



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE HUMANIDADES

UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA

CURSO DE GEOGRAFIA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO
TAPEROÁ – PB**

FRANCILAINÉ NÓBREGA DE LIMA

CAMPINA GRANDE – PB

2016

FRANCILAINÉ NÓBREGA DE LIMA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO
TAPEROÁ – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Geografia do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Geografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Janaína Barbosa da Silva.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Simone Mirtes Araújo Duarte.

CAMPINA GRANDE – PB

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE HUMANIDADE
UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA
CURSO DE GEOGRAFIA

FRANCILAINE NÓBREGA DE LIMA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO
TAPEROÁ – PB**

Aprovado em: ____/____/____

Prof.^a Dr.^a Janaína Barbosa da Silva
Orientadora – UAG/UFCG

Prof.^a Dr.^a Débora Coelho Moura
Examinadora interna – UAG/UFCG

Prof.^a Dr.^a Célia Cristina Clemente Machado
Examinadora externa – Departamento de Ciências Biológicas – UFPB

*A minha mãe e pai, na certeza de que graças a
seu amor, hoje sou quem sou!*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

O primeiro e principal agradecimento por todas as minhas conquistas, antes e durante a graduação, em todos os âmbitos da minha vida, deve ser a Deus, pois por Ele e com Ele tive forças para persistir, mesmo nas adversidades e graças a Ele hoje chego ao fim de mais uma etapa de minha vida.

Em segundo, aos meu pais (Elisete Oliveira e José Francelino) que me apoiaram sempre e nunca desistiram de me dar a melhor educação, o maior amor, carinho e vida que eles poderiam me proporcionar. E a minha família, que mesmo pequena em número se torna imensa por nossa união e amor, que me acolhe e me dá forças em tudo que eu almejei e almejo para meu futuro profissional e pessoal.

A meu namorado (Patrick Aires), que com paciência me acompanhou e apoiou durante grande parte do meu processo de formação acadêmica, bem como, de montagem desse trabalho, me dando ânimo para que eu chegasse até o fim.

A minha orientadora e amiga Janaína Silva, que me instruiu durante toda a minha caminhada acadêmica, me propiciou conhecer as diversas áreas da Geografia e me encontrar nas geotecnologias, abrindo as portas para as grandes vitórias nessa caminhada de graduação. Bem como, a minha coorientadora (Simone Duarte) que com enorme paciência e cuidado, me deu grande ajuda e ensinamentos ao longo de todo o TCC.

Aos grandes amigos (Elânia Araújo, Rafael Morais, Ayrton Flavio, Camilla Ricarte) que com graça e muito amor me ajudaram tantas vezes nos momentos de aflição, bem como, me trouxeram grandes ensinamentos e crescimentos intelectuais e pessoais.

A todos que compõe o meu círculo do EJC e Equipe EJNS – Nossa Senhora da Assunção, que foram meu conforto quando as adversidades surgiram ao longo da graduação e vida, me mostrando que tudo pode ser vencido com Amor e Fé.

A todos os professores (as) que fizeram parte da minha formação, em especial a professora Débora Moura, bem como, a todos aqueles da Unidade Acadêmica de Geografia e UFCG, que direta ou indiretamente contribuíram em minha formação.

Por fim, a todos que tornaram a minha graduação mais pesada e dura, pois foi graças a vocês que hoje me tornei mais forte e confiante na minha capacidade de vencer.

A todos o meu muito obrigada!

“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine.”

1 Cor. 13:1

RESUMO

Tem-se por bacia hidrográfica toda área drenada por um rio principal e seus afluentes, dividindo-se em cabeceiras ou nascentes, cursos de água principais, divisores de águas superficiais e subterrâneos, afluentes e subafluentes. No estado da Paraíba há onze bacias hidrográficas: Rio Paraíba; Rio Abiaí; Rio Gramame; Rio Miriri; Rio Mamanguape; Rio Camaratuba; Rio Guaju; Rio Piranhas; Rio Curimataú; Rio Jacu e Rio Trairi, sendo as duas últimas de competência Federal. Para fins de análises e administração, e devido a sua larga escala de abrangência, a bacia hidrográfica do rio Paraíba foi dividida em sub-bacia do rio Taperoá e três regiões hidrográficas (Alto, médio e baixo Paraíba). Escolhida como área de estudo, a sub-bacia do rio Taperoá – PB está inserida completamente no bioma Caatinga, e apesar de apresentar grande biodiversidade, principalmente no que diz respeito a sua vegetação, também demonstra forte fragilidade, no qual a ação humana permitiu um acelerado processo de destruição ambiental, levando a um rápido processo de perda de espécies única. Assim, a necessidade da disposição de técnicas para monitoramento e análises da superfície terrestre tornam as geotecnologias um dos principais meios e mais viáveis para tais estudos. A maneira de identificar, analisar e gerir a utilização desses recursos é o fator que pode acentuar ou minimizar os impactos, no qual, a utilização do Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento em estudos voltados as análises ambientais vêm se constituindo como meio imprescindível para o reconhecimento e planejamento do uso racional dos recursos naturais terrestres. Diante disso, objetivou-se produzir um diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Taperoá - PB utilizando Sensoriamento Remoto, tendo em vista os principais agentes modificadores do ambiente na Sub-bacia, bem como a viabilidade do uso da Detecção de mudanças para análise ambiental da área. Para tal, caracterizou-se o ambiente físico dessa com base em seus aspectos geomorfológicos, climáticos e características atuais da vegetação. Por fim, analisou-se as margens do rio Taperoá de acordo a Lei nº 12.651/12 que delimita as Áreas de Proteção Permanente, objetivando um diagnóstico de sua condição atual. Assim, constatou-se que a Sub-bacia, constituída por 26 municípios, apresenta um relevo plano com maiores altitudes e declividades concentradas em seu entorno. O processo de detecção de mudanças demonstrando modificações em toda a área no período de 2002-2014. Portanto, não é possível afirmar apenas com a Detecção de Mudança, que a Sub-bacia caracteriza-se como uma área preservada ou em largo processo de regeneração, tendo em vista que os resultados podem variar conforme a reação da vegetação em relação a pluviometria. Por fim, pode-se identificar que esse passa por um processo de degradação da vegetação, com drásticas reduções ao longo dos anos, evidenciado principalmente, por meio do descumprimento do Código Florestal na APP do rio Taperoá.

Palavras chave: Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Detecção de mudanças; Código Florestal; Rio Taperoá.

ABSTRACT

Watershed is considered as whole area drained by a main river and its tributaries, dividing into headboards or springs, major waterways, dividers surface and underground waters, tributaries and sub-tributaries. In the state of Paraíba there are eleven watersheds: Paraíba River; Abiaí River; Gramame River; Miriri River; Mamanguape River; Camaratuba River; Guaju River; Piranhas River; Curimataú River; Jacu River and Trairi River, the latter two of Federal jurisdiction. For purposes of analysis and management, and due to its wide range of coverage, the watershed of the Paraíba River was divided into sub-basin of the Taperoá River and three hydrographic regions (high, medium and low Paraíba). Chosen as the study area, the sub-basin of the Taperoá River - PB is fully inserted in the Caatinga's biome, and despite its great biodiversity, especially with regard to its vegetation, also shows strong fragility, in which human action allowed an accelerated process of environmental destruction, leading to a rapid loss of unique species process. Thus, the need for disposal techniques for monitoring and analysis of the earth's surface make geotechnologies a major means and more viable for such studies. The way to identify, analyze and manage the use of these resources is the factor that can accentuate or minimize the impact, in which the use of Remote Sensing and Geoprocessing in environmental analysis focused studies are being constituted as an indispensable means for the recognition and planning the rational use of land resources. Therefore, it aimed to produce an environmental diagnosis of the sub-basin of the Taperoá river - PB using Remote Sensing, considering the main environmental modifying agents in the Sub-basin as well as the feasibility of using the detection of changes to environmental analysis area. To this end, it characterized the physical environment that based on their geomorphological, climatic and current characteristics of the vegetation. Finally, we analyzed the banks of the river Taperoá according to Law N° 12,651/12 delimiting the Permanent Protection Areas, aiming a diagnosis of your current condition. Thus, it was found that the Sub-basin, consisting of 26 municipalities, has a flat geomorphology with higher elevations and slopes concentrated in its surroundings. The change detection process showing changes in the whole area in the 2002-2014 period. Therefore, it is not possible to say with only the Change Detection, the Sub-basin is characterized as a preserved area or wide regeneration process, given that the results may vary with the reaction of vegetation in relation to rainfall. Finally, you can identify that goes through a process of degradation of vegetation, with sharp reductions over the years, evidenced mainly through the Forest Code of the breach in the river Taperoá APP.

Keywords: Remote Sensing; Geoprocessing; Change detection; Forest Code; Taperoá River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Seção transversal de uma folha.....	21
Figura 2 – Localização da sub-bacia do rio Taperoá.....	23
Figura 3 – Municípios inseridos na sub-bacia do rio Taperoá	30
Figura 4 – Hipsometria da sub-bacia do rio Taperoá	33
Figura 5 – Declividade da sub-bacia do rio Taperoá	34
Figura 6 – Micro bacias e drenagem da sub-bacia do rio Taperoá	36
Figura 7 – Uso e ocupação da superfície em relação com a pluviometria anual da sub-bacia do rio Taperoá	38
Figura 8 – Detecção de mudança na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá	53
Figura 9 – Ponto de controle 1 da Figura 2	54
Figura 10 – Ravinamento em solo raso, decorrendo do escoamento superficial no município de Taperoá - PB.....	55
Figura 11 – Retirada de argila para produção de tijolos artesanais nas imediações do município de Taperoá – PB	55
Figura 12 – Ponto de controle 2 da Figura 12	56
Figura 13 – Solo exposto com vegetação espaçada no município de Taperoá.....	57
Figura 14 - Ponto de controle 3 da Figura 2	57
Figura 15 – Uso e ocupação da terra na APP do rio Taperoá	70
Figura 16 – Ponto de controle A do rio Taperoá	71
Figura 17 – Ponto de controle B do rio Taperoá	71
Figura 18 – Ponto de controle C do rio Taperoá	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios compreendidos pela sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB	30
Tabela 2 – Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Taperoá	38
Tabela 3 – Característica do sensor TM do Landsat 5	46
Tabela 4 – Características dos sensores do Landsat 8	47
Tabela 5 – Quantificação das classes	59
Tabela 6 – Precipitação referente aos meses de imageamento das imagens	60
Tabela 7 – Quantificação das classes do uso e ocupação da terra nas margens do rio Taperoá	74

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
Capítulo 1: Caracterização ambiental da sub-bacia do rio Taperoá – PB	18
1.1 Sensoriamento remoto aplicado a análise morfoestrutural de bacias hidrográficas	19
1.2 Materiais e métodos	24
1.2.1 Aquisição das imagens de Satélite	24
1.2.2 Processamento Digital das Imagens	24
1.2.3 Imagem Landat 8 OLI	24
1.2.4 Imagens SRTM	26
1.3 Resultados e discussões	30
1.4 Conclusões	40
1.5 Referências bibliográficas	41
Capítulo 2: Detecção de mudanças na superfície da sub-bacia do rio Taperoá – PB ...	44
2.1 Análise espaço-temporais da vegetação com uso de imagens Landsat	45
2.2 Materiais e métodos	50
2.2.1 Aquisição das imagens de satélite	50
2.2.2 Processamento Digital das Imagens de Satélite	50
2.2.3 Recorte das áreas de estudo	51
2.2.4 Detecção de mudanças	51
2.2.5 Quantificação dos dados	52
2.3 Resultados e discussões	53
2.4 Conclusões	61
2.5 Referências bibliográficas	62
Capítulo 3: Análise das margens do rio Taperoá de acordo com a Lei nº 12.651/12	65
3.1 Legislação brasileira para a conservação de áreas de preservação permanente	66
3.2 Materiais e métodos	68
3.2.1 Aquisição das imagens de satélite	68
3.2.2 Processamento Digital das Imagens de Satélite	68
3.2.3 Recorte das áreas de estudo – Buffer	68
3.2.4 Classificação das Imagens.....	68
3.2.5 Quantificação dos dados.....	69
3.3 Resultados e discussões	70
3.4 Conclusões	76
3.5 Referências bibliográficas	75

INTRODUÇÃO

O ser humano é considerado o principal e mais drástico agente modificador do ambiente natural, vindo há pelo menos doze mil anos, provocando diversas adaptações nos mais variados ambientes, localizações climáticas, geográficas e topográficas (PHILIPPI JUNIOR et al., 2004).

A partir do século XX, principalmente no Brasil, houve o agravamento do processo de modificação do ambiente por ações antrópicas em decorrência do aumento das aglomerações urbanas e o rápido crescimento populacional. Sabendo que, quanto maior for essa aglomeração, maior serão as degradações sobre o ambiente natural, tendo por consequência, uma maior diversidade e velocidade de recursos extraídos, bem como, a quantidade e diversidade dos resíduos gerados. Sendo tal procura pela vivência em ambiente urbano ainda mais evidente com o passar dos anos e permanecendo até a atualidade (PHILLIPPI JUNIOR et al., 2004).

De acordo com Alier (1998), essa degradação ocorre da mesma maneira em países desenvolvidos e em desenvolvimento, tanto no meio urbano como no rural, por meio da pressão populacional sobre os recursos naturais.

Desse modo, as áreas verdes urbanas, à medida que se tornam mais raras e menores, pressionadas pelo crescimento dos aglomerados urbanos, tornam-se cada vez mais valorizadas. Já as áreas verdes rurais, continuam sobre pressão antrópica, seja pela expansão do meio urbano, pela atividade agrícola ou pela presença de rodovias e outras marcas da atividade humana, provocando sutilmente uma escassez dos recursos naturais e projetando um danoso contexto vivido para o ser humano (BONONI, 2004).

Com base no agravamento temporal dessa degradação, Sema (1997) aborda a ciência como destaque na viabilização de um desenvolvimento sustentável, realçando o papel do conhecimento no apoio ao manejo criteriosa do meio ambiente, garantindo a sobrevivência e o desenvolvimento futuro da humanidade. Sabendo que diante das ameaças de danos ambientais irreversíveis, a falta de análises científicas não pode ser um pretexto para adiar medidas de proteção ao meio ambiente.

Nesse contexto, com a chegada dos estudos sistêmicos do meio ambiente e a nova concepção da evolução do paradigma ecológico, é possível avaliar as atividades culturalmente desenvolvidas ao longo do tempo, carregadas de agudo caráter de degradação ambiental, nas quais predominavam uma forma equivocada de convivência

com o semiárido, por exemplo, sobrecarregando o ecossistema em virtude do mau uso do solo e da água, da deterioração da biota, além de atividades que degradam a capacidade de suporte do ambiente (BRANDÃO, 2005).

O Bioma Caatinga, predominante no semiárido e exclusivamente brasileiro, e drasticamente afetado pelas modificações causadas pelo ser humano, apresenta grande valor nos mais diversos aspectos, mas principalmente no que diz respeito a sua grande diversidade paisagística, especialmente quanto a densidade e ao porte da vegetação. Sendo proporcionalmente o Bioma menos estudado entre as regiões naturais brasileiras, com grande parte do esforço científico estando concentrado em alguns poucos pontos em torno das principais cidades da região. (BISPO, et al., 2010; LEAL et al.2003).

Sua variabilidade botânica é resultado de diversos processos sucessionais e fatores ambientais, onde a densidade da vegetação, a composição florística e o potencial do estrato herbáceo transformam-se em função das características do solo, pluviosidade e altitude (CARVALHO & FREITAS, 2005).

As espécies observadas apresentam adequações fisiológicas e/ou morfológicas para resistir à deficiência hídrica estacional, principalmente através de mecanismos para armazenamento de água em partes da planta, estacionalidade (queda das folhas no período seco), órgãos para a absorção da umidade atmosférica, e outros (BARBOSA, 2010).

Historicamente, o processo inicial de ocupação do semiárido brasileiro e suas atividades produtivas primárias não eram percebidas pelos agentes modificadores como meio degradante para o ambiente natural, concentrando-se principalmente na pecuária, não havendo a necessidade de uso planejado, tão pouco a preservação desse ambiente (ANDRADE, 1963).

Entretanto, o uso indiscriminado da madeira (lenha e carvão), a pecuária intensiva, o fogo, o uso e o manejo irracional das terras para agricultura, a mineração, além do baixo nível de renda e educação da população, são atualmente apontados como fatores cruciais para o desequilíbrio dos recursos naturais no Semiárido (FRANCISCO et al., 2012).

A região do Cariri paraibano apesar de apresentar uma menor utilização do solo para o plantio, provocado pelo êxodo rural após o declínio das atividades agrícolas

tradicionais (algodão e gado), ainda sofre forte pressão antrópica, principalmente para a demanda por carvão e lenha por parte dos polos gesseiro e cerâmico do Nordeste, do setor siderúrgico, além de demandas menores de diversas indústrias de pequeno e médio porte, além das residências (MMA-BRASIL, 2010).

Ao longo das últimas cinco décadas o processo de degradação sobre a Caatinga causado pelo desmatamento desordenado e pela agropecuária aumentou de forma caótica. A sub-bacia do rio Taperoá - PB, está inserido completamente nesse Bioma, que apesar de apresentar grande biodiversidade, principalmente no que diz respeito a sua vegetação, também demonstra forte fragilidade, no qual a ação humana permiti fortes modificações (MAGALHÃES, 2012; ALVES et al., 2008; PAN-BRASIL, 2005; LEAL et al, 2003).

Para monitoramento e análises dessas modificações, as geotecnologias tornam-se uma das principais e mais viáveis ferramentas para tais estudos.

A maneira de identificar, analisar e gerir a utilização desses recursos é o fator que pode acentuar ou minimizar os impactos, no qual, a utilização do Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento em estudos voltados as análises ambientais vêm se constituindo como meio imprescindível para o reconhecimento e planejamento do uso racional dos recursos naturais terrestres (FRANCISCO et al, 2012; PHILLIPPI JUNIOR et al., 2004).

O Sensoriamento Remoto, enquanto ciência e tecnologia, permite a obtenção de imagens e outros dados da superfície da terrestre, através de sensores que captam radiação eletromagnética para registro gerando imagens que podem ser interpretadas para fornecer informações úteis sobre o ambiente (FLORENZANO, 2007; SILVA, 2006). Portanto, configurando-se como importante meio de coleta de dados, planejamento, gestão e acompanhamento das modificações ocorridas na superfície, viabilizando diversos diagnósticos ambientais.

Diante disso, objetivou-se produzir um diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Taperoá - PB utilizando Sensoriamento Remoto, tendo em vista os principais agentes modificadores do ambiente na Sub-bacia. Para tal, caracterizou-se o ambiente físico dessa com base em seus aspectos de relevo, pluviometria e características atuais da vegetação. Por fim, analisou-se as margens do rio Taperoá de acordo a Lei nº

12.651/12 que delimita as Áreas de Proteção Permanente, objetivando um diagnóstico de sua condição atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALIER, J. M. **Da economia ecológica ao ecologismo popular**. Blumenau: Editora da FURB, 1998.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: Uma Investigação Ecogeográfica. **Caminhos da Geografia** (UFU. Online), v. 9, p. 143-155, 2008.

ANDRADE, M. C.: *A Terra e o Homem no Nordeste*. São Paulo: Brasiliense, 1963.

BARBOSA, H. A. Mudança e uso do solo no bioma Caatinga: Sistema de monitoramento por satélite. In: SILVA, B. B. Org. **Aplicações ambientais brasileiras de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Campina Grande: EDUFPG, 2010.

BISPO P. C.; VALERIANO, M. M.; DUPLICI, T. M. Relação da vegetação de caatinga com a condição geomorfológica local no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 523-530, 2010.

BONONI, V. L. R. Controle ambiental de Áreas Verdes. In: JUNIOR, A. P.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

BRANDÃO, M. H. de M. **Índice de degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe-PB**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE.

CARVALHO, V. C. de; FREITAS, M. W. D. de. Mapeamento das paisagens em nível de geossistema de três áreas representativas do Bioma caatinga. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais.... Goiânia: INPE, P.2087-2099, 2005.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

FRANCISCO, M. Estimativa da degradação da biomassa da vegetação de Caatinga através de índices de vegetação. **Polemica revista eletrônica**, v. 12, n. 2, 2013.

LEAL, R. I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e Conservação da Caatinga: uma introdução ao desafio**. Recife: Ed. Universitária, 2003.

MAGALHÃES, T. Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro... e o mais frágil. Revista do Instituto Humanista Unisinos. Nº 389 – Ano XII. São Leopoldo, 2012.

MMA-BRASIL. **Monitoramento dos Biomas Brasileiros – Bioma Caatinga**. Portalbio, 2010.

PAN-BRASIL. **Programa nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos, 2005.

PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. Uma introdução à questão ambiental. In: PHILIPPI JUNIOR, A. P.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

SILVA, M.S. **Sistemas de Informações Geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista. Campus de Marília - SP.

Capítulo 1

Caracterização ambiental
da sub-bacia do rio
Taperoá – PB



1.1 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ANÁLISE MORFOESTRUTURAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Tem-se por bacia hidrográfica toda área drenada por um rio principal e seus afluentes, dividindo-se em cabeceiras ou nascentes, cursos de água principais, divisores de águas superficiais e subterrâneos, afluentes e subafluentes. Essa formação é originada a partir de desníveis nos terrenos que orientam os cursos da água, seguindo das áreas com maiores altitudes para áreas de altitudes reduzidas (SÁ, 2009).

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433/97 estabelece a bacia hidrográfica como “unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

Segundo Hidalgo (1992), qualquer variação das propriedades físicas, químicas ou biológicas dos recursos naturais (solo, vegetação, ar, água, fauna), causada por alguma atividade antrópica afetam diretamente a bacia, causando condições nocivas à saúde da própria população que depende da drenagem dessa.

A topografia, regime pluvial, atividades antrópicas, vegetação e outros inseridos na bacia, necessitam de análises e acompanhamentos constantes, como meio para criação de medidas que viabilizem o uso dos recursos hídricos, em termos de qualidade e quantidade (REIS, 2004; TRENTIN, 2004).

Diante dessa perspectiva é reconhecido que o Sensoriamento Remoto se configura como importante ferramenta de análise ambiental, o qual, segundo Silva et al. (2005), constitui-se uma maneira produtiva e econômica de obtenção de dados, corroborando Ponzoni & Shimabukuro (2007), que ressaltam a importância de promover a aplicação de técnicas, que viabilizem a exploração de informações em diferentes escalas de análise.

Historicamente, reconhece-se que o termo “Sensoriamento Remoto” foi designado para definir as novas tecnologias de instrumentos, capazes de obterem imagens da superfície terrestre a longas distâncias, tendo em vista a clássica definição onde “*Sensoriamento remoto é 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.*”. Contudo, com base no desenvolvimento dessa ciência, faz-se atualmente o uso de uma definição mais científica, sendo o

Sensoriamento Remoto a “*ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.*” (MENESES E ALMEIDA, 2012).

Aplicado a estudos voltados à caracterização ambiental de uma área, o Sensoriamento Remoto pode ser utilizado para a geração de modelos digitais de elevação (MDE), estimativa da vegetação e outros.

A topografia, destaca-se como um fator imprescindível no entendimento da dinâmica hidrológica e ambiental. Tais análises utilizando Sensoriamento Remoto por meio da modelagem espacial tiveram seu advento no Brasil a partir da década de 80, desde então, passando por um acelerado processo de desenvolvimento tecnológico até os dias atuais, onde a aquisição de imagens orbitais com alto grau de detalhe e precisão foi tornando-se cada vez mais comum (CÂMARA et al., 2005).

Ao analisar dados que envolvem a topografia terrestre, as imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) são amplamente difundidas e utilizadas entre os pesquisados que empregam o Sensoriamento Remoto como método de análise.

O SRTM é a denominação dada a missão espacial comandada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em parceria com a agência alemã *Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt* (DLR) e a *Agenzia Spaziale Italiana* (ASI) da Itália, que apresentou como objetivo a geração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) de quase toda a superfície terrestre. Esse, foi lançado a bordo do ônibus espacial *Endeavour* em 11 de fevereiro de 2000. Durante 11 dias foram recobertos 80% da superfície terrestre, entre os paralelos 60° N e 56° S, o que resultou em modelos tridimensionais com amplitude da grade de 30 metros (SRTM 1) e 90 metros (SRTM 3), com 90% de confiança, alcançando assim, o banco de dados mais amplo de alta resolução da topografia da Terra (MEDEIROS et al., 2009).

Para análises da vegetação, o uso de imagens da série Landsat tem se difundido e com bons resultados. Contudo, no estudo da vegetação, faz-se necessário, de início, entender o processo de interação entre a radiação eletromagnética e as folhas, sabendo que, essas têm como atuação principal a interação com a radiação eletromagnética, especificamente na região espectral do visível (0,4 μm a 0,72 μm). Nesse contexto, a radiação interage com a folha através de seus diferentes tecidos, espaços intracelulares,

água e pigmentos fotossintetizantes encontrados no mesófilo paliçádico, com destaque para as clorofilas, xantofilas e carotenos, resultando em um processo de absorção, transmissão e reflexão dessa radiação (PONZONI et al, 2012) (Figura 1).

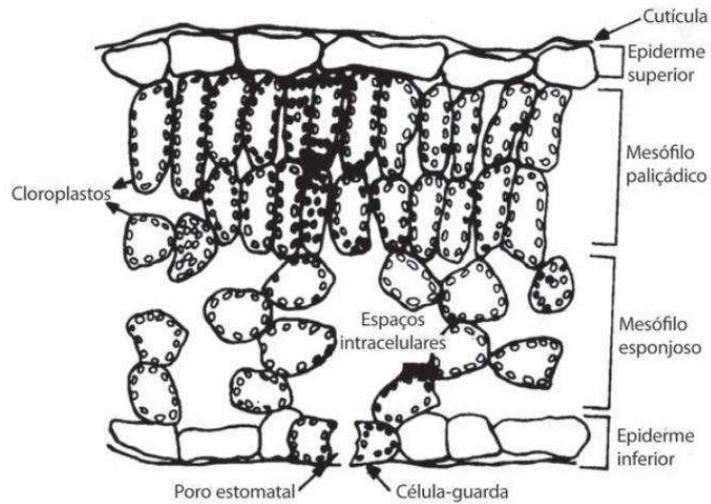


Figura 1 - Seção transversal de uma folha

Fonte: (PONZONI et al, 2012)

Sabendo que, o Sensoriamento Remoto utiliza-se dos resultados expressos por um objeto através da quantidade relativa de radiação eletromagnética que é refletida por esse, nas folhas existe uma relação inversa entre a quantidade de água presente nessa e a radiação refletida, ou seja, quanto mais água existir no interior da folha, menor é a quantidade de radiação refletida na faixa do infravermelho próximo e infravermelho médio (SILVA, 2012).

Assim, objetivou-se caracterizar a superfície da sub-bacia do rio Taperoá referentes a cobertura vegetal, relevo e drenagem, como resposta a carência de dados relativos a essa, bem como, a necessidade do reconhecimento geográfico dessa visando a preservação e manutenção ambiental da Bacia, utilizando imagem multiespectral proveniente do satélite Landsat 8, sensor *Operacional Land Imager* (OLI) e imagens SRTM.

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

1.2.1 Caracterização da área

No estado da Paraíba há onze bacias hidrográficas: Rio Paraíba; Rio Abiaí; Rio Gramame; Rio Miriri; Rio Mamanguape; Rio Camaratuba; Rio Guaju; Rio Piranhas; Rio Curimataú; Rio Jacu e Rio Trairi, sendo as duas últimas de competência Federal (PERH-PB, 2006).

A bacia do rio Paraíba, também chamado de rio Paraíba do Norte, é a maior e mais importante do Estado, possuindo uma área de cerca de 20 mil km², representando 32% da área estadual. Apresenta uma propensão de armazenamento hídrico de mais de 1 bilhão de m³ com importantes açudes, como o Eptácio Pessoa, no município de Boqueirão e o Acauã, no município de Itatuba. Sendo utilizada para abastecimento público, irrigação, entre outras atividades econômicas (XAVIER et al., 2012).

Para fins de análises e administração, e devido a sua larga escala de abrangência, a bacia hidrográfica do rio Paraíba foi dividida em sub-bacia do rio Taperoá (Figura 2) e três regiões hidrográficas (Alto, médio e baixo Paraíba) (PERH-PB, 2006).

Para a sub-bacia do rio Taperoá, Marinho (2011) afirma que de acordo com a classificação climática de Köppen, a área possui clima do tipo BSw^h, ou seja, semiárido quente, com precipitação pluvial média anual variando de 400 a 600 mm e com estação seca de 8 a 10 meses.

1.2.2 Aquisição das imagens de Satélite

A imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, órbita/ponto 215/65, para 06/05/2015, foi adquirida por meio da página da USGS e selecionada tendo em vista seu total de nuvens (menor ou igual a 15% de cobertura total da área), bem como, o período chuvoso da área, sabendo que, a vegetação de Caatinga necessita de um período úmido para recuperação da folhagem dos seus dosséis.

A imagem SRTM foi obtida na página da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa), através do projeto Brasil em relevo <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/download/index.htm>>. Tais imagens apresentam resolução de 90 metros, sendo referentes as cartas digitais SC-24X-B e SB-24Z-D.

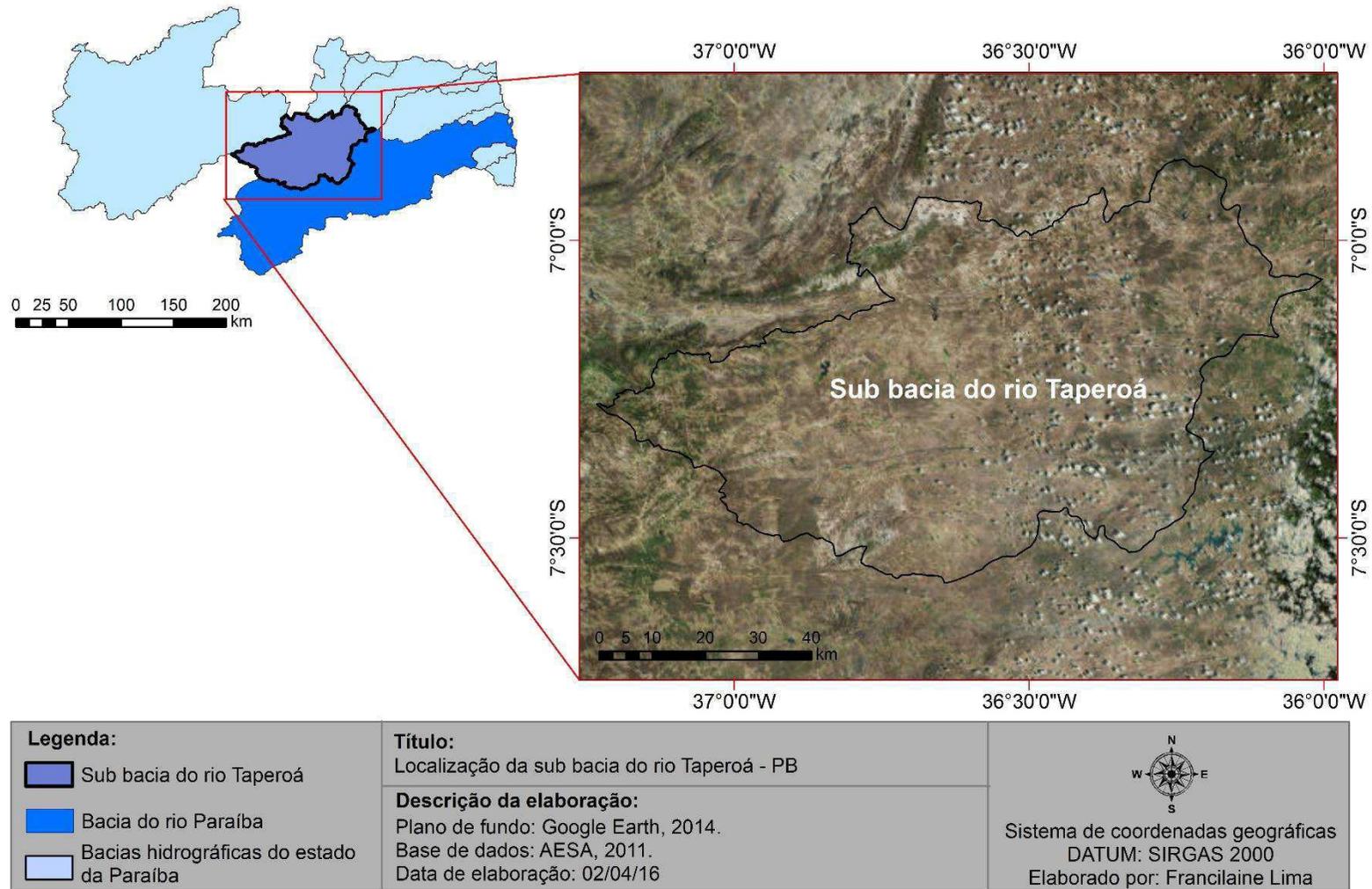


Figura 2 – Localização da sub-bacia do rio Taperoá

1.2.3 Processamento Digital das Imagens

Todos os processos foram realizados a partir da utilização dos softwares Erdas Imagine 2010 e ArcGis 10 licenciados para Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

1.2.4 Imagem Landat 8 OLI

1.2.4.1 Empilhamento

Consistiu na sobreposição das bandas 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho Próximo) do Landsat 8 OLI.

1.2.4.2 Reprojeção das imagens

A imagem obtida tem como referência espacial o DATUM *World Geodetic System* (WGS) 1984 UTM Zona Norte, ou seja, ajustadas para o hemisfério Norte. Assim, havendo a necessidade de reprojeter essas para WGS 1984 UTM Zona Sul.

1.2.4.3 Cômputo da Reflectância

A reflectância para o Landsat 8, sensor OLI é calculada através da Equação 1, utilizando os metadados da imagem (USGS, 2015):

$$\rho\lambda' = (M \rho * Q_{cal} + A \rho) / \cos Z$$

(Equação 1)

No qual $\rho\lambda'$ é a refletância planetária, com correção para o ângulo solar. $M\rho$ é o fator multiplicativo (disponível no metadados), $A\rho$ é o fator aditivo (disponível no metadados) e Q_{cal} os valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

1.2.4.4 IVAS

Para o cálculo do IVAS utilizou-se a seguinte Equação 2, tendo $L=0.5$ (HUETE, 1988):

$$IVAS = \frac{(1 + L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)}$$

(Equação 2)

1.2.4.5 Recorte das áreas de estudo

O recorte foi realizado através da utilização dos arquivos *shapefile* da Sub-bacia, disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), e recortada a partir do programa ArcGis 10, que utiliza a ferramenta *Spatial Analyst Tools* → *Extraction* → *Extraction by Mask*.

Nessa Ferramenta, foi inserido o arquivo *shapefile*, a imagem completa para recorte, e direcionada o local de saída do produto, assim, a forma do polígono inserido será extraída da imagem.

1.2.4.6 Classificação da imagem

O produto do recorte foi classificado de forma manual no ArcGis, partindo do histograma da imagem para possíveis ajustes, quando necessário. A imagem foi classificada em classes, sendo elas: Nuvem/Sombra de nuvem; Água; Solo exposto; Área urbana; Vegetação rala/Agricultura; Vegetação espaçada; Vegetação densa.

1.2.4.8 Quantificação dos dados

No ArcGis, obteve-se a quantidade de pixel por classe, tal informação sendo disponibilizada no próprio histograma da imagem. Desse modo, a partir dessas informações, e sabendo que cada pixel dessas imagens tem dimensão de 30x30m, multiplicou-se o valor total de pixels por classe pelo tamanho da área de um pixel, obtendo-se assim o valor da área em metros quadrados por classe e posteriormente convertendo esse valor em quilômetros quadrados.

1.2.5 Imagens SRTM

1.2.5.1 Mosaico das imagens

Através da ferramenta *Mosaic Pro* do Erdas imagem, inseriu-se as duas imagens SRTM e direcionou-se a saída, mantendo o formato “Tiff” da imagem.

1.2.5.2 Recorte da área de estudo

O recorte foi realizado através da utilização dos arquivos *shapefile* da Sub-bacia, disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), e recortada a partir do programa ArcGis 10.

1.2.5.3 Altitude

No ArcGis, inseriu-se a imagem SRTM da área de estudo, e como meio de visualizar a altitude da área, utilizou-se em “*Properties...*” a opção *Symbolology* e em conseguinte *Stretched*, classificando e colorindo a imagem para análise.

1.2.5.4 Declividade

Para visualização da declividade foi necessário adotar os seguintes procedimento, no ArcGis:

Arc toolbox → *3D analyst tools* → *Raster surface* → *Slope 3D* → *Input* (Imagem SRTM da área) → Escolheu-se a opção graus → *Output* (Saída)

Posteriormente, utilizou-se em *Properties...* a opção *Symbolology* e em conseguinte *Stretched*, classificando e colorindo a imagem para análise.

1.2.5.5 Hillshade (Sensação 3D)

O Hillshade foi utilizado para proporcionar uma visão em 3D para a imagem referente a declividade da área. Para composição dessa imagem, seguiu-se os procedimentos:

3D analyst tools → *Raster surface* → *Hillshade* → *Input raster* (Imagem SRTM) → (Z fator = exagero de altitude) → *Output* (Saída do produto).

1.2.5.6 Extração De Drenagem

Para extração da drenagem em formato *shapefile* foi realizado os seguintes procedimentos, no ArcGis:

Fill: *Arctoolbox* → *Spacial analyst tools* → *Hydrology* → *Fill* → *Input* (Imagem SRTM) → *Output* (Saída produto) → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída.

Direção de fluxo: *Arctoolbox* → *Spacial analyst tools* → *Hydrology* → *Flow direction* → *Input* (Fill) → *Output* (Flow_di) → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída.

Fluxo acumulado: *Arctoolbox* → *Spacial analyst tools* → *Hydrology* → *Flow accumulation* → *Input* (Flow_di) → *Output* (Flow_ac) → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída.

Extração de drenagem *raster*: *Arctoolbox* → *Spacial analyst tools* → *Conditional* → *Con* → *Input* (Flow_ac) → *Expression* (*value > 100*) → *Input true raster of constant value (1)* → *Output* (Com_flow) → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída.

Extração de drenagem *shapefile*: *Arctoolbox* → *Spacial analyst tools* → *Hydrology* → *Stream to feature* → *input stream raster* → *input* (Flow_di) → *Output* (Drenagem) → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída.

1.2.5.7 Extração de bacias

Para geração de um arquivo *shapefile* com a delimitação das bacias existentes na área de estudo, foi necessário realizar os seguintes processos:

Arctoolbox → *Spacial analyst tools* → *Conditional* → *Con* → *Imput (Flow_ac)* → *Expression (value > 1000)* → *Imput true raster of constant value (1)* → *Output (Flow_ac_1000)* → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída.

Gerar bacias: Arctoolbox → *Spacial analyst tools* → *Hydrology* → *Strem link* → *Imput (flow_ac_1000)* → *Imput (Flow_di)* → *(Strem_1000)* → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída →

Arctoolbox → *Spacial analyst tools* → *Hydrology* → *Watershed* → *Imput 1 (Flow_di)* → *Imput 2 (Strem_1000)* → *Output (bacias_1000)* → *Enviroments* → *Workspace* → Indica o local de saída

Transformar para shapefile: Arctoolbox → *Conversion tools* → *From raster* → *Raster to polygon* → *Imput (bacias_1000)* → *Output (bacias_1000.shp)* → Marcar a caixa *simplify polygon*

Calcular área da bacia: Abre a shapefile (bacias_1000.shp) → na tabela de atributos adicione uma nova coluna (área) e nessa selecione a função cálculo de área

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar as *shapefiles* do limite da sub-bacia do rio Taperoá com as dos municípios paraibanos ambas disponibilizadas pela AESA (2016), identificou-se que essa tem sua área distribuída em 26 municípios (Figura 3), seja total ou parcialmente, incluindo a sede de 19 desses (Tabela 1). Em contraposição, há autores como Barreto et al. (2010) que afirmam ser a Sub-bacia compreendida em 23 municípios, enquanto Xavier et al. (2014) afirma que existem 24 municípios e Chaves et al. (2015) 22 municípios. Contudo, nenhum desses trabalhos explicam os critérios usados para estabelecer o número de municípios que compõem a Sub-bacia.

Município	Abrangência	Sede municipal
Assunção	Parcial	Sim
Barra de Santa Rosa		Não
Boa Vista		Sim
Boqueirão		Não
Cabaceiras		Sim
Cacimbas		Sim
Campina Grande		Não
Cubati		Não
Desterro	Total	Sim
Gurjão		Sim
Juazeirinho	Parcial	Sim
Junco do Seridó		Sim
Livramento	Total	Sim
Olivedos	Parcial	Sim
Parari	Total	Sim
Pocinhos	Parcial	Sim
Salgadinho		Não
Santo André	Total	Sim
São João do Cariri	Parcial	Sim
São José do Cordeiros	Total	Sim
Serra Branca	Parcial	Sim
Seridó		Não
Soledade		Sim
Taperoá		Sim
Teixeira		Não
Tenório		Sim

Tabela 1 – Municípios compreendidos pela sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB.

Fonte: Base de dados da AESA, 2016.



Figura 3 – Municípios inseridos na sub-bacia do rio Taperoá

Os municípios de Juazeirinho, Pocinhos e Taperoá podem ser considerados os mais relevantes entre os 26 que compõem a Sub-bacia, em decorrência de terem as maiores áreas urbanas inseridas nessa Sub-bacia e uma população de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016) de 15.325, 15.091 e 13.168 habitantes respectivamente. De acordo com Tucci (2008) a estrutura urbana e seus elementos (população, economia, uso do solo, saneamento básico) está diretamente ligada as alterações geradas em uma bacia.

A geomorfologia da Sub-bacia apresenta uma caracterização geral bastante uniforme, sendo totalmente compreendida pelo Planalto da Borborema, com formas tabulares na grande maioria da área e pequenos trechos classificados com formação convexas e aguçadas. Apresenta grande importância geomorfológica regional, pois reúne diversos conjuntos de níveis altimétricos remanescentes de antigas superfícies de erosão (PERH-PB, 2006; XAVIER et al., 2014).

Desse modo, constatou-se um relevo altimetria média de 684 metros acima do nível do mar, variando entre 375 metros e 993 metros (Figura 4), com configuração de vale, altos níveis de altitudes no entorno e baixas altitudes na área central da Sub-bacia. Destaca-se a área norte da Sub-bacia, classificada com a menor altitude (375 metros), podendo ser uma área plana ou zona de deposição do rio Taperoá, onde há a presença da confluência entre o rio Taperoá e o açude Epitácio Pessoa, no município de Boqueirão-PB.

Tem-se também algumas áreas com relevo ondulado e bastante elevadas, atingindo 993 metros, que bordeiam a Sub-bacia principalmente à oeste, na fronteira com a Depressão Sertaneja, onde, de acordo com Almeida (2012), essa configuração de alinhamentos cristalinos residuais do Maciço da Borborema que margeiam os limites da Sub-bacia, o alinhamento de Patos, sendo controlados por falhamentos e dobramentos que condicionam a drenagem.

Entretanto, a maior parte da Sub-bacia corrobora a descrição proposta por Ab' Saber (1969), quando descreve a formação "Cariris Velhos" com altitudes entre 450 e 570 metros, sabendo que, de acordo com Almeida (2012), a Superfície dos Cariris (Cariris Velhos) é a mais expressiva na sub-bacia do rio Taperoá e ocupa uma extensão de 2.870,89 km².

Observou-se na área a predominância de uma larga superfície com relevo plano ou maciço ondulados com vales em “U”, nos intervalos entre 0° - $2,12^{\circ}$ e $2,13^{\circ}$ - $5,03^{\circ}$ (Figura 5), ocupando a maior parte da área total da Sub-bacia, de acordo com Mabessone (1978) que descreveu o relevo da área como de extensas áreas planas ou quase planas.

Essa declividade aumenta com a aproximação da Depressão Sertaneja, a oeste, além de áreas isoladas, ficando entre $5,04^{\circ}$ - $10,73^{\circ}$ e picos de $10,74^{\circ}$ - $34,30^{\circ}$. Assim, sendo possível constatar por meio das Figuras 3 e 4, quando comparando a Altimetria e a Declividade da sub-bacia do rio Taperoá, conclui-se que as áreas que apresentam as maiores altitudes coincidem com as que apresentaram também as maiores declividades.

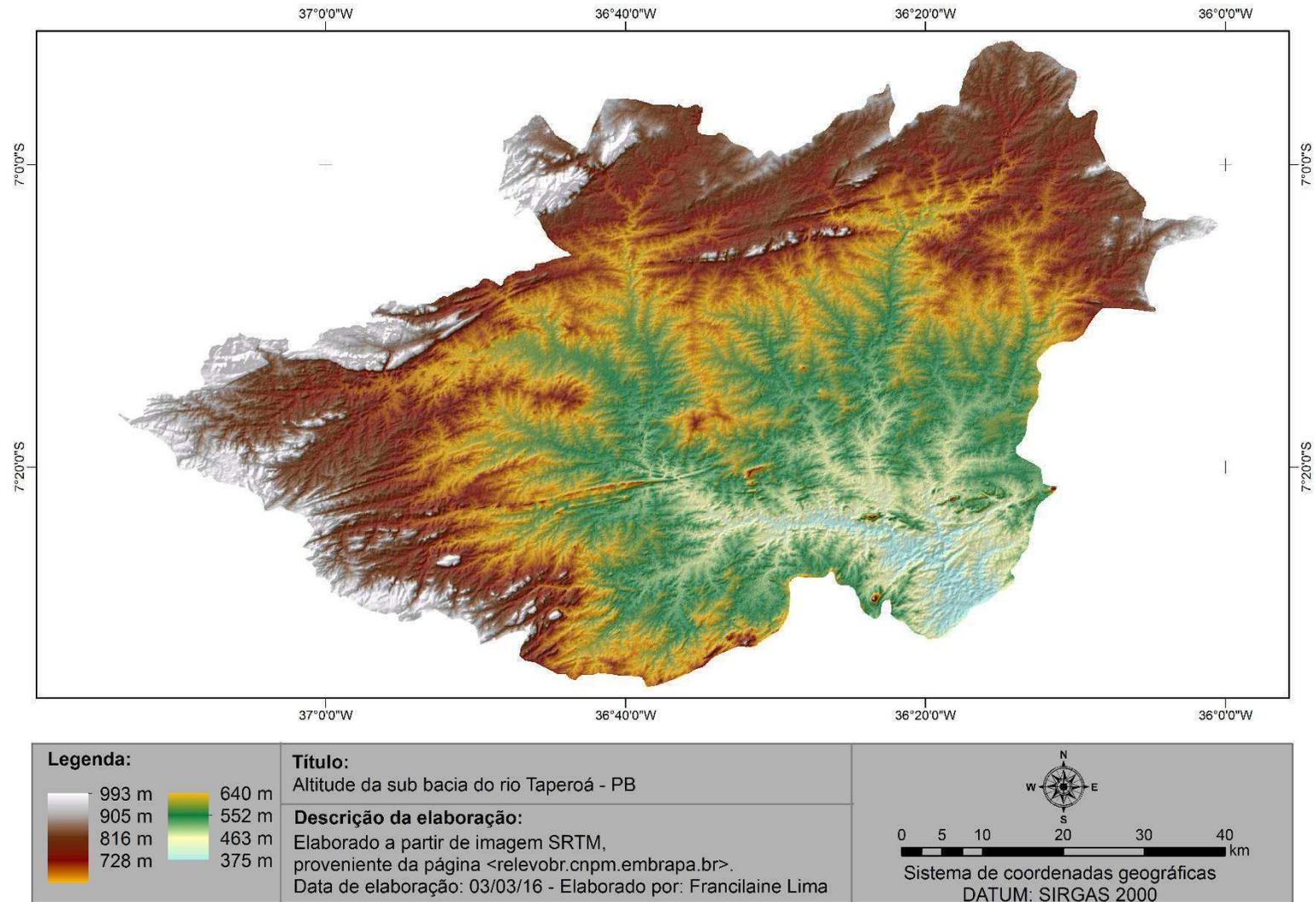


Figura 4 – Hipsometria da sub-bacia do rio Taperoá.

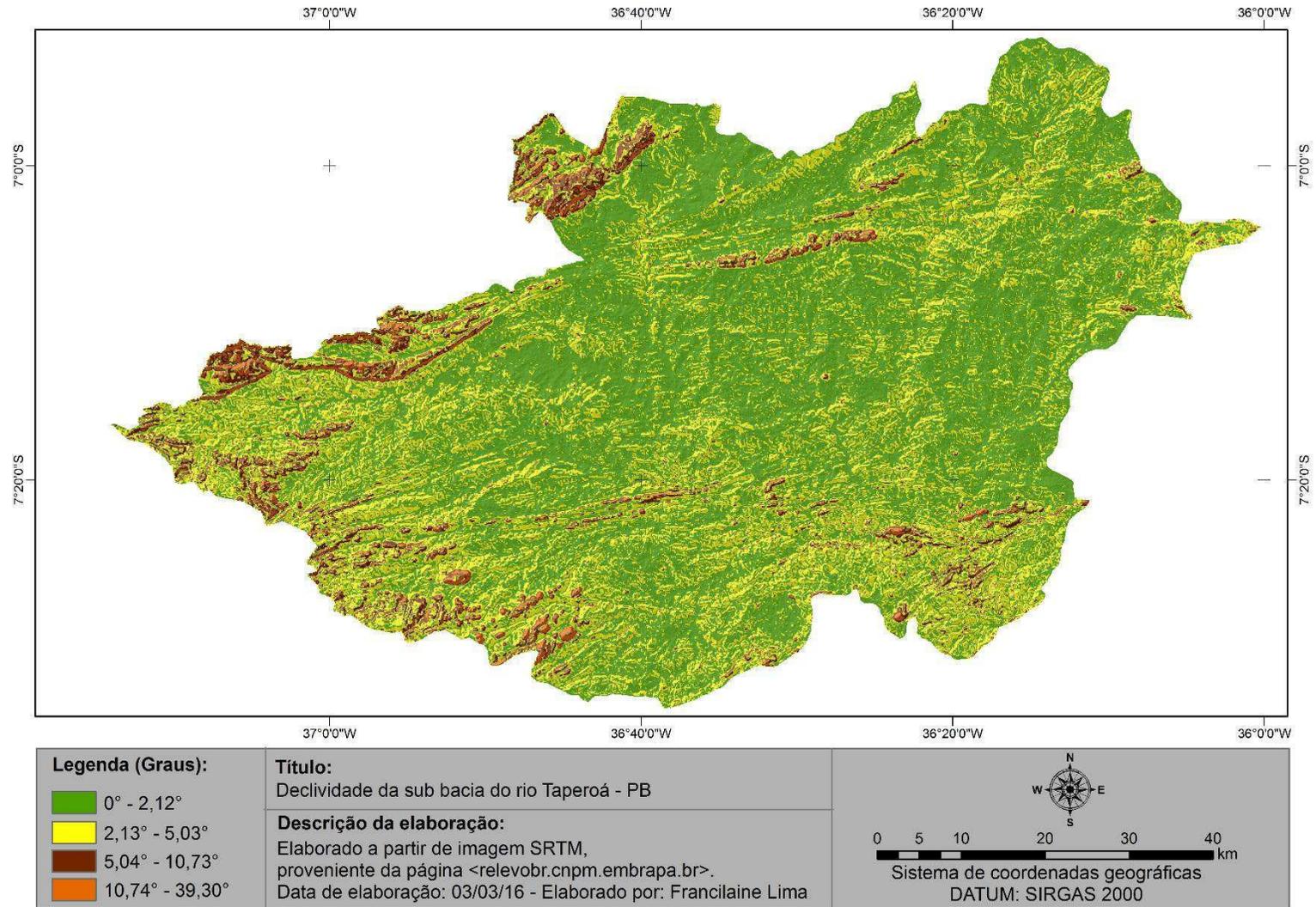


Figura 5 – Declividade da sub-bacia do rio Taperoá.

Ao analisar a forma de drenagem da Sub-bacia, pelos resultados obtidos com imagem SRTM, tem-se como rio principal o Taperoá. Foi possível constatar que essa apresenta uma drenagem dendrítica (Figura 6), também conhecida como arborescente, que, de acordo com Christofolletti (1980), que recebe essa denominação devido a sua configuração irregular com aparência de árvore, onde o rio principal seria o tronco enquanto os afluentes seus galhos.

O Rio Taperoá, o mais importante da Sub-bacia, possui regime intermitente e apresenta nascente no município de Teixeira – PB, e deságua no rio Paraíba, na cidade de Cabaceiras, a montante do Açude Presidente Epitácio Pessoa (BARRETO et al., 2010).

Quanto aos padrões de drenagem, William Morris Davis propôs várias designações, considerando a linha geral do escoamento dos cursos de água em relação à inclinação das camadas geológicas, puramente descritivo, no qual os rios estariam classificados em: consequentes, subsequentes, obsequentes e ressequentes (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Considerando tal classificação, a sub-bacia do rio Taperoá está inserida na categoria “Consequentes”, tendo em vista o comparativo entre as Figuras 4 (Altitude) e 6 (Drenagem). Sendo possível constatar que os cursos dos rios foram determinados pela inclinação do terreno, indo das áreas com maiores altitudes, próximo ao contorno dessa, até a área mais rebaixada, no encontro do rio Taperoá com o açude Epitácio Pessoa, formando o curso em direção às baixadas.

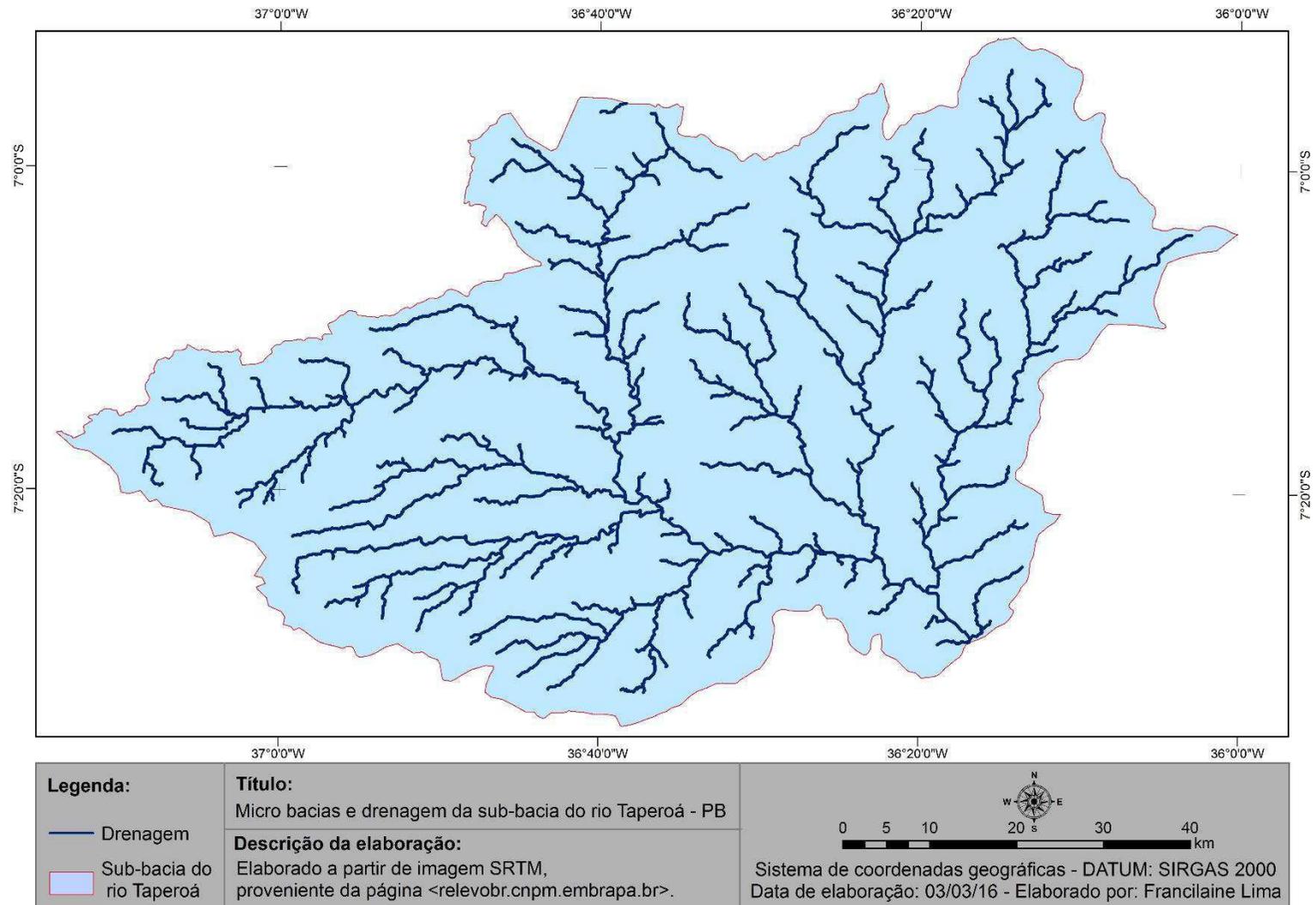


Figura 6 – Micro bacias e drenagem da sub bacia do rio Taperoá

De acordo com a estimativa da vegetação para o ano de 2015 (Figura 7), verificou-se que grande parte da Sub-bacia foi classificada com Solo Exposto, embora, o mês de março de 2015 esteja inserido no período chuvoso da Sub-bacia, com 739,7 mm de chuva segundo a AESA (2016). Não é possível associar a grande área classificada como Solo Exposto, com a redução da folhagem da vegetação em detrimento da falta de umidade.

Assim, através da quantificação do uso e ocupação da terra temos que a classe Solo Exposto teve a maior área calculada, com 3.048,37 km²; Em seguida, agropecuária, com 1.256,11 km²; Caatinga herbácea com 771,21 km²; Caatinga arbustiva com 262,88 km²; Área urbana com 185,47 km²; por fim, Nuvem/Sombra de nuvem com, 176,73 km².

Classes	Km ²
Nuvem/Sombra de nuvem	176,73
Área urbana	185,47
Solo exposto	3,048.37
Agropecuária	1,256.11
Caatinga herbácea	771,27
Caatinga arbustiva	262,88

Tabela 2 – Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Taperoá.

Associando os dados de uso e ocupação da terra obtidos através do uso de imagem de satélite com as isolinhas (que demonstram a média pluviométrica da Sub-bacia, disponibilizada pela AESA, 2016), foi possível visualizar a correlação entre as classes de vegetação (Caatinga herbácea e Caatinga arbustiva) e as altas e médias pluviométricas identificadas pelas isolinhas, principalmente, a oeste da Sub-bacia, coincidindo com as médias de 700 a 600 mm, devido a ambas estarem a sotavento do planalto da Borborema. Também, pode-se associar a predominância da classe Caatinga Arbustiva aos altos índices pluviométricos com as áreas de maiores altitudes (Figura 4).

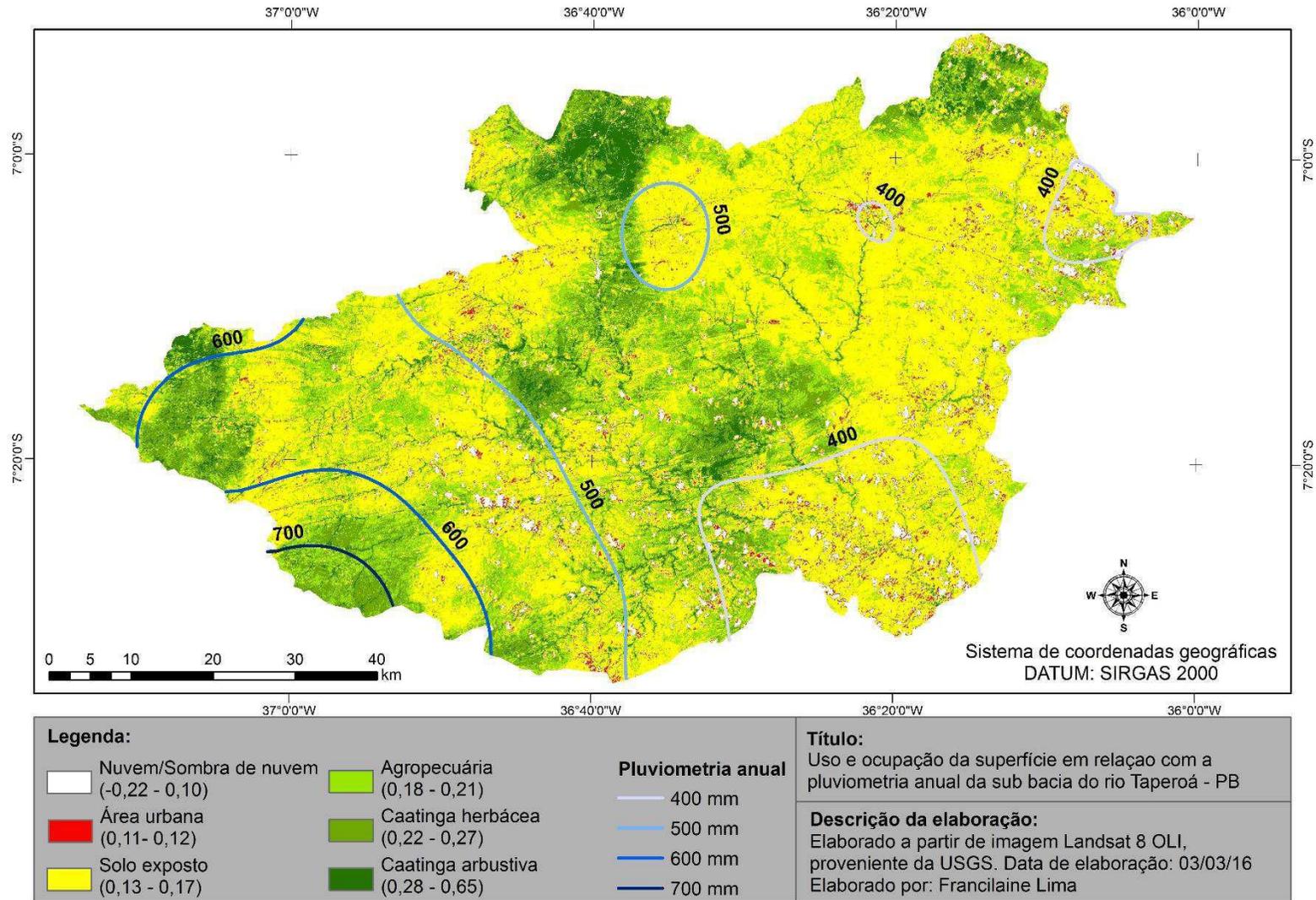


Figura 7 – Uso e ocupação da superfície em relação com a pluviometria anual da sub-bacia do rio Taperoá.

1.4 CONCLUSÕES

A sub-bacia do rio Taperoá é composta por 26 municípios, sendo 6 deles totalmente inseridos na Sub-bacia. Juazeirinho, Pocinhos e Taperoá configuram-se como os municípios mais relevantes, devido a presença da área urbana inserida na Sub-bacia e grande contingente populacional.

No que diz respeito a geomorfologia, a área apresenta uma estrutura uniforme, com formas tabulares na grande maioria da área e pequenos trechos classificados com formação convexas e aguçadas. Desse modo, constatou-se um relevo altimetria média de 684 metros acima do nível do mar, variando entre 375 metros e 993 metros. Tem-se também algumas áreas com serras arredondadas e bastante elevadas, atingindo 993 metros, que bordeiam a Sub-bacia principalmente à oeste, na fronteira com a Depressão Sertaneja.

Observou-se a predominância de uma larga superfície com declives muito suaves e áreas aplainadas, nos intervalos entre 0° - $2,12^{\circ}$ e $2,13^{\circ}$ - $5,03^{\circ}$. essa declividade aumenta com a aproximação da Depressão Sertaneja, a oeste, além de áreas isoladas, ficando entre $5,04^{\circ}$ - $10,73^{\circ}$ e picos de $10,74^{\circ}$ - $34,30^{\circ}$.

Ao analisar a forma, foi possível constatar que essa apresenta uma drenagem dendrítica, além de 339 micro-bacias que seguem o curso dos rios identificados.

Por fim, de acordo com a estimativa da vegetação para o ano de 2015, verificou-se que grande parte da Sub-bacia foi classificada com Solo Exposto. Sendo possível relacionar os dados obtidos através das isolinhas com as classes de vegetação da imagem de satélite. Assim como, associar a predominância da classe Vegetação densa aos altos índices pluviométricos e as áreas de maiores altitudes.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AB' SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **IGEOG-USP**, São Paulo, n 19, p. 38, 1969.

AESA. **Geoportal AESA: Shapefiles.** Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>. Data de acesso: 27 fev. 2016.

ALMEIDA, N. V. **Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá/semiárido paraibano.** 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ.

BARRETO, J. F.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S. A. R. Avaliação socioeconômica e hídrica dos municípios da sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v. 9, n. 1, 2010.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: 15 mar. 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980.

HIDALGO, P. Diagnóstico socioeconômico. João Pessoa: PRM/METROPLAN/AGP-RS. 1992. 98p. Curso sobre Manejo Conservacionista de Bacias Hidrográficas. 1992.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, 25, p.295-309, 1988.

IBGE. **IBGE Cidades.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=25&search=paraiba>. Acesso em: 14 mar. 2016.

MARINHO, C.F.C.E. Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido), Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2011, 67p.

MABESSONE, J. M. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, n. 56, p. 1-16, 1978.

MEDEIROS, L. C. FERREIRA, N. C. FERREIRA, L. G. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 2, p. 138-151, 2009.

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

PERH-PB. **Plano estadual de recursos hídricos**: Resumo executivo e atlas. Governo Estadual da Paraíba: Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São José dos Campos: Oficina de Textos, 2012.

REIS, R. B. A influência da ocupação antrópica dentro do processo de gestão de bacias hidrográficas com auxílio de sensoriamento remoto e SIG. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 6, 2004, Goiânia: Anais... AGN, 2004.

SÁ, T. F. F de. **Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a Gestão e Planejamento de Bacias Geográficas**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia – PB.

SILVA, B. B. da. LOPES, G.M., AZEVEDO, P. V. de. Balanço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat5-TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 243-252. 2005.

SILVA, J. B. da. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo do Ecossistema Manguezal em Pernambuco**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE.

TRENTIN, G. A influência da Declividade no uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Tigre, Severiano de Almeida - RS. UFSM. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 6, 2004, Goiânia: **Anais...** Goiânia: AGN, 2004.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

UDGS. U.S. Geological Survey. Disponível em:
<http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php> Acesso em: 10 fev. 2016.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C.; MACIEL, J. S.; BÚ, J. C. Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba – PB. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, n. 2, p. 15-288, 2012.

XAVIER, R. A.; SEABRA, V. S.; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P. C. Mapeamento de unidades geomorfológicas na bacia do rio Taperoá, região semiárida da Paraíba, utilizando modelo digital de elevação (MDE) Topodata. **Revista Geonordeste**, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 197-202, 2014.

Capítulo 2

Detecção de mudanças na
superfície da sub-bacia do
rio Taperoá – PB



2.1 ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAIS DA VEGETAÇÃO COM USO DE IMAGENS LANDSAT

Em Sensoriamento Remoto detecção de mudança é a identificação de alterações na superfície terrestre por meio de imagens de satélite da mesma cena coletadas em diferentes datas. Tendo em vista que, as alterações na cobertura terrestre alteraram os valores de radiância detectadas pelos sensores presentes nos satélites (SINGH, 1989).

Existem diversas formas de avaliação de mudanças, sendo a forma mais simples, a análise visual e imagens. Essa avaliação, ainda que válida, necessita de grande esforço e conhecimento do avaliador (CANTY, 2007).

Assim, um grande conjunto de propostas metodológicas para detecção remota de mudanças na superfície terrestre tem sido investigados. Contudo, o método mais amplamente utilizado e com maior visibilidade científica, consiste na geração de imagem resultante da subtração, pixel a pixel, de duas imagens da mesma área, coletadas em datas distintas (TENG et al., 2008; RADKE et al., 2005; BRUZZONE e PRIETO, 2000).

Pesquisadores como Bittencourt (2011), indicam a importância, viabilidade e acurácia do uso de imagens de satélite Landsat sensor *Thematic Mapper* (TM), para detecção da variação das mudanças ocorridas na superfície terrestre.

Dessa forma, na presente pesquisa optou-se pelo uso de imagens do satélite Landsat 5 sensor TM e 8 sensor OLI, tendo em vista suas positivas avaliações quanto à detecção de mudança, bem como, por ser a série de satélites que provê a aquisição mais contínua de observações da Terra, imagens gratuitas, adequada resolução espacial e espectral.

O satélite Landsat 5, lançado em 1 de março de 1984 pela NASA e *United States Geological Survey* (USGS) a partir de Base Aérea de Vandenberg, com os sensores TM e *multispectral scanner* (MMS). As imagens provenientes do sensor TM. Contam com três bandas no espectro do visível (1 a 3), uma no infravermelho próximo (4), duas no infravermelho médio (5 e 7) e uma no infravermelho termal (6) (NASA, 2010). Por sua vez, o sensor TM foi desativado apenas em 5 de junho de 2013, após mais de 29 anos em funcionamento, contando com extensa base de dados temporal da superfície terrestre (Tabela 3).

Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal	Área imageada	Resolução radiométrica
TM	(B1) Azul	0.45 – 0.52 μm	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) Verde	0.50 – 0.60 μm				
	(B3) Vermelho	0.63 – 0.69 μm				
	(B4) Infravermelho próximo	0.76 – 0.90 μm				
	(B5) Infravermelho médio	1.55 – 1.75 μm	120 m			
	(B6) Infravermelho termal	10.4 – 12.5 μm				
	(B7) Infravermelho médio	2.08 – 2.35 μm				

Tabela 3 – Característica do sensor TM do Landsat 5.

Fonte: NASA, 2010

O satélite Landsat 8, lançado em fevereiro de 2013, pela NASA e USGS, imageando até a data atual, conta com dois sensores, o OLI e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). As imagens provenientes desses sensores trazem inovações importantes, como resolução espectral melhor que seus antecessores, duas novas bandas espectrais: a *new coastal* – Costeira/Aerossol (banda 1), projetada especificamente para estudos dos recursos hídricos e investigação da zona costeira, bem como, um novo canal de infravermelho (banda 9), para a detecção de nuvens. Tais mudanças também provocaram modificações nos intervalos dentro do espectro dos canais de todas as bandas. Outra inovação de destaque é a resolução radiométrica, uma vez que as imagens dos satélites anteriores possuíam 8 bits e os sensores OLI e TIRS possuem melhor desempenho radiométrico com 16 bits, possibilitando maior caracterização de alvos da imagem, contribuindo bastante para a diminuição do efeito de sombras (Tabela 4) (USGS, 2016).

Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal	Área imageada	Resolução radiométrica
OLI	(B1) Costeira/Aerossol	0.43 – 0.45 μm	30 m	16 dias	185 km	16 bits
	(B2) Azul	0.45 – 0.51 μm				
	(B3) Verde	0.53 – 0.59 μm				
	(B4) Vermelha	0.64 – 0.67 μm				
	(B5) Infravermelho Próximo	0.85 – 0.88 μm				
	(B6) SWIR 1	1.57 – 1.65 μm				
	(B7) SWIR 2	2.11 – 2.29 μm				
	(B8) Pancromatica	0.50 – 0.68 μm	15 m			
	(B9) <i>Cirrus</i>	1.36 – 1.38 μm	30 m			
TIRS	(B10) Infravermelho termal 1	10.6 – 11.19 μm	100 m			
	(B11) Infravermelho termal 2	11.5 – 12.51 μm				

Tabela 4 – Características dos sensores do Landsat 8.

Fonte: (USGS, 2013)

Assim, ao utilizar imagens do satélite Landsat 8, sente-se a necessidade do processamento digital (PDI), que pode ser definido como a manipulação computacional da imagem, com o objetivo de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens (CRÓSTA, 1992; JESEN, 2009).

Nesse contexto, as técnicas de PDI podem ser divididas em três passos: Pré-processamento, realce e classificação das imagens. O pré-processamento consiste na maior parte das transformações da imagem visando a melhoria de contraste e remoção de ruído, entre outros. O realce visa a melhoraria da qualidade visual e as técnicas de classificação, que permitem a identificação automática de objetos a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza, sendo comumente utilizado Índices de Vegetação para detecção de mudança (BITTENCOURT, 2011).

Os Índices de Vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho e do infravermelho próximo, do espectro eletromagnético que visam minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos. Os mais comuns utilizam a informação contida nas reflectâncias de dosséis, combinadas sob a forma de razões (EPIPHANIO et al., 1996).

As faixas do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas por conterem mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação (ROSA, 2003). Contudo, a quantidade de radiação refletida no vermelho e no infravermelho próximo que chega ao sensor, originária da vegetação, muda conforme a irradiância solar, estrutura e composição do dossel, substrato, além das condições atmosféricas (EPIPHANIO et al., 1996). Assim, já que não é indicado usar somente a medida da energia refletida para quantificar parâmetros biofísicos da vegetação (SILVA, 2004), como meio de minimizar a variabilidade causada por esses fatores citados, a reflectância espectral tem sido transformada e combinada em vários Índices (PONZONI, 2001).

Assim, o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS), tem o intuito de minimizar os efeitos de fundo do solo, no sinal captado pelo sensor da vegetação, pois esse tem influência direta na radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos. Esse índice possui um fator L de ajuste no denominador da equação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) que é responsável por varia as características da reflectância de calor e brilho do solo de acordo com a densidade da vegetação analisada, sendo $L=1.0$ para vegetação de baixa densidade, $L=0.5$ vegetação intermediária e $L=0.25$ para vegetação densa (HUETE, 1988).

Tendo em vista que, o bioma Caatinga é de densidade baixa a intermediária, o IVAS é o Índice que melhor se adequa diante das variabilidades descritas de densidade, tal como demonstram os estudos de Silva et al. (2015), que analisando os fatores de ajustes de L entre 0.5-1.0 no território do Sisal, região semiárida da Bahia, constataram que o $L=0.5$ evidencia melhor identificação das áreas de Caatinga, Monteiro (2013), por meio de comparação entre o IVDN e o IVAS aplicado a Área de Proteção Permanente (APA) das Onças – PB, comprova que o IVAS se adequou de forma mais satisfatória que o IVDN à vegetação de Caatinga, na área em estudo, com base na melhor distinção da vegetação.

Portanto, o estudo objetivou a detecção das intensidades de mudanças temporal na distribuição da vegetação da sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá – PB, utilizando imagens de satélites do Landsat 5 TM e 8 OLI, bem como, a viabilidade do uso da Detecção de mudanças para análise ambiental da área.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Aquisição das imagens de satélite

As imagens utilizadas foram provenientes dos satélites Landsat 5 sensor TM, para 13/07/2002, e Landsat 8 sensor OLI, para 20/06/2014, órbita/ponto 215/65, sendo selecionadas tendo em vista a total ausência de nuvens e período chuvoso da área.

2.2.2 Processamento Digital das Imagens de Satélite

Todos os processos foram realizados a partir da utilização dos *softwares* Erdas Imagine 2010 e ArcGis 10 licenciados para Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

2.2.2.1 Empilhamento

Consistiu na sobreposição das bandas 3 (Vermelho) e 4 (Infravermelho Próximo) do Landsat 5 TM, e das bandas 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho Próximo) do Landsat 8 OLI.

2.2.2.2 Reprojecção das imagens

As imagens obtidas têm como referência espacial o DATUM *World Geodetic System* (WGS) 1984 UTM Zona Norte, ou seja, ajustadas para o hemisfério norte. Assim, havendo a necessidade de reprojeter essas para WGS 1984 UTM Zona Sul.

2.2.2.3 Calibração Radiométrica

Segundo Markham & Baker (1987), a calibração radiométrica pode ser obtida, para o Landsat 5 sensor TM, a partir da seguinte Equação 3:

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

(Equação 3)

Onde, $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral, a_i e b_i são as radiâncias espectral mínima máxima, ND é a intensidade do pixel; e i corresponde às bandas empilhadas do Landsat 5 TM, tendo em vista que, as imagens do Landsat 8 OLI são disponibilizadas com esse processo realizado.

2.2.2.4 Cômputo da Reflectância

Para o Landsat 5 TM a partir da Equação 4, proposta por Allen et al. (2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$$

(Equação 4)

Realizou-se o cômputo da reflectância, onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, E_0 é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Já a reflectância para o Landsat 8 sensor OLI foi calculada a partir da Equação 1 (Cap. 1, p. 24).

2.2.2.5 IVAS

Para o cálculo do IVAS utilizou-se a Equação 2 (Cap. 1, p. 25).

2.2.3 Recorte das áreas de estudo

O recorte foi realizado através da utilização dos arquivos *shapefile* da Sub-bacia, disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), e recortada a partir do programa ArcGis 10.

2.2.4 Detecção de mudanças

A ferramenta “*change detection*” do Erdas Imagine, permite detectar mudanças através de duas imagens do mesmo ponto e órbita, de datas distintas (2002-2014), inserindo essas como entrada. Esse método cria marcações através dos pixels que apresentam aumento ou diminuição maior que o valor do pixel da imagem prévia inserida como entrada, criando classes: Forte diminuição, Moderada diminuição, Sem alteração, Moderado aumento e Forte aumento representada em porcentagem. Esses pixels poderiam, por exemplo, representar áreas onde um novo edifício foi construído ou um claro aumento em uma área florestal (ERDAS, 2016).

2.2.5 Quantificação dos dados

No ArcGis, obteve-se a quantidade de pixel por classe, disponibilizada no próprio histograma da imagem. Desse modo, a partir dessas informações, e sabendo que cada pixel dessas imagens tem dimensão de 30x30m, multiplicou-se o valor total de pixels por classe pelo tamanho da área de um pixel, obtendo-se assim o valor da área em metros quadrados por classe.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A imagem resultante do processo de detecção de mudanças, obtida a partir do IVAS, identificou quatro classes: Forte Diminuição, Moderada Diminuição, Moderado Aumento e Forte Aumento, a classe Sem Alteração não foi identificada, demonstrando modificações em toda a área no período de 2002-2014 (Figura 8).

A predominância da classe Forte Aumento se dá por toda a imagem na Sub-bacia. A classe Forte Diminuição apesar de ser identificada, é imperceptível, com pequenas áreas isoladas, visualizadas principalmente próximo ao ponto de controle 1 ($36^{\circ}14'6,33''\text{W}/7^{\circ}3'56,35''\text{S}$), inseridos em áreas classificadas como Moderada Diminuição. A classe Moderada Diminuição tem representações consideráveis concentrada na porção nordeste da Sub-bacia, e principalmente no entorno das áreas urbanas, como demonstra o ponto de controle 1 ($36^{\circ}14'6,33''\text{W}/7^{\circ}3'56,35''\text{S}$), localizando o município de Soledade - PB e o ponto 2 ($36^{\circ}30'35,07''\text{W}/7^{\circ}31'8,11''\text{S}$), com Serra Branca - PB. A classe Moderado Aumento apresenta-se principalmente bordeando as áreas classificadas como Moderada Diminuição, contudo, como mostra o ponto de controle 3 ($36^{\circ}54'59,13''\text{W}/7^{\circ}28'9,42''\text{S}$) também existem áreas de Moderado Aumento inseridas em grandes áreas classificadas como Forte aumento da vegetação (Figura 2).

A Figura 9, pontos A e B (ponto de controle 1 da Figura 8) confirma que a classe Forte Diminuição está inserida em uma área com configurações agropecuárias (B), tendo em vista que, de acordo com Rudorff e Moreira (2002) é possível identificar tais áreas através de elementos da fointerpretação, como: forma, sombreamento e textura, sabendo que, tais áreas diferenciam-se do meio natural pelos seus recortes geométricos. Além de grandes extensões com pouca ou nenhuma vegetação e proximidade com a área urbana de Soledade – PB (A), que tem na agropecuária a terceira maior variável responsável pelo Produto Interno Bruto (PIB) desse Município, sendo de R\$ 9.441,00 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

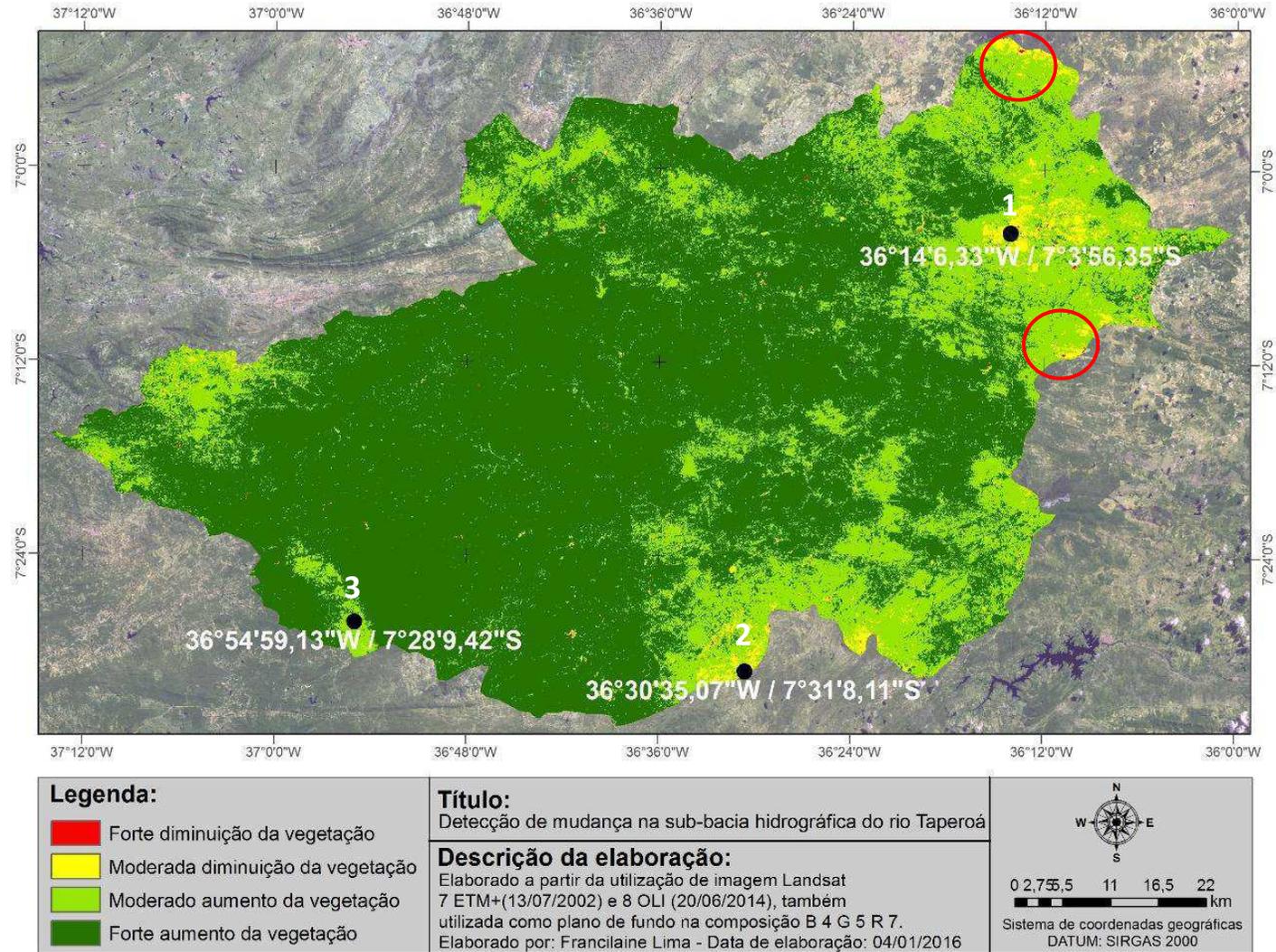


Figura 8 – Detecção de mudança na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá.

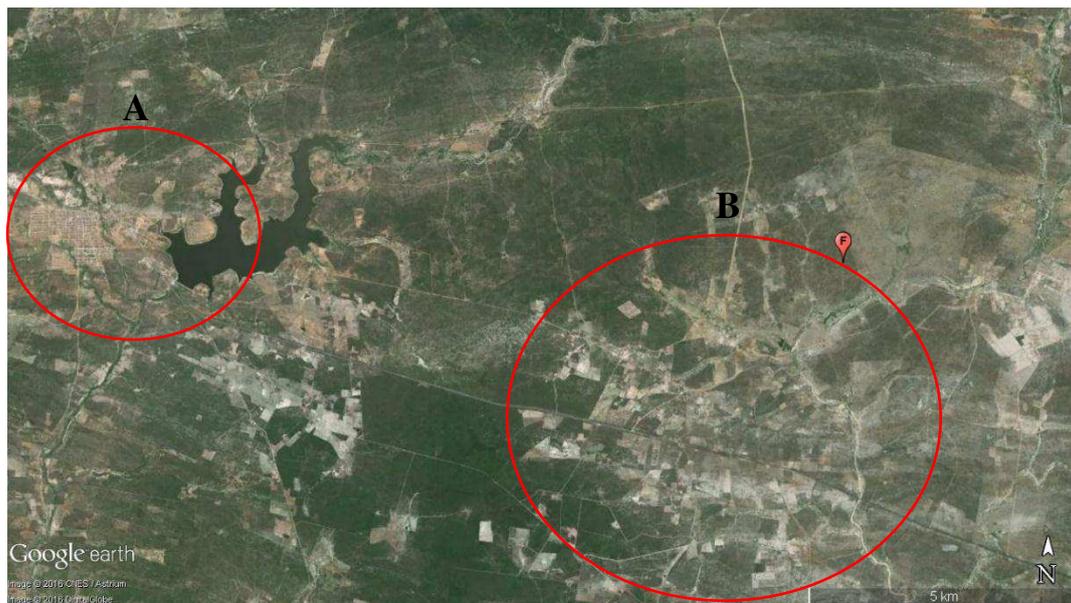


Figura 9 – Ponto de controle 1 da Figura 8.

Fonte: Base de dados do Google Earth, 2016.

Também foi possível visualizar áreas com o solo desnudo, o que pode resultar problemas como o surgimento de processos erosivos. Duarte (2008) a partir de fotografias registradas no município de Taperoá, inserido na Sub-bacia, retrata uma área com pouca ou quase nenhuma vegetação, gerando um processo inicial de erosão do solo raso (Figura 10). Em outra área nas proximidades do mesmo município identificou-se a retirada de argila dos solos aluviais, provindos dos rios, para a fabricação de tijolos artesanais (Figura 11), sugerindo um forte processo de degradação dos solos na Sub-bacia. Esses pontos estão justamente na área classificada como Forte a Moderada diminuição, ou seja, todo o perímetro da Sub-bacia está classificado como área modificada no sentido de redução da vegetação de Caatinga.

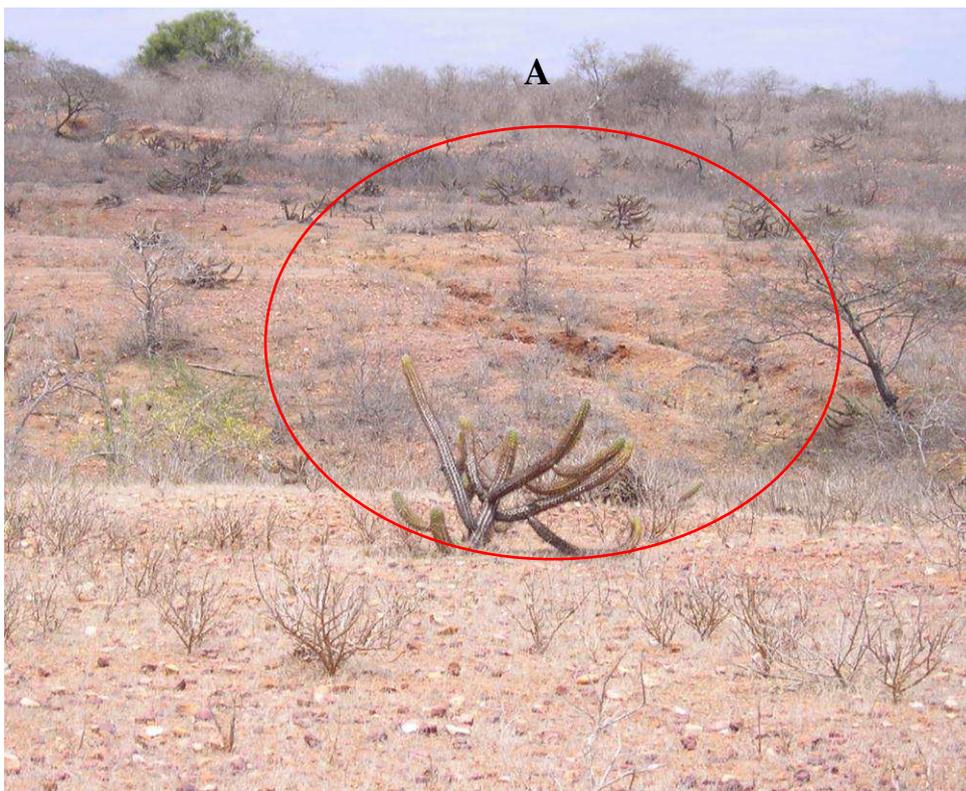


Figura 10 – Ravinamento em solo raso, decorrendo do escoamento superficial no município de Taperoá - PB.

Fonte: Duarte, 2008



Figura 11 – Retirada de argila para produção de tijolos artesanais nas imediações do município de Taperoá - PB.

Fonte: Duarte, 2008

No ponto de controle 2 da Figura 8, classificado como de Moderada diminuição, percebeu-se a proximidade com a área urbana do município de Serra Branca – PB (Figura 12 - A), contudo, também apresenta Caatinga arbustiva nos vales e relevo mais elevado em decorrência do isolamento pela declividade do terreno (Figura 12-B). Além, do Município apresentar um relevo suave ondulado com grandes afloramentos rochosos, sem a presença de vegetação dessa em decorrência desses afloramentos.

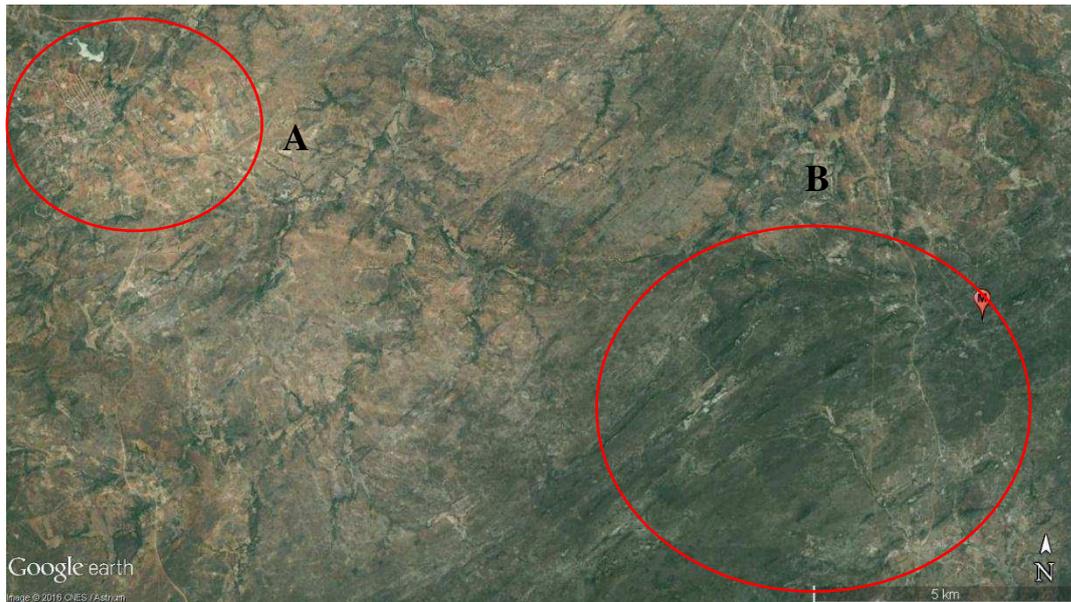


Figura 12 – Ponto de controle 2 da Figura 8.

Fonte: Base de dados Google Earth, 2016.

Contudo, diferentemente do ponto de controle 1, apesar da proximidade com a área urbana, no entorno não foi possível perceber áreas de agropecuária. Assim, comparado com o município de Soledade-PB, percebeu-se que, apesar de Serra Branca-PB também ter, como Soledade, a agropecuária como a terceira maior variável do PIB, essa apresenta uma dependência menor, sendo essa de R\$ 4.352,00. A principal fonte de renda é o setor de serviços, com rendimento de R\$ 27.088,00. Desse, há áreas de solo desnudo e algumas áreas cobertas por vegetação espaçadas, mas não há configuração agropecuária (Figura 13).



Figura 13 – Solo exposto com vegetação espaçada no município de Taperoá.

Fonte: Acervo pessoal de Duarte, 2008

O ponto de controle 3 da Figura 8 apresenta configuração peculiar, tendo em vista que a área classificada como Moderado Aumento apresenta área de Caatinga arbustiva adensada (Figura 14-A), e em seu entorno, classificado como Forte Aumento percebe-se extensões de áreas agropecuárias e Caatinga arbustiva aberta (Figura 14-B).

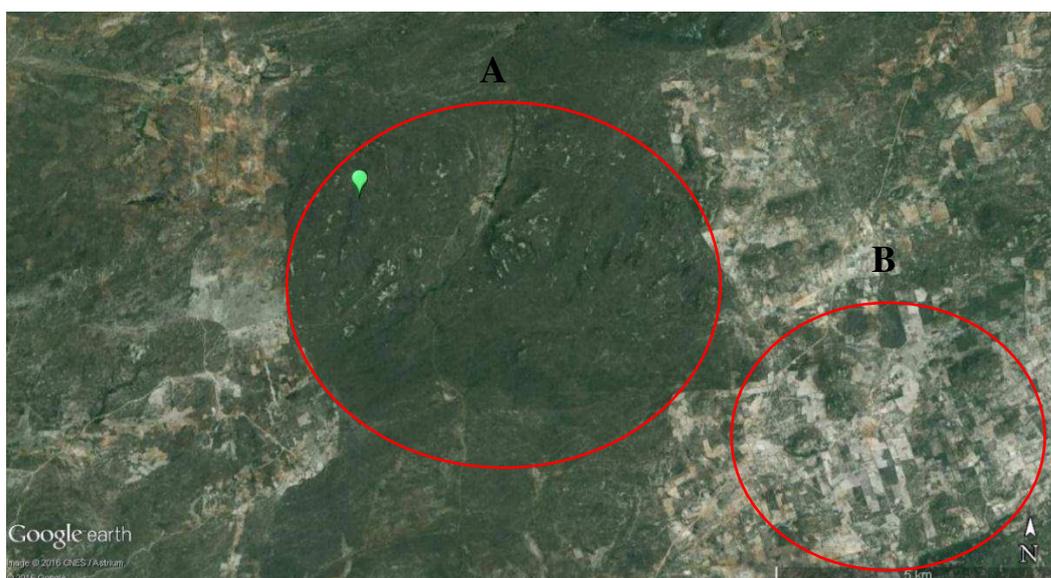


Figura 14 - Ponto de controle 3 da Figura 8.

Fonte: Base de dados Google Earth, 2016.

Quantificando as áreas classificadas, identificou-se que maior parte da Sub-bacia apresentou Forte Aumento da vegetação, sendo essa área de 4027,17 km², seguida das áreas classificadas como Moderado Aumento, 1528,68 km², em conseguinte a classe Moderada Diminuição com 113,22 km², havendo menor área de abrangência da superfície identificada como Forte Diminuição, 4,78 km² (Tabela 5).

Classes	Área (km²)
Forte Diminuição	4,78
Moderada Diminuição	113,22
Moderado Aumento	1528,68
Forte Aumento	4027,17

Tabela 5 – Quantificação das classes.

No entanto, Alves (2009) e Alves et al (2008) afirmam que o Cariri paraibano, no qual se insere a sub-bacia do rio Taperoá, é uma região fornecedora de madeira para diversas atividades econômicas no Estado, mas principalmente para a produção do carvão, além de haver degradação causada pela pecuária extensiva predominante na Região, o que provoca um forte processo de degradação e redução da Caatinga. De acordo com Silva et al. (2013) e Duarte e Barbosa (2010), o município de Taperoá, inserido na Sub-bacia, também se encontra em um processo de uso excessivo dos recursos naturais, principalmente no que diz respeito a retirada da vegetação nativa para expansão da agropecuária. Apesar disso, Lima (2014) destaca um quadro de recuperação geral da vegetação na sub-bacia do rio Taperoá, que pode ser consequência de áreas ainda preservadas, bem como, do abandono e da diminuição do uso intenso do solo.

Diante dessas discussões e dos resultados obtidos por Detecção de Mudança o ambiente, cabe inferir tanto a recuperação da vegetação com base na classificação de Forte Aumento da vegetação na área, como também a influência do período chuvoso nos resultados obtidos, detectando-se fragilidade da análise por detecção de mudança utilizando duas imagens para análise da vegetação de caatinga.

Tendo em vista que a vegetação de Caatinga é influenciada pelo período de chuva, e sua biomassa modifica-se a partir da disponibilidade de água no solo, obtém-se uma interferência direta na resposta espectral da vegetação (FRANCISCO et al., 2012). Assim, a pluviometria registrada durante o mês em que a imagem de satélite foi capturada influenciou diretamente os resultados obtidos a partir da análise comparativa realizada pela Detecção de Mudança da vegetação.

Assim, a classificação resultante da Detecção de Mudança da vegetação pode ser explicada pelos dados de precipitação obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) (2016) (Tabela 6), sendo que em julho de 2002 mediu-se a precipitação de 269,8 mm, e em junho de 2014, mediu 457,4 mm, demonstrando que em junho de 2014 houve 187,6 mm a mais que no ano de 2002, período de El nino (FRANCISCO et al., 2012).

Mês/ano	Precipitação (mm)
Julho/2002	269,8
Junho/2014	457,4

Tabela 6 – Precipitação referente aos meses de imageamento das imagens.

Fonte: AESA, 2016

Sabendo que a biomassa da vegetação de Caatinga oscila de acordo com a umidade, os resultados obtidos pela Detecção de Mudança comparando duas imagens em um ambiente de Caatinga podem oscilar conforme a precipitação anterior ao momento do imageamento.

Portanto, não é possível afirmar apenas pelos resultados obtidos com a Detecção de Mudança, que a Sub-bacia caracteriza-se como uma área preservada ou crescimento da vegetação, por apresentar boa parte de seu perímetro classificado como Forte Aumento da vegetação, tendo em vista que os resultados podem variar conforme a reação da vegetação em relação a pluviometria.

2.4 CONCLUSÕES

O processo de detecção de mudanças demonstrando modificações em toda a área no período de 2002-2014.

A predominância da classe Forte Aumento da vegetação se dá por toda a imagem na Sub-bacia. A classe Forte Diminuição apesar de ser identificada, é imperceptível. A classe Moderada Diminuição tem representações consideráveis concentrada na porção nordeste da Sub-bacia, e principalmente no entorno das áreas urbanas. A classe Moderado Aumento apresenta-se principalmente bordeando as áreas classificadas como Moderada Diminuição. Também existem áreas de Moderado Aumento inseridas em grandes áreas classificadas como Forte aumento da vegetação.

Diante dos resultados obtidos, cabe inferir tanto a recuperação da vegetação com base na classificação de Forte Aumento na área, como também a influência da umidade nos resultados obtidos, detectando-se fragilidade da análise por detecção de mudança utilizando duas imagens para análise da vegetação de Caatinga.

Portanto, não é possível afirmar apenas com a Detecção de Mudança, que a Sub-bacia caracteriza-se como uma área preservada ou em largo processo de regeneração, tendo em vista que os resultados podem variar conforme a reação da vegetação em relação a pluviometria.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALLEN, R., Bastiaanssen, W.G.M., Waters, R., Tasumi, M., Trezza, R. Algorithms Surface Energy Balance for Land (SEBAL). **Idaho Implementation – Advanced Training Manual and Users**, v. 1.0. 2002.

BITTENCOURT, H. R. **Detecção de mudanças a partir de imagens de fração**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRUZZONE, Lorenzo; PRIETO, Diego F. Automatic Analysis of the Difference Image for Unsupervised Change Detection. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Piscataway**, v. 38, n. 3, 2000.

CANTY, Morton. J. **Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing. Boca Raton. FL: CRC Press, 2007.**

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto**. IG/UNICAMP: Campinas, 1992.

DUARTE, S. M. A. **O Desastre da desertificação no Município de Taperoá, estado da Paraíba, Brasil**. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

DUARTE, S. M. S.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no município de Paperoá, estado da Paraíba. **Qu@litas revista eletrônica**, vol. 9, n. 1, 2010.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 31, n. 6, 1996.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de. Detecção de mudanças da Vegetação de Caatinga. **Revista brasileira de Geografia Física**, vol. 5, n. 6, 2012.

JESSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Traduzido por: José Carlos Neves Epiphany. Parêntese: São José dos Campos, 2009.

LIMA, P. P. S. de. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do rio Taperoá/PB através de indicadores e geotecnologias**. 2014. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

MARKHAM, B. L., BARKER, L. L. Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**. v.8, n.3, 1987.

MONTEIRO, T. R. R. **Uso dos solos, índices de vegetação e degradação na APA das Onças – PB**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

NASA. **The Landsat program**. 2010. Disponível em: < <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em 11 Abr 2010.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

RADKE, Richard J.; ANDRA, Srinivas; AL-KOFAHI, Omar; ROYSAM, Badrinath. Image Change Detection Algorithms: A systematic survey. **IEEE Transactions on Image Processing**, v. 14, n. 3, 2005.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, Uberlândia: EDUFU, 2003.

RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A. **Sensoriamento remoto aplicado à agricultura**. In: RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor; MORAES, Elisabete Caria; PONZONI, Flávio Jorge; CAMARGO JÚNIOR, Hélio; CONFORTE, Jorge Conrado; MOREIRA, José Carlos; EIPHANIO, José Carlos Neves; MOREIRA, Maurício Alves; KAMPEL, Milton; ALBUQUERQUE, Paulo Cesar Gurgel de; MARTINI, Paulo Roberto; FERREIRA, Sérgio Henrique; TAVARES JÚNIOR, Stélio Soares; SANTOS, Vânia Maria Nunes dos (Ed.). Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente. São José dos Campos: INPE, 2002.

SILVA, E. T. J. B. **Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, G. J. F.; GOMES, L. C. F.; SILVA, V. M. A.; FARIAS, A. A.; SOUZA, L. H. G. de; Análise de relevo e uso do solo no município de Taperoá – PB utilizando técnicas de geoprocessamento. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013.

SILVA, M. V. R. da.; CHAVES, M. J.; VASONCELOS, R. N. de.; DUVERGER, S. G. Aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI para a identificação de fragmentos de caatinga em cultivos de *Agave sisalana Perrine* na região Semiárida do Brasil. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. **Anais...** João Pessoa, 2015.

SINGH, Ashbindu. Digital Change Detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n. 6, 1989.

TENG, S.P., CHEN, Y. K., CHENG, K. S., AND LO, H. C. Hypothesis-test-based land cover change detection using multi temporal satellite images – A comparative study, *Advances in Space Research*, v. 41, n. 11, 2008.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Landsat Project Description**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php> Acesso em maio de 2016.

Capítulo 3

Análise das margens do rio
Taperoá de acordo com a
Lei nº 12.651/12



3.1 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água precipitada, que converge seu escoamento para um rio principal. Esse, tem sua importância pautada na extensão e captação, que vai do exutório até a cabeceira da bacia (TUCCI & BRAGA, 2003).

De acordo com Ab'Saber (1900) os rios do semiárido estão assentados sobre neossolos pouco permeáveis, no qual, existe a dificuldade de armazenamento de água, sendo assim, esses dividem-se em duas categorias, conforme seu regime hidrológico: rios perenes ou intermitentes. Se perenes, são uma das principais fontes hídricas dispostas a população. Quando intermitentes, como o rio Taperoá, não proporcionam abastecimento hídrico permanente, contudo, dotados das construções de reservatórios artificiais podem proporcionar essa disponibilidade hídrica permanente.

Entretanto, ambos necessitam da preservação de seu entorno, tendo em vista que, quando introduzida uma modificação na variável de um sistema, essa reflete diretamente ou indiretamente nos demais, perturbando o estado de equilíbrio do conjunto (RODRIGUES, 2001).

Nesse sentido, as matas ciliares configuram-se como formações vegetais que associadas aos cursos d'água tem a função de preservar os recursos hídricos (OLIVEIRA FILHO, 1994; BRASIL, 2005), tendo em vista que, de acordo com Dibieso (2007) os processos e as relações que ocorrem no meio físico, como o uso e ocupação da terra, possuem influência direta na qualidade e na quantidade de água nesses rios.

Diante da importância da preservação dessas áreas, a legislação brasileira dispõe de normas para preservação e controle de qualidade da água, pois, segundo Margalef (1983) é sabido que os ecossistemas fluviais têm uma significativa interação com os ecossistemas terrestres, que de acordo com Payne (1986) suas propriedades estão intimamente ligadas com a sua área de drenagem.

Para essa legislação as denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP) é regida pela Lei nº 12.651/12, artigo 3º, inciso II, e conceitua-se como:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

No que diz respeito a delimitação dessas áreas para faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, essa Lei, no art. 4º, define por largura mínima:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 2012).

Nesse sentido, para o rio Taperoá, tem-se que a APP compreende uma faixa com largura de 100 metros a partir do nível da água. Assim, objetivou-se analisar o uso e ocupação da terra nas margens do Rio, com base na normatização adotada pela Lei nº 12.651/12 e seu cumprimento.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Aquisição das imagens de satélite

As imagens utilizadas foram provenientes do satélite Landsat 8, sensor OLI, para 06/05/2015, bem como, o período chuvoso da área, sabendo que, a vegetação de Caatinga necessita de um período chuvoso para recuperação da folhagem dos seus doseis. A imagem é de disponibilização gratuita, adquirida através da página da USGS.

3.2.2 Processamento Digital das Imagens de Satélite

Todos os processos foram realizados a partir da utilização dos *softwares* Erdas Imagine 2010 e ArcGis 10, licenciados para Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e o Quantum Gis (QGIS) versão 2.12 de uso gratuito com acesso ao *download* através do site < <http://www.qgis.org/>>.

3.2.2.1 Empilhamento

Consistiu na sobreposição das 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho Próximo) do Landsat 8 OLI.

3.2.2.2 Reprojeção das imagens

A imagem obtida tem como referência espacial o DATUM *World Geodetic System* (WGS) 1984 UTM Zona Norte, ou seja, ajustadas para o hemisfério Norte. Assim, havendo a necessidade de reprojeter essas para WGS 1984 UTM Zona Sul.

3.2.2.3 Cômputo da Reflectância

Para o cômputo da reflectancia utilizou-se a Equação 1 (Cap. 1, p. 24).

3.2.2.4 IVAS

Para IVAS calculou-se através da Equação 2 (Cap. 1, p. 25).

3.2.3 Recorte das áreas de estudo – *Buffer*

Para geração do *Buffer*, acessou-se no menu principal “Vetor/ Geoprocessar/ Buffer (s) ”, escolheu-se a camada vetorial em formato linha do rio Taperoá, disponibilizada pela AESA (2016), definiu-se o valor da "Distância do buffer"(100 metros) adequado ao sistema de projeção ao projeto, por fim, direcionou-se o local de sair do *Buffer*.

O recorte foi realizado através do programa ArcGis 10, que utiliza a ferramenta *Spatial Analyst Tools – Extraction – Extraction by Mask*.

Nessa Ferramenta, foi inserido o arquivo *shapefile* do *Buffer*, a imagem completa para recorte, e direcionada o local de saída do produto, assim, a forma do polígono inserido será extraída da imagem.

3.2.4 Classificação da Imagem

O produto do recorte foi classificado de forma manual no ArcGis, partindo do histograma da imagem para possíveis ajustes, quando necessário. A imagem foi classificada em cinco classes, sendo elas: Água; Solo exposto; Agropecuária; Caatinga herbácea; Caatinga arbustiva.

3.2.5 Quantificação dos dados

No ArcGis, obteve-se a quantidade de pixel por classe, utilizando o histograma da imagem. Desse modo, a partir dessas informações, e sabendo que cada pixel dessas imagens tem dimensão de 30x30m, multiplicou-se o valor total de pixels por classe pelo tamanho da área de um pixel (900m²), obtendo-se assim o valor da área em metros quadrados por classe e posteriormente convertendo esse valor em quilômetros quadrados (km²).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos resultados visualizados a partir do mapeamento do uso e ocupação do solo da APP do rio Taperoá, foi possível identificar tanto, áreas classificadas com predominância de Caatinga arbustiva, bem como, Caatinga herbácea. Além de grandes extensões classificadas como Agropecuária. A classe Água foi detectada apenas em alguns pontos ao longo do curso do rio, tendo em vista que esse apresenta regime intermitente, demonstrando acúmulo significativo para a escala de análise (30m x 30m) em apenas alguns pontos (Figura 15).

Estabelecido três pontos de controle, tem-se na Figura 15 (A – $7^{\circ}14'06.63''S/36^{\circ}54'06.59''O$ B – $7^{\circ}12'42.42''S/36^{\circ}45'26.26''O$; C – $7^{\circ}19'13.46''S/36^{\circ}39'08.93''O$) a constatação de classificações diversas.

No ponto A (Figura 15), constatou-se a predominância da classe Agropecuária, bem como, a classe Solo exposto. Como meio de averiguar, buscou-se imagem proveniente do Google Earth Pro, nessa área (Figura 16) é possível visualizar uma extensão significativa as margens do rio sem a presença de Caatinga arbustiva ou herbácea, classificando-se como uma área de agropecuária devido a sua configuração espacial.

Para o ponto B (Figura 15), classificou-se a maior parte da área como Caatinga herbácea e Caatinga arbustiva, com algumas áreas nas extremidades classificadas como Agropecuária, Solo exposto e Água. Na Figura 17, é possível visualizar uma configuração preservada, com vegetação variando de densa a espaçada. Contudo, como demonstrado na classificação do Landsat 8 OLI, é possível perceber que já existem áreas em que a vegetação está sendo retirada e substituídas por áreas agropecuárias.

O ponto C, assim como o ponto A, apresenta uma predominância da classe Vegetação rala/Agricultura e Solo exposto, com alguns pontos classificados como Caatinga herbácea e arbustiva. Contudo, através da Figura 18 percebeu-se que o contexto dessa área se diferencia do ponto A, pois não se configura como área agrícola, mas apresenta proximidade como o município de Parari – PB, com predominância de Solo exposto e Caatinga, em sua maioria, espaçada.

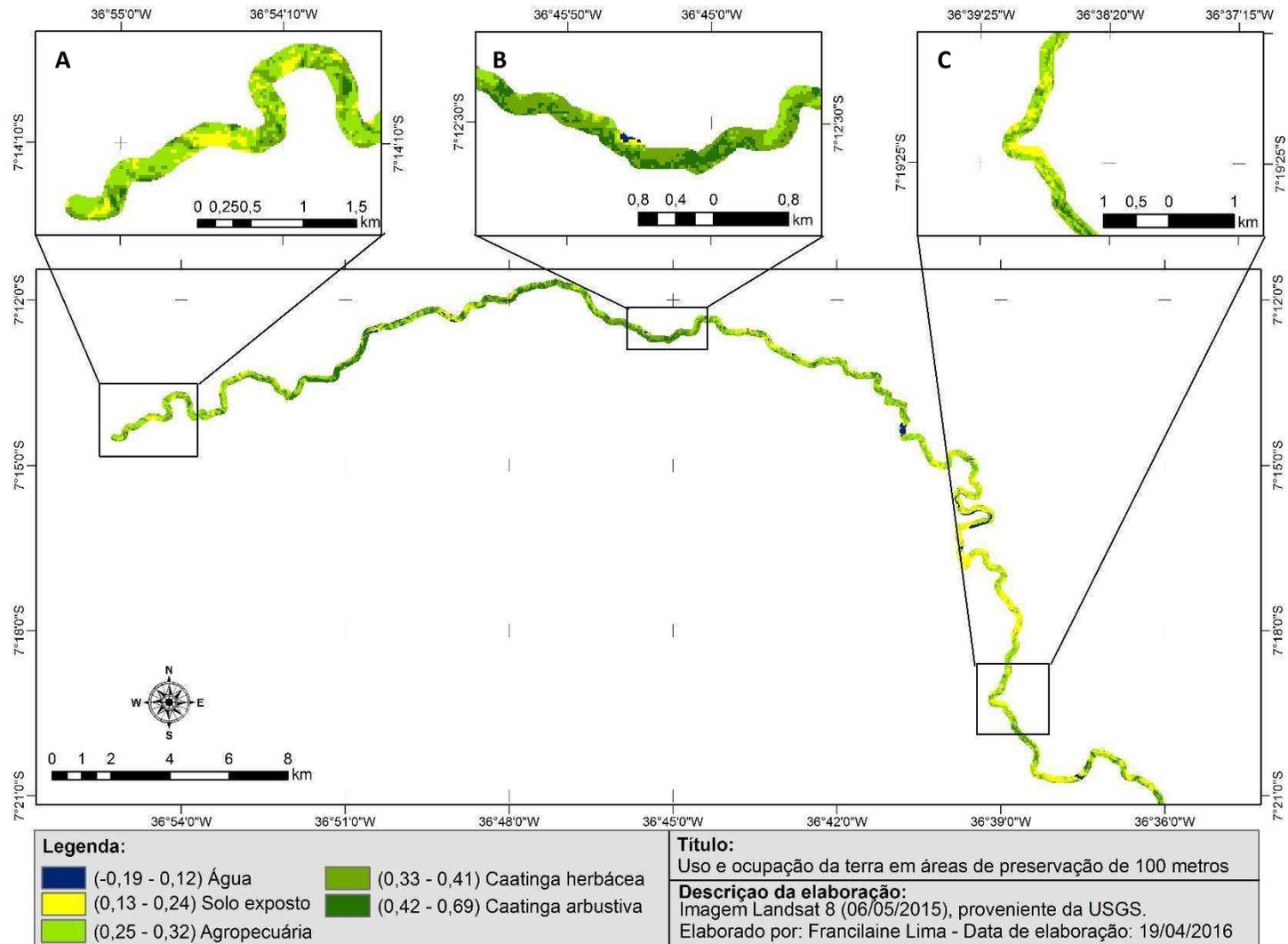


Figura 15 – Uso e ocupação da terra na APP do rio Taperoá.

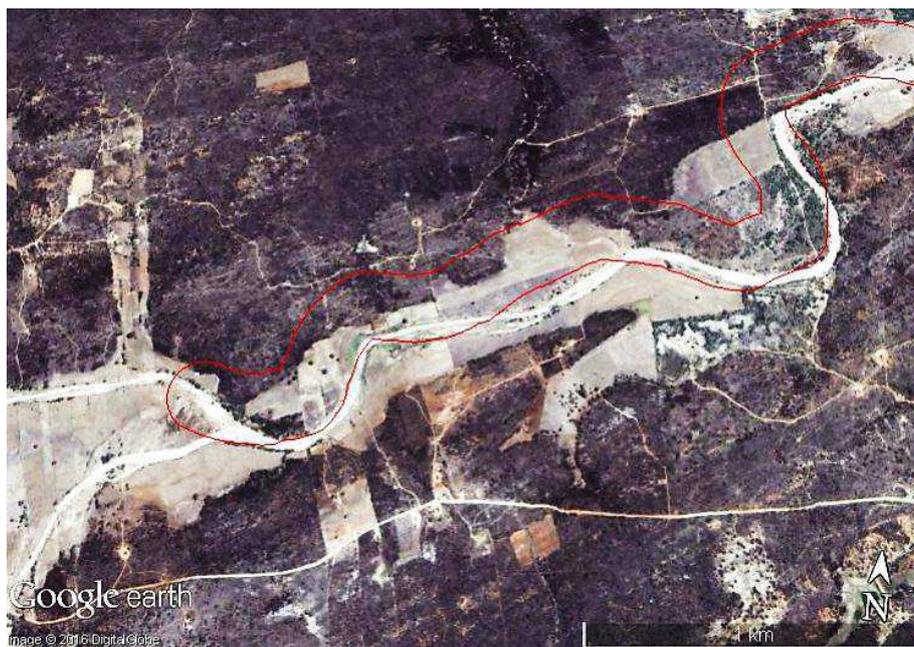


Figura 16 – Ponto de controle A do rio Taperoá

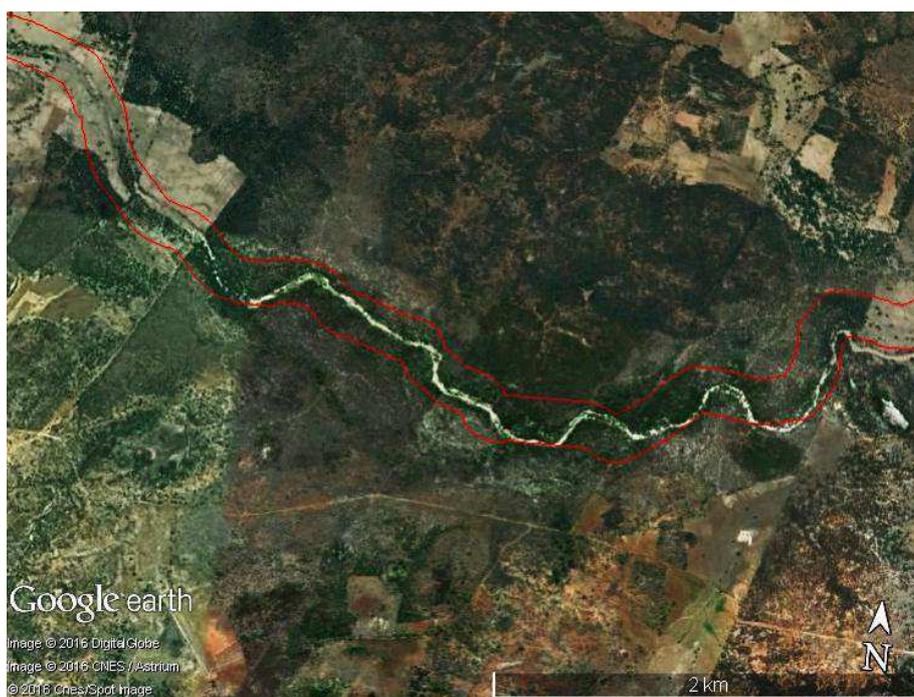


Figura 17 – Ponto de controle B do rio Taperoá



Figura 18 – Ponto de controle C do rio Taperoá

Nesse contexto, através da quantificação, temos que a classe Agropecuária obteve a maior extensão, com 18.85 km² e a classe Solo exposto com 15.08 km² (Tabela 7). Corroborando com o exposto por Kageyama (1989), onde concluiu-se que as APP's há várias décadas vem passando por intensas e constantes degradações para dar espaço a culturas agrícolas, apesar de serem consideradas áreas de preservação permanente pelo Código Florestal.

A classe Caatinga herbácea obteve 13.23 km² e com a menor abrangência teve-se a Vegetação densa calculada em 6.08 km² (Tabela 7). Assim de acordo com Krupek & Felski (2006), que afirmam que essa vegetação tem papel controlador de erosões nas margens dos rios, a manutenção, preservação e conservação da quantidade e qualidade da água, e Santos (2008) que estabelece que pode também acarretar diversas modificações e problemas, como a erosão das margens e conseqüente assoreamento, sólidos em suspensão que trazem dificuldade no tratamento da água para abastecimento e entupimento de tubulações de captação, além da mudança no curso do rio. Tem-se como no rio Taperoá que a área recoberta por vegetação em suas margens, seja ela densa ou espaçada, são importantes para a manutenção e estabilidade desse ambiente.

Classes	Km ²
Água	1.54
Solo exposto	15.08
Agropecuária	18.85
Caatinga herbácea	13.23
Caatinga arbustiva	6.08

Tabela 7 – Quantificação das classes do uso e ocupação da terra nas margens do rio Taperoá.

Nesse sentido, para que fosse possível afirmar que a APP do rio Taperoá esteja de fato preservada, seria necessário que as classes Caatinga arbustiva e herbácea estivesse cobrindo maior parte da área, entretanto, a classe Agropecuária e Solo exposto obtiveram as maiores áreas com 61,93%.

Tais resultados podem indicar o descumprimento da Legislação, em consequência do aumento das áreas agrícolas. Tendo em vista que a APP (100 metros a partir da margem) não deveria conter áreas agropecuárias em seu domínio, mas foi possível visualiza-las tanto na classificação com a imagem Landsat 8 OLI, quanto nas imagens do Google Earth de alta resolução.

Tal problema também foi identificado por Morais et al. (2014), quando analisando as margens do reservatório Eptácio Pessoa, que está inserido na sub-bacia do rio Taperoá – PB, identificaram a presença de áreas com uso agrícola as margens desse reservatório, tanto nas APP's de 30 metros, quanto na área rural, onde a APP deve ser de 100 metros, havendo o claro descumprimento da Lei nº 12.651/12.

Também Bernardi (2007), constata o inadimplemento da legislação na APP dos cursos d'água na sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz em Lavras – MG, na qual, apenas 25.8% da APP está classificada como mata nativa (recoberta por vegetação), o que demonstra problemas na área quando a conservação.

Diante disso, faz-se necessário a fiscalização para cumprimento da Lei e conservação da APP do rio Taperoá, sabendo que essa tem a função de preservar os recursos hídricos, ficando evidente o processo de degradação da vegetação natural. E cientes que os processos modificadores que ocorrem no meio físico em seu entorno acarretam problemas na quantidade e na qualidade da água desse Rio.

3.4 CONCLUSÕES

A imagem Landsat 8 OLI, aplicada a metodologia adotada, demonstrou eficiência e detalhamento para a classificação e análise. Bem como, a associação da imagem classificada com as imagens advindas do Google Earth Pro, promoveram uma maior corroboração aos dados.

Dentre os resultados obtidos, foi possível perceber em diversos pontos da APP, o descumprimento da legislação que cobra a preservação da área. Sendo possível visualizar áreas com configuração agropecuária. Além de área de Solo exposto, com conformação tanto de retirada da vegetação, como de afloramentos rochosos, visualizadas na imagem classificada do Landsat 8 OLI e nas imagens do Google Earth.

Também foram detectadas áreas com configuração preservada, havendo a predominância de vegetação de densa à espaçada. Contudo, já demonstrando um processo de sufocamento por áreas de desmatamentos e substituição da vegetação nativa por áreas agricultáveis. Assim, identificando-se a necessidade de uma maior fiscalização na área, para que haja a execução da Lei.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. FLORAM: Nordeste Seco. **Revista Estudos Avançados**. v. 4 , 1900.
- BERNARDI, H. V. F. **Proposta para caracterização, estratificação ambiental e recuperação de mata ciliares de uma sub-bacia do Alto Rio Grande**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.senado.gov.br/>>. Acesso em: Abr. 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Brasília, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: Abr. 2016.
- DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.
- KAGEYAMA, P. Y. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: Simpósio Sobre Mata Ciliar, 1, Campinas, Fundação Cargill. **Anais...** São Paulo, 1989.
- KRUPEK, R. A.; FELSKI, G.: Avaliação da Cobertura Ripária de Rios e Riachos da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 8 n. 2, jul./dez 2006.
- MARGALEF, R. **Limnología**. Ediciones Omega, S.A: Barcelona, 1983.
- MORAIS, R. D.; SILVA, J. B.; ARAÚJO, A. R. Análise espacial das margens do reservatório de água Epitácio Pessoa – PB: Reflexões sobre a capacidade de armazenamento. **REA – Revista de Estudos Ambientais**, v.6, n.1, p. 6-15, jan/jun. 2014.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, v. 1, n. 1, jan. / jun. 1994.

PAYNE, A. I. **The ecology of tropical lakes and rivers**. John Wiley & Sons: Chichester, 1986.

RODRIGUES, C. A teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do departamento de Geografia**, n. 14, 2001.

SANTOS, D. G.; DOMINGOS, A. F.; GISLER, C. V. T.: Gestão de Recursos Hídricos na Agricultura: O Programa Produtor de Água. In: Manejo e conservação da água no contexto e mudanças ambientais. XVII Reunião Brasileira De Manejo E Conservação Do Solo E Da Água, 2008. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

TUCCI, C. E. M; BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. ABRH: Porto Alegre, 2003.