entretanto, esse método pode induzir a erros, pois implica dizer que em apenas alguns meses do ano se concentrou toda a precipitação média anual. Nas Regiões Fisiográficas do Alto, Médio e Submédio São Francisco, o trimestre mais chuvoso vai de novembro a janeiro e contribui com 53% da precipitação anual, enquanto o período mais seco vai de junho a agosto (ANA, 2006, p.32).

Diante disso, no presente trabalho analisou-se a distribuição mensal das precipitações, tendo como objetivo verificar em quais meses havia a maior concentração. A partir dos postos pluviométricos analisados na área de estudo foi verificado que os meses de novembro, dezembro e janeiro representam mais de

70% das precipitações anuais. Sendo assim, as intensidades pluviométricas da área foram obtidas considerando valores pluviométricos médios trimestrais.

Após isso, todos os planos de informações tiveram os seus respectivos atributos valorados conforme já mencionado e convertidos para o formato raster. Com a ferramenta calculadora raster do *software* QGIS versão 3.4 foi possível realizar a interseção dos planos de informações temáticas por meio da média ponderada gerando o mapa de Vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos.

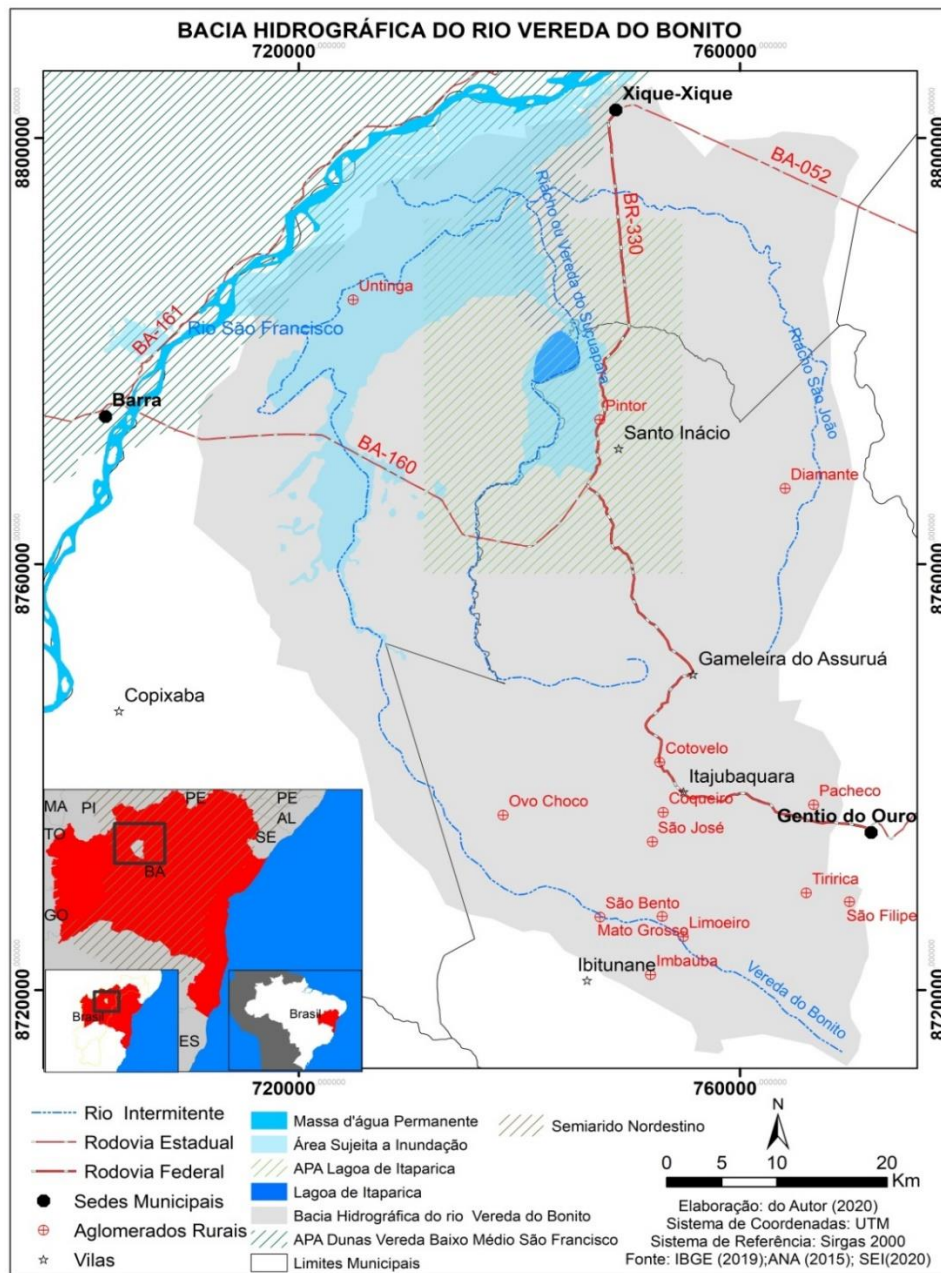
7. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

7.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO

A Lagoa de Itaparica está localizada na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito de aproximadamente 4000 (quatro mil) km², na margem direita do rio São Francisco, Figura 3. Essa bacia hidrográfica está situada entre os municípios de Xique-Xique e Gentio do Ouro, na Mesorregião do Centro Norte do Estado da Bahia, distante a aproximadamente 587 km da Capital, Salvador. A Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é uma sub-bacia do rio São Francisco, que por sua vez está inserida na Região Fisiográfica do Médio São Francisco. No Estado da Bahia a Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito está inserida na Região de Planejamento e Gestão de Águas (RPGA XX) do Paramirim-Santo Onofre.

Em 2009, com a resolução nº 43 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), foi publicada uma nova divisão hidrográfica da Bahia, a partir da qual a gestão dos recursos hídricos passaria a adotar como unidade de planejamento as 26 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas 26 (RPGAs).

Figura 3. Mapa de Localização da área de influência da Lagoa de Itaparica.



Fonte: do autor (2020)

7.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO E DA LAGOA DE ITAPARICA

As principais contribuições hídricas da Lagoa de Itaparica vêm do rio Vereda do Sussuapara que nasce ao sul da mesma nas cotas 1300 a 1400 metros acima do nível do mar. Após atravessar a lagoa ele passa a ser denominado de Canal de Itaparica o qual segue um trecho de aproximadamente 22 km até desaguar no rio Vereda do Bonito já em contato com rio São Francisco ao norte. Entretanto quando as vazões do rio São Francisco se elevam o fluxo de água costuma se inverter

correndo em direção à lagoa. Nos períodos chuvosos as águas que caem nas áreas serranas de toda sua margem direita também alimentam a lagoa. Toda a área inundada pela lagoa possui cotas compreendidas entre 393 e 400 metros. Quando a lagoa está totalmente cheia, como demonstra a fotografia de um período de cheia, Figura 4, costuma inundar uma área de aproximadamente 19 km². A construção de um barramento no canal de Itaparica, conforme relatos das comunidades tem impedido o retorno das águas do rio São Francisco até a lagoa.

Figura 4. Fotografia da planície de inundação da Lagoa de Itaparica.



Fonte: CBHSF (2020).

A imensa planície de inundação que se forma pela lagoa é constituída de outras lagoas de menor porte, mas de extrema importância ecológica e social para as comunidades que habitam essas áreas.

A área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito está inserida em duas Unidades de Proteção Ambiental de domínio estadual. Uma delas recebe o nome da própria Lagoa de Itaparica e a outra é a APA Dunas e Vereda do Baixo Médio São Francisco. Esta última está se expande em sua maioria pela margem esquerda do rio São Francisco, abrangendo apenas uma pequena faixa ao norte da lagoa. A APA Lagoa de Itaparica de 78.450ha foi criada pelo Decreto Estadual nº 6.546 de 18 de julho de 1997 se estende praticamente pela planície de inundação a noroeste e leste da lagoa. A APA Dunas e Vereda do Baixo Médio São Francisco de 1.085.000ha se estende pelos municípios de Barra, Pilão Arcado e Xique-Xique e foi estabelecida por meio do Decreto Estadual nº. 6.547 de 18 de julho do mesmo ano (INEMA, 2017). A própria APA Lagoa de Itaparica ocupa apenas 2% da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito (CONSOMINAS, 2019).

7.3 ASPECTOS SOCIAIS

No censo do IBGE (2017), a população estimada de Xique-Xique foi de 48.365 habitantes, sendo a população urbana 32.552 (71,0%) e rural 13.992 (29,0%). O município de Gentio do Ouro, na mesma ocasião, registrou 11.639 habitantes, com 6.328 desta urbana (54,36%) e 5.311 rural (45,64%). O IDH de Xique-Xique e Gentio do Ouro foi de, respectivamente, 0.585 e 0.569, ambos considerados médio. Na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito, nos domínios do município de Xique-Xique foi identificada a comunidade de Untinga, Saco dos Bois, Lagoa dos Gomes, Carnaúba, Tranqueira, Terra Vermelha, Buriti, Alto Grande, Itaparica Velha, Gado Bravo, além da própria área urbana de mesmo município. Do município de Gentio do Ouro, o levantamento apontou a presença das comunidades de Coqueiro, Cotovelo, Diamante, Gameleira do Assuruá, Imbaúba, Itajubaquara, Limoeiro, Mato Grosso, Ovo Choco, Pacheco, Pintor, Santo Inácio, São Bento, São Felipe, São José e Tiririca.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Vereda do Bonito não foi possível identificar formas através das imagens, tipo pivôs centrais ou algo do tipo, que pudessem ser atribuídas à agricultura mecanizada. Todavia a partir de informações sobre captação de águas subterrâneas e sua destinação foi possível associar as formas agrícolas localizadas nos setores a nordeste da Lagoa de Itaparica ao tipo irrigada.

7.4 ASPECTOS AMBIENTAIS

A Lagoa de Itaparica encontra-se em um ambiente crítico do ponto de vista hídrico, castigado por longos períodos de estiagem. Por conta disso, a mesma tem sofrido com secas cada vez mais frequentes, conforme relato das comunidades e de ambientalistas. A primeira crise hídrica na Lagoa de Itaparica teria ocorrido em 1930 em mais quatro ocasiões não especificadas pelas comunidades. Em 2013, já sofrendo com os efeitos da estiagem iniciada em 2012, a lagoa já apresentava perda de volume, como demonstra a Figura 5, na qual um pescador a atravessa andando. Depois de ter secado em 2015 a lagoa voltou ter água em função das chuvas que caíram em 2016, porém, voltou a secar completamente em 2017.

Figura 5. Fotografia tirada por ocasião da Lagoa de Itaparica ainda com água.



Fonte: Foto de Suelen Brito (2013)

O episódio de seca em 2017 foi considerado o pior até então observado, tendo inclusive chamado à atenção de ambientalistas, e dos meios de comunicação, como demonstra a matéria publicada pelo jornal Correio da Bahia de 01/09/2017, Figura 6. A seca registrada em 2017 causou a morte de cerca de 3 milhões de peixes (CBHSF, 2017). Entretanto, não se pode atribuir às constantes secas na lagoa apenas a escassez de chuvas, pois o retrato da mesma e de suas áreas de influência revelam um cenário de intensa degradação no que se refere ao Uso e Cobertura da Terra.

Figura 6. Foto publicada na Matéria de Jornal destacando os efeitos da seca de 2017.



Ministério Público solicitou retirada de porcos em lagoa; área tem virado pasto e, com baixa nível, peixes estão morrendo (Foto: MP-BA/Divulgação)

Seca na maior lagoa do Rio São Francisco afeta 5 mil famílias

Sem fiscalização, área tem virado pasto e prejudicado ribeirinhos; MP-BA convocou reunião e distribuiu responsabilidades

Fonte: Jornal Correio da Bahia (2017).

No entorno da Lagoa de Itaparica, a fragilidade ambiental é evidente, pois mesmo com a existência da APA, os processos de degradação vêm se acentuando. A criação da Área de Proteção Ambiental demonstrou na ocasião (1997) uma preocupação para com os ecossistemas presentes na região. Entretanto, 23 anos após a sua criação, o grau de degradação ambiental na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito demonstra que as medidas de proteção ali estabelecidas foram insuficientes para garantir a eficácia na proteção ambiental.

Na área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito os principais problemas têm sido causados pela retirada de areia, a criação extensiva de bovinos, caprinos, ovinos e suínos, extração irregular de areia, ouro, diamante, cristal, além da pesca e caça predatória. Nas proximidades da lagoa, a criação de suínos soltos tem interferido na regeneração dos brotos da carnaúba, matéria prima de grande potencial econômico e muito abundante no entorno da lagoa. Os seus derivados entram na composição de ceras, cosméticos, artesanato, cápsula de medicamento e componentes eletrônicos. Nos trechos situados a leste e norte da mesma, como destacado nas Figuras 7a e 7b encontra-se a maior concentração da carnaúba.

De acordo com os dados do MMA (2010), 25% da energia consumida pelo

setor industrial e comercial da Região Nordeste tem origem na biomassa florestal da caatinga e gera cerca de 900 mil empregos. A caatinga ainda detém potencialidades quanto ao manejo sustentável oriundo de produtos florestais não madeireiros.

Figura 7. Povoado de Saco dos Bois 7a (esquerda) no município de Xique-Xique e 7b (direita), área ocupados por Carnaúba, ambos situados a leste da Lagoa de Itaparica.



Fonte: do Autor (2019).

Em função de sua beleza natural e paisagística, outra potencialidade a ser explorada na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é o ecoturismo, pouco aproveitada até então. Além da própria beleza apresentada pela paisagem da planície da lagoa, o povoado de Santo Inácio, situado a sudeste da mesma, no município de Gentio do Ouro, Figuras 8a e 8b, também desfruta de muita riqueza paisagística, natural e histórica. Além disso, a região também vem recebendo investimentos na geração de energia eólica com instalação de parques eólicos nas áreas serranas localizadas a leste da Lagoa de Itaparica.

Figura 8. Entrada do povoado de Santo Inácio 8a (esquerda) em Gentio do Ouro e 8b (direita) fotografia do mesmo local representando um monumento histórico abandonado.



Fonte: Foto do Autor (2019)

7.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS

De acordo com a classificação de Köppen (1918), o clima predominante na região é o semiárido (Bshw). Uma das características marcantes desse domínio

climático é a irregularidade temporal e espacial das precipitações. Ao analisar os processos da circulação atmosférica na Região Nordeste, Nimer (1989) chama a atenção para a necessidade de haver mais investimentos públicos em pesquisas voltadas para a compreensão climática dessa região. O autor destaca que os intervalos de escassez de chuva que causam secas calamitosas sobre o Nordeste, são tanto explicáveis quanto previsíveis. Sendo assim, o mesmo destaca que:

O caráter seco do nordeste brasileiro decorre de esta região estar durante todo o ano sob o domínio do centro de ação do Atlântico, representado aí pela Massa Equatorial Atlântica (mEa). Nos anos úmidos, o centro de ação se retira do Nordeste propiciando para o mesmo o avanço da mEc até a Borborema e a chapada Diamantina, e a decida da Frente Intertropical (FIT), ultrapassando o Araripe e parcialmente a Borborema, atingindo o limite Pernambuco-Bahia. (NIMER, 1989, p.42)

De acordo com Ab' Saber (2001, p.83):

O domínio das caatingas brasileiras é um dos três espaços semiáridos da América do sul. Fato que o caracteriza como um dos domínios de natureza de excepcionalidade marcante no contexto climático e hidro geológico de um continente dotado de grandes extensões de terras úmidas.

Segundo informações do MMA (2010), essa variabilidade tem como explicação a atuação de sistemas climáticos muito complexos. Tal complexidade envolve a formação das chuvas, com frentes que vêm de vários quadrantes e que vão perdendo sua força à medida que penetram no núcleo do semiárido. Isso resulta em chuvas erráticas e concentradas em poucos meses do ano, promovendo anos chuvosos alternados irregularmente com anos de secas. Outro fator a considerar seria a disposição orográfica, com presença de serras e chapadas mais altas interceptando as frentes mais úmidas. Além disso, os solos apresentam maior ou menor capacidade de reter as águas das chuvas, por conta de diferentes profundidades e texturas.

7.6 FORMAÇÃO VEGETAL

Com base no Manual de Classificação de Vegetação do IBGE (2012) e observações *in loco* foi possível atribuir as formações vegetais da área de estudo, Figuras 9a e 9b aos tipos Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada, respectivamente.

Figura 9. Exemplo de Savana Estépica Arborizada - 9a (esquerda) e 9b (direita) Savana Estépica Florestada.



Fonte. IBGE (2012).

No entorno da Lagoa de Itaparica, em uma das margens da BR 330, foi possível identificar setores com a presença de uma vegetação arbustiva assentada sobre um solo pedregoso, sendo em alguns pontos observados os afloramentos rochosos (Figuras 10a e 10b).

Figura 10. Imagem de um ponto a leste da lagoa - 10a (esquerda) e 10b (direita) fotografia do mesmo local representando um afloramento rochoso.

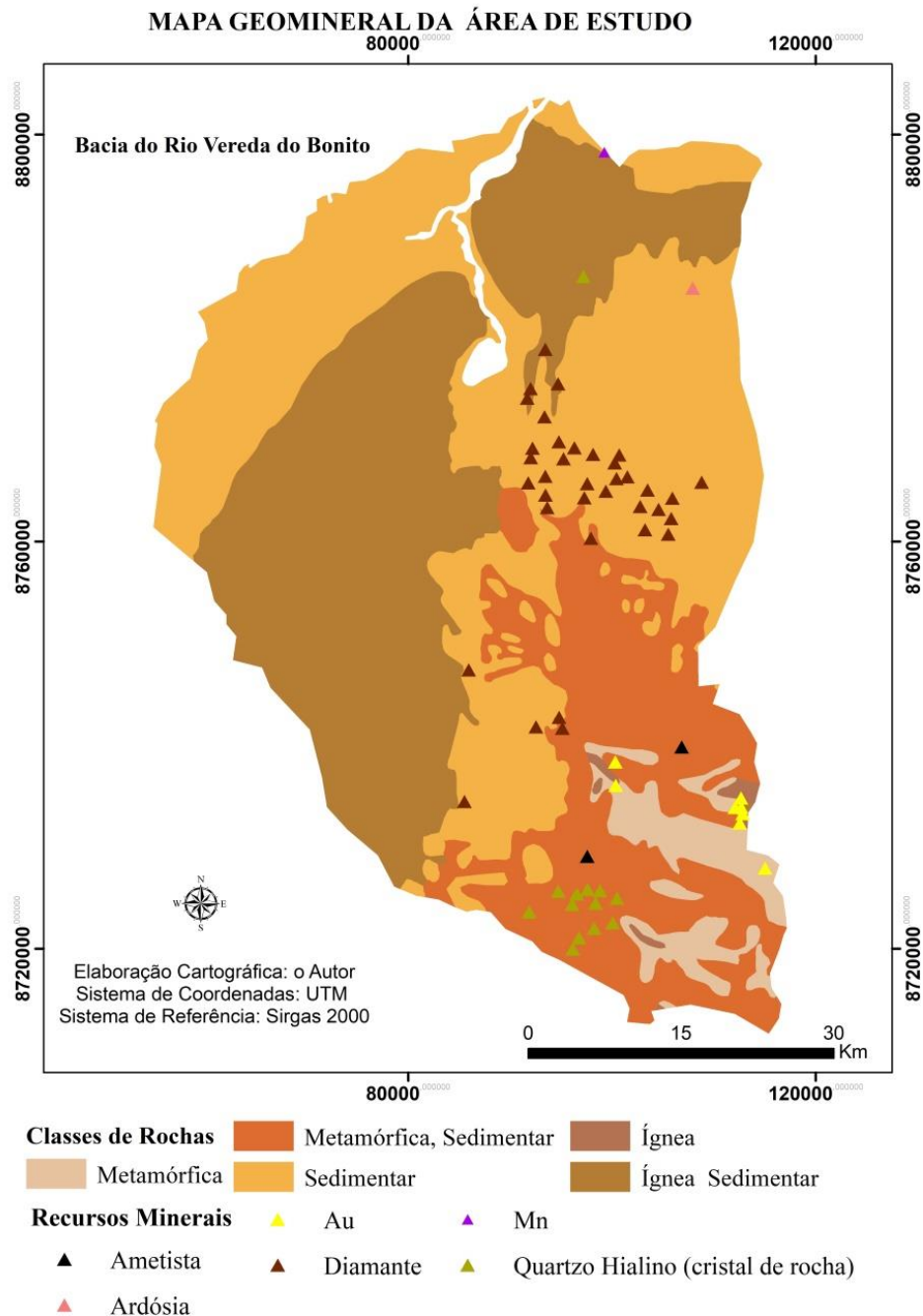


Fonte: Google Earth (2011); Foto do Autor (2019).

7.7 ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acordo com Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM, 2012) a Região do Médio São Francisco, na qual está inserida a Lagoa de Itaparica, geologicamente pertence à Formação Tombador, do Grupo Chapada Diamantina, Figura 11.

Figura 11. Mapa Geologia e Recursos Minerais da área de estudo



Fonte: do Autor (2020).

Quando se considera toda a área de exposição da Formação Tombador, verifica-se que o forte da acumulação dos ciclos deposicionais aluviais e fluviais está concentrado nas regiões entre Sobradinho e Xique-Xique e entre Lençóis e Mucugê (CBPM, 2012, p.52). Todo o setor leste da Lagoa de Itaparica é delimitado pela Serra de Santo Inácio, onde a formação geológica é constituída por rochas dos tipos metamórfica, sedimentar e ígnea.

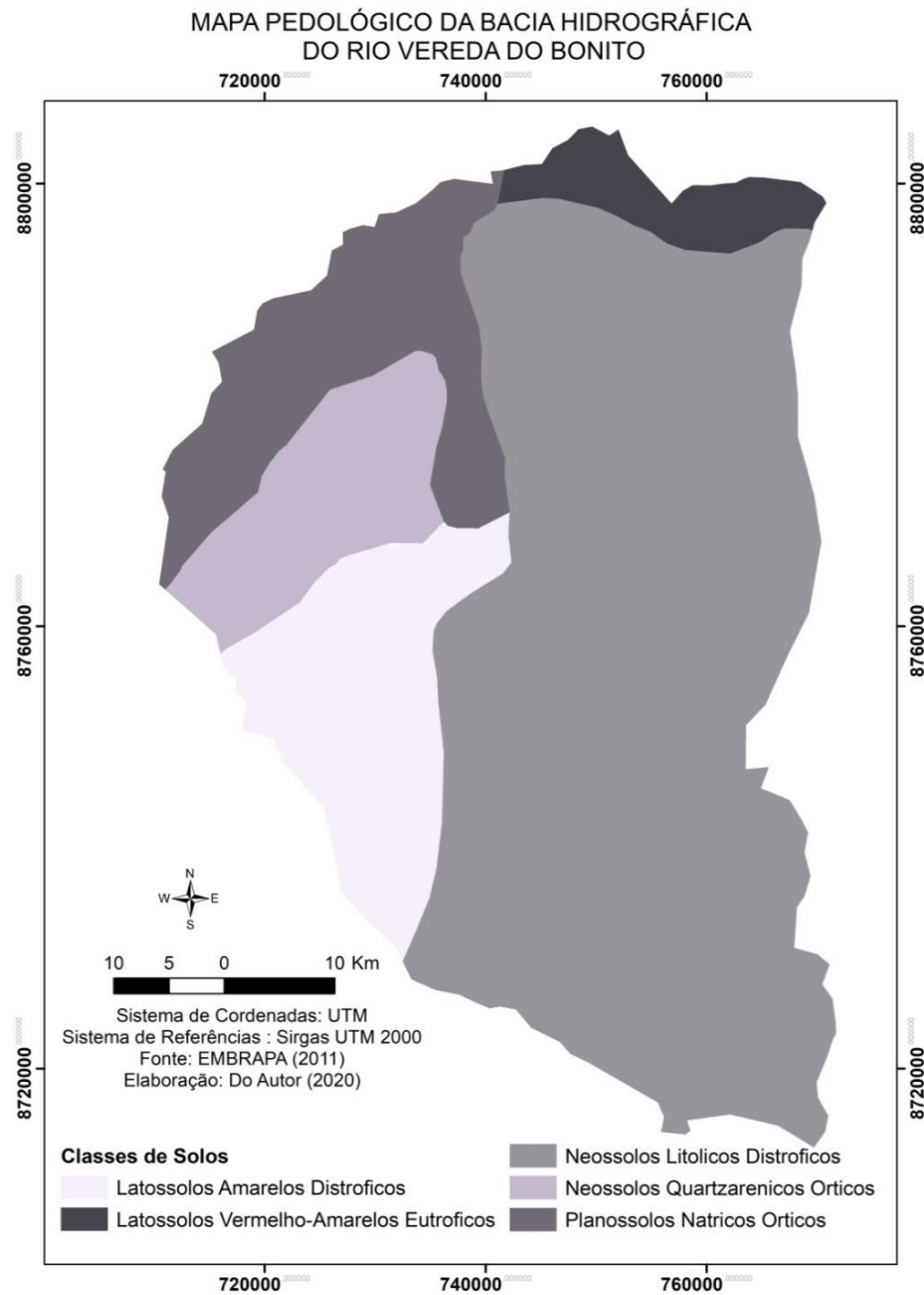
É por esses trechos que estão concentradas as maiores reservas de minérios, como diamante, ouro e ametistas. As áreas situadas entre o sul, oeste e norte são caracterizadas pelos tipos ígneas e sedimentares.

7.8 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Quanto aos solos, na área de estudo predominam os tipos Neossolos Flúvico Eutróficos e seguido dos Latossolos Embrapa (2011). Vermelho-Amarelo Eutróficos. Nas áreas da planície de inundação da Lagoa de Itaparica e em alguns trechos a noroeste foi observada uma concentração maior Latossolos e, ao norte da mesma, algumas manchas de Argissolos, Figura 12.

Por apresentar melhor fertilidade agrícola, esses pequenos trechos são bastante explorados pela agricultura. Na área de estudo, esses solos estão situados próximos da foz do rio Vereda do Bonito, nas planícies aluviais, próximas ao rio São Francisco.

Figura 12. Tipo de solos observados na área de estudo.



Fonte: do Autor (2020).

8. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desse trabalho foi dividida em duas etapas, sendo a primeira voltada para o mapeamento Multitemporal do Uso e Cobertura da Terra e a segunda destinada ao mapeamento da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Vereda do Bonito. O mapeamento do Uso e Cobertura da Terra que foi feito com dados do Landsat 1, 2,5 e 8 compreendeu o intervalo situado entre

1975 e 2018, considerando 09 períodos de observação (1975, 1979, 1986, 1990, 1997, 2002, 2007, 2014 e 2018). O mapeamento da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos refletirá a situação atual destacando as áreas de maior fragilidade. No mapeamento do Uso e Cobertura da Terra os intervalos médios entre um mapeamento e outro foram de, no mínimo 5 e no máximo 7 anos. A escolha desses intervalos esteve condicionada à disponibilidade de imagens com condições técnicas adequadas ao desenvolvimento dos trabalhos. Apesar de o primeiro satélite da série Landsat ter sido lançado em 1972, para a área de estudo só foi possível obter imagens com qualidade no que se refere à ausência de nuvens e ruídos a partir de 1975. Atualmente as referidas imagens podem ser obtidas gratuitamente, tanto no *site* do Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE quanto no *site* da *National Aeronautics and Space Administration* - NASA.

8.1 MATERIAIS

Para atender aos objetivos da primeira etapa, foram utilizados dados de sensores remotos dos satélites Landsat 1, 2, 5 e 8, obtidas gratuitamente no *site* da *Earth Explorer*-(USGS, 2018). Na segunda etapa, foi produzido o mapa de Vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos a partir de informações temáticas, como, Pedologia (EMBRAPA, 2011) na escala de 1:5.000.000, dados de Geomorfologia (Índice de Dissecação do Relevo e Declividade) gerado a partir de um MDE com resolução espacial de 30 obtido no *site* Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), Geologia (CPRM, 2003) na escala de 1:1000.000, dados de Precipitação (Intensidade Pluviométrica) oriundos da série histórica disponibilizada no *site* da ANA (2017) e Uso e Cobertura da Terra (2018, de autoria própria). Também serviram como fontes de informações, dados disponíveis em *sites* de instituições como a SEI (2017), RADAMBRASIL, IBGE (2019), MAPBIOMA (2018), ANA (2017), INEMA (2015), e IBAMA (2018) e outros.

8.1.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VEREDA DO BONITO

A Lei 9.433 de janeiro de 1997, definidora da Política Nacional de Recursos Hídricos em seu artigo 1, V, adotou a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos em que os planos e decisões sobre os recursos hídricos devem ser adotados. Em função disso, a bacia hidrográfica foi

estabelecida como sendo os limites da área de influência da Lagoa de Itaparica.

A delimitação da área de influência da Lagoa de Itaparica (a bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito) foi necessária, pois as divisões hidrográficas do Estado da Bahia encontram-se organizadas por agrupamentos de bacias maiores, não havendo em muitos casos os limites dessas pequenas unidades. Sendo assim, a sua delimitação foi concretizada utilizando um Modelo Digital de Elevação (MDE) de 30 metros de resolução espacial. O MDE foi processado aplicando as ferramentas *r.watershede* e *r.to vect* do software QGIS. A primeira ferramenta gera um conjunto de arquivos no formato raster contendo os limites das bacias e a direção de fluxos dos canais de drenagem. Com a utilização da segunda ferramenta, foi possível converter os arquivos do formato raster para vetor e calcular a área de drenagem.

8.1.2 MAPEAMENTO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA

No mapeamento do Uso e Cobertura da Terra foram utilizadas as imagens Landsat, as quais têm suas principais características e datas de aquisições descritas no Quadro 3. As referidas imagens foram submetidas às operações de Correção Geométrica, de Composição Colorida e de Mosaico.

Quadro 3. Imagens utilizadas.

| Satélite | Ano | Data de aquisição | Composição | Cenas |
|--------------|------|-------------------|---|-------------------|
| Landsat1/MSS | 1975 | 26/mai | B4- (Verde -visível) B5- (Vermelho visível) | 234/067 e 234/068 |
| Landsat2/MSS | 1979 | 14/mai | B6- (Infravermelho próximo) B7- (Infravermelho próximo) | |
| Landsat5/TM | 1986 | 11/mai | B1- (Azul visível) | 218/068 |
| | 1990 | 20/abr | B2- (Verde visível) | |
| | 1997 | 26/jun | B3- (Vermelho visível) | |
| | 2002 | 29/abr | B4- (Infravermelho próximo) B5- (Infravermelho médio) | |
| | 2007 | 05/mai | B7- (Infravermelho médio) | |
| Landsat8/OLI | 2014 | 24/abr | B2- (Azul visível) B3- (Verde visível) B4- (Vermelho visível) | |
| | 2018 | 03/mai | B5- (Infravermelho próximo) | |

| | | | | |
|--|--|--|---------------------------|--|
| | | | B6- (Infravermelho médio) | |
| | | | B7- (Infravermelho médio) | |

Fonte: do Autor (2020).

8.1.3 COMPOSIÇÃO COLORIDA

A composição colorida foi realizada a partir da junção de todas as bandas de cada satélite (exceto a termal), pois quanto maior a quantidade de bandas melhor será a identificação dos alvos no processo de classificação. Para esse propósito, aplicou-se a função miscelânea do software QGIS. Apesar de se utilizar todas as bandas na composição colorida, com a finalidade de facilitar a identificação visual durante a coleta das amostras na tela do computador foi adotada uma combinação falsa cor para cada imagem formada por três bandas. Isso é necessário porque cada alvo possui uma resposta específica à determinada banda espectral. Sendo assim, a composição colorida aplicada foi constituída pela sequência 1R-3G-2B para as imagens (Landsat-1 e 2 /MSS), 5R-4G-3B (Landsat-5/TM) e 7R-5G-3B para Landsat-8/OLI, respectivamente.

As bandas escolhidas estão na faixa do espectro visível, e, portanto, atendem melhor ao propósito do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra. Nesse caso, a vegetação, por exemplo, costuma refletir mais nas referidas bandas espectrais de cada imagem. As composições 5R-4G-3B do Landsat-5/TM e 7R-5G-3B do Landsat-8/OLI são as bandas do espectro visível, as quais são mais apropriadas para ao estudo da vegetação e do Uso e Cobertura da Terra, respectivamente.

8.1.4 CORREÇÃO GEOMÉTRICA

Esse procedimento consiste em ajustar espacialmente às imagens mais antigas a posição das imagens atuais. Nesse caso, apenas as imagens Landsat-1 e 2 /MSS e Landsat- 5/TM foram submetidas ao georreferenciamento, pois as mesmas possuíam sistemas de referência diferentes daqueles apresentados pelas mais atuais. As imagens Landsat- 8/OLI já foram distribuídas no *site* da NASA com a correção geométrica.

8.1.5 MOSAICO DE IMAGENS

Quando se adquire uma imagem pode acontecer de a mesma não cobrir toda a área de estudo. Dessa forma, após a composição colorida é necessário realizar junção das mesmas em um processo conhecido como mosaico. A operação de mosaico pode ser feita por meio da mesma ferramenta raster e miscelânea do Qgis, procedimento semelhante àquele utilizado na composição colorida. Uma das vantagens apresentadas pelo mosaico é a capacidade de uniformizar os resultados das classificações evitando o efeito denominado persiana, observado quando se realiza a classificação para cada cena separada. Isso acontece quando se trabalha com imagens de períodos distintos.

8.1.6 CLASSIFICAÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA

As etapas seguintes foram destinadas aos processos de mapeamento do Uso e Cobertura da Terra. O método adotado na classificação foi da classificação supervisionada ou Máxima Verossimilhança (*Max ver*). Esse método requer a realização de uma coleta visual de amostras significativas e bem distribuídas espacialmente para cada classe identificada nas imagens da área de estudo. No processo de coleta das amostras foram adotadas as combinações 1R-3G-2B para as imagens Landsat-1 e 5R-4G-3B e 7R-5G-3B para as imagens Landsat-5 e 8, respectivamente. A representação de amostras coletadas foi de aproximadamente 10% de cada classe mapeada. A classificação foi processada utilizando complemento *Semiautomática Clasificación* (SCP) do QGIS 3.4.

8.2 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE A EROSÃO E PERDA DE SOLOS

O mapa de vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos foi resultado do cruzamento dos Planos de Informações Temáticas formados por Geologia, Geomorfologia (Declividade e Índice de Dissecação do Relevo), Pedologia, Precipitação (intensidade pluviométrica), Vegetação e Uso da Terra.

A Vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos foi estabelecida seguindo metodologia desenvolvida por Crepani *et al* (2001). Na determinação da vulnerabilidade o autor utilizou operações matemáticas aplicadas por meio de software de análise espacial para determinar os níveis de vulnerabilidade dos solos da Amazônia. No referido trabalho o autor estabeleceu uma escala de valores entre 1e 3 (Quadro 4) de um total de 21 valores. O valor dado a cada atributo foi pautado

em análises feitas por especialistas os quais emitiram opiniões a respeito de como cada variável contribui com a condição de estabilidade ou instabilidade das unidades de paisagens.

Quadro 4. Valores de Vulnerabilidade.

| Valor | Classes (Crepani) | Valor Adaptado | Classe Adaptada |
|-------|----------------------------------|----------------|-----------------|
| 3,0 | Vulnerável | 5 | Muito Alta |
| 2,9 | | | |
| 2,8 | | | |
| 2,7 | | | |
| 2,6 | Moderadamente Vulnerável | 4 | Alta |
| 2,5 | | | |
| 2,4 | | | |
| 2,3 | | | |
| 2,2 | Medianamente Estável/ Vulnerável | 3 | Média |
| 2,1 | | | |
| 2,0 | | | |
| 1,9 | | | |
| 1,8 | Moderadamente Estável | 2 | Baixa |
| 1,7 | | | |
| 1,6 | | | |
| 1,5 | | | |
| 1,4 | Estável | 1 | Muito Baixa |
| 1,3 | | | |
| 1,2 | | | |
| 1,1 | | | |
| 1,0 | | | |

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

Buscando adequar a supracitada metodologia, os atributos de cada plano de informações receberam valores de vulnerabilidade situados entre 1 e 5, onde 1 foi classificado (Muito Baixa), 2 (Baixa), 3 (Média), 4 (Alta) e 5 para Muito Alta Vulnerabilidade. A seguir é demonstrado como se deu o tratamento de cada plano de informação no processo de elaboração do mapa de vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos.

8.2.1 GEOLOGIA

O que define a vulnerabilidade das rochas erosão é a sua história de formação, os tipos de minerais constituintes e a ligação existente entre os seus elementos. De forma geral, em ordem crescente de resistência estão as rochas de

origem sedimentar, metamórficas e ígneas. Tomando como referências esses critérios na Tabela 2 abaixo se atribuiu valores empíricos para cada tipo litológico considerando as suas propriedades físicas e químicas.

Tabela 2. Valores de vulnerabilidade associados às classes de Geologia.

| Tipos de rochas | Valor | Vulnerabilidade |
|------------------------|-------|-----------------|
| Sedimentar | 5 | Muito Alta |
| Ígnea Sedimentar | 3 | Média |
| Metamórfica Sedimentar | 3 | Média |
| Rochas Metamórficas | 2 | Baixa |
| Ígnea | 1 | Muito Baixa |

Fonte: Adaptado Crepani (2001).

8.2.2 PEDOLOGIA

A vulnerabilidade aos solos foi atribuída levando-se em consideração o seu grau de desenvolvimento. Nos solos bem desenvolvidos, a atuação dos processos pedogenéticos é predominante. Na situação contrária predominam os processos morfogenéticos e, portanto, são mais favoráveis à erosão. Nas unidades de paisagem naturais consideradas estáveis o valor atribuído aos solos na escala de vulnerabilidade é 1 e são representados pela classe de solos do tipo Latossolos (CREPANI, et al, 2001, p.84). Na metodologia proposta pelo autor, entre os solos considerados Vulneráveis estão os Regossolos, Litossolos, Areias Quartzosas, dentre outros, sendo atribuído aos mesmos o valor 3. Para os Cambissolos e outros, o autor atribuiu valor 2,5, sendo considerados Moderadamente Vulneráveis.

Na Tabela 3 os solos identificados na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito tiveram valores adaptados à supracitada metodologia.

Tabela 3. Valores e classes de Vulnerabilidade atribuídos aos solos identificados na área de estudo.

| Classes | Área (%) | Valor | Vulnerabilidade |
|---|----------|-------|-----------------|
| Latossolos Amarelos Distróficos | 12,76 | 1 | Muito Baixa |
| Neossolos Quartzarênicos Orticos | 8,55 | 4 | Alta |
| Neossolos Litólicos Distróficos | 62,59 | 5 | Muito Alta |
| Latossolos Vermelho-Amarelos Eutróficos | 3,93 | 1 | Muito Baixa |

| | | | |
|------------------------------|-------|---|-------|
| Planossolos Nátricos Órticos | 12,17 | 3 | Média |
|------------------------------|-------|---|-------|

Fonte: Embrapa (2011) adaptado de Crepani et al (2001)

8.2.3 DECLIVIDADE

Os valores de declividade foram obtidos do MDE de 30 metros de resolução espacial. A classificação da declividade seguiu o modelo proposto pela Embrapa (2009), a partir da qual os desníveis do relevo foram representados em graus. Dessa forma, em termos percentuais, as unidades de relevo podem ser classificadas em Plano (0-3%), Suavemente Ondulado (3-8%), Ondulado (8-20%), Fortemente Ondulado (20-45%), Montanhoso (45-75%) e Fortemente Montanhoso (>75%), atribuindo os valores de acordo à proposta metodológica de Crepani (2001). Dessa forma, as classes de declividade observadas na área de estudo receberam valores entre 1 e 5, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 2. Classes de declividade associada à vulnerabilidade à Erosão e Perda de Solos.

| Declividade (%) | Valores | Valores Adaptados | Vulnerabilidade |
|-----------------|---------|-------------------|-----------------|
| <2 | 1,0 | 1 | Muito Baixa |
| 2-6 | 1,5 | 2 | Baixa |
| 6-20 | 2,0 | 3 | Média |
| 20-50 | 2,5 | 4 | Alta |
| >50 | 3,0 | 5 | Muito Alta |

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001).

8.2.4 ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO

O material utilizado na determinação dos Índices de Dissecação do Relevo foi o Modelo Digital de Elevação (MDE), o mesmo adotado na determinação da declividade. O Índice de Dissecação do Relevo é uma análise morfométrica que considera o grau de entalhamento do vale e dimensão interfluvial média e foi desenvolvido por Ross (1996). A extração automática dos mesmos foi proposta por Guimarães et al (2017), utilizando o software análise espacial Arc Gis. Todavia, no presente trabalho, a extração dos indicadores foi realizada no Qgis, em função de o mesmo ser um software livre e por dispor das mesmas ferramentas. Após a extração, os índices de dissecação foram classificados conforme a Matriz de

Dissecação proposta por Ross (1992).

A metodologia de classificação dos Índices de Dissecação apresentada por Ross parte da utilização de uma matriz que integra os variáveis graus de entalhamento dos vales (no eixo y) e a Dimensão Interfluvial Média (no eixo x). De acordo com a matriz apresentada no Quadro 5 a dissecação do relevo é diretamente proporcional ao grau de entalhamento dos vales e inversamente proporcional à Dimensão Interfluvial Média.

Quadro 5. Matriz dos índices de dissecação do Relevo desenvolvida por Ross (1992).

| Dimensão Interfluvial Média (Classes) | Muito Grande (1) >750m >15mm | Grande (2) 750 a 350 m 7 a 15mm | Média (3) 350 a 150m 3 a 7mm | Pequena (4) 150 a 50 m 1 a 3mm | Muito Pequena (5) <50 m 11mm |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Entalhamento Médio dos Vales (Classes) | | | | | |
| Muito Fraca (1) (< de 20m) | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Fraca (1) (20 a 40m) | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Médio (3) (40 a 80m) | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| Forte (4) (80 a 160m) | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| Muito Forte (5) (>160 m) | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |

Fonte: Ross (1994)

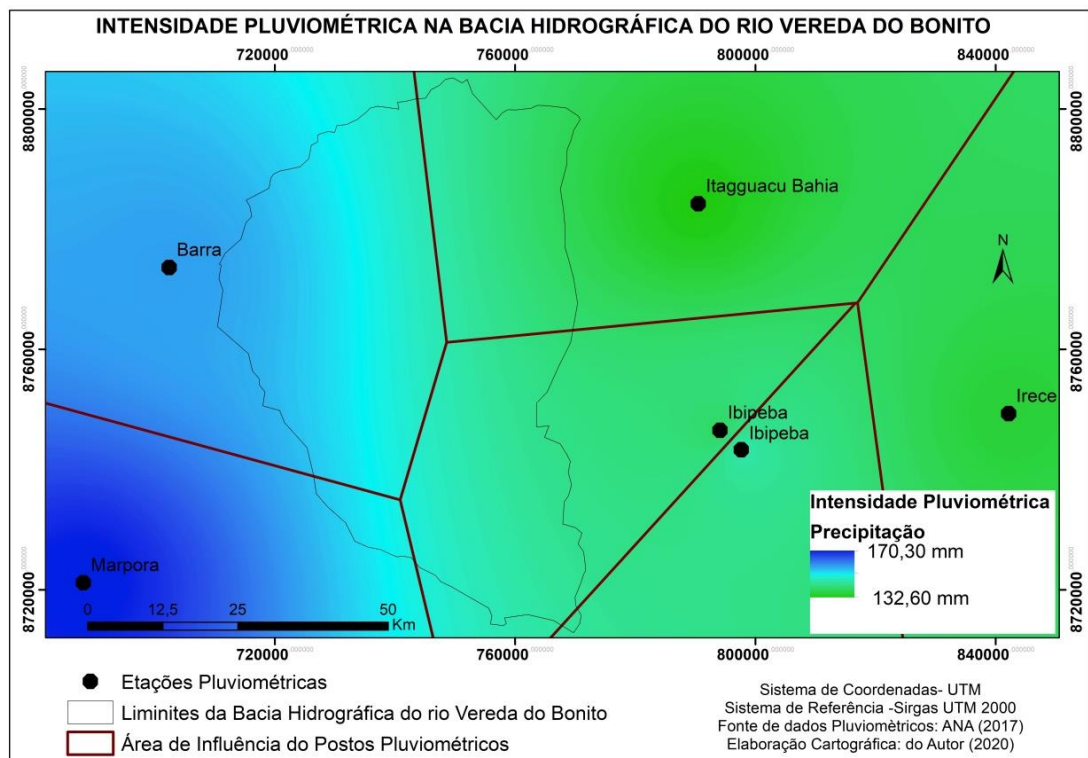
De acordo com Valeriano (2008), o grau de entalhamento dos vales representa a distância vertical entre os pontos da superfície topográfica e sua projeção numa superfície de referência arbitrária, conformada pelos pontos de altitudes máximas dentro de uma área. O grau de entalhamento de cada pixel no MDE representa quantos metros o referido pixel está abaixo de um ponto mais elevado (pico) situado na mesma área. Por amplitude do relevo entende-se a diferença entre os pontos mais altos e os mais baixos, considerada em função de um nível relativo e não do nível do mar (GUERRA, 1993, p.42). Para esse mesmo autor, a dimensão interfluvial média pode ser representada pela medição do

tamanho dos interflúvios em determinada porção da superfície terrestre. Sendo assim, em adaptação à matriz de dissecação, os valores compreendidos de 1 a 5 foram classificados, respectivamente, como de, Muito Baixa (1), Baixa (2), Média (3), Alta (4) e Muito Alta Vulnerabilidade (5).

8.2.5 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Os valores de Intensidade Pluviométrica foram obtidos a partir de uma série histórica de 22 anos (1993/2014) de precipitações pluviométricas disponíveis em seis postos distribuídos na área de estudo, Figura 13. Por não estarem situados exatamente dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito a área de influência de cada um dos postos foi determinada por meio da aplicação da metodologia dos Polígonos de Thiessen, Collischonn *et al* (2008). O procedimento consiste em traçar linhas unindo os postos pluviométricos mais próximos e com isso determinar o ponto médio em cada uma das linhas traçadas de forma perpendicular. A interceptação das linhas médias entre si e com os limites da bacia definem a área de influência de cada posto.

Figura 13. Distribuição das Intensidades Pluviométricas na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito.



. Fonte: do Autor (2020)

A intensidade pluviométrica foi determinada dividindo-se as alturas das precipitações totais dos períodos chuvosos pela quantidade de meses desse mesmo período. A região na qual está inserida a Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito o período chuvoso e vai de Novembro a Janeiro. Essas observações permitiram constatar que os maiores índices pluviométricos médios ocorriam apenas em três meses do ano. Dessa forma, os índices de intensidades pluviométricas foram obtidos dividindo-se os valores totais pluviométricos trimestrais correspondentes aos 22 anos de observações pelo período considerado chuvoso (3 meses). Após obter as intensidades pluviométricas em mm/mês, cada intervalo classificado de acordo à proposta de Crepani (2001), como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 3. Classes de vulnerabilidade para Intensidade Pluviométrica.

| Precipitações Médias Trimestrais no Período entre 1993 e 2014 | | | | |
|---|-------------------------|------------------|-------|-----------------|
| Estação Pluviométrica | Médias Trimestrais (mm) | Intensidade (mm) | Valor | Vulnerabilidade |
| Barra | 473,14 | 157,71 | 3 | Média |
| Ibipeba | 417,59 | 139,20 | 2 | Baixa |
| Ibipeba | 435,51 | 145,17 | 2 | Baixa |
| Irecê | 406,06 | 135,35 | 2 | Baixa |
| Marporá | 510,92 | 170,31 | 3 | Média |
| Itaguaçu da Bahia | 397,82 | 132,61 | 2 | Baixa |

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

8.2.6 VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

O plano de informações a seguir apresentado na Tabela 6 foi formado a partir das classes obtidas no mapeamento histórico do Uso e Cobertura da Terra (do Autor, 2018). Nele constam as coberturas vegetais naturais e outros tipos de usos atribuídos à interferência antrópica, como pastagem, agricultura e outras formas urbanas.

Tabela 4. Valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de Uso e Cobertura da Terra de 2018.

| Uso e Cobertura o da Terra | Valor | Vulnerabilidade |
|----------------------------|-------|-----------------|
| Savana Estépica Arborizada | 2,0 | Baixa |
| Savana Estépica Florestada | 2,0 | Baixa |
| Mata de Várzea | 2,0 | Muito Baixa |
| Agricultura | 5,0 | Muito Alta |
| Pasto | 5,0 | Muito Alta |

| | | |
|-----------------------------|-----|-------------|
| Formação Arenosa | 5,0 | Muito Alta |
| Área antrópica não Agrícola | 5,0 | Muito Alta |
| Vegetação Rupestre | 2,0 | Baixa |
| Vegetação Ciliar | 1,0 | Muito Baixa |
| Corpos d'água | 1,0 | Muito Baixa |

Fonte: do Autor (2020) Adaptado de Crepani et.al (2001)

Após a valoração dos atributos de cada plano de informação, os arquivos foram convertidos do formato vetorial para raster e posteriormente submetidos a um banco de dados relacional no qual foram processados utilizando a calculadora raster do Qgis. No mapa de vulnerabilidade alguns planos de informações foram considerados mais determinantes que outros nos processos erosivos, a exemplo das classes de pastagem, Áreas Antrópicas não Agrícolas e Degradadas. Em virtude disso, como apresentado na Tabela 7, alguns desses planos receberam pesos maiores em função da sua importância em explicar variáveis independentes.

Tabela 5. Pesos atribuídos a cada plano de informação.

| Variáveis | Peso de cada variável (%) |
|--|---------------------------|
| Índice de Dissecação do Relevo | 10 |
| Declividade | 10 |
| Geologia | 10 |
| Intensidade Pluviométrica | 15 |
| Pedologia | 25 |
| Uso do solo e Cobertura da Terra e vegetação | 30 |

Fonte: do próprio autor (2020).

Após isso, os planos de informações foram submetidos a uma álgebra de mapas onde se considerou o peso individual de cada. Dessa forma, algumas classes temáticas a exemplo de Pastagem, Áreas Antrópicas não Agrícolas e Áreas Degradadas tiveram a elas atribuição de pesos mais altos, visto que possíveis alterações nessas variáveis podem comprometer de forma mais intensa o equilíbrio das unidades de paisagem. De acordo a proposta de trabalho já apresentada, o mapeamento do Uso e Cobertura da Terra constitui a primeira etapa desse trabalho. A segunda etapa resultou no mapeamento da vulnerabilidade a Erosão e Perda de Solos na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito.

Os resultados do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra foram, a priori,

analisado a seguir por meio de uma tabela na qual se observou quantitativamente as alterações nos valores de cada classe de Uso e Cobertura entre um período e outro subsequente. Com a finalidade de se observar as alterações de cada classe no decorrer do tempo, cada tabela consta os quantitativos em dois períodos. Na sequência foram apresentados os mapas gerados e suas respectivas imagens. Durante a análise e discussão dos resultados do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra, dados históricos de precipitação, produção agropecuária e o quantitativo de área cultivada foram utilizados visando melhor fundamentar e entender as mudanças nos padrões espaciais e temporais apresentados por cada classe.

A série histórica de precipitações pluviométricas foi oriunda de um posto localizado no município de Barra, situado na margem esquerda do rio São Francisco, a oeste da área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Esses dados foram extraídos do *site* da Agência Nacional de Águas (ANA), na plataforma *Hidroweb*. Os dados da produção agropecuária e área plantada foram representativos dos municípios de Xique-Xique e Gentio do Ouro, obtidos do Anuário Estatístico, disponível no *site* da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI, 217), disponíveis apenas para o intervalo entre 1999 e 2017.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1975 E 1979

Os dois primeiros períodos analisados, Tabela 8, são referentes aos anos de 1975 e 1979. Em 1975 foi identificado o predomínio da cobertura vegetal natural na bacia hidrográfica composta pelas classes Savana Estépica Arborizada (49,11%) e Savana Estépica Florestada (21,10%). No referido ano os setores sudeste e sudoeste da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito estavam bem preservados.

Em termos percentuais, em 1975, o somatório das duas principais classes de cobertura vegetal natural, constituído pela Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada representavam 70,21%, enquanto que as áreas degradadas 20%. Tanto no mapeamento do Uso e Cobertura da Terra quanto nas imagens de 1975 e 1979 não foi possível quantificar as áreas compatíveis com a agricultura. A análise do mapa da Figura 14 permite verificar que as áreas classificadas como degradadas estão situadas principalmente nos setores de várzea da bacia

hidrográfica, as quais se tornam expostas nos períodos de redução nas vazões do rio São Francisco. Além disso, a análise temporal do Uso e Cobertura da Terra permitiu identificar, não somente os diferentes graus de alterações, mas também as mudanças nos padrões espaciais apresentados por cada classe de Uso e Cobertura da Terra em cada período analisado.

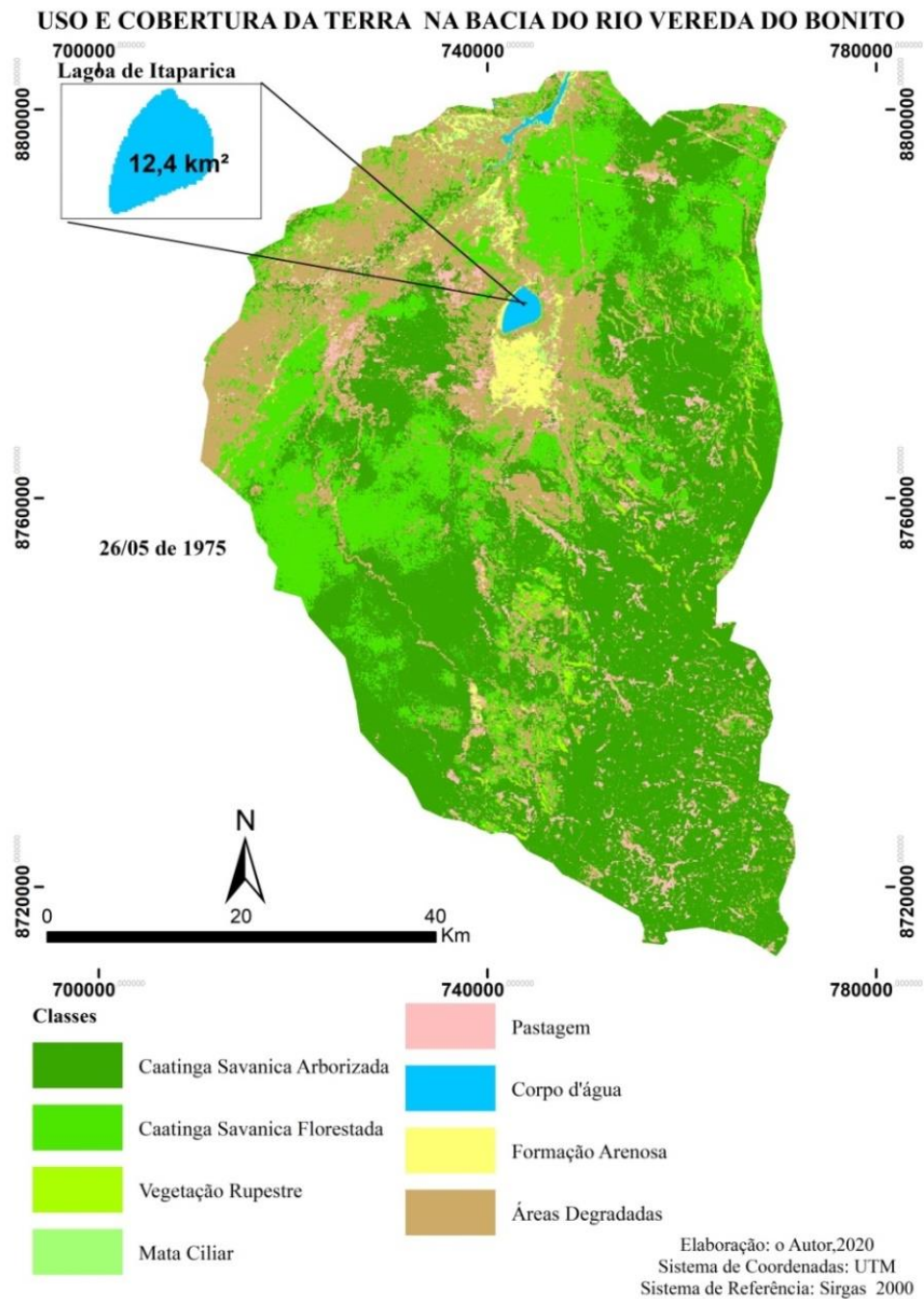
Tabela 6. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 1975 e 1979.

| CLASSES | 1975 | | 1979 | |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | ÁREA (km ²) | % | ÁREA (km ²) | % |
| Savana Estépica Arborizada | 1871,46 | 49,11 | 2322,57 | 60,94 |
| Savana Estépica Florestada | 804,09 | 21,10 | 512,36 | 13,44 |
| Mata Ciliar | 31,22 | 0,82 | 111,2 | 2,92 |
| Vegetação Rupestre | 59,15 | 1,55 | Não Observado | |
| Pastagem | 181,19 | 4,75 | 225,15 | 5,91 |
| Corpos D'agua | 19,16 | 0,50 | 35,98 | 0,94 |
| Formação Arenosa | 54,63 | 1,43 | 28,37 | 0,74 |
| Áreas Degradadas | 790 | 20,73 | 575,73 | 15,11 |

Fonte: do Autor, 2020.

Com relação ao percentual de áreas degradadas já mencionadas, as imagens imagem da época, Figura 15, permitiram identificar que são trechos onde os solos estavam mais expostos com o rebaixamento do nível d'água do rio São Francisco e que, portanto, não representavam de fato um processo de degradação.

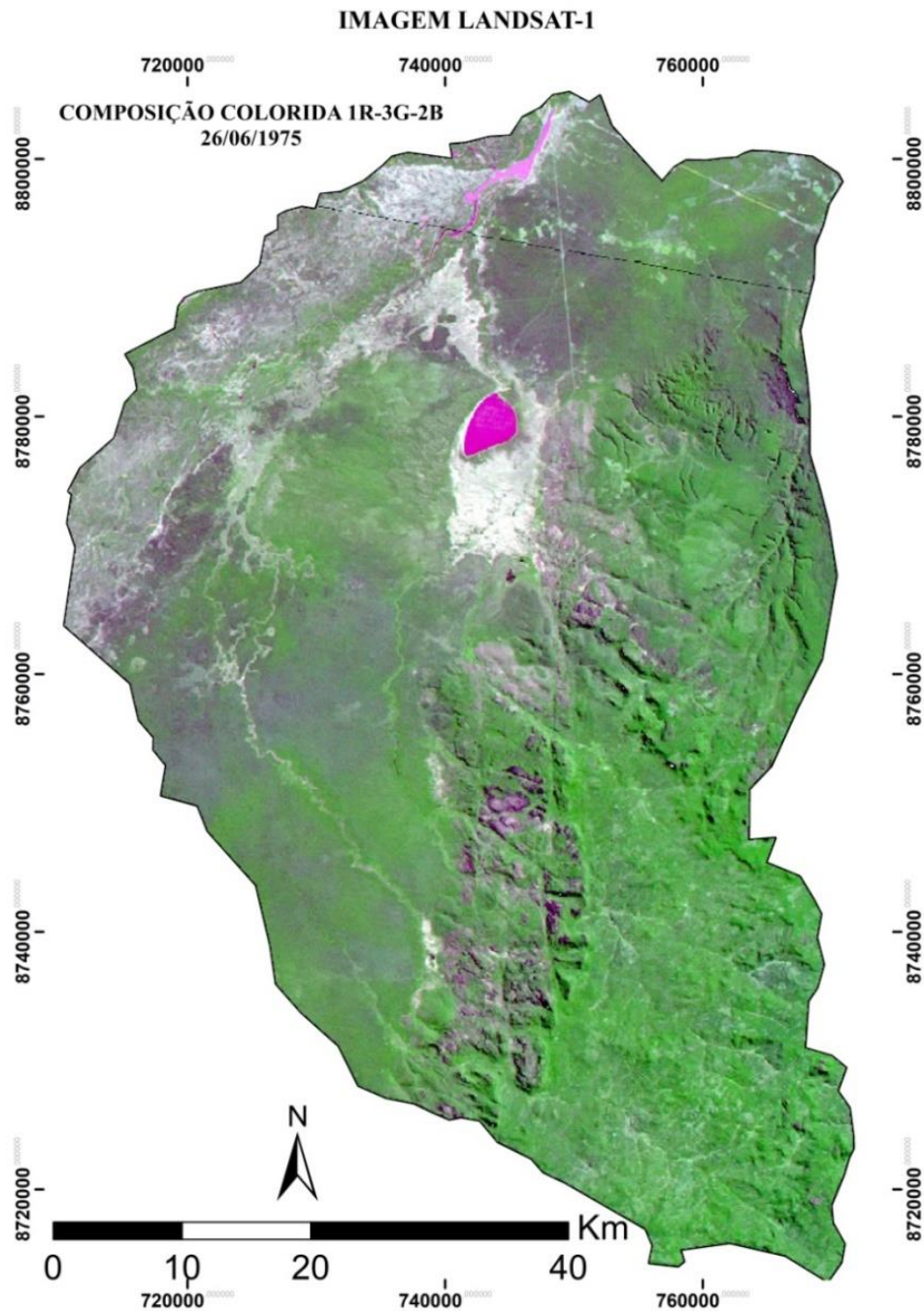
Figura 14. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em de junho de 1975.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Dessa forma, são áreas que no momento analisado não puderam ser representativas, de fato, de um processo de degradação na área.

Figura 15. Imagem Landsat-1 de junho de 1975.

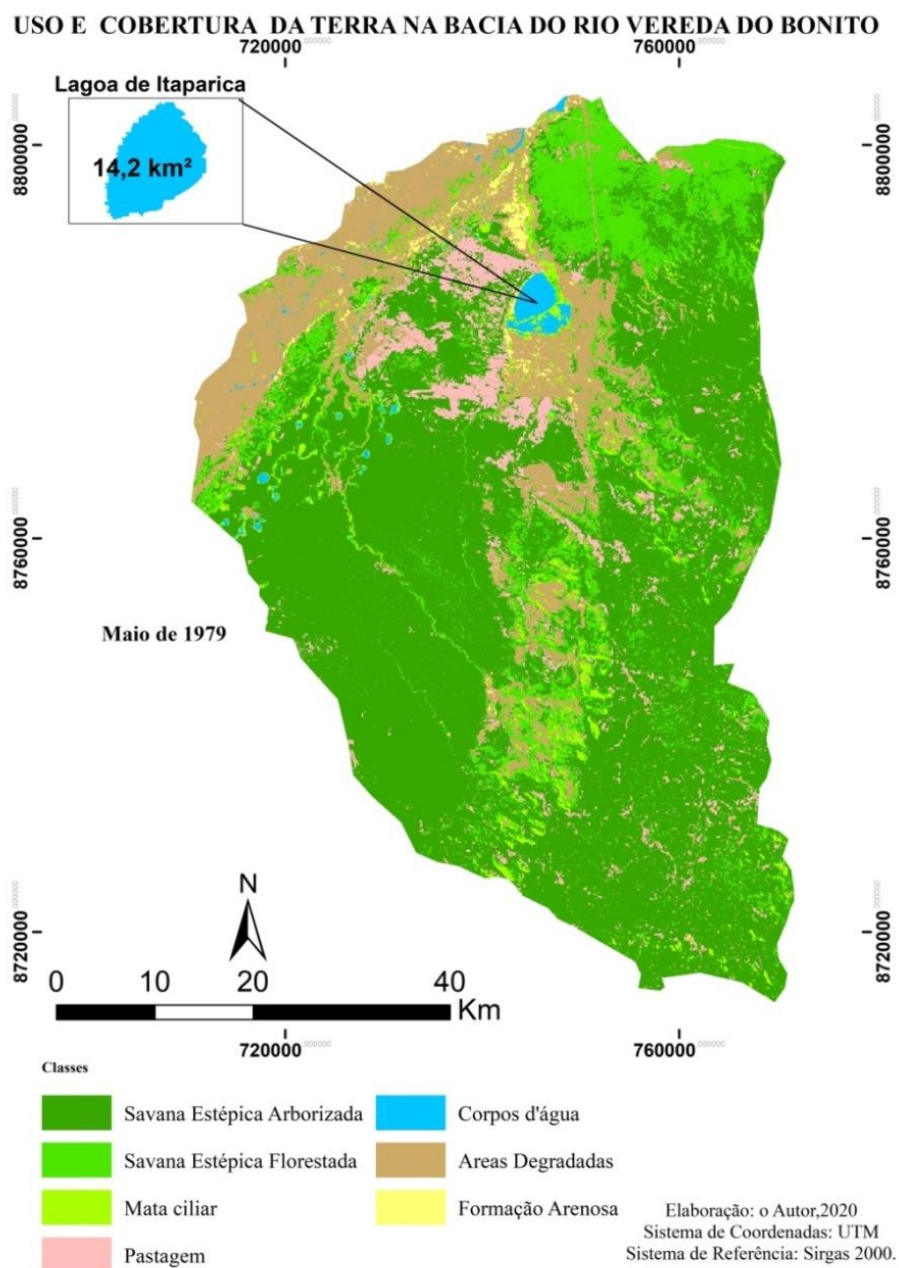


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Em 1979, foi observado um aumento significativo na área de Cobertura da classe de Savana Estépica Arborizada, a qual representava 49,11% em 1975 e passou a representar 60,9%. Entretanto, na Classe de Savana Estépica Florestada houve uma redução de 21,10% para 13,44%. Em termos percentuais, os somatórios das duas classes passam a representar 74,9%, um aumento de 4,9% em

comparação ao período anterior (1975). A expansão da classe de Savana Estépica Arborizada foi observada principalmente no setor sudoeste da bacia hidrográfica, por onde anteriormente havia trechos significativos de Savana Estépica Florestada. Dessa forma, como é possível observar nos mapas de Uso e Cobertura da Terra de 1979, Figura 16, e por meio da imagem do mesmo período na Figura 17, alguns setores anteriormente ocupados por Savana Estépica Florestada em 1975 cederam lugar ao tipo Savana Estépica Arborizada.

Figura 16. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em de junho de 1979.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

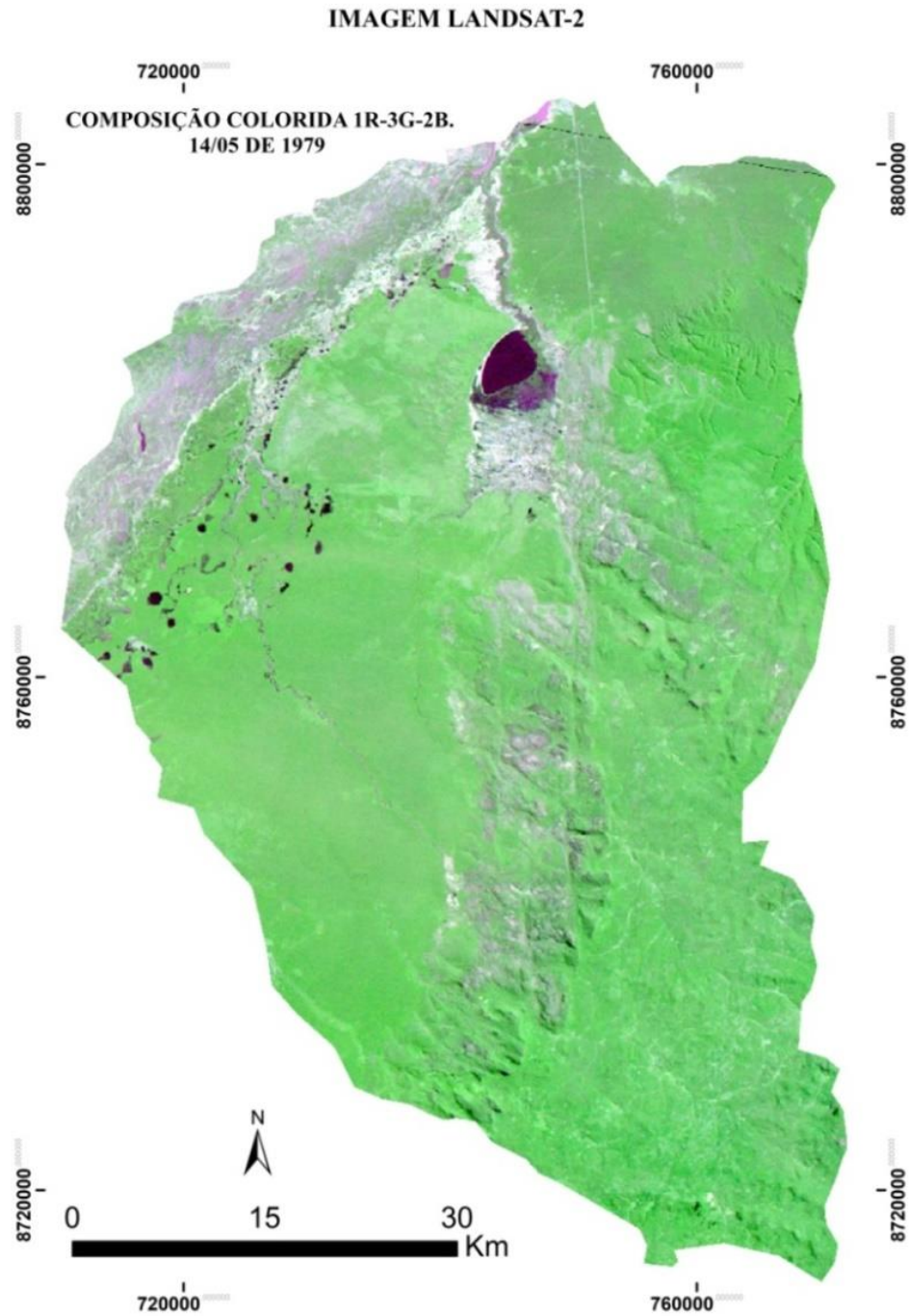
Isso ocorre por que a cobertura vegetal da caatinga possui características muito peculiares, em anos mais chuvosos aquelas formações mais raquíticas assumem aspectos mais vivos e saudáveis, fazendo com que o classificador as enquadre em outra classe mais densa. O processo descrito representa, na verdade, uma recuperação de trechos de Savana Estépica Arborizada pelo processo de regeneração. Nessa situação, algumas áreas de Savana Estépica Florestada apresentaram maior vigor vegetativo, sendo identificadas pelo classificador como uma vegetação mais densa.

A classe de Áreas Degradadas para os dois períodos analisados compreende, além dos trechos de solo exposto, outras formas que remetem a atividade antrópica, rodovias, estruturas urbanas, e outras formas. Essas áreas são constituídas em sua maioria pelos setores de várzea, os quais se apresentam expostos em anos secos. Dessa forma, excluindo esses trechos, as áreas degradadas, até então, não apresentaram elevados percentuais.

No mapa de Uso e Cobertura da Terra do ano de 1979, Figura 17, foi possível notar a presença de pequenos corpos d'água nas áreas de planície localizadas principalmente a sudoeste da Lagoa de Itaparica. Esses corpos d'água são compostos por inúmeras outras lagoas de menor porte, porém de grande importância ecológica para a região.

A série histórica de precipitações pluviométricas analisadas registrou médias anuais de 665,4 e 945,7 mm em 1975 e 1979, respectivamente. Isso explica o aumento da classe de Savana Estépica Arborizada e Florestada as quais costumam se regenerar nas épocas de chuva. A análise espacial do espelho d'água da Lagoa de Itaparica confirma o resultado de um ano mais chuvoso, quando o nível da lagoa ocupou uma área de 14,2 km² enquanto que em 1975 (12,4 km²).

Figura 17. Imagem Landsat-2 de maio de 1979.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

9.2 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1986 e 1990

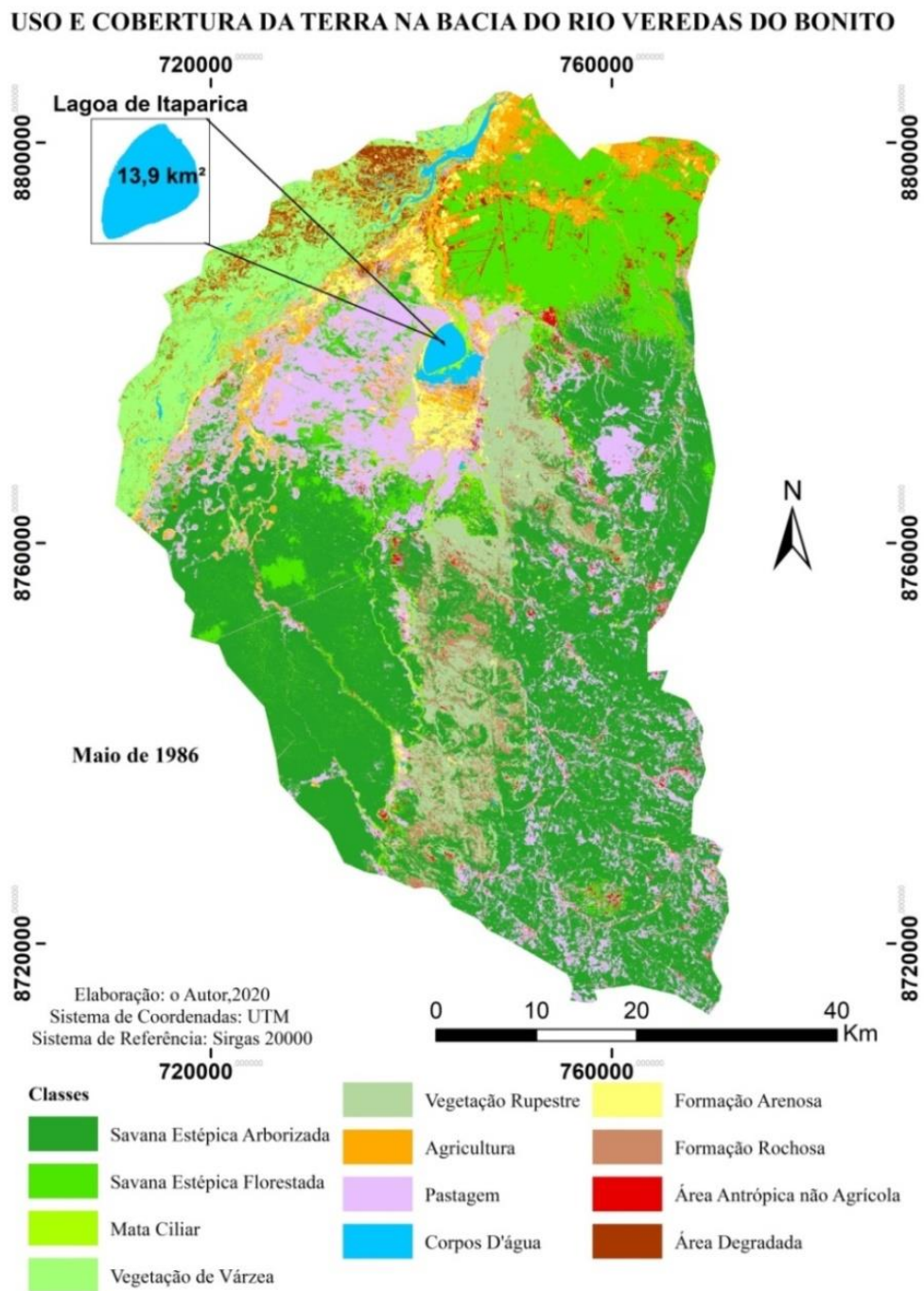
No período compreendido entre 1986 e 1990, conforme demonstra a Tabela 9, destaca-se a redução da superfície coberta por água. A análise do mapa da Figura 18 permitiu verificar que houve uma expansão das classes compostas por agricultura, formação arenosa e por Áreas Antrópicas não Agrícolas.

Tabela 7. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 1986 e 1990.

| Classes | 1986 | | 1990 | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|-------|
| | Área (km ²) | % | Área (km ²) | % |
| Savana Estépica Arborizada | 1547,40 | 40,94 | 1453,47 | 38,13 |
| Savana Estépica Florestada | 439,10 | 11,62 | 542,10 | 14,22 |
| Mata Ciliar | 88,93 | 2,35 | 13,28 | 0,35 |
| Vegetação Rupestre | 264,80 | 7,01 | 75,17 | 1,97 |
| Agricultura | 209,25 | 5,54 | 118,20 | 3,10 |
| Pastagem | 620,84 | 16,43 | 541,96 | 14,22 |
| Corpos D'agua | 49,40 | 1,31 | 30,25 | 0,79 |
| Formação Arenosa | 101,38 | 2,68 | 110,43 | 2,90 |
| Área Antrópica não Agrícola | 60,62 | 1,60 | 140,10 | 3,68 |
| Vegetação de Várzea | 246,23 | 6,51 | 252,86 | 6,63 |
| Formação Rochosa | 91,53 | 2,42 | 304,71 | 7,99 |
| Área de Sombra | Não observado | Não observado | 6,82 | 0,18 |
| Áreas Degradadas | 60,14 | 1,59 | 222,44 | 5,84 |

Fonte: do Autor (2020)

Figura 18. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em junho de 1986.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

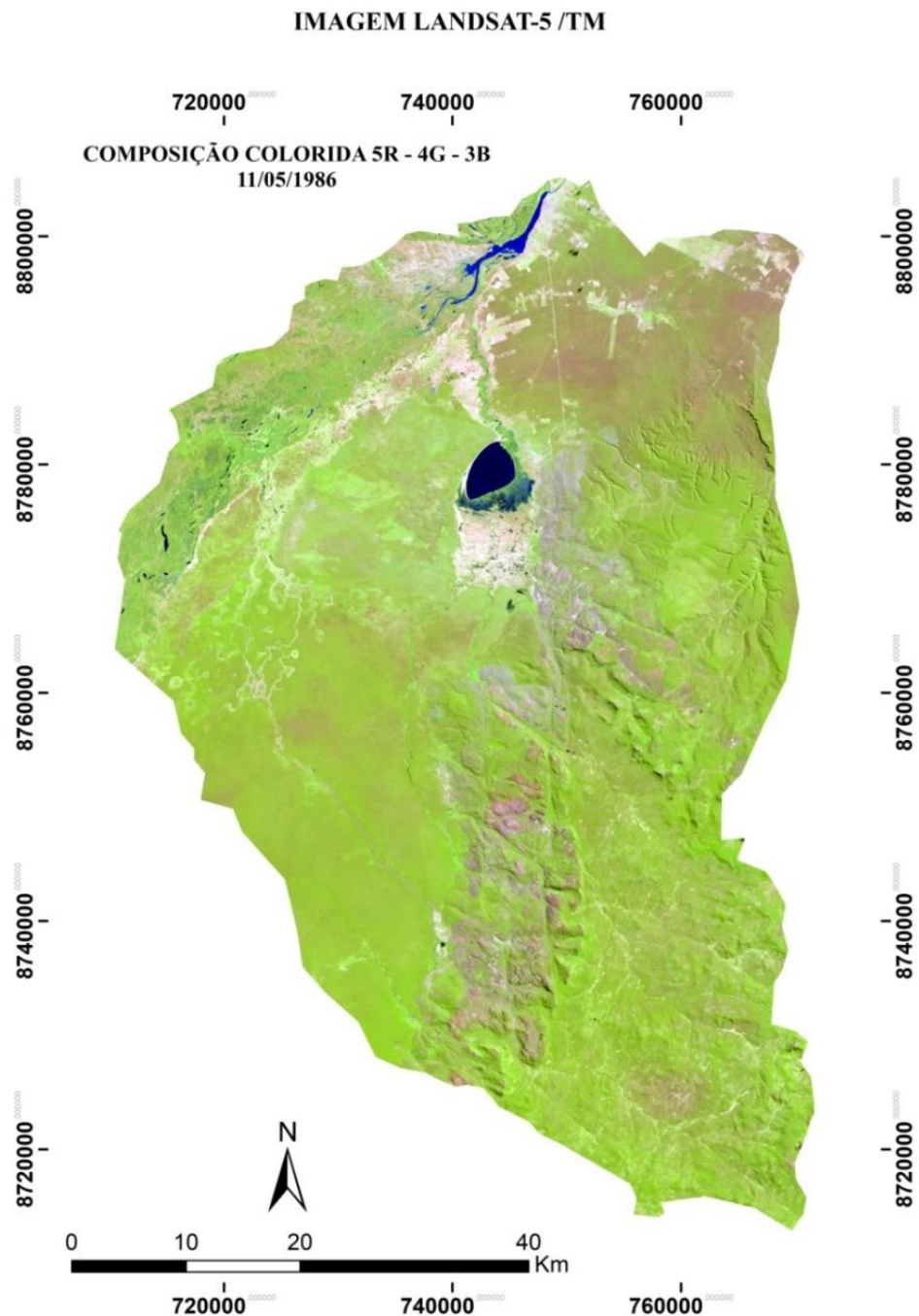
Em comparação aos dois períodos anteriores (1975/79), os mais chuvosos conforme a série histórica de precipitações analisada, foi identificada uma recuperação das áreas de mata ciliar e de várzea, concentradas principalmente a

oeste da bacia hidrográfica e da Lagoa de Itaparica.

As áreas de várzea apresentam uma variabilidade muito grande quanto à cobertura vegetal. Mesmo nos anos mais secos, como 1986, essas áreas podem apresentar boas condições hídricas em função da elevação do nível d'água do rio São Francisco, resultante de chuvas que caem em outras regiões a montante.

Na imagem da Figura 19, referente ao ano de 1986, foi possível observar que, mesmo que de forma pontual, as atividades antrópicas envolvendo estruturas urbanas e outras atividades não identificadas nas áreas de serras tornaram-se mais visíveis.

Figura 19. Imagem Landsat-5/TM de maio de 1986.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Nos trechos localizados ao norte da Lagoa de Itaparica, nas proximidades da área urbana da cidade de Xique-Xique foi por onde a agricultura se expandiu com mais intensidade em relação aos outros setores da bacia hidrográfica. Ao sudeste da Lagoa de Itaparica está localizado o município de Gentio do Ouro, onde predominam as atividades de mineração. A partir de 1986, foi possível identificar alguns pontos

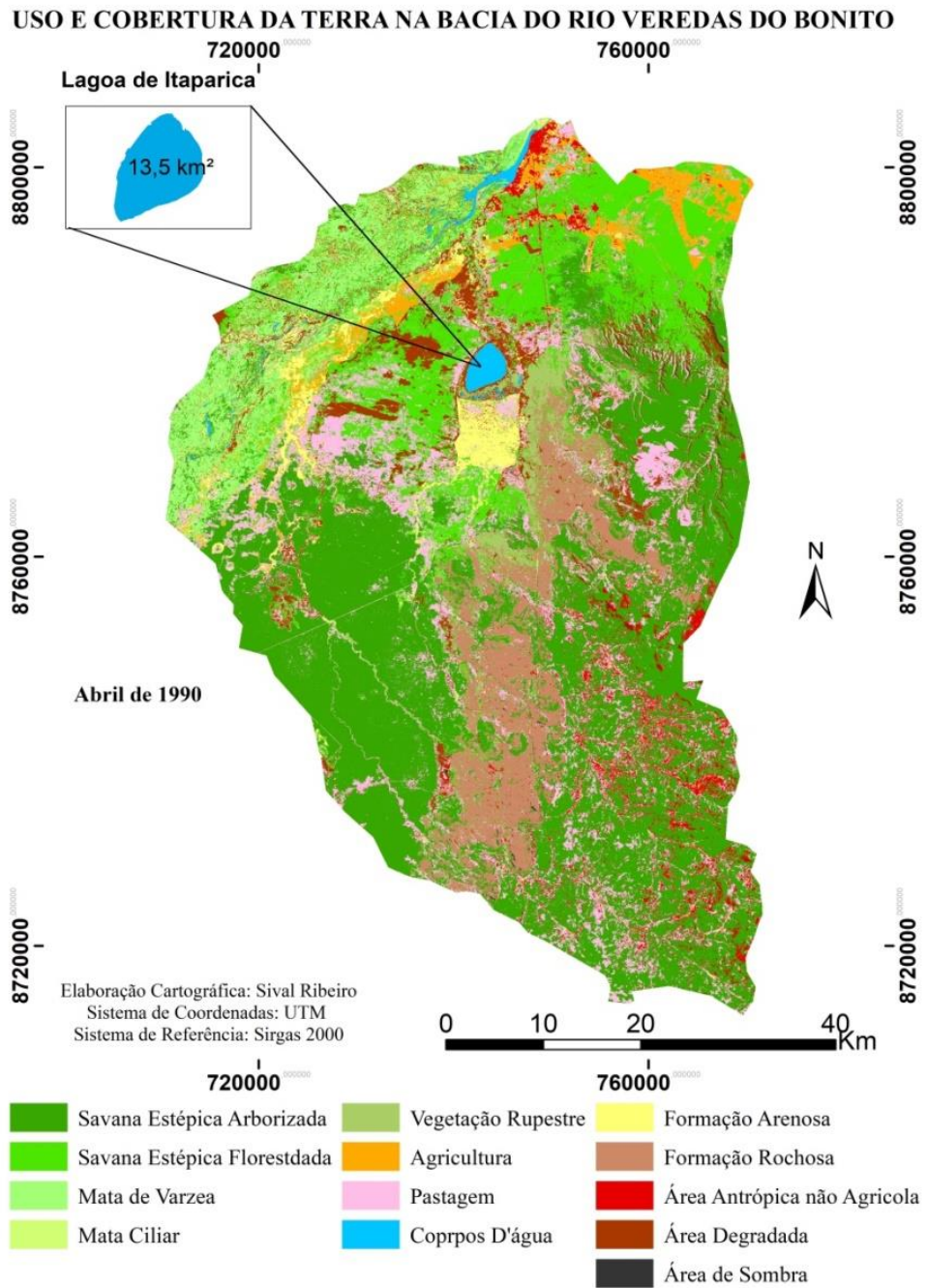
classificados como de Formação Arenosa e Antrópico não Agrícola, os quais podem ser atribuídos ao desenvolvimento urbano e às atividades mineradoras nos trechos da Serra de Santo Inácio, a nordeste e sudeste da Lagoa de Itaparica.

A mineração na sub-bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito teve início por volta do século XIX, desenvolvida inicialmente, de forma pontual nas áreas serranas dos setores sul e sudeste. Entre 1985 e 1988, o projeto denominado Diamante de Santo Inácio (Povoado pertencente a Gentio do Ouro), desenvolvido pela CPRM (2001), identificou trechos com potencial para a exploração de Diamante nessas áreas. Essas áreas compreendem uma faixa de pé de serra alongada no sentido norte-sul margeando a Lagoa de Itaparica a sudeste, leste e nordeste. Inclusive, na ocasião o mesmo estudo apontou a dragagem como o método mais apropriado de extração. Além disso, em comparação aos períodos anteriores (1975/1979), no ano de 1986 ficou evidente o crescimento das áreas de pasto nos setores a oeste da lagoa.

Como é possível observar no mapa da Figura 20 e na imagem da Figura 21, os trechos situados nas áreas de várzea e alguns setores a oeste da bacia voltaram a apresentar indícios mais intensos de degradação em 1990. Isso acabou contribuindo com a elevação da classe Formação Arenosa, por exemplo. Por esses trechos há um conjunto de cordões arenosos compostos por paleodunas. O ano de 1990, no posto pluviométrico localizado no município de Barra foi registrado uma pluviosidade de 1200 mm, índice considerado alto para a região. Entretanto em Gentio do Ouro o total pluviométrico para esse mesmo ano foi de apenas 415 mm. Os postos localizados em Ibipeba e Marporá também registram índices pluviométricos mais baixos, 768,00mm e 415,4 mm, respectivamente. Em função disso as condições ambientais na bacia hidrográfica foram menos favoráveis se comparado como o período anterior (1986), quando foi registrada uma precipitação pluviométrica anual média de apenas 869,5 mm.

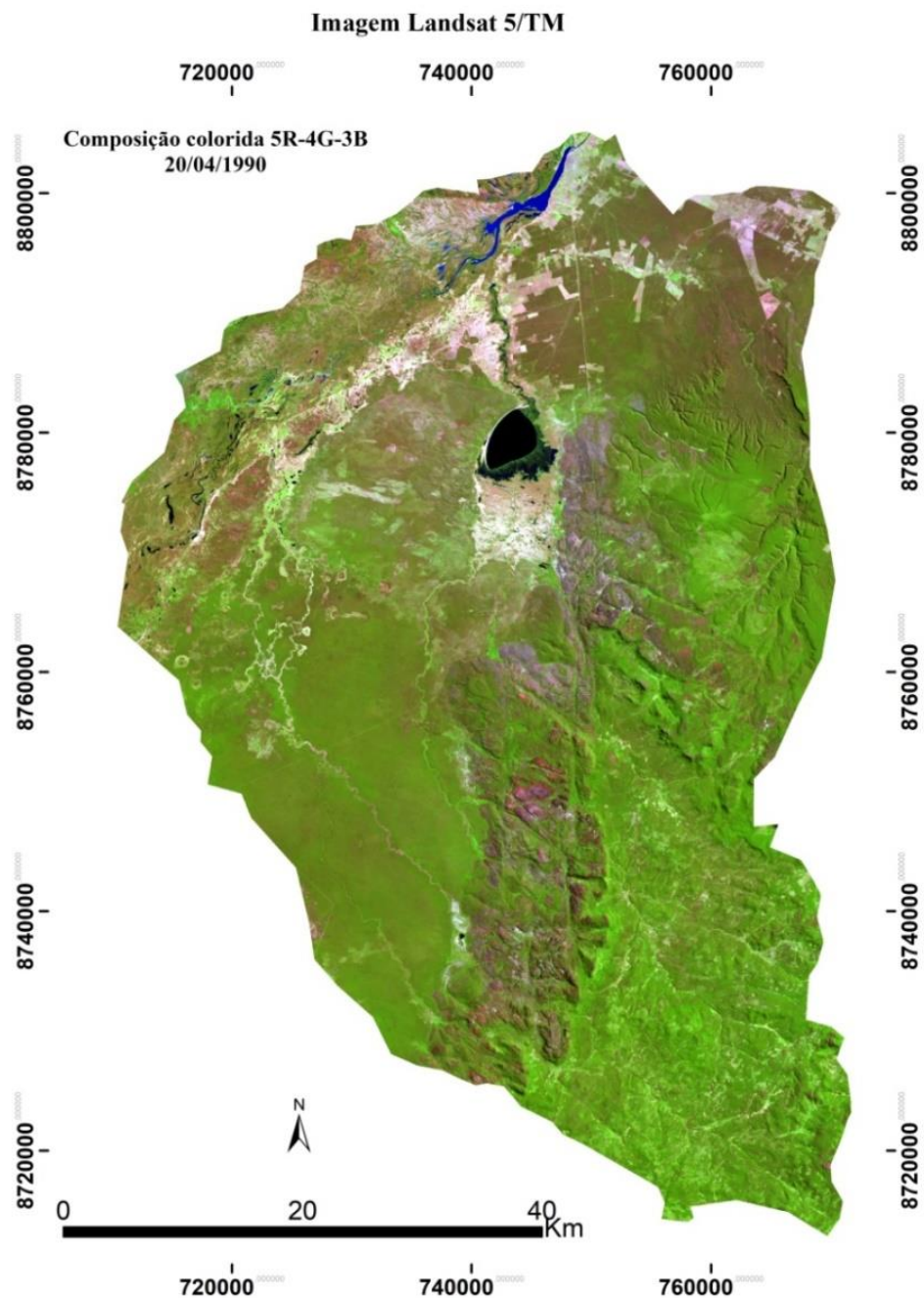
Esse fator teve influência direta não somente no rebaixamento do espelho d'água da lagoa, mas também na degradação das áreas do seu entorno, deixando-as expostas aos processos erosivos.

Figura 20. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em 1990.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 21. Imagem Landsat-5/TM de abril de 1990.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A área ocupada pelo espelho d'água da Lagoa de Itaparica foi de 13,9 e 13,5 km², para 1986 e 1990, respectivamente. Nesse ano (1990) foi registrada uma pequena redução não somente das atividades sazonalmente dependentes dos períodos chuvosos, como pastagem e agricultura e também da cobertura vegetal que costuma perder parcial ou totalmente suas folhas nos períodos secos.

Conforme já explicado, a referida foi é apenas aparente, pois o sensor do satélite registra a radiação emitida pelo solo quando as árvores estão desprovidas de folhas.

9.3 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1997 e 2002

O ano de 1997, Tabela 10, foi observado que enquanto houve uma redução nas classes de Savana Estépica Arborizada a Savana Estépica Florestada teve um acréscimo na área ocupada. No início das observações em 1975 (há 22 anos) as duas principais classes de cobertura vegetal da área, Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada, representavam 49,1 e 21,1%, respectivamente. Para o ano em questão (1997), ambas recobriam, respectivamente, apenas 37,67 e 17,74% da área de estudo, perfazendo o total de 51,40 % contra os 70,20% em 1975.

Tabela 8. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 1997 e 2002.

| CLASSES | 1997 | | 2002 | |
|-----------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | ÁREA (km ²) | % | ÁREA (km ²) | % |
| Savana Estépica Arborizada | 1439,40 | 37,67 | 1428,29 | 37,48 |
| Savana Estépica Florestada | 677,85 | 17,74 | 383,50 | 10,06 |
| Mata Ciliar | 61,15 | 1,60 | 116,04 | 3,04 |
| Vegetação Rupestre | 61,72 | 1,62 | 40,74 | 1,07 |
| Agricultura | 137,58 | 3,60 | 348,00 | 9,13 |
| Pastagem | 627,84 | 16,43 | 793,05 | 20,81 |
| Corpos D'agua | 24,37 | 0,64 | 21,16 | 0,56 |
| Formação Arenosa | 148,62 | 3,89 | 160,04 | 4,20 |
| Área Antrópica não Agrícola | 163,69 | 4,28 | 40,02 | 1,05 |

| | | | | |
|---------------------|--------|------|---------------|------|
| Vegetação de Várzea | 187,38 | 4,90 | 126,60 | 3,32 |
| Formação Rochosa | 197,38 | 5,17 | 198,05 | 5,20 |
| Área de Sombra | 17,94 | 0,47 | Não observado | |
| Áreas Degradadas | 76,25 | 2,00 | 155,49 | 4,08 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

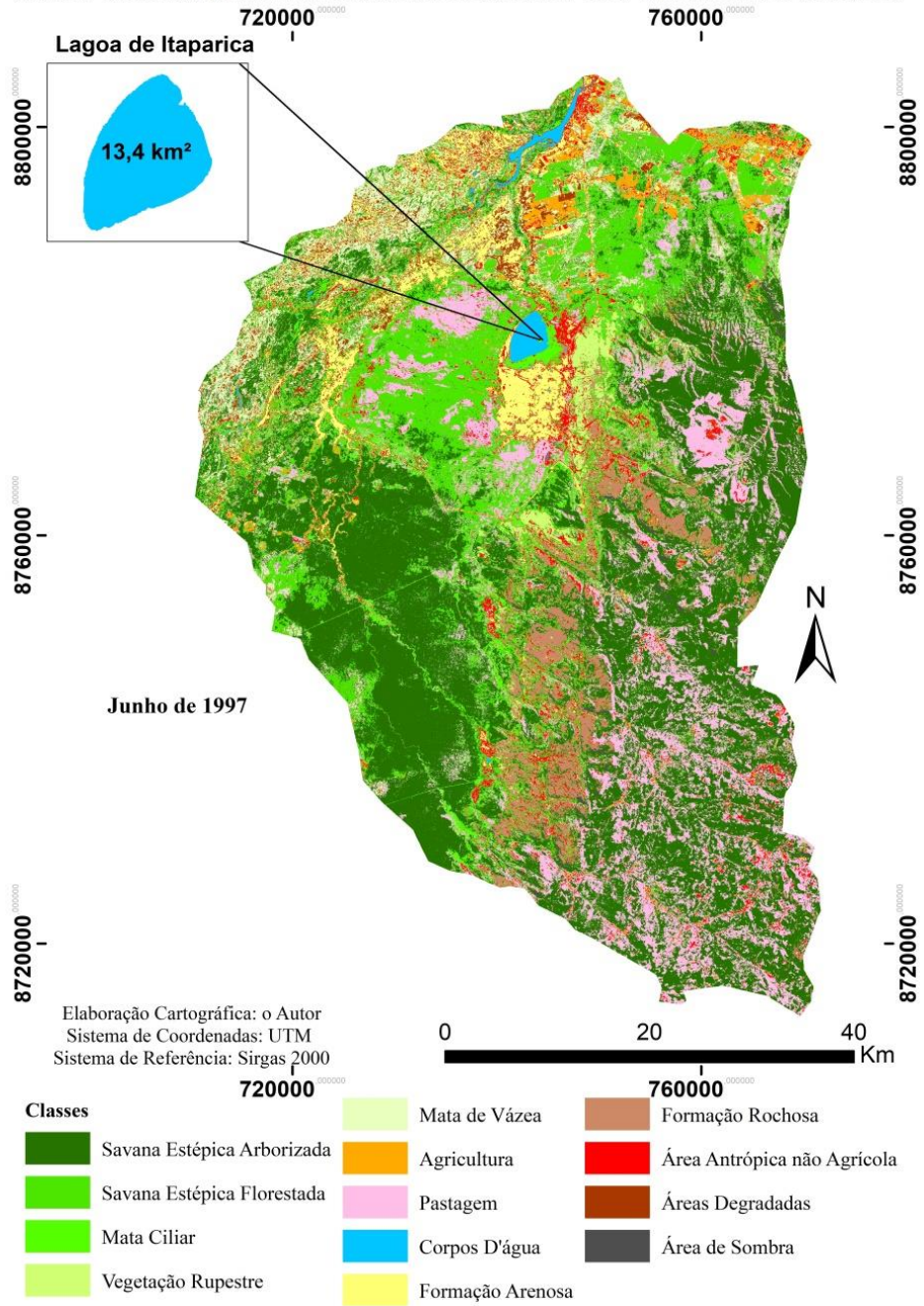
Entretanto, por ter sido um ano mais chuvoso (881,00 mm), no ano de 1997 foi registrado crescimento das áreas ocupadas pela Savana Estépica Florestada, Agricultura e Pastagem em comparação ao período anterior (1990).

Com o auxílio do mapa da Figura 22 e da imagem da Figura 23 foi possível verificar que houve um leve crescimento das áreas reservada à classe de Savana Estépica Florestada e da redução da Savana Estépica Arborizada. Em detrimento disso, a classe de formação arenosa apresentou expansão. A expansão das áreas de Savana Estépica Florestada pode ser explicada pelo estresse hídrico apresentado pela classe de Savana Estépica Arborizada. Nessas condições, muda-se o comportamento do classificador em função da redução do teor de água na massa vegetal

O mapeamento para o ano de 1997 permitiu verificar que a expansão da agricultura se deu principalmente nas áreas de várzea situadas no setor oeste da Lagoa de Itaparica. Apesar de ter sido um ano com condições hídricas melhores do que 1990 (489,7 mm), o ano de 1997 (881mm) foi marcado por uma redução na classe Corpos d'água. Tanto é que a área ocupada pelo espelho d'água da lagoa caiu para 13,4 km², o que representou um decréscimo de 100.000 m² em comparação ao nível atingido em 2002, quando foi de 13,5 km². Além disso, na imagem de 1997 é possível verificar a presença mais intensa de formas antrópicas associadas a estradas nos trechos ao sul e ao norte da Lagoa de Itaparica. A vazão afluente no Reservatório de Sobradinho em 1997 foi de 2269,838 m³/s (SAR/ANA,2020). Portanto, para o período analisado a vazão média foi acima da média de 1783,516 m³/s registrada entre 1991 e 2020.

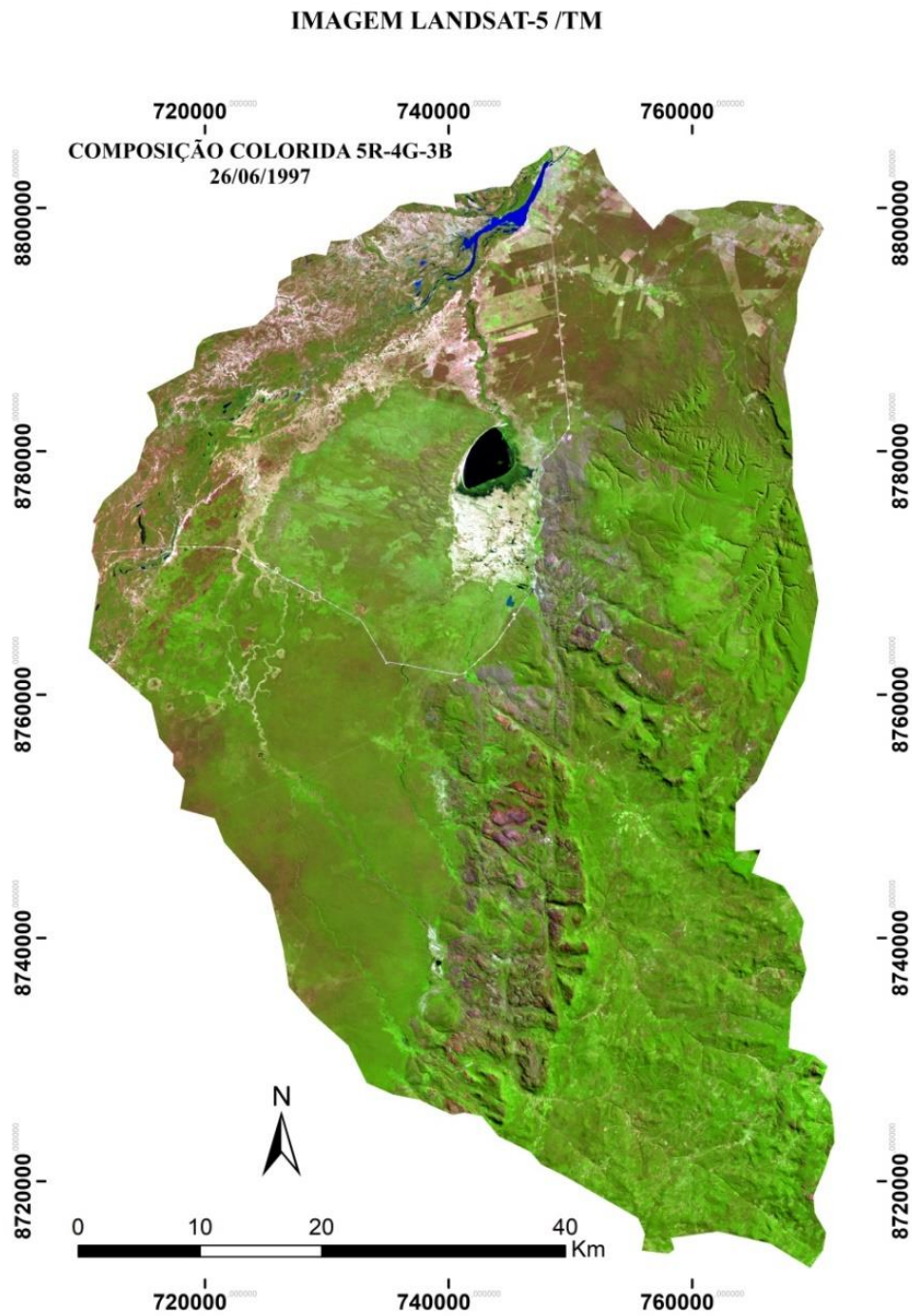
Figura 22. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em junho de 1997.

USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO VEREDA DO BONITO



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 23. Imagem Landsat-5/TM de Junho de 1997.



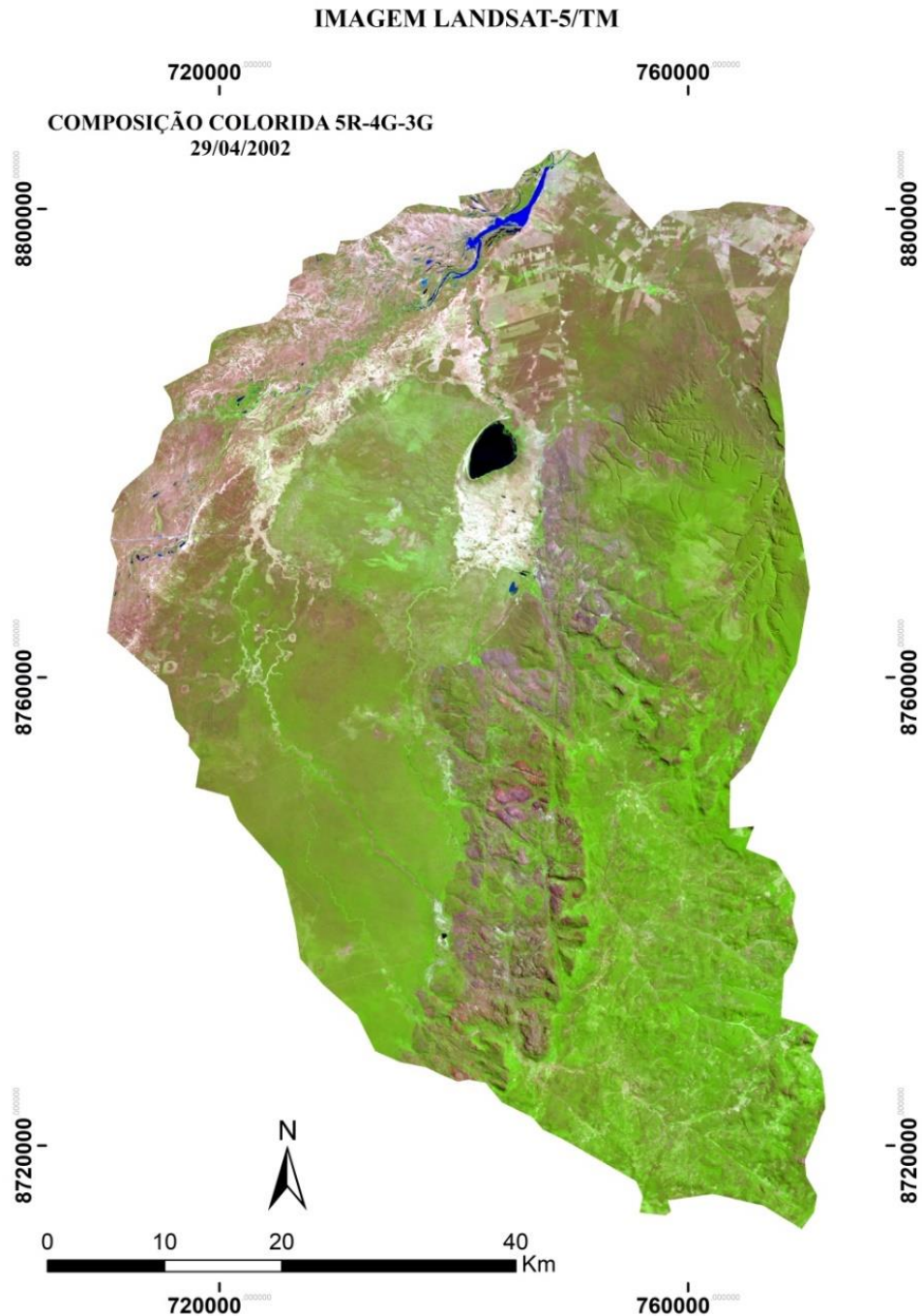
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

No ano de 2002, como demonstra o mapa de Uso e Cobertura da Terra Figura 24 e a imagem da Figura 25 foi identificado de maior grau de degradação desde o início das observações em 1975.

que as mesmas (838,80 mm) estiveram dentro das médias já observadas na região.

Todavia, visualmente, foi possível identificar que os setores de várzea situados a oeste da lagoa apresentaram maior grau de degradação e ausência de cobertura vegetal em comparação ao restante da bacia.

Figura 25. Imagem Landsat5/TM de Abril de 2002.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Essa degradação nas áreas de várzea, como já foi observada, pode estar relacionada ao crescimento de atividades como a agricultura e a pecuária. Essas áreas costumam ser aproveitadas principalmente nos períodos mais secos por preservarem certas condições de umidade. Dessa forma, a agricultura costuma ser mantido justamente nessas áreas, o que explica o seu crescimento no referido ano.

A precipitação média anual para o ano de 2002 foi de 838,80 mm, um pouco menor do que a registrada em 1997 (881 mm). Por outro lado, a vazão afluente do rio São Francisco de apenas 1633,058, portanto abaixo da média, pode explicar o quadro identificado. Considerando que a precipitação média para este ano não foi tão inferior ao período anterior, as condições verificadas na bacia indicam que o quadro ambiental apresentado não pode estar relacionado apenas às precipitações que caem sobre a Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Além da relação com as vazões afluentes do rio São Francisco as condições ambientais identificadas podem está sendo condicionadas a fatores, a exemplo de interferências relacionadas ao Uso e Cobertura da Terra.

9.4 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE E 2007 e 2014

A análise do primeiro ano do período em questão (2007/2014) demonstra uma dinâmica espacial na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito semelhante àquela evidenciada nos dois períodos anteriores 1997/2002. Em termos quantitativos os dados da Tabela 11 ratificam que o processo de supressão da Savana Arborizada e Savana Estépica Floresta se mantiveram em ritmo acelerado, principalmente a partir de 1997.

Tabela 9. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra entre 2007 e 2014.

| CLASSES | 2007 | | 2014 | |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | ÁREA (km ²) | % | ÁREA (km ²) | % |
| Savana Estépica Arborizada | 1105,52 | 29,01 | 1251,80 | 32,84 |
| Savana Estépica Florestada | 792,78 | 20,80 | 572,79 | 15,03 |
| Mata Ciliar | 54,37 | 1,43 | 78,05 | 2,05 |

| | | | | |
|-----------------------------|---------------|-------|--------|-------|
| Vegetação Rupestre | 83,12 | 2,18 | 64,89 | 1,70 |
| Agricultura | 358,22 | 9,40 | 252,03 | 6,61 |
| Pastagem | 751,49 | 19,72 | 827,44 | 21,71 |
| Corpos D'agua | 41,38 | 1,09 | 25,84 | 0,68 |
| Formação Arenosa | 117,44 | 3,08 | 89,12 | 2,34 |
| Área Antrópica não Agrícola | 39,30 | 1,03 | 101,51 | 2,66 |
| Vegetação de Várzea | 132,59 | 3,48 | 70,10 | 1,84 |
| Formação Rochosa | 212,60 | 5,58 | 162,16 | 4,25 |
| Sombra | Não observado | xxxxx | 18,96 | 0,50 |
| Áreas Degradadas | 122,49 | 3,21 | 296,82 | 7,79 |

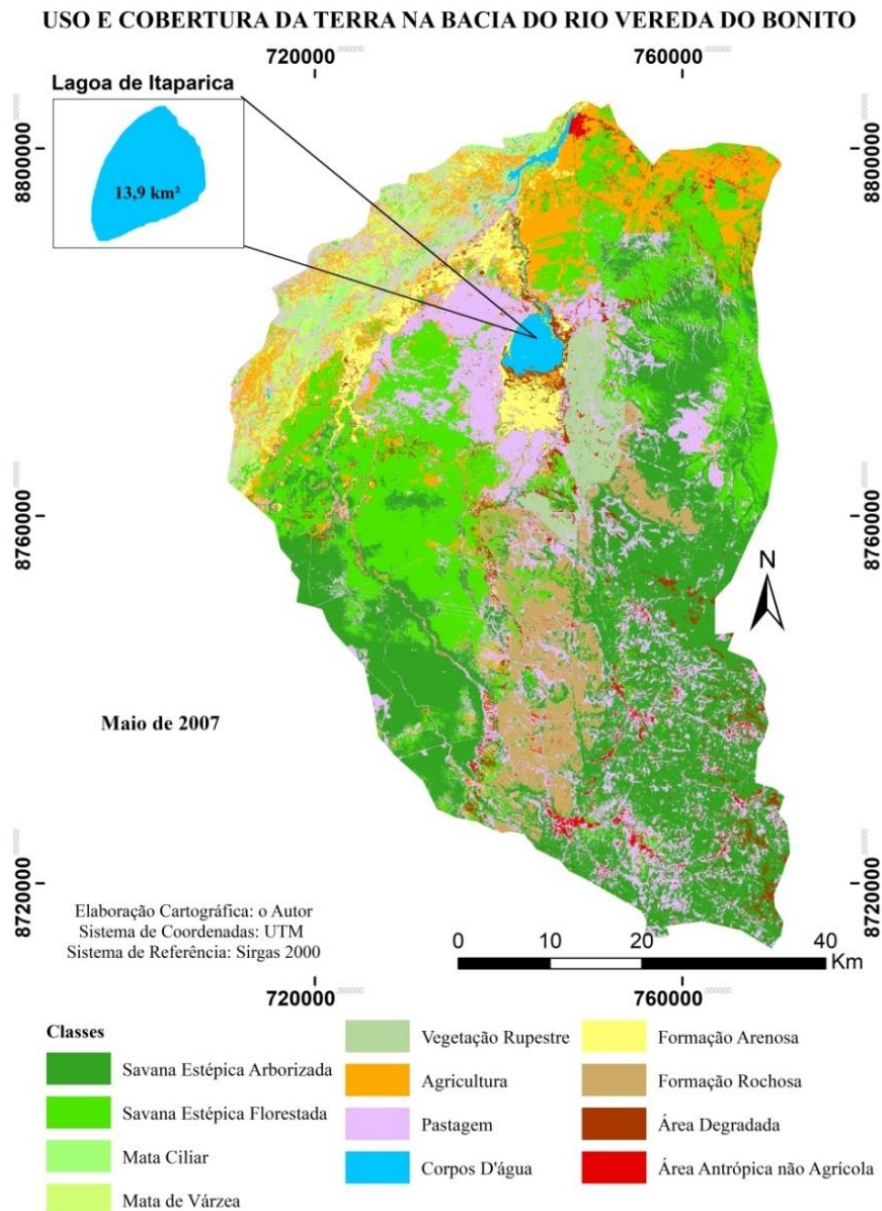
Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise do mapa de Uso e Cobertura da Terra de 2007, Figura 26 e da imagem do mesmo período, Figura 27, demonstra que a dinâmica espacial das principais classes de cobertura vegetal, caracterizada pela aparente redução e acréscimo das áreas verdes, não se manteve a partir de 1997. Os processos de aparente perda e ganho de vegetação, conforme já citado, estavam relacionados à regeneração da vegetação. A ausência desse processo, a partir de então, indica uma piora das condições naturais na bacia hidrográfica. Além disso, essa piora se materializou, conforme os números apresentados, no avanço da supressão das principais classes de cobertura vegetal.

Para o ano em questão (2007), a precipitação pluviométrica média anual foi de apenas 493,1 mm na área da bacia. Essa foi a quarta menor média pluviométrica da série observada, quando foram contabilizados apenas 257,4 mm em 1993. Assim como nos dois períodos anteriores observados (1997/2002), a análise do Mapa de Uso e Cobertura da Terra para o ano em questão (2007), evidenciou, mais uma vez, uma dinâmica ambiental desfavorável. Em consequência de um ano tão seco, a área da bacia perdeu ainda mais trechos de sua cobertura vegetal. Em função disso os solos se tornaram mais expostos fazendo com que o classificador registrasse uma

perda brusca da cobertura vegetal área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito. O estresse hídrico dos anos mais secos altera bastante a textura e o espectro da vegetação, os quais são propriedades visuais importantes à interpretação.

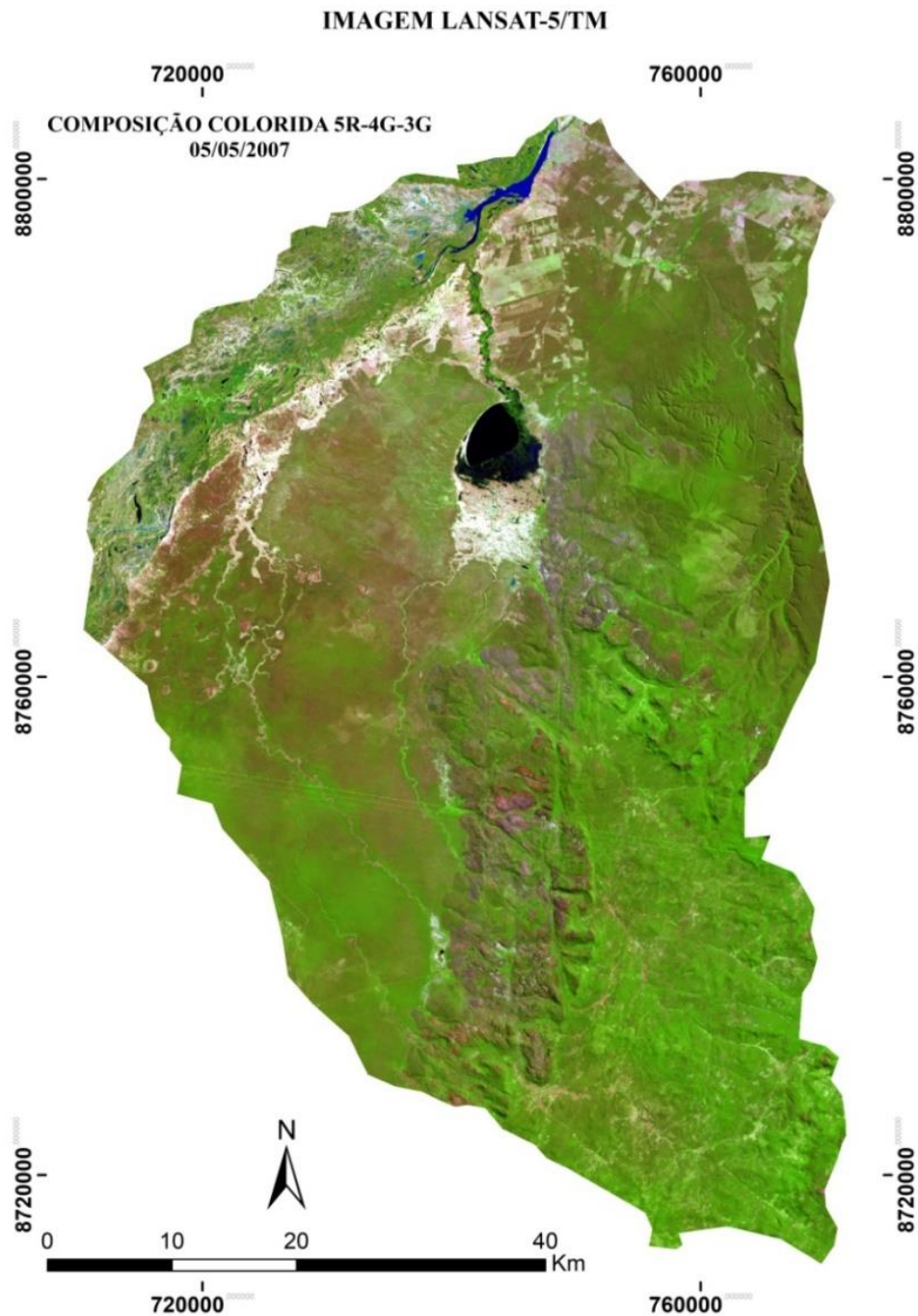
Figura 26. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em Maio de 2007.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

É interessante destacar que em 2007, apesar da média pluviométrica anual ter sido menor (491,1mm), se comparada com período anterior (2002), foi constatado um aumento nos percentuais das classes de corpos d'água, agricultura e pastagem, as quais dependem muito de condições hídricas favoráveis.

Figura 27. Imagem Landsat-5/TM de Maio de 2007.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Essa melhora nos percentuais das classes citadas esteve relacionada a possíveis condições pluviométricas favoráveis registradas em anos anteriores. Tanto é que foram registradas precipitações pluviométricas médias anuais iguais a 725,5mm, (2005), 845,3mm (2006). Além disso, outra possível explicação seria a ocorrência de possíveis subidas do nível d'água do rio São Francisco. A vazão

afluente do rio São Francisco que chega a Barragem de Sobradinho em 2007 foi de 2564,802 m³/s, o que corrobora essa hipótese.

Os dois anos de condições hidrológicas mais favoráveis, anteriores a 2007, como ficou demonstrado, podem ter contribuído também com a expansão das áreas de pastagem e agricultura. A retirada de água subterrânea para a irrigação também pode explicar esse aumento das áreas de agricultura. Todavia, não foi possível obter informações sobre outorgas para captação associada a esse período, isso não significar dizer que não estivesse havendo a captação. Até porque a lei que estabeleceu a outorga como um dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997) era recente na ocasião. Em 2007 a referida lei tinha apenas 10 anos de criada. E até mesmo nos dias atuais muitos usuários dos recursos hídricos de forma geral ainda não regularizaram a sua situação no que se refere ao direito de uso (outorga) de captação de água.

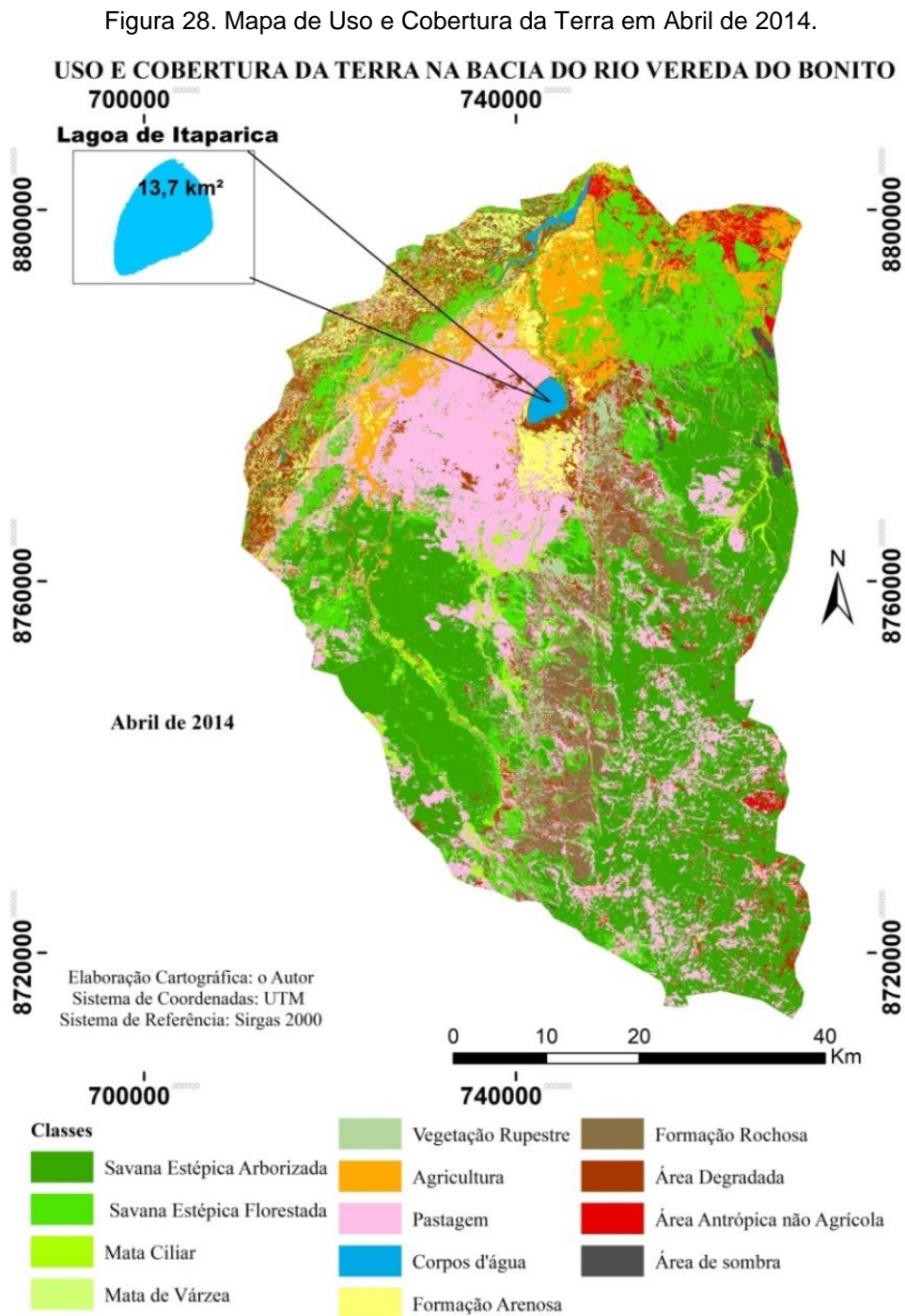
Em detrimento da expansão das duas classes citadas, houve uma redução ainda mais significativa das classes Savana Estépica Florestada e Savana Estépica Arborizada. Fazendo uma comparação entre a imagem do ano de 2007, já apresentada com primeira imagem utilizada do ano de 1975, fica evidente que desde o início das observações o ritmo de degradação das principais coberturas vegetais manteve-se crescente. Entretanto, nas circunstâncias apresentadas em 2007, a redução da cobertura vegetal detectada pelo classificador pode não ser totalmente associada a perdas reais, e sim, pelos motivos já citados.

Mesmo sendo um ano mais seco, provavelmente em função do superávit hídrico dos anos anteriores (2005 e 2006), ou em função do aumento das vazões do rio São Francisco neste período observado (2007), o espelho d'água da Lagoa de Itaparica registrou uma área ocupada de (13,9 km²) melhor do que em 2002, que apesar de ter sido mais chuvoso, registrou apenas 12,0 km², o nível mais baixo até então já registrado. A partir de dados de vazões que chegam ao Reservatório Sobradinho (SAR/ANA 2020), foi constatado que entre 1991 e 2020, o ano 2007 foi o que registrou a segunda maior vazão 2.564,802 m³/s. A maior vazão (3.840,27 m³/s) foi registrada em 1992. Isso comprova a importância de ser manter preservados os trechos que conectam a Lagoa de Itaparica ao rio São Francisco.

Na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito, as atividades antrópicas, materializadas por meio de estruturas urbanas, não foram tão expressivas no decorrer do tempo analisado. Entretanto, na imagem do ano de 1997 já apresentada foi possível identificar algumas formas atribuídas a um crescimento urbano pontual ao norte e sul da bacia hidrográfica. A análise das imagens também demonstrou o crescente grau de degradação desenvolvido principalmente nas áreas de nascentes dos rios situadas a sul e sudeste.

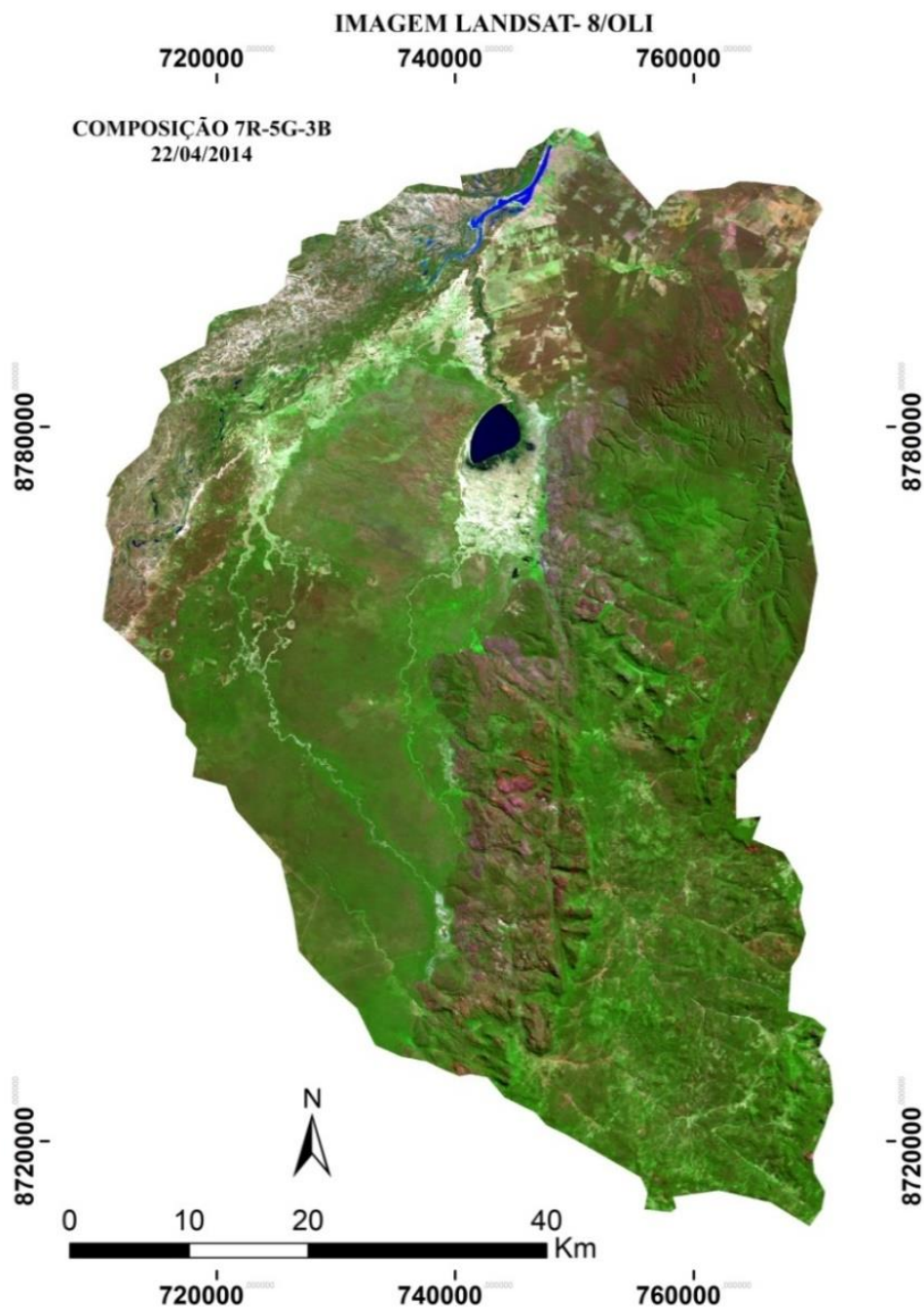
Com base nas observações das séries temporais de imagens e dos mapas delas gerados foi possível constatar que a classe de Formação Arenosa e Solo Exposto, apesar de terem crescido no decorrer do tempo, apresentaram uma dinâmica espacial muito dependente da exposição dos solos das áreas de várzea localizadas nos trechos a leste e sudoeste e do rebaixamento do espelho d'água da lagoa. O mapa de Uso e Cobertura da Terra de 2014, Figura 28, juntamente com imagem do mesmo período, Figura 29, demonstrou a expansão das classes de Pastagem por quase toda a área da bacia hidrográfica, além de um intenso processo de degradação em torno da Lagoa de Itaparica. Essas condições desfavoráveis se agravaram em 2014, pois esse foi um dos anos hidrológicos mais críticos, com média pluviométrica anual de apenas 415,5mm.

Em consequência disso, a área ocupada pelo espelho d'água da Lagoa de Itaparica mais uma vez sofreu redução, caindo para 13,7 km², com 200 mil m² em relação a 2007 quando essa área ocupada foi de 13,9 km².



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 29. Imagem Landsat-8/OLI de Abril de 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A situação de escassez hídrica, observada em 2014, foi resultante da estiagem já iniciada por volta do ano de 2012, a qual tem sido considerada umas das mais longas até então observada (ANA,2015).

9.5 USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE EM 2018

O último período da série temporal analisada, Tabela 12, revela um cenário que se pode interpretado como reflexo de 43 anos de degradação, materializado pela supressão da cobertura vegetal na área de estudo. O mapa do Uso e Cobertura da Terra de 2018, Figura 30, permitiu constatar que o grau de degradação analisado entre 1975 e 2018 foi bastante intenso. Essa degradação ocorreu em função da supressão dos principais tipos de cobertura vegetal, a Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada, as quais cederam espaço, de forma geral, à pastagem e mais especificamente ao norte da Lagoa de Itaparica, ao desenvolvimento urbano e agricultura.

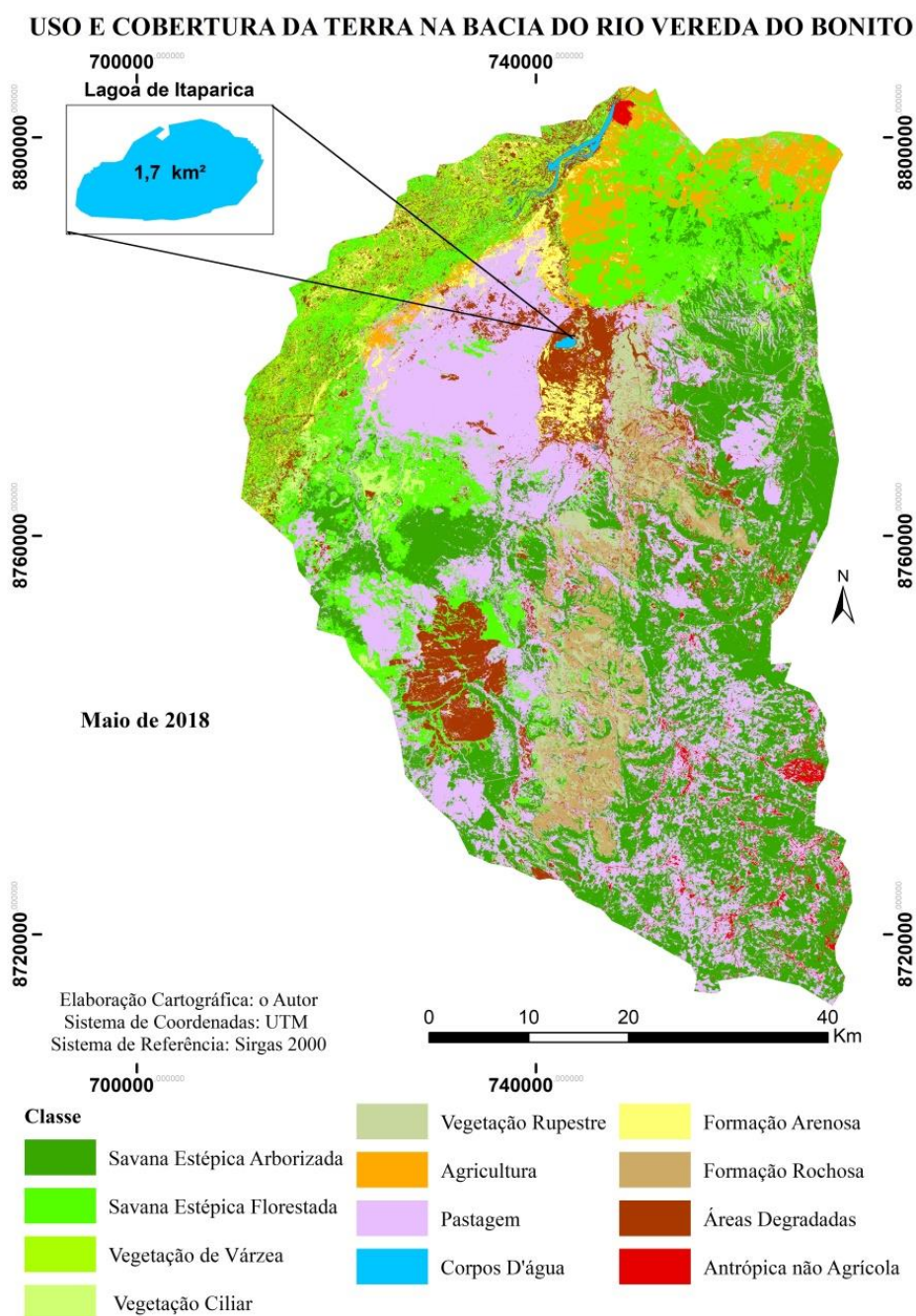
Tabela 10. Representação quantitativa das Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2018.

| CLASSES | 2018 | |
|-----------------------------|----------------------|-------|
| | ÁREA KM ² | % |
| Savana Estépica Arborizada | 1005,25 | 25,69 |
| Savana Estépica Florestada | 530,97 | 13,57 |
| Mata Ciliar | 16,42 | 0,42 |
| Vegetação Rupestre | 170,16 | 4,35 |
| Agricultura | 450,59 | 11,52 |
| Pastagem | 990,74 | 25,32 |
| Corpos D'agua | 10,19 | 0,26 |
| Formação Arenosa | 86,289 | 2,21 |
| Área Antrópica não Agrícola | 59,43 | 1,52 |
| Vegetação de Várzea | 91,31 | 2,33 |
| Formação Rochosa | 236,76 | 6,05 |
| Áreas Degradadas | 264,76 | 6,77 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em 2018, o espelho d'água da Lagoa, após ter secado completamente em 2017, esteve com apenas 1,7km² de área alagada. Os 43 anos de análise (1975 a 2018) demonstraram que houve uma supressão da ordem de 866,21 km² (46,73%) da Savana Estépica Arborizada e de 180, 76 km² (22,50%) do tipo Savana Estépica Florestada. A soma das duas classes equivale a uma perda 1.046,97 km² (60,87%) da cobertura vegetal natural na bacia.

Figura 30. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em Maio de 2018.

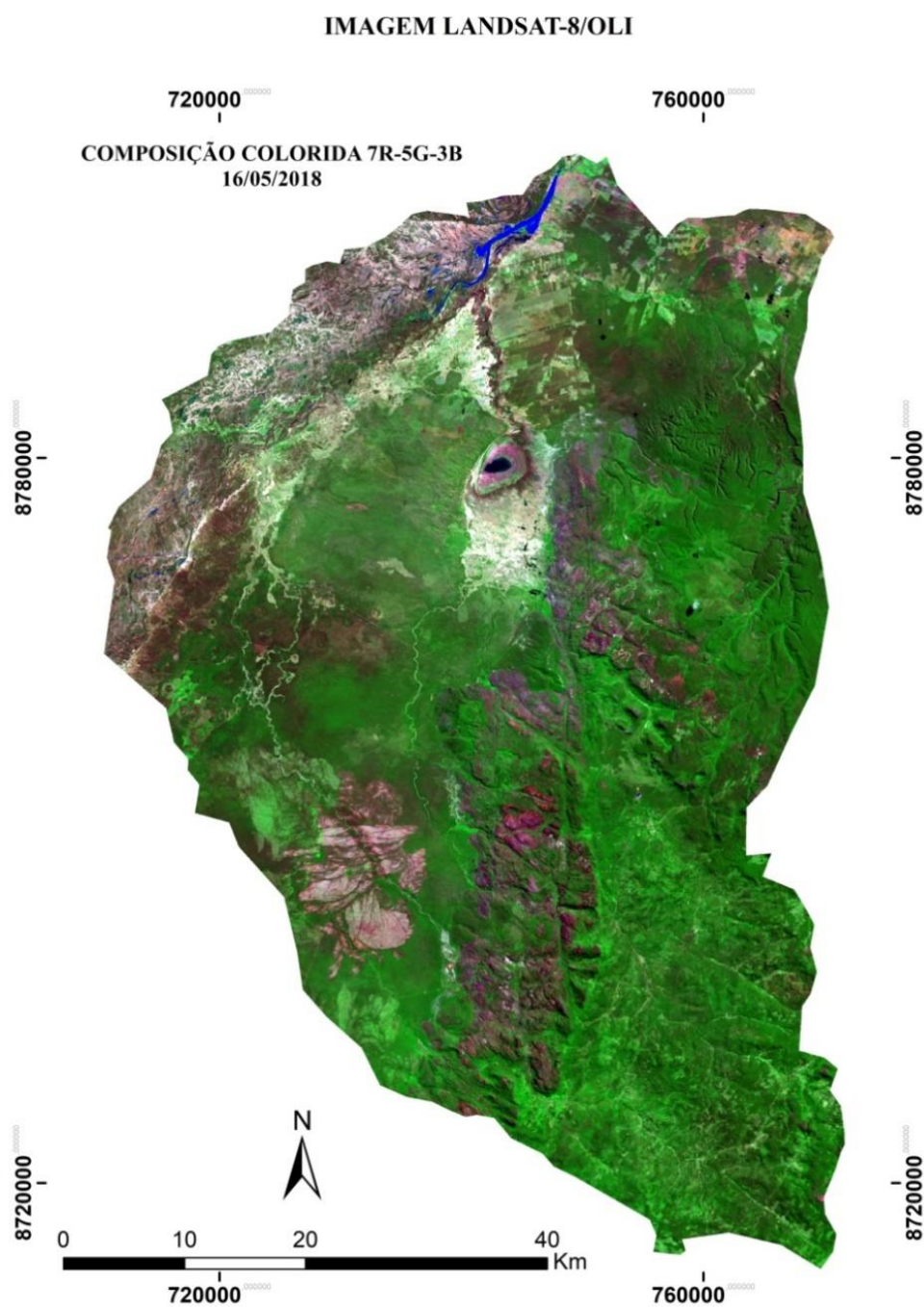


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A imagem da Figura 31 revela que a Lagoa de Itaparica teve a sua condição ainda mais agravada por uma sequência de índices muito baixos de precipitações, resultados de uma das secas mais severas dos últimos anos, iniciada em 2012 (ANA, 2015). Para o ano de 2018, a área total ocupada pela Savana Estépica

Arborizada e a Savana Estépica Florestada representavam apenas 42,73% em detrimento de 1975 quando ambas representavam 71,21%. Em detrimento disso, foi observado a continuidade da expansão das Classes de Pastagem, de Área Antrópica não Agrícola e de Áreas Degradadas.

Figura 31. Imagem Landsat -8/OLI de Maio de 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A expansão das áreas de pastagem se deu principalmente no centro-sul da

bacia hidrográfica, e pelo setor oeste e norte da Lagoa de Itaparica por áreas antes ocupadas pela Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada. A presença de formas associadas com as atividades agrícolas tem sido observada desde os anos de 1986 e foram mais intensas nos trechos ao norte da bacia hidrográfica. Todavia, as primeiras outorgas para retirada de água por meio de poços são datadas de 2013. De acordo com dados obtidos do CNARH (2020), das 29 outorgas existentes na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito 15 (51,7%) destinam-se à irrigação. Sem esses dados não seria possível afirmar a existência de atividades agrícolas irrigadas, além daquelas voltadas para a subsistência.

A partir da análise das imagens foi possível identificar a intensificação da degradação principalmente nos setores a oeste, nas áreas de planície a oeste da Lagoa de Itaparica. Além disso, o processo de degradação também foi constatado nos trechos de sudeste e sul da bacia hidrográfica, próximo das áreas de nascentes do principal rio da bacia, o rio Vereda do Bonito do rio Vereda do rio que alimenta a Lagoa de Itaparica, rio Vereda do Sussuapara. A análise histórica das alterações no Uso e Cobertura da Terra na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito demonstrou um progressivo processo de expansão das áreas de pastagem, materializada justamente nos setores antes ocupados por vegetação nativa.

Os dados apresentados no Quadro 6, mesmo não sendo representativos de uma série mais longa de dados, e que o recorte espacial não seja exatamente da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito, chama a atenção para o crescimento, mesmo que muito pequeno, de cultivos como, mandioca, milho, mamona, laranja e tomate. Dentre os produtos citados, historicamente, apenas a mandioca, o milho e o feijão sempre figuraram como parte das culturas de maior produção na região.

Quadro 6. Evolução da área plantada e quantidade produzida por tipo de cultura para os municípios de Xique-Xique e Gentio do Ouro.

| Área Plantada (ha) | 1999 | 2000 | 2002 | 2005 | 2007 | 2010 | 2014 | 2017 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5635,0 | 5497,0 | 8937,0 | 8531,0 | 6389,0 | 5965,0 | 1415,0 | 1350,0 |
| Abacaxi | 4,03 | 0,00 | 0,00 | 0,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Algodão herbáceo | 0,61 | 8,64 | 0,00 | 1,18 | 0,47 | 0,54 | 0,00 | 0,00 |
| Cana-de-açúcar | 5,65 | 1,25 | 0,00 | 0,83 | 1,15 | 2,10 | 0,00 | 0,00 |
| Cebola | 41,70 | 2,86 | 1,12 | 1,47 | 0,78 | 2,51 | 12,01 | 2,22 |

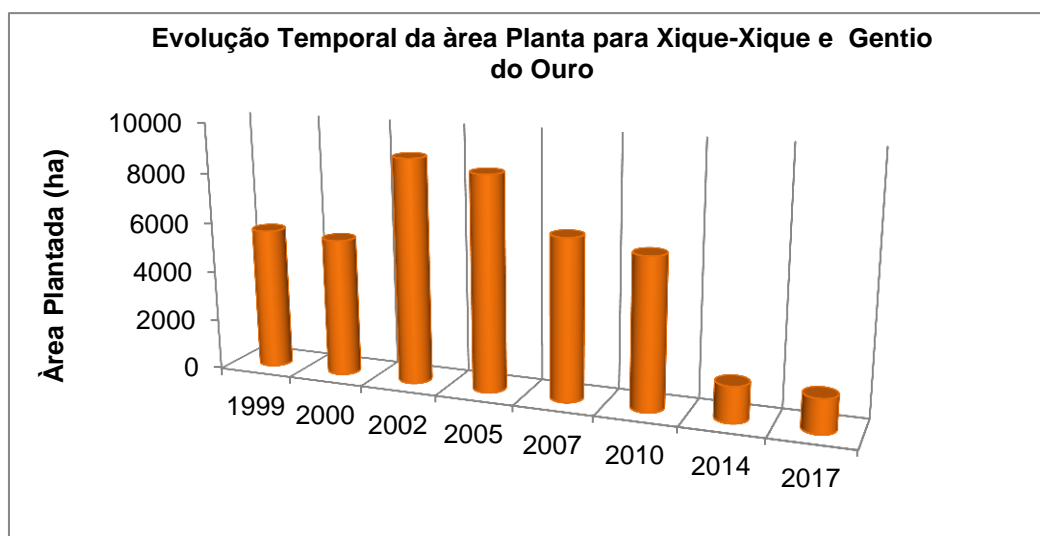
| | | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Feijão (em grão) | 7,30 | 42,49 | 36,59 | 27,77 | 26,97 | 39,23 | 70,67 | 37,78 |
| Mamona (baga) | 13,35 | 6,62 | 0,00 | 10,28 | 11,43 | 8,21 | 10,60 | 7,41 |
| Mandioca | 0,32 | 9,03 | 18,52 | 19,34 | 31,73 | 15,59 | 0,00 | 9,63 |
| Melancia | 27,03 | 0,55 | 0,38 | 0,38 | 0,47 | 0,60 | 0,00 | 0,00 |
| Milho | 0,00 | 28,56 | 28,64 | 35,73 | 21,84 | 24,31 | 0,00 | 31,11 |
| Sorgo Granífero | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,83 | 2,80 | 1,68 | 1,41 | 8,15 |
| Banana | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,45 | 0,49 | 0,00 | 0,00 |
| Coco-da-baía | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,25 | 0,27 | 0,00 | 0,00 |
| Laranja | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,13 | 0,00 | 0,00 |
| Manga | 0,00 | 0,00 | 13,96 | 0,13 | 0,22 | 0,23 | 0,00 | 0,00 |
| Fumo | 0,00 | 0,00 | 0,78 | 0,00 | 0,62 | 0,75 | 1,77 | 0,00 |
| Tomate | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 3,35 | 3,53 | 3,70 |
| Total (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os dados apresentados evidenciam que, independentemente das condições climáticas, alguns produtos como o feijão, a cebola e a mandioca, por exemplo, tiveram uma produção anual regular e constante, mesmo nos períodos secos. Essa regularidade pode estar relacionada à menor dependência das condições climáticas sazonais, pois vem se destacando na região, especificamente nos municípios de Xique-Xique e Itaguaçu da Bahia, o projeto público de irrigação conhecido pelo nome de Baixio do Irecê. Segundo a CODEVASF (2019), o Perímetro Irrigado Baixio de Irecê abrange 105 mil hectares, sendo 48 mil hectares de área irrigada. Na própria área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito conforme já discutido, a agricultura irrigada já vem se destacando. A análise das outorgas concedidas pelo INEMA para a captação de água subterrânea indica que parte dessas outorgas tem sido destinada à irrigação.

A análise dos dados estatísticos históricos SEI (2017), apresentada no Gráfico 1, aponta respectivamente para o ano de 2002 e 2017 como sendo os de maior e menor a área plantada nos municípios de Xique-Xique e Gentio do Ouro. A queda observada nos valores de área plantada em 2017 foi resultante da estiagem iniciada em 2012. Cabe salientar que o levantamento da SEI não foi exclusivo da área de estudo, e sim, dos municípios.

Gráfico 1. Dados de produção pecuária de Xique-Xique e Gentio do Ouro entre 1999 e 2017.

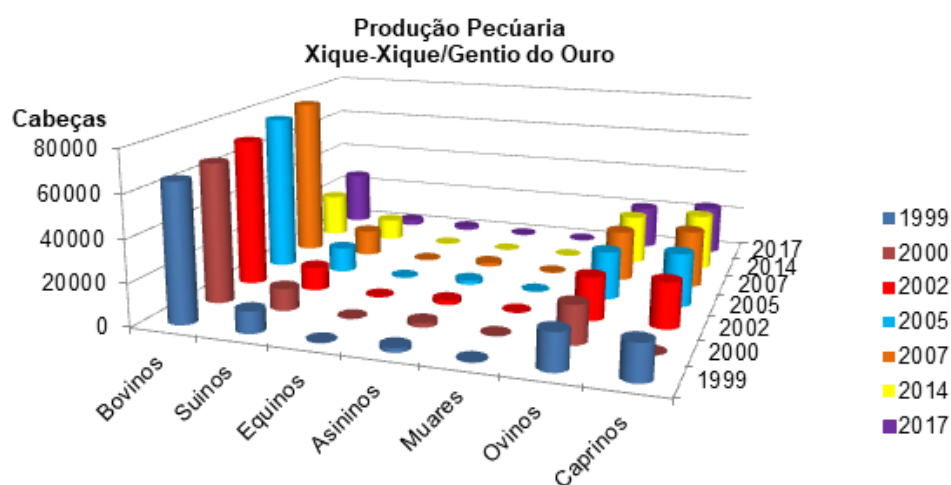


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Todavia, no mapeamento do Uso e Cobertura da Terra já apresentado foi constatado que a menor área ocupada pela agricultura ocorreu em 1986 (1,44%) e a maior em 2018, com 11,52% da área da bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Em 1975, a pastagem representava 4,75 % (181,19 km²) da área de estudo, enquanto que, em 2018, esse percentual salta para 28,30% (1078,72 km²).

As atividades agrícolas na área de estudo se desenvolveram principalmente nos setores a oeste, norte e noroeste da Lagoa de Itaparica, enquanto que a pecuária, pelos trechos a oeste e por toda a faixa entre o nordeste e sul da área de estudo. A pecuária se expandiu principalmente por onde estão atualmente os remanescentes de Savana Estépica Arborizada. A série de dados produzidos pela SEI (2017), sobre a produção agropecuária para os dois municípios entre 1999 e 2017, Gráfico 2, mesmo não sendo exclusiva da área de estudo ajuda na compreensão dos resultados específicos sobre a expansão da pecuária na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Isso porque dos 5.082 km² da área total do município de Xique-Xique e de Gentio do Ouro (3.671 km²), respectivamente 50,6% e 49,4% estão situadas dentro da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Os dados apresentados no gráfico indicam a predominância da criação de bovinos, seguida por ovinos e caprinos nos dois municípios.

Gráfico 2. Análise da produtividade agropecuária dos municípios de Gentio do Ouro e Xique-Xique.



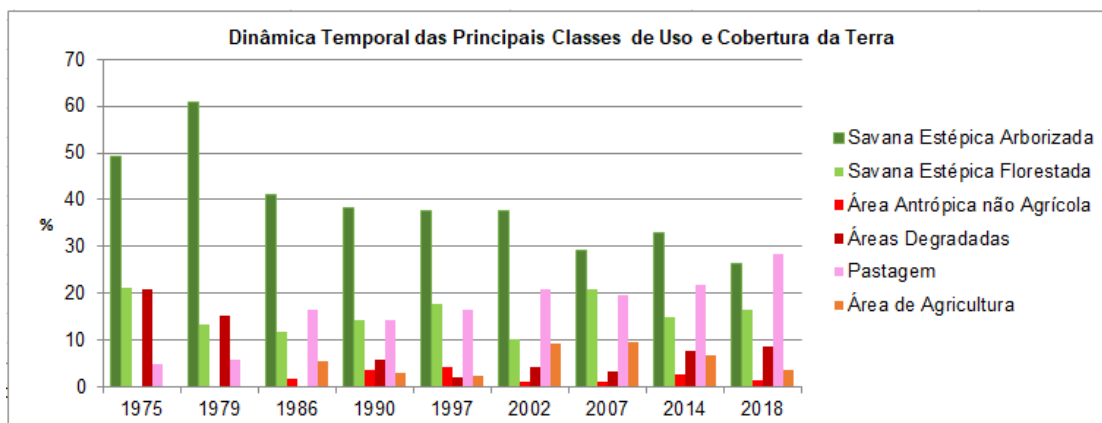
Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Por meio das imagens e dos mapas produzidos verificou-se que no início das observações, em 1975, 71,21% Da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito estava recoberta por vegetação nativa com predominância dos tipos Savanas Estépica Arborizada (49,11%) e Savana Estépica Floresta (21,10%). Em 2018, esses percentuais caem para 26,38% e 16,35 %, respectivamente, totalizando apenas 42,76%. A análise da dinâmica espacial de cada classe de Uso e Cobertura da Terra, principalmente no que se refere à Savana Estépica Arborizada, Savana Estépica Florestada, Agricultura e Pastagem demonstrou forte relação com o comportamento sazonal das precipitações.

O mapeamento histórico do Uso e Cobertura da Terra, destacado no Gráfico 3, demonstrou um comportamento atípico para as classes de Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada. Tomando como referência a Classe de Savana Estépica Florestada percebe-se que o quantitativo de área ocupada pelas mesmas oscilou bastante, tanto para mais quanto para menos, principalmente no intervalo compreendido entre 1975 e 2007.

Assim que as chuvas caem, parte da vegetação que perderam suas folhas costuma se regenerar. Diante disso, na análise entre um período e outro nem sempre foi possível obter uma estimativa precisa sobre a dinâmica de cada classe.

Gráfico 3. Análise da evolução temporal das principais classes de Uso e Cobertura da Terra.

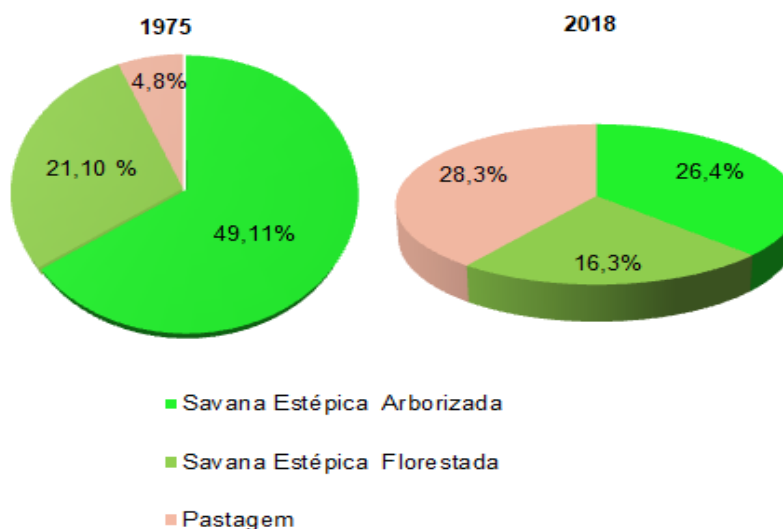


Fonte: do Autor (2020).

Conforme discutido, a caatinga é composta por espécies decíduas e semidecíduas e costuma apresentar perdas totais ou parciais de suas folhas por ocasião das estiagens. Em função disso, nas imagens dos períodos secos a vegetação estava desprovida de folhas fazendo com que os solos refletissem mais. Nessas condições o sensor remoto as identifica como solo exposto, fato que contribui com equívocos na quantificação dos percentuais de cada classe.

Dessa forma, foi observado que, enquanto em 1975 o somatório das duas principais classes de cobertura vegetal, Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada representavam 71,21%, em 2018, esse percentual caiu para 42,73% Gráfico 4.

Gráfico 4. Representação da distribuição percentual das principais classes de cobertura vegetal em 1975 e 2018.

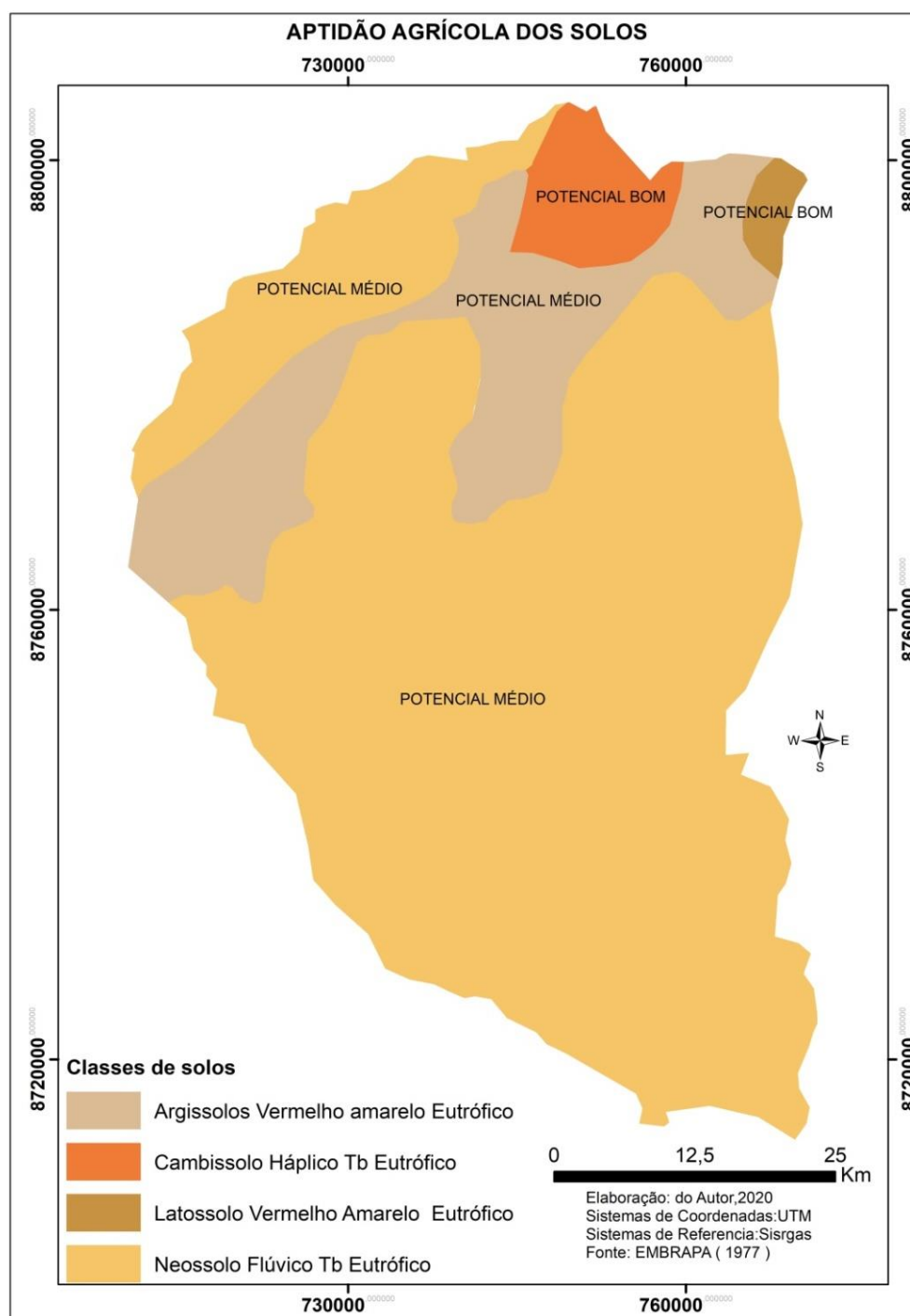


Fonte: do Autor (2020)

Os 43 anos de análise (1975 a 2018) demonstraram que houve uma supressão da ordem de 866,21 km² da Savana Estépica Arborizada e de 180,97km² do tipo Savana Estépica Florestada. Isso que representa uma perda de 1.046,97km² de cobertura vegetal na bacia hidrográfica. O tipo Savana Estépica Florestada encontra-se distribuída pelos setores nordeste e noroeste área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Por esses setores se expandiram com mais afinco as atividades antrópicas representadas pela agricultura e atividades urbanas. A análise do mapa de aptidão agrícola, Figura 32, permite verificar que por essas áreas estão os solos mais aptos para a agricultura. Além disso, alguns desses trechos são formados por áreas de várzea com boas condições de umidade situadas nas proximidades da foz do rio Vereda do Bonito, a oeste e sudoeste da Lagoa de Itaparica.

Em função disso, essas áreas acabam sendo ocupadas pela agricultura por ocasião do rebaixamento do nível d'água do rio. Mesmo assim essas áreas representam um percentual muito baixo de solos de boa aptidão agrícola formada por manchas de Latossolos (1,7%) e Argissolos com 16,44%. Nos trechos ocupados pela Savana Estépica Arborizada (Sudeste, leste e Nordeste), a supressão da vegetação esteve associada à expansão da pastagem e também das atividades mineradoras.

Figura 32. Distribuição espacial da aptidão agrícola dos solos na Bacia do rio Vereda do Bonito.

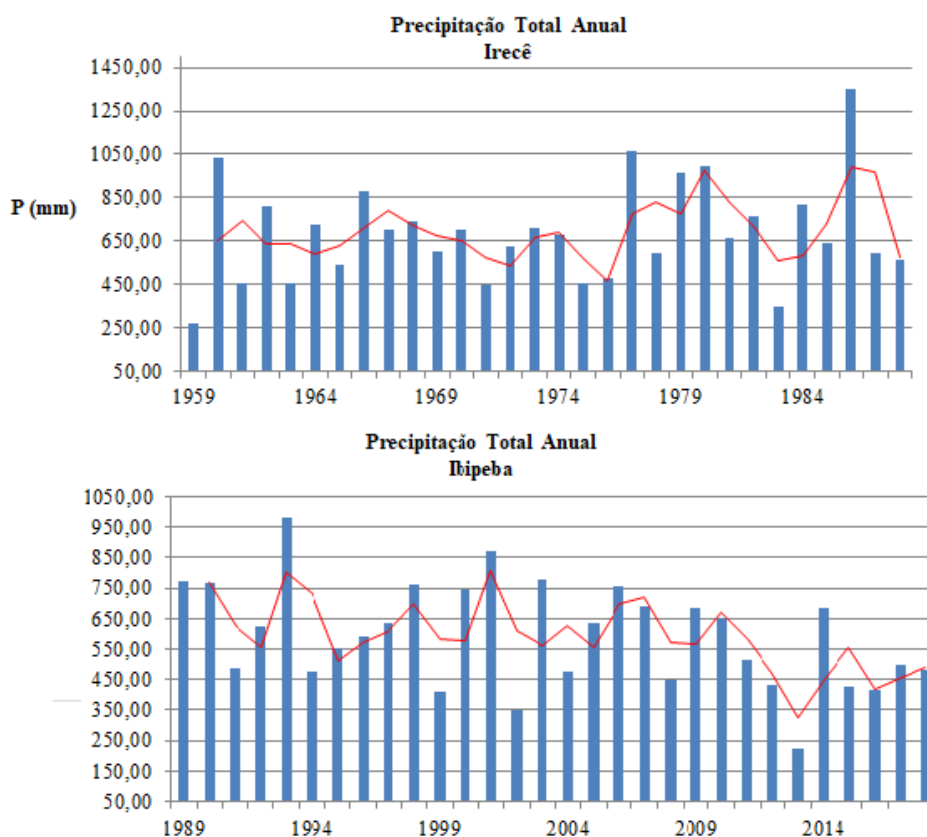


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A série histórica de precipitações da área de estudo (Gráficos 5 e 6) corrobora

a compreensão da dinâmica do Uso e Cobertura da Terra na área de estudo. A partir de dados oriundos de dois postos situados em Irecê e Ibipeba, respectivamente, foi possível constatar que os períodos de maior estiagem costumam se repetir a cada 10 anos em média.

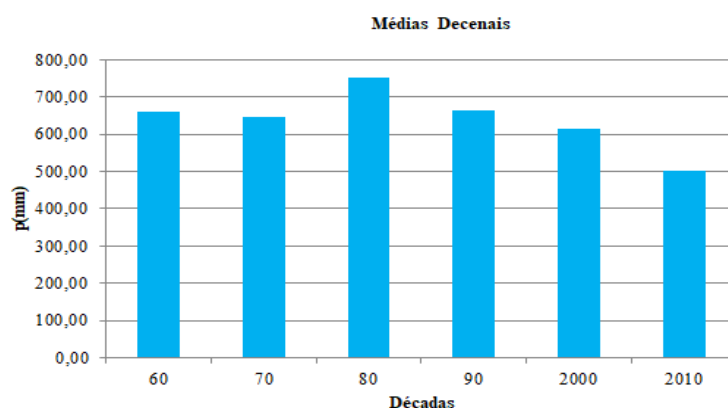
Gráfico 5. e Gráfico 6. Análise temporal das precipitações para o período entre 1959 a 1984 em Irecê e 1989 a 2014 em Ibipeba /BA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Além disso, a análise dessa mesma série histórica de precipitações (Gráfico 7) também indicaram uma tendência de redução das precipitações média para os mesmos intervalos de tempo (10 anos).

Gráfico 7. Análise das precipitações Médias por décadas observadas na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os dados sobre as maiores secas até então registradas no semiárido nordestino, conforme se observa no Quadro 7, ANA (2015), demonstram que a estiagem que acometeu essa região entre 2012 e 2015 pode ser considerada a mais duradoura. Nos referidos dados, publicados em 2015, a seca de maior duração (5 anos) até aquela ocasião tinha sido registrada entre 1979 e 1983. Entretanto, a estiagem mais atual, iniciada em 2012, persistiu até o início do ano de 2020 quando as chuvas retornaram repondo as reservas hídricas, inclusive da Lagoa de Itaparica que atingiu o seu volume máximo CBHSF (2020). Nesse sentido pode se considerar que a estiagem mais atual durou 8 anos, de 2012 a 2020.

Quadro 7. Eventos de Estiagens históricas observadas.

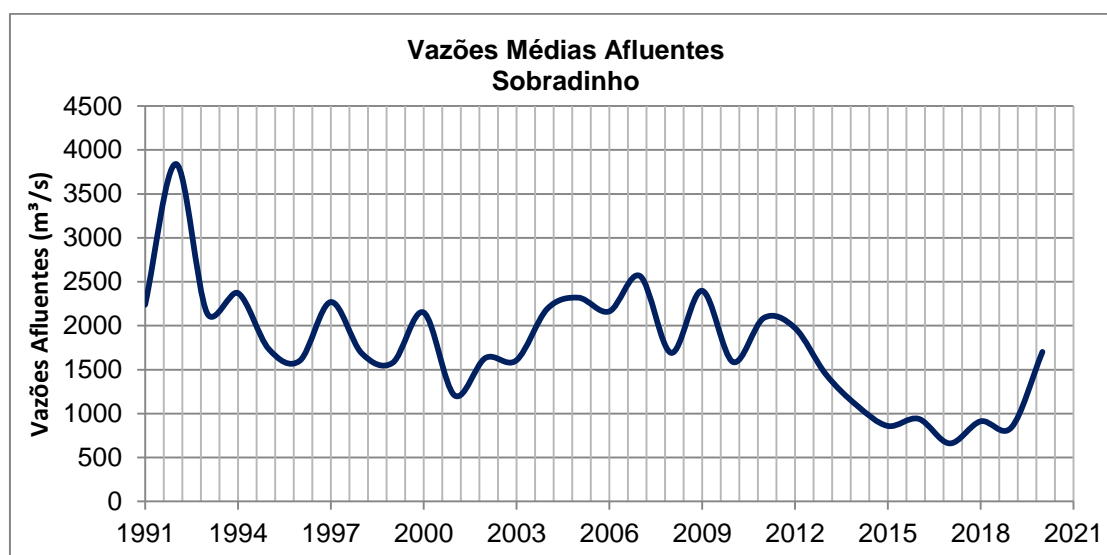
| Ano | Duração (anos) | Intervalo | Período de Retorno (anos) |
|-----------|----------------|-------------|---------------------------|
| 1877/78 | 2 | | 10 |
| 1988/89 | 2 | 1978 a 1988 | |
| 1898 | 1 | 1888 a 1898 | 10 |
| 1900 | 1 | 1898 a 1900 | 2 |
| 1903 | 1 | 1900 a 1903 | 3 |
| 1915 | 1 | 1903 a 1915 | 12 |
| 1919 /20 | 2 | 1915 a 1919 | 4 |
| 1931/32 | 2 | 1919 a 1931 | 12 |
| 1942 | 1 | 1931 a 1942 | 11 |
| 1951 | 1 | 1942 a 1951 | 9 |
| 1953 | 1 | 1951 a 1953 | 2 |
| 1958 | 1 | 1953 a 1958 | 5 |
| 1970 | 1 | 1958 a 1970 | 12 |
| 1979/1983 | 5 | 1970 a 1979 | 8 |
| 1987 | 1 | 1979 a 1987 | 8 |
| 1992/93 | 2 | 1987 a 1992 | 5 |
| 1997 | 1 | 1992 a 1997 | 5 |

| | | | |
|------------|---|-------------|---|
| 2002/03 | 2 | 1997 a 2002 | 5 |
| 2010 | 1 | 2002 a 2010 | 8 |
| 2012/2020* | 9 | 2010 a 2012 | 2 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A série histórica das vazões afluentes do Reservatório de Sobradinho, Gráfico 8, reforça essa análise ao apontar um comportamento caracterizado pelas reduções nas vazões médias a partir de 1991. Além disso, é possível identificar um período mais crítico caracterizado por vazões decrescentes (2012 a 2020), que coincide com o longo período de estiagem já relatado.

Gráfico 8. Série histórica de Vazões Afluentes no Reservatório de Sobradinho.



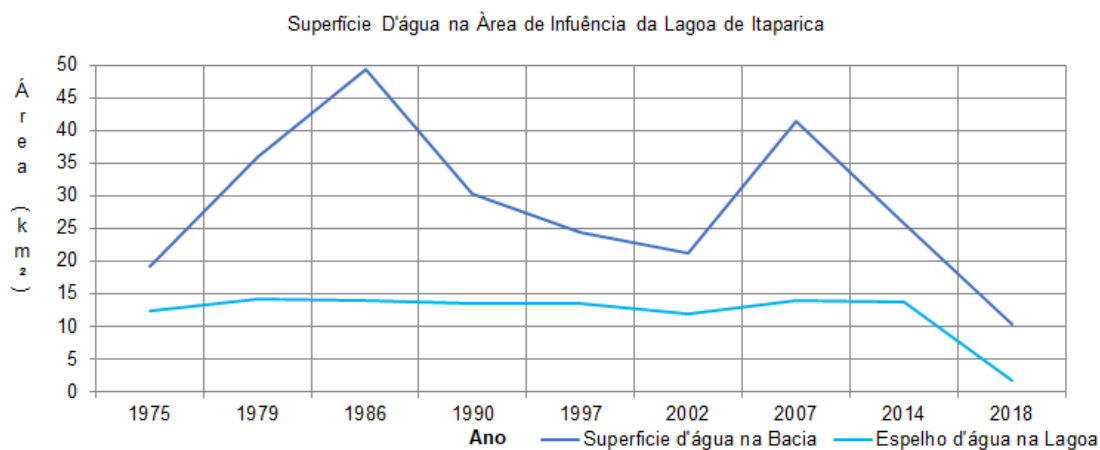
Fonte: Elaborado pelo Autor ((2020).

Para uma região já tão castigada pela escassez de chuvas, a Lagoa de Itaparica têm sido historicamente quase que um reservatório permanente de água. Até porque o rebaixamento do nível d'água da mesma não costuma correr com tanta frequência, segundo relatam indivíduos da própria comunidade. Os dados da análise temporal da superfície ocupada por águas superficiais na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito e pelo espelho d'água da própria lagoa, Gráfico 9, reforça a importância dela como reserva hídrica de longo prazo.

Ao observar o comportamento da distribuição das precipitações sobre a área de estudo, Gráfico 9, percebe-se que a quantidade de água superficial na bacia hidrográfica oscila bastante, enquanto que a área ocupada pelo espelho d'água da Lagoa de Itaparica ao longo do tempo mantém-se estável. Isso denota mais uma vez

a importância da Lagoa de Itaparica como reservatório de água, mesmo em períodos de estiagens mais longas.

Gráfico 9. Análise Espacial e Temporal da superfície coberta por água na área de estudo.



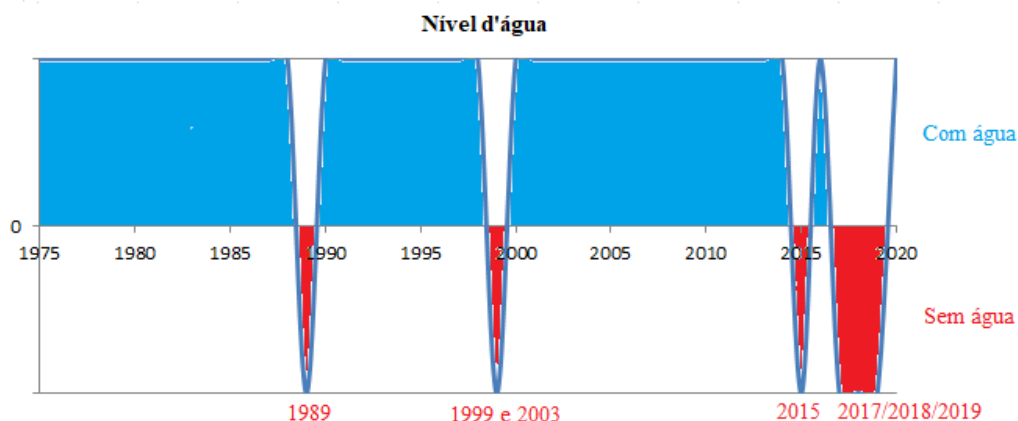
Fonte: do Autor (2020).

Ainda com relação ao comportamento do espelho d'água da Lagoa de Itaparica foi constatado que a maior área ocupada (14,2km²) foi atingida em 1986. Após isso, a mesma sofreu reduções sucessivas nos quatro períodos seguintes (1986/1990/1997/2002), tendo atingido apenas 12,0km² em 2002, o menor nível desde início das observações em 1975. Nos dois períodos seguintes (2007/2014), o espelho d'água apresentou uma leve recuperação, mas secou completamente em 2017 logo após ter recebido água. Em 2018, a área ocupada pelo espelho d'água da lagoa alcançou apenas 1,8 km², vindo a secar por completo no mesmo ano, mantendo-se assim até o início de 2020 quando a Lagoa recuperou o seu volume máximo CBHSF (2020).

A partir de um levantamento anual com imagens de satélites Landsat foi analisada a existência anual de água na Lagoa de Itaparica. Conforme destacado no Gráfico10, entre 1975 e 2019 a lagoa esteve sem água em 1989, 1999, 2003, 2015, 2017,2018 e 2019, totalizando sete eventos de seca. Todavia, há de se considerar que os quatro últimos episódios de seca (2015,2017 e 2019) fazem parte da estiagem iniciada em 2012, portanto, pode ser considerado apenas um evento de longa duração. Esse levantamento vai ao encontro do que foi relatado pelas comunidades ao afirmarem ter em memória a ocorrência de uma seca em 1930 e em mais quatro situações. Essas quatro situações, possivelmente podem ter sido em 1989,1999, 2003 e 2015. É importante ressaltar que em nenhum dos episódios

observados entre 1975 e 2015 a lagoa ficou sem água por mais de 1 ano.

Gráfico 10. Análise temporal da presença água e episódios de seca na Lagoa de Itaparica.



Fonte: do Autor (2020).

Diante do que foi exposto e analisado até aqui, é possível inferir que o comportamento instável das precipitações e principalmente as reduções das médias anuais demonstradas a partir da década de 1970 tiveram impactos diretos, não somente no regime hídrico da Lagoa de Itaparica, mas também em outros locais da sua área da bacia hidrográfica. Como demonstrado no gráfico anterior, entre a escassez de água na lagoa, observada entre 1989 e 1999, o intervalo foi de 10 anos; entre 1999 e 2003 (4 anos); entre 2003 e 2015 (12 anos); e entre 2015 e 2017 (2 anos). Além de ter apenas 2 anos entre uma seca e outra, é o maior intervalo em que a Lagoa de Itaparica sem água.

Ao contrário do período de retorno das estiagens mais severas, que costumam ser de 10 anos, o papel da Lagoa de Itaparica como reservatório perene ou quase perene, faz com que a falta d'água na mesma não se dê com a mesma frequência. Entretanto, caso o episódio de escassez mais antigo, conforme relatado pelas comunidades tenha mesmo ocorrido em 1930, o que se observa é uma redução constante no período de retorno dos eventos de seca na lagoa.

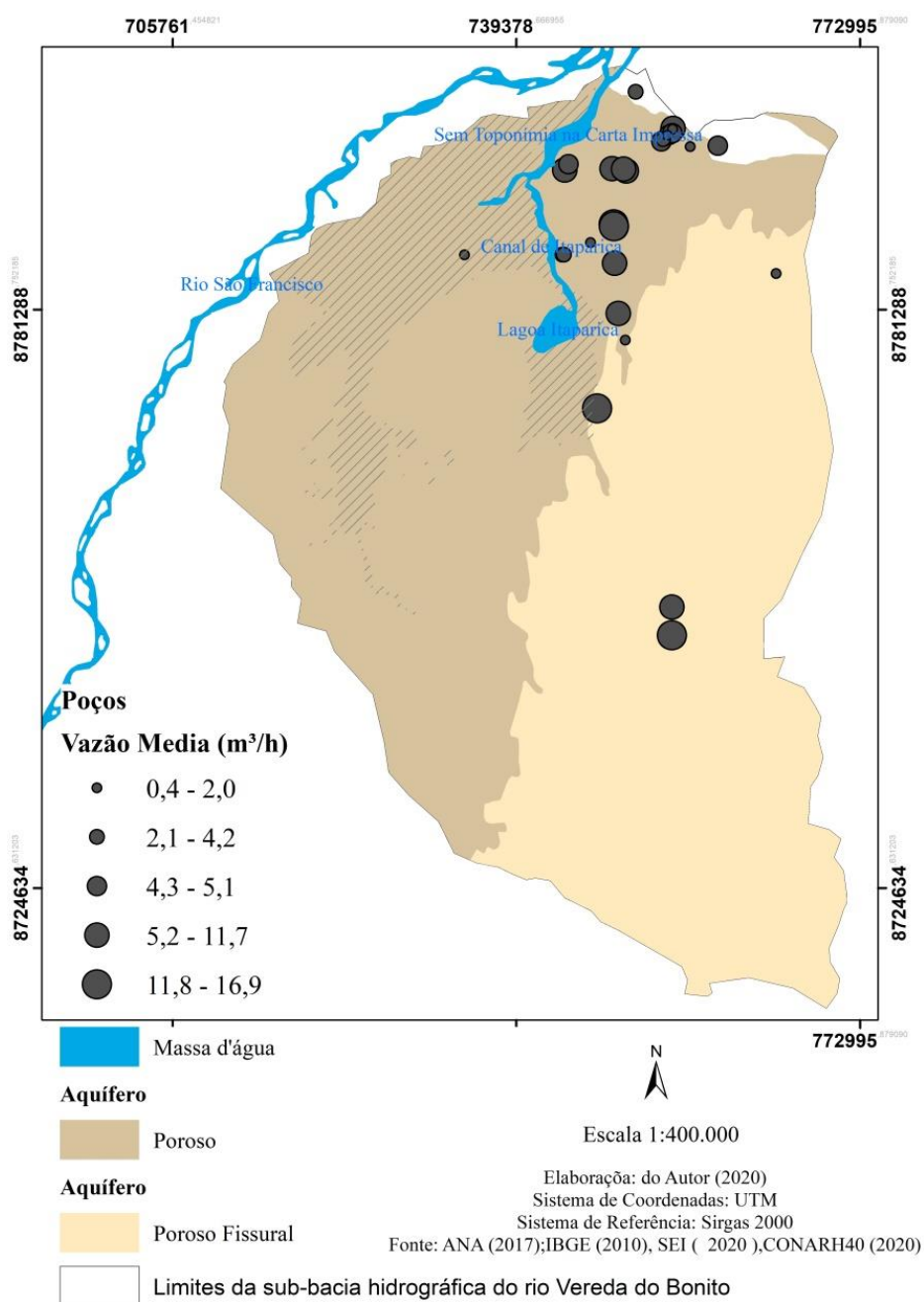
Esses impactos puderam ser percebidos principalmente no comportamento do espelho d'água superficial distribuídos pela área de estudo e também no mapa de Uso e Cobertura da Terra do ano de 1979. Ao contrário do que se observa atualmente, entre 1975 e 1979, havia uma densidade maior de corpos d'água, principalmente nos trechos a sudoeste da Lagoa de Itaparica. Na área da bacia

hidrográfica do rio Vereda do Bonito há uma grande variedade de outras lagoas de menor porte, mas também de muita importância para o equilíbrio ambiental da bacia hidrográfica. A identificação dessas pequenas lagoas já não foi mais possível por meio das imagens e do mapeamento a partir da década de 1990. Quanto à própria Lagoa de Itaparica, com exceção do período mais recente, caracterizado por uma estiagem severa, a área ocupada pelo seu espelho d'água manteve-se, de certa forma, estável no decorrer do tempo analisado. Isso significa dizer que as condições ambientais na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito e na Lagoa de Itaparica não são exclusivamente dependentes das precipitações pluviométricas. Se assim fosse a lagoa teria secado em outras tantas ocasiões de estiagem, visto que as mesmas costumam ser cíclicas.

Dessa forma, é importante analisar outros fatores que possam ter contribuído, não somente com a estabilidade hídrica da lagoa, mas também com a piora das condições ambientais na área da Bacia Hidrográfica como um todo. Conforme já mencionado, a área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito vem sendo submetida desde o início das observações em 1975 a um intenso processo de degradação, representado, principalmente pela supressão da cobertura vegetal. Em detrimento disso, houve a expansão das áreas de pastagem, atividade mineradora, e extração de areia e a captação de água subterrânea. Lembrando também a falta d'água e a perda da vegetação que são as faces mais visíveis de imediato de um problema bem mais amplo.

Como demonstrado na Figura 33, na área de estudo, nos setores sudeste e nordeste na Lagoa de Itaparica encontram-se atualmente em operação 29 poços de captação de água subterrânea. Na mesma figura verifica-se que a área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é caracterizada por recargas de aquíferos. Além disso, alguns trechos a noroeste e oeste da mesma são constituídos por áreas sujeitas à inundação, o que mais uma vez reforça a importância desses trechos como área de importância na alimentação superficial e subterrânea da Lagoa de Itaparica. Segundo relatos da própria comunidade e de pescadores, as cheias do rio São Francisco costumam alimentar a lagoa, fato que pode ser comprovado, segundo eles, pela presença de presença de peixes da espécie surubim na Lagoa de Itaparica.

Figura 33. Espacialização das áreas com recargas de aquíferos e localização dos pontos de captação de água subterrânea na bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito.



Fonte: do Autor (2020).

Em situações com pouco regime de chuvas na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito o comportamento hídrico da lagoa se modifica, fazendo com que o sentido do fluxo de água se inverta, sendo as águas do São Francisco direcionadas para a lagoa através do canal Itaparica (CONSOMINAS, 2019, p42). Além disso, os setores situados entre o nordeste e sudoeste da Lagoa de Itaparica são apontados

como importantes no processo de alimentação subterrânea da lagoa. De acordo com BAHIA (2010, p.88), nos trechos situados ao norte e oeste da Lagoa há o predomínio de areia quartzosa de boa seleção granulométrica, bom arredondamento dos grãos, altamente porosas e permeáveis, constituindo aquíferos superficiais.

Os dados do Quadro 8 revelam que a maior parte das outorgas para captação de água é destinada, respectivamente, à irrigação e à indústria. Em função de sua importância para a estabilidade hídrica da lagoa, os setores citados carecem de mais atenção no que se refere aos tipos de uso do solo.

Quadro 8. Caracterização das Outorgas de Captação de Água Subterrânea identificadas na área de estudo.

| Captação de Água Subterrânea /Outorgas | | | | |
|---|-----------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Ponto de Captação | Latitude | Longitude | Fins | Vol. (m3/ano) |
| Gentio do Ouro | -11,28 | -42,67 | Consumo Humano | 1.789,23 |
| Gentio do Ouro | -11,30 | -42,67 | Outras | 76.650,00 |
| Gentio do Ouro | -11,02 | -42,72 | Indústria | 29.200,00 |
| Gentio do Ouro | -11,04 | -42,71 | Indústria | 4.380,00 |
| Gentio do Ouro | -11,10 | -42,74 | Indústria | 132.801,60 |
| Gentio do Ouro | -11,10 | -42,67 | Obras Hidráulicas | - |
| Xique-Xique | -10,89 | -42,76 | Irrigação | 12.896,18 |
| Xique-Xique | -10,98 | -42,58 | Outras | 657,00 |
| Xique-Xique | -10,94 | -42,72 | Irrigação | 70.824,60 |
| Xique-Xique | -10,97 | -42,77 | Criação Animal | 4.566,15 |
| Xique-Xique | -10,86 | -42,67 | Outras | 2.920,00 |
| Xique-Xique | -10,86 | -42,67 | Irrigação | 10.950,00 |
| Xique-Xique | -10,87 | -42,63 | Irrigação | 7.769,03 |
| Xique-Xique | -10,97 | -42,77 | Irrigação | 4.566,15 |
| Xique-Xique | -10,94 | -42,72 | Irrigação | 74.065,80 |
| Xique-Xique | -10,86 | -42,67 | Outras | 14.235,00 |
| Xique-Xique | -10,86 | -42,67 | Irrigação | 12.410,00 |
| Xique-Xique | -10,96 | -42,74 | Consumo Humano | 1.828,65 |
| Xique-Xique | -10,89 | -42,72 | Indústria | 94.170,00 |
| Xique-Xique | -10,89 | -42,77 | Irrigação | 12.767,70 |
| Xique-Xique | -10,97 | -42,86 | Outras | 2.190,00 |
| Xique-Xique | -10,98 | -42,72 | Irrigação | 62.990,10 |
| Xique-Xique | -10,86 | -42,68 | Outras | 1.168,00 |
| Xique-Xique | -10,89 | -42,71 | Irrigação | 12.417,30 |
| Xique-Xique | -10,82 | -42,70 | Irrigação | 7.665,00 |

| | | | | |
|-------------|--------|--------|-----------|-----------|
| Xique-Xique | -10,87 | -42,68 | Irrigação | 8.035,79 |
| Xique-Xique | -10,89 | -42,71 | Irrigação | 14.600,00 |
| Xique-Xique | -10,94 | -42,72 | Irrigação | 66.400,80 |
| Xique-Xique | -10,87 | -42,65 | Outras | 1.460,00 |
| Xique-Xique | -10,86 | -42,68 | Irrigação | 6.570,00 |

Fonte: CNRH 40(2020).

Analisando o Quadro 9, no qual constam as datas de início das concessões das outorgas, verifica-se que a maioria delas não foram concedidas antes ou no mesmo ano de ocorrência da severa estiagem observada a partir de 2012. Mas isso não quer dizer que a captação de águas subterrâneas já não estivesse ocorrendo antes das concessões das outorgas, até por que concessão de outorgas passou a existir somente a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Mesmo assim, há de se considerar os impactos sobre o sistema de aquíferos, caso os volumes máximos outorgados continuem sendo captados durante os anos de seca.

Quadro 9. Quadro descritivo referente às datas de concessões das outorgas de captação de água subterrânea.

| Município | Órgão Responsável | Data da Outorga |
|----------------|-------------------|-----------------|
| Gentio do Ouro | Inema | 31/01/2020 |
| Gentio do Ouro | Inema | 18/10/2019 |
| Gentio do Ouro | Inema | 20/03/2019 |
| Gentio do Ouro | Inema | 24/11/2017 |
| Gentio do Ouro | Inema | 20/03/2019 |
| Gentio do Ouro | Inema | 08/03/2019 |
| Xique-Xique | Inema | 24/11/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 17/12/2013 |
| Xique-Xique | Inema | 27/03/2019 |
| Xique-Xique | Inema | 24/09/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 17/12/2013 |
| Xique-Xique | Inema | 12/06/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 23/01/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 24/09/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 27/03/2019 |
| Xique-Xique | Inema | 19/06/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 12/06/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 24/09/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 27/02/2018 |
| Xique-Xique | Inema | 12/06/2020 |

| | | |
|-------------|-------|------------|
| Xique-Xique | Inema | 17/12/2013 |
| Xique-Xique | Inema | 04/09/2013 |
| Xique-Xique | Inema | 17/12/2013 |
| Xique-Xique | Inema | 23/01/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 09/04/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 20/07/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 13/10/2020 |
| Xique-Xique | Inema | 27/03/2019 |
| Xique-Xique | Inema | 17/12/2013 |
| Xique-Xique | Inema | 30/06/2020 |

Fonte: CNRH 40(2020).

Por se tratar de uma região de clima semiárido, seria importante compreender melhor a capacidade dessas reservas subterrâneas em fornecer água durante as secas mais prolongadas.

Como foi possível observar, são áreas por onde já existe um padrão conflitante caracterizado por uma concentração demográfica mais elevada, a presença de atividades econômicas mais intensas, e a necessidade de conservação dos recursos naturais. É preciso que a sociedade e os governos estejam atentos à forma como tem se dado a exploração dos recursos naturais na área, pois a conciliação entre a necessidade de recursos e a sua conservação não tem sido uma tarefa fácil. Nesse sentido, a instalação de empreendimentos voltados para a produção de energia eólica em alguns locais da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito pode muito bem servir de exemplo. Nos últimos anos, 11 parques eólicos foram instalados, justamente nas áreas serranas situadas a sudeste, leste e nordeste da Lagoa de Itaparica.

De acordo com dados da ABEEólica (2019), juntos, os dois municípios, Xique-Xique e Gentio do Ouro atingem uma produção de 302.600 *Quilowatts* (KW), o que representa aproximadamente 8% da potência fiscalizada do Estado da Bahia. De acordo com a SEPLAN (2020), a Bahia, que é líder nacional com 30,58% da comercialização de parques nos leilões de energia, ocupa o 2º lugar na geração desta fonte de energia. Como já é do conhecimento, a energia eólica, apesar de ser uma fonte renovável, não está isenta de produzir impactos ambientais, assim como nenhuma atividade humana está. Nas áreas de serra onde foram instalados os parques eólicos estão também as nascentes do rio Vereda do Sussuapara, o principal rio no fornecimento de água à Lagoa de Itaparica.

Por conta disso, as comunidades já apontam esses empreendimentos como responsáveis pelo aumento do transporte de sedimentos até a lagoa. Em outras situações, alguns entes das comunidades relataram também ter notado com mais frequência a presença de serpentes em suas residências, atribuindo esses eventos ao barulho produzido pelos aerogeradores. Além dessas questões, a presença da própria comunidade, quando a mesma não dispõe de orientações sobre práticas corretas de manejo dos solos, dos recursos naturais e de condições sanitárias adequadas pode comprometer a qualidade ambiental. Em função das condições de fragilidade ambiental constatada na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é preciso considerar também a ausência de acesso a um conjunto de infraestrutura e serviços pelas comunidades.

São serviços de caráter sanitário, inexistentes para a maioria da população residente na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. De acordo com informações do SNIS (2018), dos 48.365 habitantes do município de Xique-Xique, apenas 16.596 (34,30%) são atendidos por esgotamento sanitário. Além de representar um percentual muito baixo, são dados que indicam que dos atendidos por esses serviços todos são indivíduos moradores de áreas urbanas.

Situação semelhante foi observada em Gentio do Ouro, onde apenas 2.319 (19,92%) habitantes de uma população de 11.639 usufruem de rede esgoto. É um cenário bastante precário quando constatado que a soma dos desassistidos desses serviços em ambos os municípios, os 65,70% de Xique-Xique (31.769 habitantes) e os 80,02% em Gentio do Ouro (9.000 habitantes) representam 40.819 habitantes.

Na tentativa de se estabelecer um recorte populacional para a área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito, a Tabela 13 traz o quantitativo de população estimada dos povoados e aglomerados rurais residentes na área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito. A tentativa de recorte foi pautada em informações obtidas junto à Prefeitura de Gentio do Ouro. Os dados representam a população estimada dos povoados ou aglomerados rurais do município residente na área de influência da Lagoa de Itaparica.

Além desses povoados, a própria área urbana do município de Xique-Xique e um de seus povoados (Utinga) também estão inseridos dentro dos limites da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Na área da bacia hidrográfica do rio

Vereda do Bonito há outros núcleos populacionais, entretanto não foi possível obter os quantitativos dos mesmos junto à Prefeitura Municipal de Xique-Xique.

Tabela 11. População estimada dos distritos e povoados de Gentio do Ouro.

| Distrito/Povoado | Município | População |
|-------------------------|------------------|------------------|
| Coqueiro | Gentio do Ouro | 70 |
| Cotovelo | Gentio do Ouro | 160 |
| Diamante | Gentio do Ouro | 8 |
| Gameleira do Assuruá | Gentio do Ouro | 800 |
| Imbaúba | Gentio do Ouro | 80 |
| Itajubaquara | Gentio do Ouro | 1000 |
| Limoeiro | Gentio do Ouro | 120 |
| Mato Grosso | Gentio do Ouro | 300 |
| Ovo Choco | Gentio do Ouro | 5 |
| Pacheco | Gentio do Ouro | 45 |
| Pintor | Gentio do Ouro | 15 |
| Santo Inácio | Gentio do Ouro | 300 |
| São Bento | Gentio do Ouro | 250 |
| São Felipe | Gentio do Ouro | 150 |
| São José | Gentio do Ouro | 90 |
| Tiririca | Gentio do Ouro | 86 |
| Total | | 3.479 |

Fonte: Prefeitura Municipal de Gentio do Ouro (2020).

Sendo assim, o somatório da população urbana de Xique-Xique (16.916 habitantes) que se encontra dentro dos limites da área da bacia hidrográfica do rio Vereda do Bonito com a população residente nos povoados ou aglomerados rurais de Gentio do Ouro (3.479 habitantes) estima-se que, aproximadamente, 20.749 16.919 pessoas residam ali.

Soma-se a isso tudo a ausência de instrução da população no manejo adequado dos recursos naturais e do uso da terra. Além da pesca e da caça predatória, na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito a população tem o costume de criar animais, principalmente porcos e gados souts pelas áreas onde há uma grande concentração da carnaúba, localizadas nas proximidades da Lagoa de Itaparica. Por se alimentar dos brotos da carnaúba, a sua regeneração vem sendo bastante comprometida. A carnaúba tem uma importância econômica muito grande para a comunidade, pois suas raízes têm utilidade medicinal, sendo um eficiente diurético e o seus frutos são um rico nutriente para a ração animal. O tronco

serve de madeira para construções, as palhas servem para a produção artesanal, a cera é um insumo valioso, que entra na composição de diversos produtos industriais.

Considerando a situação precária de acesso a um conjunto de condições sanitárias básicas, é de se supor que a maioria dessa população não tenha condições de dar um destino adequado aos efluentes gerados. Esse fato representa mais um fator de impacto ambiental na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito.

10. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO E PERDA DE SOLOS

A análise da Vulnerabilidade à Erosão e Perda de Solos, que constitui a segunda etapa desse trabalho foi resultante do cruzamento dos planos de formações formados pelo Uso e Cobertura da Terra do ano de 2018, Geologia, Pedologia, Geomorfologia (Declividade de Índice de Dissecação do Relevo), e Precipitação (Intensidade pluviométrica).

10.1 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

Na análise da vulnerabilidade associada ao Uso e Cobertura da Terra, Tabela 13, as classes de Agricultura, Pastagem, Áreas Degradadas, Formação Arenosa e Área Antrópica não Agrícola tiveram os maiores valores de vulnerabilidade. Juntas as referidas classes representaram em termos espaciais 44% da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito, ou seja, isso representa 1.740 km³². As outras classes (66%) foram classificadas como de vulnerabilidade Baixa (Savana Estépica Arborizada, Savana Estépica Florestada e Corpos d'água) e Baixa (Vegetação Rupestre e Mata de Várzea).

Dentre essas classes, a de Pastagem pode ser considerada umas das mais prejudiciais ao meio ambiente. As práticas resultantes dessa atividade promovem a compactação dos solos, a formação de sulcos e ravinas que aos poucos vão se transformando em aberturas maiores nos solos. Sulcos e ravinas formados na superfície de encostas com vegetação degradada, ou no interior de voçorocas, indicam as rotas de organização do escoamento superficial concentrado (GUERRA, et.al, 2009 p.70). As práticas agrícolas também contribuem com a degradação

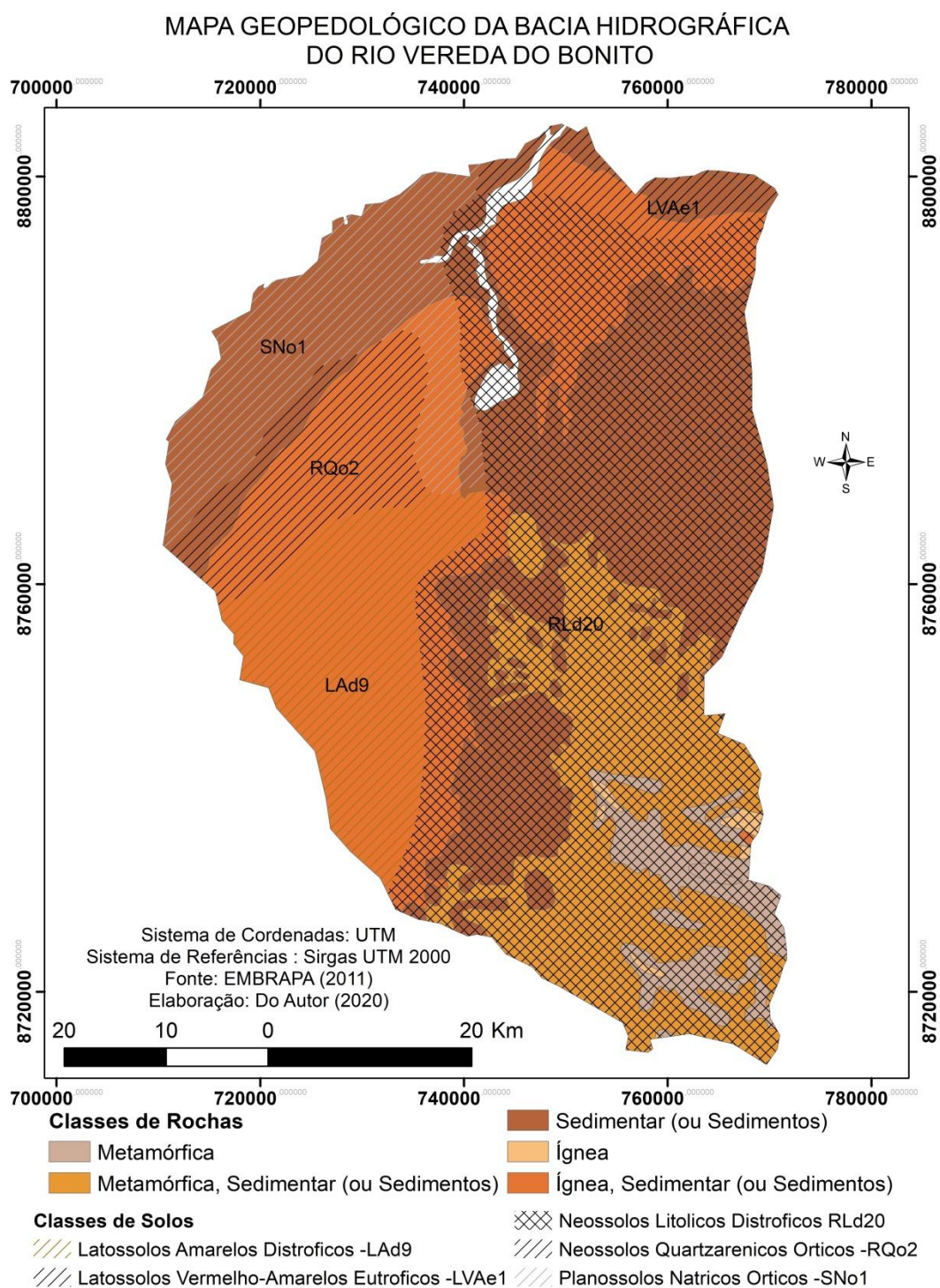
ambiental, e conseqüentemente com processos de desertificação, pois mesmo que alguns trechos sejam voltados para agricultura de subsistência, quando praticadas sem orientação quanto ao manejo adequado causam impactos negativos. Para a Organização das Nações Unidas para a Alimentação (FAO) a desertificação está associada a fatores geológicos, climáticos, biológicos e humanos que levam à degradação do potencial físico, químico e biológico das terras em zonas áridas e semiáridas.

A vegetação se comporta como o escudo protetor e elemento formador dos solos, pois os protege da ação mecânica das gotas de chuva, além de trazer outros benefícios ao meio ambiente. Em função disso, tanto as classes de Savana Estépica Arborizada quanto de Savana Estépica Florestada tiveram a elas valores baixos quanto à Vulnerabilidade e Erosão e Perda de solos. De acordo com Crepani et al (2001), mesmo sendo um elemento importante na proteção natural dos solos, a eficiência da vegetação do tipo Savana Estépica, seja ela florestada ou arborizada não pode ser comparada àquela apresentada pelos tipos de vegetação mais densa. Por esse motivo, as classes de Savana Estépica Arborizada e de Savana Estépica Florestada não foram classificadas como de Muito Baixa Vulnerabilidade. As características decíduais e semidecíduais da vegetação dos ambientes semiáridos fazem com que a mesma não tenha uma eficiência na proteção dos solos equiparada àquela apresentada pela floresta amazônica ou Atlântica.

10.2 ANÁLISE GEOPEDOLÓGICA

O mapa geológico da área de estudo, apresentado na Figura 34 revelou o predomínio das rochas do tipo Sedimentar na área de estudo (41,43%) e Ígnea sedimentar (34,45%), ambas classificadas como de Alta Vulnerabilidade. O percentual de rochas consideradas de Muito Baixa Vulnerabilidade foi de menos de meio por cento (0,39%), representado apenas pelas rochas ígneas. Quanto à pedologia, os Neossolos Litólicos Distróficos recobrem 62,59% da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito foram classificados como de Vulnerabilidade Muito Alta. Também foram identificados os Latossolos Amarelos Distróficos (12,76%), Planossolos Nátricos Órticos (12,17%).

Figura 34. Análise espacial das variáveis Solos e Geologia na área de estudo.



Fonte: EMBRAPA (2011) e CPRM (2003).

Neossolos Quartzarênicos Órticos (8,55%), e os Latossolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (3,93%). Os dois tipos de Latossolos foram classificados como de vulnerabilidade Muito Baixa enquanto que os Neossolos Quartzarênicos Órticos e

os Planossolos Nátricos Órticos de Alta e Média Vulnerabilidade, respectivamente.

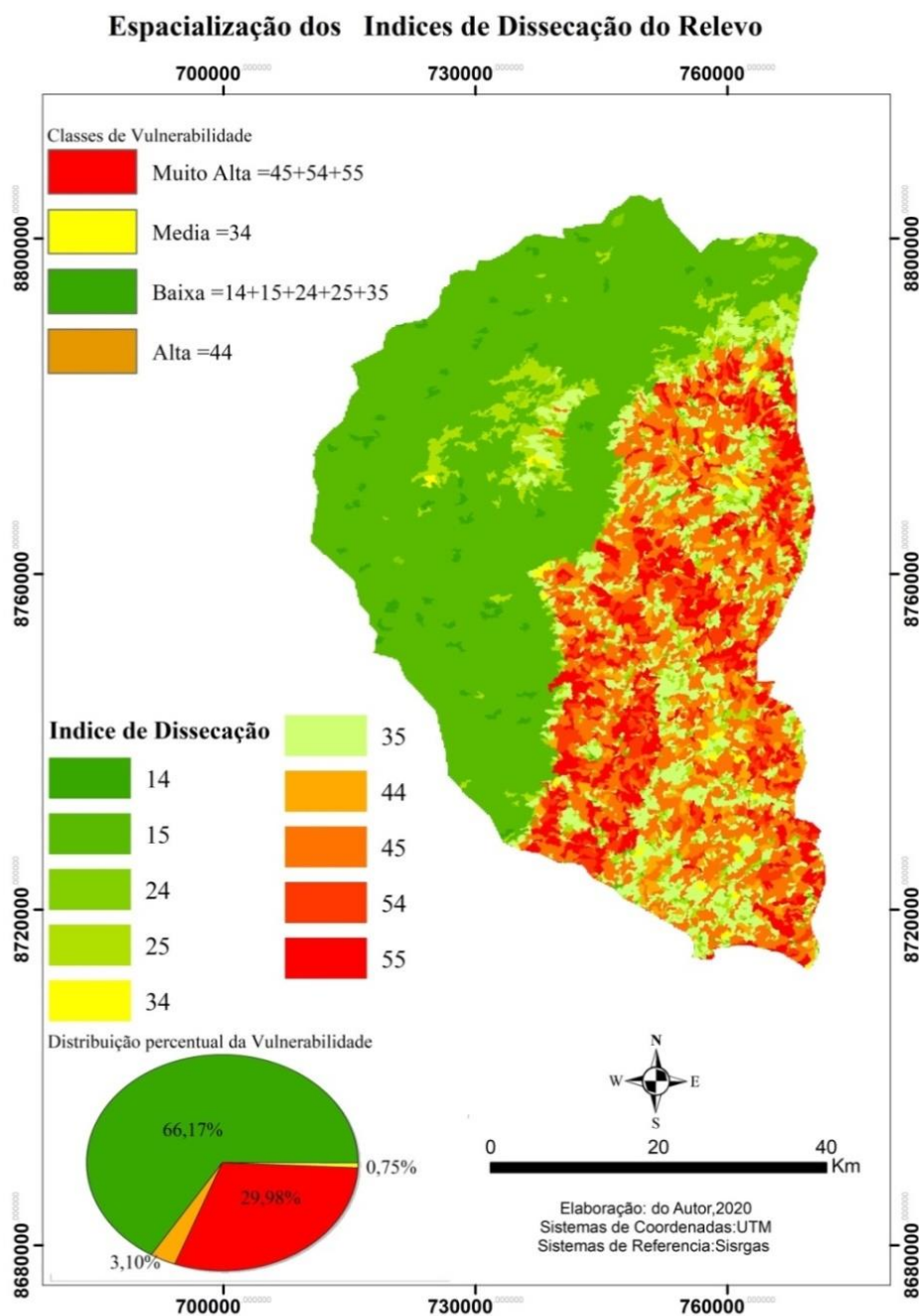
No resultado da sobreposição entre os tipos de rochas e os tipos de solos apresentados foi observado que os Neossolos Litólicos Distróficos ocupam a maior área (62,59%) e estão distribuídos por quase todos os setores, independente dos tipos de rochas. Neossolos Litólicos Distróficos, assim como os Neossolos Quartzarênicos Órticos são pouco evoluídos, em vias de formação e com reduzida atuação dos processos pedogenéticos. Os Latossolos são considerados mais evoluídos e maior fertilidade e estão concentrados nos setores nordeste e noroeste da área de estudo coincidindo com os trechos de atividades agrícolas mais intensas.

Os Latossolos costumam existir em área de relevo suavemente ondulado e permite a mecanização agrícola. De acordo com a Embrapa (2018), por serem profundos e porosos ou muito porosos, apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular das plantas.

10.3 ANÁLISE DO INDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO E DECLIVIDADE

Conforme se observa no mapa da Figura 35, 29% e 3,1% das áreas foram classificadas, respectivamente, como de Alto e Muito Alto grau de Vulnerabilidade associado a dissecação do relevo. No mapeamento do Uso e Cobertura da Terra foram evidenciados indícios de intensas atividades pecuárias nesses setores. Além disso, a mineração se desenvolve por ali desde o século XIX.

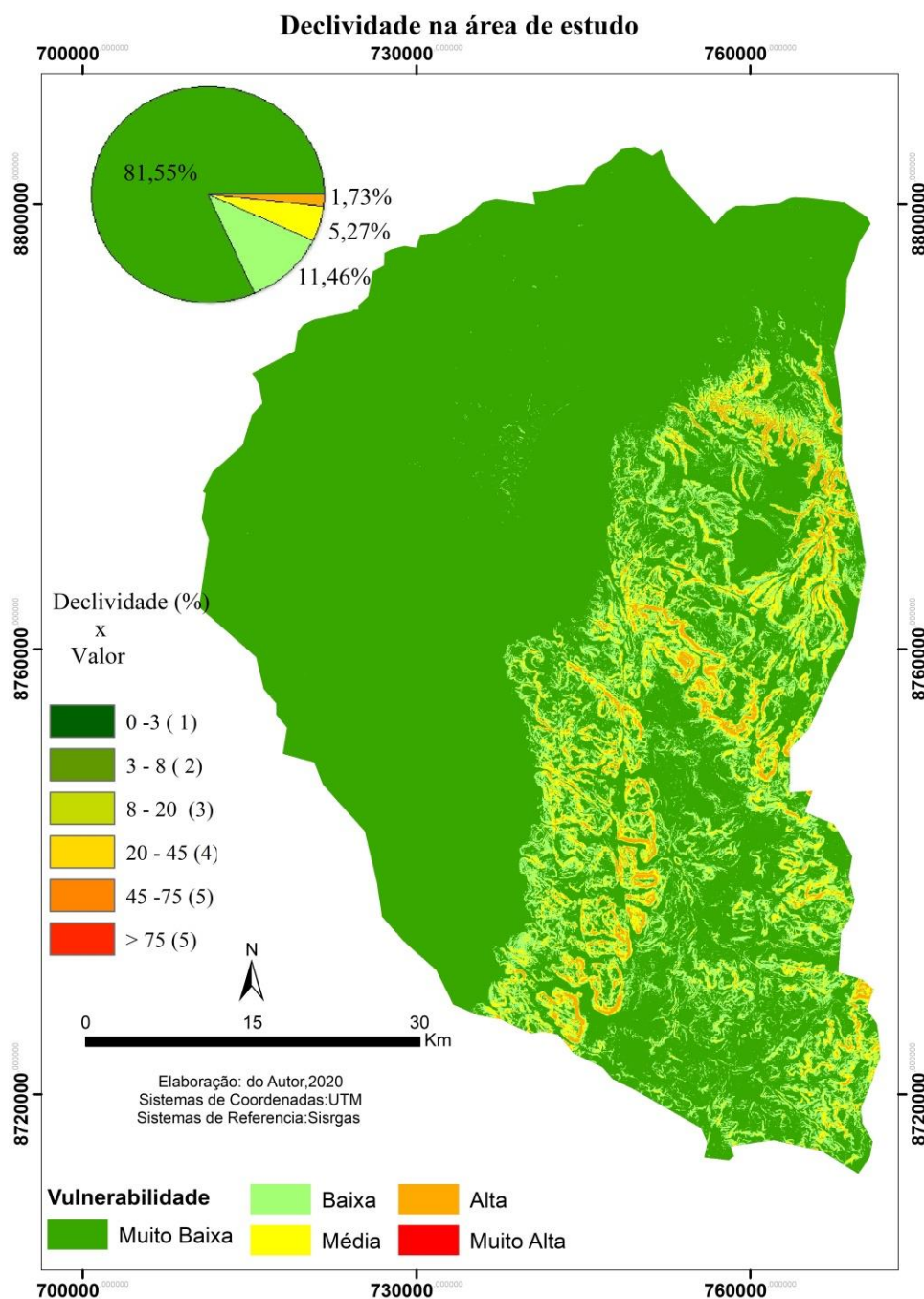
Figura 35. Análise espacial dos Índices de Dissecação do Relevo.



Fonte: do próprio Autor, 2020.

São áreas que, além da fragilidade já constatada, é onde estão localizadas as nascentes dos principais rios da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. A distribuição espacial da vulnerabilidade resultante das classes de declividade, Figura 36, apresentou um padrão de distribuição muito semelhante àqueles da dissecação do relevo já apresentada.

Figura 36. Análise espacial da vulnerabilidade associada à declividade na área de estudo.



Fonte: do autor (2020).

Entretanto, a vulnerabilidade pelo índice de dissecação resultou em termos espaciais, em um quantitativo mais elevado de áreas com elevada vulnerabilidade. Essa variação está condicionada ao critério de determinação de cada indicador, pois o índice de dissecação é determinado a partir da análise do grau de entalhamento dos canais fluviais enquanto que a declividade toma como parâmetro o grau de inclinação do relevo.

10.4 ANÁLISE DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

A análise da série pluviométrica temporal demonstrou que, das precipitações totais anuais, acima de 70% se concentram em apenas três meses do ano. Sendo assim, os valores de intensidades obtidos, Tabela 14, foram resultantes das médias pluviométricas trimestrais para o período compreendido entre 1993 e 2014. Na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito foram identificadas apenas as classes de Baixa e Média Vulnerabilidade.

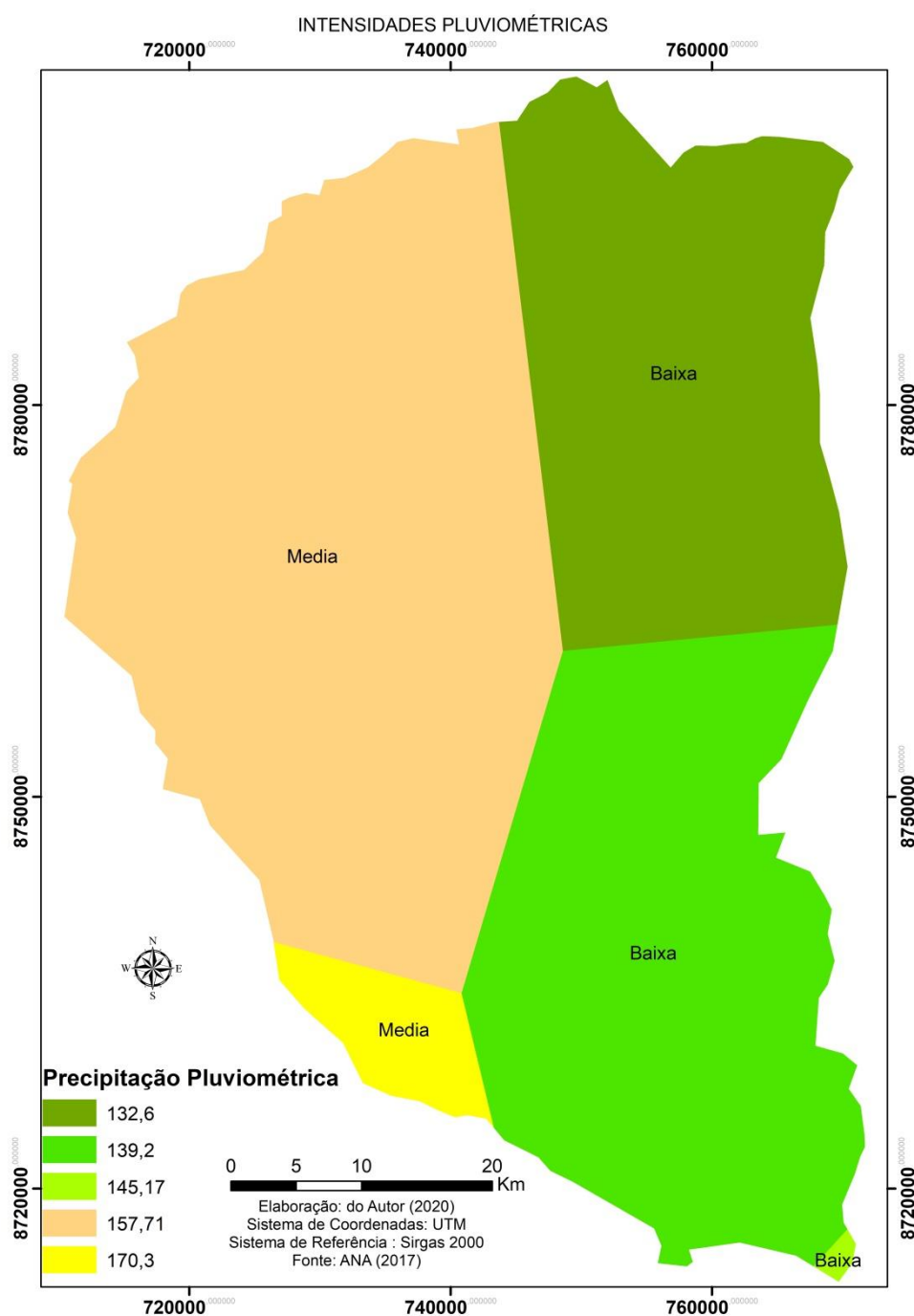
Tabela 12. Classes de vulnerabilidade para intensidades pluviométricas.

| Município | Intensidade (mm) | Vulnerabilidade |
|-------------------|------------------|-----------------|
| Barra | 157,71 | Média |
| Ibipeba | 139,20 | Baixa |
| Ibipeba | 145,17 | Baixa |
| Irecê | 135,35 | Baixa |
| Marporá | 170,31 | Média |
| Itaguaçu da Bahia | 132,61 | Baixa |

Fonte : ANA (20017).

A espacialização das classes de vulnerabilidade associada às Intensidades Pluviométricas conforme se observa na Figura 34 apesar da predominância de valores considerados médios e baixos, os mesmos possuem grande potencial erosivo. Esse potencial erosivo poderia ser ainda mais expressivo caso tivessem sido determinados de precipitações diárias. Isso porque, em alguns meses, da série pluviométrica analisada, foram constatados valores pluviométricos totais acima de 200 mm ao mês, os quais certamente não ocorreram de forma equitativa por todos os dias do mês.

Figura 37. Espacialização da vulnerabilidade associada à Intensidade Pluviométrica na área de estudo.



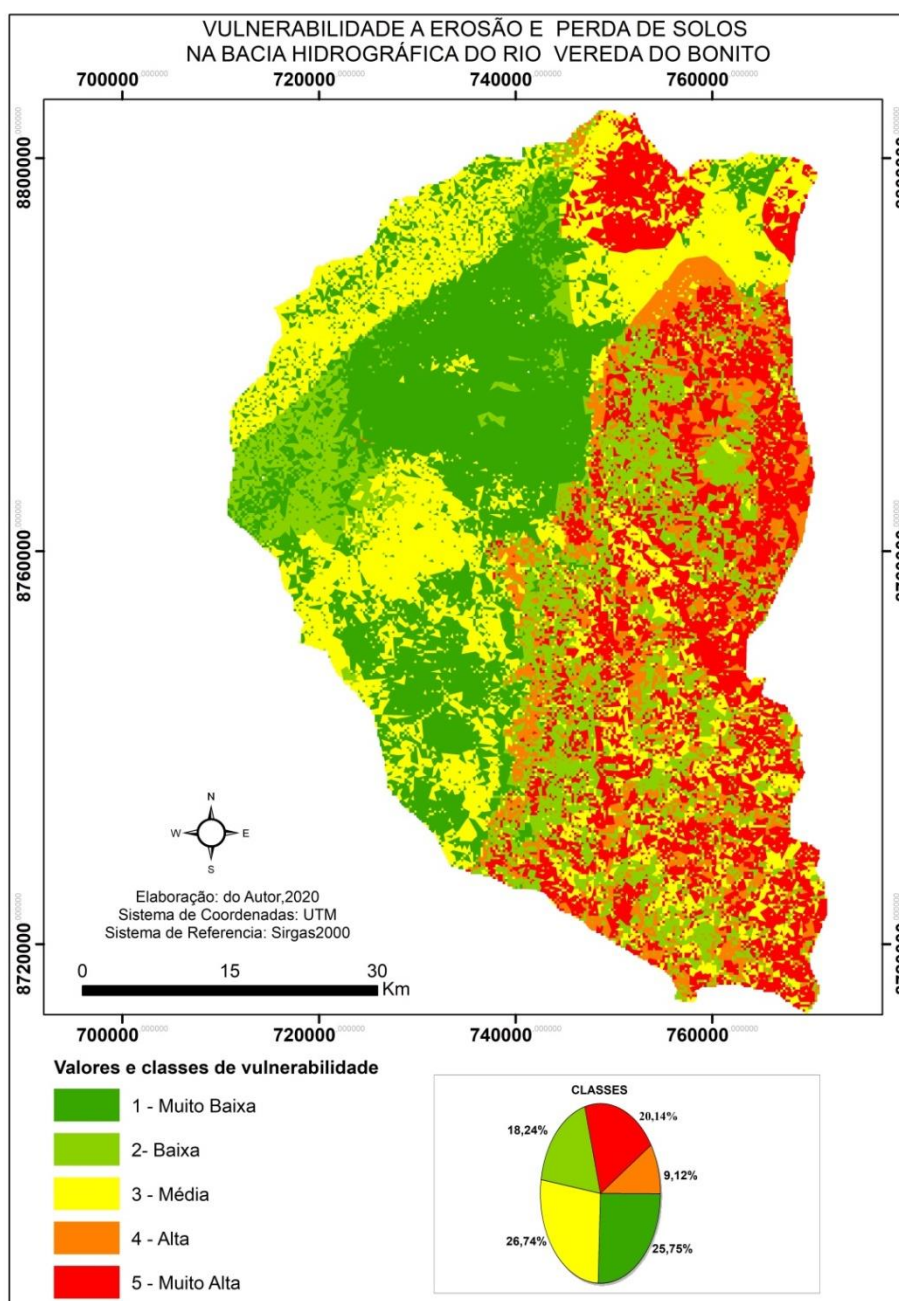
Fonte:do Autor (2020).

10.5 ANÁLISE INTEGRADA DA VULNERABILIDADE A EROSÃO E PERDA DE SOLOS

O mapa da vulnerabilidade geral da área de estudo, Figura 35, é o resultado do cruzamento dos planos temáticos já apresentados. Os percentuais formados pelas classes com Média (26,78%), Alta (9,12%) e Muito Alta Vulnerabilidade

(20,14%) refletem de certa forma as condições de cada plano de informação apresentado. Sendo assim, observa-se na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito a presença de rochas com menor grau de resistência mecânica, solos pouco desenvolvidos e áreas com índice de dissecação elevado.

Figura 38. Distribuição espacial da vulnerabilidade e erosão e perda de solos na área de estudo.



Fonte: do Autor (2020).

O quadro de vulnerabilidade evidenciado da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é o resultado das condições limites de cada fator de ordem física

observado em cada plano temático, somados ao grau de degradação evidenciado por meio do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra em 2018. Entretanto, o quadro identificado no mapa de Uso e Cobertura da Terra de 2018 foi resultante do modelo de exploração que se estabeleceu na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito entre 1975 e 2018.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi possível identificar que a dinâmica espacial e temporal apresentada pelo Uso e Cobertura da Terra na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é bastante dinâmica e complexa. O mapeamento temporal do Uso e Cobertura da Terra demonstrou que para o intervalo analisado houve reduções progressivas nos percentuais de área ocupada, principalmente pelas classes de Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada. Em detrimento da redução dessas áreas foi contado uma expansão áreas ocupadas pelas classes de Pastagem, agricultura e Áreas Degradadas.

Comportamento semelhante também foi observado com relação à área ocupada pelo espelho d'água da Lagoa de Itaparica, assim como pelos corpos d'água em toda a área a Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Como ficou demonstrado, por ser uma região de clima semiárido, tanto as classes de cobertura vegetal, como de agricultura, pastagem e o próprio espelho d'água na área da bacia hidrográfica tiveram comportamentos bastante dependentes do regime pluviométrico. O comportamento irregular das precipitações, como já relatado em um grande número de publicações já existentes, tem sido uma das causas principais da escassez de água em todo o semiárido nordestino. Todavia, para o caso da Lagoa de Itaparica, essa parece não ter sido o único fator responsável pela situação mais crítica até então observada na lagoa.

Diante disso, foi possível inferir que a situação constatada na lagoa está relacionada a um conjunto de ações, dentre elas, retirada ilegal de areia, queimadas, a pastagem, a agricultura e as atividades mineradoras. Além disso, fatores como reduções das precipitações médias observadas a partir da década de 1970, a retirada de água subterrânea destinada, principalmente a irrigação e a indústria também podem ter contribuído. Todavia, apesar das reduções observadas nas

séries de precipitações médias nas últimas décadas e com exceção da estiagem mais atual, os eventos de chuvas e estiagens mantiveram o mesmo padrão no que se refere ao seu período de retorno.

As cheias do rio São Francisco costumam inundar as planícies adjacentes à lagoa, além de conduzir as águas até a mesma. Daí a importância que deve ser dada à manutenção das condições ambientais pelos setores de conexão entre a Lagoa de Itaparica e o rio São Francisco. A importância da Lagoa de Itaparica se deve ao seu papel de reservatório de água de longa duração, suportando as estiagens mais severas. Nesse sentido foi possível comprovar por meio da análise da dinâmica espacial e temporal da área ocupada pelo seu espelho d'água que essa função foi bem cumprida ao longo do período analisado. Com exceção da seca mais atual, a Lagoa de Itaparica resistiu muito bem a outras tantas estiagens.

Excetuando-se a estiagem mais atual, a de (1979 a 1983) teve duração de 5 anos e mesmo assim volume da lagoa manteve-se estável. Até o período citado, as condições naturais na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito apresentaram poucas alterações. A evolução do grau de degradação na área de estudo, materializada, principalmente pela supressão da cobertura vegetal e instabilidade no regime hídrico da lagoa demonstra a necessidade de ações mais eficazes visando à recuperação e à conservação das condições ambientais da mesma.

Conforme já mencionado e observado por meio dos mapas, a variabilidade temporal das classes analisadas, principalmente dos corpos d'água não pode estar relacionada exclusivamente às condições da irregularidade pluviométrica. A Lagoa de Itaparica pode ser considerada o bioindicador mais sensível da dinâmica do Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. O histórico das precipitações na região demonstra que as secas não são exceções, elas são cíclicas, e a Lagoa de Itaparica, como demonstrou os dados e os relatos das comunidades, resistiu às outras tantas ocasiões de estiagens severas.

A manutenção dos níveis d'água na lagoa depende muito do volume de chuvas e das cheias do rio São Francisco, porém, a permanência de longo tempo desses volumes na mesma depende muito da conservação das condições naturais da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Conforme já demonstrado, a

alimentação hídrica da lagoa também tem origem através de recargas subterrâneas, as quais costumam ser seriamente comprometida com a degradação na área da bacia hidrográfica. Há de se considerar também os outros impactos ambientais de origem antrópica mais indiretos, pois o número de habitantes residentes na área da bacia é bem significativo. Como se não bastasse, são populações totalmente desassistidas de infraestrutura de saneamento básico e de orientação no que se refere ao manejo adequado dos recursos.

Os problemas ambientais, que têm comprometido o equilíbrio ambiental da Lagoa de Itaparica, têm mobilizado as comunidades e ambientalistas dando maior visibilidade aos problemas. Essa visibilidade é importante, pois atrai a atenção da sociedade e dos Governos na busca por medidas que possam mitigar os impactos e conservar as condições naturais da Lagoa. Nesse sentido, é importante citar a criação da Área de Proteção ambiental Lagoa de Itaparica, criada em 1997. A criação da referida unidade de proteção ambiental representa um avanço, por dispor, mesmo de forma insuficiente, de alguns instrumentos reguladores. Atualmente já se observa um engajamento maior de ambientalistas e das comunidades em defesa da recuperação e conservação da Lagoa de Itaparica e da área que compreende a APA. Todavia, é evidente que esses instrumentos não têm sido suficientes e capazes de conter o progressivo avanço dos níveis de degradação verificados na área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. Até por que apenas um pequeno trecho da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito é protegido pela Unidade de Proteção Ambiental.

Isso porque os resultados do mapeamento temporal do Uso e Cobertura da Terra demonstraram uma dinâmica espacial distinta para os intervalos compreendidos entre 1975/1997, antes da criação da APA e após a sua criação entre 1997/2018. No intervalo compreendido entre 1975/1997, portanto, anterior à criação da APA Lagoa de Itaparica, as perdas, considerando a soma das duas principais classes de cobertura vegetal, constituídas pela Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada foram de 558,3 km². Enquanto isso, no intervalo 1997/2018, após a criação da APA as perdas somaram 581,3 km².

Em função disso, se medidas mais eficazes não forem adotadas, os níveis de degradação observados na área de estudo podem se tornar ainda mais graves.

Como demonstrado no mapeamento da vulnerabilidade à Erosão e Perda de Solos, muitas das atividades que vem se desenvolvendo na área são em setores com elevado grau de fragilidade natural. O elevado grau de fragilidade natural existente na área vem resultando no assoreamento dos principais canais fluviais e no rebaixamento dos lençóis freáticos, principalmente nos setores a oeste da lagoa, os quais têm sido bastante explorados pela retirada de areia.

12. RECOMENDAÇÕES

Diante do que foi identificado espera-se que os resultados aqui obtidos possam servir de diretrizes a futuras ações e decisões voltadas para a recuperação e conservação das condições ambientais na Lagoa de Itaparica e na Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito. No intuito de concretizar essas contribuições, o presente trabalho expõe as seguintes recomendações quanto a possíveis medidas a serem adotadas:

1. Fortalecer os instrumentos de fiscalização quanto aos diferentes usos da terra e dos recursos naturais, incentivando a gestão participativa da Área de Proteção Ambiental Lagoa de Itaparica e em toda a área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito;

2. Se possível, ampliar os limites da Área de Proteção Ambiental para os setores mais ao sul da bacia hidrográfica, com intuito de proteger as áreas de nascentes do rio Vereda do Bonito e Vereda Sussuapara;

3. Promover a Educação Ambiental nas comunidades, oferecendo-lhes suporte técnico, orientações e treinamentos;

4. Promover a Educação Ambiental e fortalecer os instrumentos de gestão participativa;

5. Se possível, fazer usos dos instrumentos das políticas de compensação ambiental e pagamento por serviços ambientais;

6. Buscar fortalecer as cooperativas locais, estimulando o manejo de produtos não madeireiros, buscando também empresas que possam escoar essa produção;

7. Fazer uso da tecnologia, utilizando dados de sensores remotos (Imagens de satélites) gratuitos, e Drones no monitoramento da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito;

8. Encontrar formas de monitorar o nível do lençol freático e estabelecer limites à retirada de água nos períodos de estiagem, caso seja necessário.

9. Caminhar em direção da elaboração de um Plano de Manejo Sustentável

da área da Bacia Hidrográfica do rio Vereda do Bonito.

13. REFERÊNCIAS

AB SABER, A. N. Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas São Paulo- 6º edição- Ateliê Editorial-2001.

ACSELRAD, H.; HERCULANO, S. & PÁDUA, J. A. (Orgs.) (2004). Justiça ambiental e cidadania. Rio de Janeiro: Relume Damará.

ALMEIDA, R. S. de. Determinismo natural: origens e consequências na geografia. [Rio de Janeiro], 2007. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7410/5468>>. Acesso em: maio. 2020.

ALMEIDA, R. S. de. Determinismo natural: origens e consequências na geografia. [Rio de Janeiro], 2007. Disponível em: <<http://www.robertoschmidt.ggf.br/>>. Acesso em: 03. dez. 2019.

ALTIVATER, Elimar. O Preço a Riqueza. Tradução de Wolfgang Leo Maar. Editora Unesp, 1995.

AMORIM, R.Raul. Um Novo Olhar na Geografia para os Conceitos e Aplicações de Geossistemas, Sistemas Antrópicos e Sistemas Ambientais. Evita Caminhos de Geografia. Uberlândia, 2012. Disponível em: <<file:///C:/Users/55719/Downloads/16613-Texto%20do%20artigo-62099-1-10-20120409.pdf>>. Acesso em: 30. Out. 2019.

ANDERSON, R, James; HARDY, E, Ernest; WITMR, E, Richard. Sistema de Classificação de Uso da e do Revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos – Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – SUPREN, Rio de Janeiro,1979.

ARAÚJO, B. R. Lagoas Marginais: Áreas Prioritárias para Conservação, Universidade do Estado de São Paulo, Julho de 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281240611_Lagoas_marginais_areas_prioritarias_para_conservacao>. Acesso em: 08. Jan. 2020.

AZEVEDO, A. A; MONTEIRO, J. L. J. Análise dos Impactos Ambientais da Atividade Agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os Recursos Hídricos na Região do Pantanal. Fundo Mundial para a Natureza (WWF), Brasília, DF, 2003. Disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_brasil_Impactosatividade_agropecuaria_cerrado_pantanal.pdf> Acesso em: 21. Out. 2020.

BANDEIRA, A. Arilmara et al. Análise multitemporal e Caracterização dos Processos Erosivos no Baixo São Francisco Sergipano, 2007;

BECKER, K. B. Manual do Candidato, Geografia. Fundação Alexandre de Gusmão, Ministério das Relações Exteriores, Brasília, 2010 204p.

BRASIL. ANA (2006). Agência Nacional de Águas. Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <[https:// www.yumpu.com/pt/document/view /14512516 /caderno-da-regiao-hidrografica-do-sao-francisco-ministerio-do](https://www.yumpu.com/pt/document/view/14512516/caderno-da-regiao-hidrografica-do-sao-francisco-ministerio-do)>. Acesso: 05. Mai. 2020.

_____. ANA (2017). Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente– Superintendência de Recursos Hídricos (SPR) - Atlas Irrigação: Uso da água na Agricultura Irrigada – Brasília -DF-2017. Disponível em: <[https:// arquivos.ana.gov.br/ impressao/publicacoes/ AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgricaturalIrrigada.pdf](https://arquivos.ana.gov.br/impressao/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgricaturalIrrigada.pdf)>. Acesso em: 02. Fev. 2019.

_____. ANA (2015). Agência Nacional de Águas. Monitor das Secas do Nordeste em busca de um novo Paradigma para a Gestão de Secas. Disponível em: <https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2016/08/PRH-SF_Apresentacao_26ago16.pdf>. Acesso em: 10. Nov. 2019.

_____. ANA (2004). Agência Nacional de Águas. Pano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Salvador, 2017. Disponível em: <https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2016/08/PRH-SF_Apresentacao_26ago16.pdf>. Acesso em: 10. Nov. 2019.

_____. CBPM (2012). Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, Geologia da Bahia, Pesquisa e Atualização, v.2, Salvador, Bahia, 2012, 646p.

_____. CBHSF (2020). Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF): Reunião entre diversos órgãos no Médio SF aponta novas demandas para Lagoa de Itaparica,31.07.2020. Disponível em: <[https:// cbhsaofrancisco.org.br/noticias /novidades/reuniao- entre-diversosorgaos-no-medio-sf-aponta-novasdemandas- para-lagoa-de-itaparica/](https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/reuniao-entre-diversosorgaos-no-medio-sf-aponta-novasdemandas-para-lagoa-de-itaparica/)>. Acesso em: 08. Out. 2020.

_____. CBHSF (2019) Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos, Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco. DF, Novembro, 2006. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br /estruturas/ 161/_publicacao/ 161_publicacao03032011023538.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023538.pdf)> Acesso em: 09. Ago 2019.

_____. CBHSF (2017) Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Disponível em: <[https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/cerca-de-cinquenta- milhoes-de-peixes-morrem-em-seca-da-maior-lagoa-da-bacia-do-sao-francisco/](https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/cerca-de-cinquenta-milhoes-de-peixes-morrem-em-seca-da-maior-lagoa-da-bacia-do-sao-francisco/)>. Acesso em: 30. Nov. 2018.

_____. CODEVASF (2016). Companhia de Desenvolvimento do Vale São Francisco. Plano Nascente São Francisco, Plano de Preservação e Recuperação de Nascentes na bacia do rio São Francisco, Editora IABS, Brasília–DF, Junho de 2016. Disponível em: <[https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/revitalizacao/conteudo-plano- digital/planos-nascentes/plano-nascente-sao-francisco](https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/revitalizacao/conteudo-plano-digital/planos-nascentes/plano-nascente-sao-francisco)>. Acesso em: 20. Maio. 2019.

_____. CPRM (2019) Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

Geodiversidade do Estado da Bahia. Programa de Geologia do Brasil, Levantamento da Geodiversidade. Serviço Geológico do Brasil, Salvador, 2010. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16625?show=full>>. Acesso em: 25. Ago. 2019.

_____. CONARH. Conselho nacional de Recursos Hídricos. Resolução. Disponível em: <https://cnrh.mdr.gov.br/>.

_____. CONSOMINAS (2019). Estudo de Viabilidade para Implantação do Plano S.O.S. Lagoa de Itaparica, Diagnóstico do Meio Físico Ambiental, Produto III, Xique-Xique/Ba, Consominas Engenharia LTDA, Abril de 2019, 189p.

_____. EMBRAPA (2014). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Geotecnologias e Geoinformação, o Produtor Pergunta, a Embrapa Responde. Brasília, DF, 2014, 254p.

_____. EMBRAPA (2001). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Diagnóstico do Fluxo de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio São Francisco, Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/564320/diagnostico-do-fluxo-de-sedimentos-em-suspensao-na-bacia-do-rio-sao-francisco#>>. Acesso em: 01. Out. 2020.

_____. FAO (2015) Food and Agriculture Organization of the United Nations- Status of the World's Soil Resources-International Year of Soil, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>> Acesso em: 15. Maio. 2020.

_____. IBF (2019) Instituto Brasileiro de Florestas. Florestas do Brasil em Resumo. Serviço Florestal Brasileiro. Ministério da Agricultura, Brasília - DF 2019. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/>>. Acesso em: 02. Maio. 2020.

_____. IBGE (2020) Manual Técnico da Vegetação Brasileira, 2ª ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: 05. Maio. 2020.

_____. IBGE (1993) Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil. Rio de Janeiro, 1993. 154 p.

_____. INCRA (2020) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária Disponível em: <<https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Acesso em: 01. Dez. 2020.

_____. INEMA (2018) Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/>>. Acesso em: Mai.2019.

_____. INPE (2020) Instituto de Pesquisas Espaciais-Manuais: tutorial de geoprocessamento SPRING. 2008. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em; 02. Maio. 2020.

_____. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>>. Acesso em: 09. Fev. 2021.

_____. MAPBIOMA (2020). Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/o-que-e-o-mapbiomas>>. Acesso em: 10. Fev. 2020.

_____. MME (2007) Ministério de Minas e Energia-Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Empresa de Pesquisa Energética Matriz Energética Nacional 2030-2007. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-esenvolvimento-energetico/publicacoes/matriz-energetica-nacional-2030>>. Acesso em: 02. Mar. 2020.

_____. MMA (2006) Ministério do Meio Ambiente, Secretária de Recursos Hídricos Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas161/_publicacao/161_publicacao03032011023538.pdf>. Acesso em: 15. Jun. 2019.

CARVALHO, S. M. C. Lagoas Marginais: A Importância Ecológica para a Conservação de Aves Aquática no Alto rio São Francisco. Minas Gerais, Brasil. 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. Ed Edgard Bluche, LTDA –1999.

CLEMENTE, C. M. S.; SANTOS, P. S. Geotecnologias como suporte para análise da vegetação natural na sub-bacia hidrográfica do Rio Gavião (1988 a 2015). REVISTA CERRADOS (UNIMONTES), v. 15, p. 98, 2017. Disponível em: <<https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1338>>.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia Fluvial em rios Impactados por Barragens. Instituto de Geografia da UFES, 2008. Revista Online. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>

COSTA, C, B.; OLLIVEIRA, L, M, S; SANTOS, C. M. W. J. (2012). Avaliação da Qualidade e Água do Reservatório de Manso Através do Sensoriamento Orbital Landsat-5/TM. (Artigo).

COSTA, F. R. da; ROCHA, M. M. Geografia: conceitos e paradigmas – apontamentos. Preliminares. Revista GEOMAE: geografia, meio ambiente e ensino, Campo Mourão, PR: Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão, Departamento de Geografia, v. 1, n. 2, p. 25-56, jul./ago. 2010. Disponível em: <http://www.nemo.uem.br/artigos/geografia_conceitos_e_paradigmas_fabio_costa_marcio_rocha.pdf>. Acesso em: dez. 2020.

CODEVASF. 1991. Inventário dos projetos de irrigação. Brasília, Codevasf, 2a Ed. 166 p.

COLLISCHONN, W. et al. Introduzindo a Hidrologia, Instituto de Pesquisa Hidráulica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009, 151p.

CREPANI. et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Zoneamento Territorial, São José dos Campos, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: 31. Dez. 2019.

CUNHA, Sandra B. Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil). Rio de Janeiro: Ed: Instituto de Geociências, UFRJ, 1995. P 378.

DEKKER, G.A. Detection of Optical Water Quality Parameters for Eutrophic Waters by High Resolution Remote Sensing- Vrije Universiteit Amsterdam, 1993.

DIEGUES, A. C. An inventory of Brazilian wetlands. Gland, Switzerland: IUCN, 1994. 224p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos-Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 30. Nov. 2019.

FALCÃO, E. C. Análise de Riscos à Degradação Ambiental Utilizando Avaliação Multicritério Espacial, no Município de Boa Vista–PB. Universidade Federal de Campina Grande-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais-Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Março, 2013, p126.

FÉ, M. M. M. A Análise Ambiental Integrada e sua Construção Teórica na Geografia Física- Universidade Federal do Ceará-Revista OKARA: Geografia em debate, v.8, n.2, p. 294-307, 2014. ISSN: 1982-3878.

FITZ, P.R. Geoprocessamento Sem Complicações. São Paulo, 2009, Oficina de Textos.

FONTES, Luiz C. S. Erosão Marginal no Baixo Curso do Rio São Francisco. Um Estudo de Caso de Impactos Geomorfológicos à Jusante de Grandes Barragens, 2002. 249 f. (Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos do Semiárido Programa Regional de Pós-Graduação, Universidade Federal de Sergipe) UFS, Aracaju - Sergipe 2002.

GIRÃO, F. R. I. et al. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. V4, Fortaleza-CE-Brasil, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/13273>>. Acesso em: 05. Jul. 2020.

GÓIS, V. D. Planejamento ambiental e o uso do Geoprocessamento no ordenamento da bacia Hidrográfica do Rio da Dona – Bahia-Brasil. Ano 2010.

GUERRA, J. T. A.; SILVA, S. A.; Botelho, G. M. R. (org.). Erosão e Conservação dos Solos, Conceitos, Temas e Aplicações, 4ed, Editora Bertrand Brasil, 2009.

GUIMARÃES, S. F. et al. Uma Proposta para Automatização do Índice de Dissecação do Relevo. Revista Brasileira de Geomorfologia, Março de 2017.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos: INPE, 2005.

IATOMI, H. A. T.; UDAETA, M. E. M. Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia dentro do Planejamento Integrado de Recursos Hídricos-Universidade de São Paulo, 2005.

JESNEN, R. J. Sensoriamento Remoto do Ambiente, Uma Perspectiva em Recursos Terrestre, University of South Carolina, 2ed, 2011, 587p.

JUNK, W. J. Wetlands of tropical South América. 679-739p. In: Whingham, D. F.; LUZ, D. L.; SANTOS, F. P. Lagoas Marginais e sua Importância para Conservação da Biodiversidade, Relação com Alterações Hidrológicas. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=110&SUMARIO=1923>>. Acesso em: 04. Abr. 2019.

LEÃO, L. H. da C. Território e (in) justiça ambiental: uma agenda científica para a psicologia organizacional e do trabalho. Caderno de Psicologia Social do Trabalho, v.16, Universidade Federal Fluminense, 2013. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cpst/v16n2/a04v16n2.pdf>>. Acesso em: 03. Nov. 2020.

LEFF, E. Epistemologia Ambiental. Tradução de Sandra Valanzuela, 5ª edição- São, 2010.

LEONARD, A. A história das Coisas, da Natureza ao Lixo, o que Acontece com Tudo que Consumimos. Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Rio de Janeiro, 2011, 302p.

MARENGO, A. J.; CUNHA, P. A.; ALVES, M. L. A. A Seca de 2012-15 no Semiárido do Nordeste do Brasil no Contexto Histórico- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São Paulo, Brasil, Centro de Ciências do Sistema Terrestre – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE), São Paulo, Brasil. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>>. Acesso em: 01. Jun. 2020.

MARIOTI, J. et al. Erosão Hídrica em Semeadura Direta de Milho nas Direções das Pendentes e em Contorno ao Declive, comparada ao solo sem Cultivo e Descoberto, 2013.

MATALLO, J. R. H. Indicadores de Desertificação. Histórico e Perspectiva UNESCO, p.80 Brasília 2001. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/ue000202.pdf>> Acesso em: 01. Jun. 2020.

MEDEIROS, P. R. P. Aporte fluvial, transformação e dispersão da matéria em suspensão e nutrientes no estuário do rio São Francisco, após a construção da usina hidroelétrica do Xingó (AL/SE), Tese de D. Sc., Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.

MELO, D. H. C. T. B. Uso de Dados de satélites Ikonos II na análise urbana: Testes operacionais na Zona Leste de São Paulo. 2002-09-30.146p. (INPE -9865- TDI/870). Dissertação de (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002. Disponível em:<<http://mtc-m12.sid.inp.br/rep-/sid.inpe.br>.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Organizadores). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto, UNB, Brasília, 2012.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, D. Climatologia, noções básicas e climas do Brasil, Oficinas de textos. São Paulo, 2009.

McCONNELL. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Edusp, 1999. 534p.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.

NOVO, E. L. M. Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações, São Paulo, 2010, 4ª Edição.

ODUM, E. P. Fundamentals of Ecology. Philadelphia: Saunders, 1971.

PRADO, B. R. Geotecnologias Aplicadas à Análise Espaço Temporal do Uso e Cobertura da Terra e Qualidade de Água do Reservatório de Barra Bonita como Suporte à Gestão de Recursos Hídricos. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PORTO, M. F. Saúde do trabalhador e o desafio ambiental: contribuições do enfoque ecossocial, da ecologia política e do movimento pela justiça ambiental. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva - Abrasco, v. 10, n. 4, p. 829-839, 2005. Disponível em: <<file:///C:/Users/55719/Downloads/sautrab.pdf>>. Acesso em: jun.2019.

REIS, R. S. Qualidade da Água, Deposição de Sedimentos e Sensoriamento Remoto: um estudo de caso nos Reservatórios do Sub Médio São Francisco. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo, USP, Brasil, 2002.

RICHARD, J. A. Remote Sensing Digital Image Analysis. Anintroducion. 2ª edição-Berlim, 1993.

ROCHA, P. I. Relação Entre Erosão Marginal, Atributos Físicos do Solo e Variáveis Hidrológicas e Climáticas no Baixo São Francisco Sergipano. 2009; Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFS-2_204f512734696153f362932f6f842e50>. Acesso em: 25. Out. 2019.

RODRIGUES, M. F. et al. Análise Temporal do Uso e Ocupação do Solo na Micro bacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, São Paulo, 2009 (Artigo).

ROSS, L. S. J. (org.) Geografia do Brasil, Edusp, 6ª edição, São Pulo, Brasil, 2011.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, vol. 8, p.63-74, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>>. Acesso em: 10. Out. 2020.

SANTOS, L. A. J. (Tese de Doutorado). Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: Sujeição da Terra Camponesa ao Capital no Território de Identidade de Irecê, Universidade de São Paulo-São Paulo, 2012, p262.

SANTOS, S. P.; FERREIRA, G. L. Análise Descritiva dos Aspectos Biofísicos Associados aos Padrões de Cobertura e Uso da Terra Na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Bioma Cerrado. Revista Internacional de Ciência y Tecnología de La Información Geográfica Internacional (Geofocus), nº 20, Jul. 2017. Disponível em: <<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/395#:~:txt=O%20presente%20trabalho%2C%20ao%20utilizar,entre%202001%20a%202011%20e>>. Acesso em: 20. Jan. 2021.

SILVA, F. S. M.; ANUNCIAÇÃO, S. V.; ARAUJO, M. H. Desafios na Gestão Ambiental Participativa em Unidades de Conservação, Brasil, Revista Geografar, Curitiba, v15, n1,p195-2019, Junho de 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geografar/articulo/view/65066/41261>> Acesso em: 23. Fev. 2021.

SILVA, J. L. B. et al 2020. Monitoramento Espaço-Temporal do Risco de Degradação Ambiental e Desertificação por Sensoriamento Remoto em Região Semiárida Brasileira. Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.02, Dez.2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242500/34857>>.

SOUSA, S. A. M. A Conquista do Sertão da Ressaca: povoamento e posse da terra no interior da Bahia, Universidade do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, 2001, 220p.

TEIXEIRA, W. et al (org). Decifrando a Terra, Oficina de Textos, São Paulo, Brasil, 2001.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: Florenzano, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320p.

WELCOMME, R. L. River Fisheries. FAO Fisheries. Vol. 262. Nº 1. 330p. 1985.

ZANOTA, D. C. et al. Processamento de Imagens de Satélites, Oficina de Textos, São Paulo-Oficina de Textos, 2019.

ZHOURI, A.; OLIVEIRA, R. Desenvolvimento, Conflitos Sociais e Violência no Brasil Rural: o caso das usinas hidrelétricas Revista Ambiente e Sociedade, V.10, nº 1 – Campinas – São Paulo. 2007.