



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA**

FILIPE GOMES DIAS

**ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

**BELÉM - PA
2019**

FILIPE GOMES DIAS

**ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA – Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Linha de Pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Aline Maria Meiguins de Lima

BELÉM - PA

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da
Universidade Federal do Pará**

D541a Dias, Filipe Gomes.

Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará, Amazônia Oriental:
subsídios ao planejamento ambiental / Filipe Gomes Dias. — 2019.

135 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Aline Maria Meiguins de Lima

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Uso e Cobertura da Terra. 2. Paisagem. 3. Planejamento Ambiental. 4. Bacia
Hidrográfica. 5. Rio Acará-PA. I. Título.

CDD 577.098115

FILIPE GOMES DIAS

**ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO
AMBIENTAL.**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Sócio-Ambiental na Amazônia.

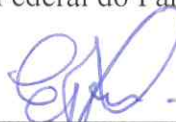
Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Socio-Ambiental.

Data de aprovação: 22 / 02 / 2019

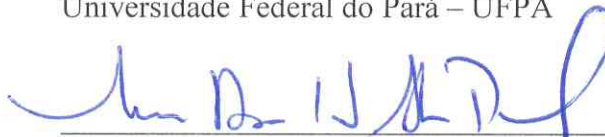
Banca Examinadora:



Dra. Aline Maria Meiguins de Lima – Orientadora
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará – UFPA



Dr. Everaldo Barreiros de Souza – Membro Interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará – UFPA



Dra. Marcia Aparecida da Silva Pimentel – Membro Interno
Doutora em Geografia
Universidade Federal do Pará – UFPA



Dra. Arlete Silva Almeida – Membro Externo
Doutora em Ciências Ambientais
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG

RESUMO

A dinâmica do uso e cobertura da terra na região Amazônica tem impulsionado alterações negativas nos diferentes sistemas ambientais, que em muitos casos apresentam cenários muito graves. Tal situação torna de suma importância as ações de planejamento e gestão ambiental dos recursos naturais. Desse modo, a presente pesquisa tem por objetivo realizar uma análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará, Nordeste paraense, na Amazônia Oriental, por meio de técnicas de geoprocessamento, com o intuito de subsidiar ações de planejamento ambiental. Para isso, adotou-se os fundamentos teórico-metodológicos da abordagem geoambiental para analisar de forma integrada e holística os aspectos, as condições, os problemas, as fragilidades e potencialidades da paisagem da bacia. A construção desta pesquisa contou com o levantamento de bibliografias sobre o tema, de dados socioeconômicos e geocartográficos, para a confecção de mapas e cartas temáticas. Os resultados obtidos indicam que a bacia apresenta cinco unidades geoambientais marcadas por condições socioeconômicas e de saneamento ambiental baixas e insatisfatórias, onde a implementação de políticas públicas específicas influenciou diretamente em mudanças do uso da terra, tanto no sentido de menores taxas de desflorestamento quanto na expansão do monocultivo de dendê, em sua maioria em áreas degradadas, porém avançando para áreas florestais. Constatou-se também que os usos da terra, sobretudo as atividades agropecuárias, têm degradado substancialmente as zonas ripárias, além de influenciar na manutenção de água no sistema hídrico, impactando áreas que desempenham funções vitais para a sustentabilidade hidroambiental da bacia. Dessa forma, são apresentadas recomendações gerais para subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio Acará para se alcançar um quadro de sustentabilidade hidroambiental.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra. Paisagem. Planejamento ambiental. Bacia hidrográfica. Rio Acará-PA.

ABSTRACT

The dynamics of land use/cover in the Amazon region have driven negative changes in the different environmental systems, which in many cases present very serious scenarios. This situation makes the actions of environmental planning and management of natural resources of utmost importance. Thus, this research aims perform an integrated analysis of the landscape in the Acará river basin, Northeast of Para, in the Eastern Amazon, through geoprocessing techniques, in order to subsidize environmental planning actions. For this, the theoretical-methodological foundations of the geo-environmental approach were adopted to analyze in an integrated and holistic way the aspects, conditions, problems, fragilities, and potentialities of the basin landscape. This research was based on the collection of bibliographies on the subject, as well as on socioeconomic and geocartographic data, for the making of maps and thematic charts. The results indicate that the basin presents five geoenvironmental units marked by low socioeconomic conditions and low and unsatisfactory environmental sanitation, where the implementation of specific public policies directly influenced changes in land use, both in the sense of lower deforestation rates, and in the expansion of oil palm fields, mostly in degraded areas, but advancing to forest areas. It was also observed that land uses, especially agriculture and cattle-raising activities, have substantially degraded riparian zones, besides influencing the maintenance of water in the water system, impacting areas that play vital functions for the hydro-environmental sustainability of the basin. Thus, general recommendations are presented to support actions of environmental planning and management in the Acará river basin to achieve a framework of hydro-environmental sustainability.

Keywords: Use/land cover. Landscape. Environmental planning. River basin. Acará River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma metodológico integrado da pesquisa.....	17
Figura 2 - Localização da área de estudo.....	21
Quadro 1 - Categorias e definição do PMV.....	24
Quadro 2 - Níveis e exigências para alcançar a categoria “Município Verde”.....	24
Figura 3 - Unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Acará.....	26
Figura 4 - Unidades morfológicas da bacia hidrográfica do rio Acará.....	28
Figura 5 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Acará.....	30
Figura 6 - Declividade da bacia hidrográfica do rio Acará.....	31
Figura 7 - Tipos climáticos da bacia do rio Acará.....	33
Figura 8 - Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Acará.....	35
Figura 9 - Tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Acará.....	37
Quadro 3 - Processo histórico de formação dos municípios da bacia do rio Acará.....	38
Figura 10 - Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Acará.....	41
Figura 11 - Índice de Progresso Social dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.....	44
Figura 12 - Percentual da população atendida com rede geral de abastecimento nos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.....	46
Figura 13 - Percentual da população atendida com esgotamento sanitário adequado nos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.....	48
Figura 14 - Percentual da população atendida por coleta de resíduos sólidos nos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.....	49
Figura 15 - Situação dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará no Programa Municípios Verdes, 2018.....	52
Figura 16 - Informações ambientais dos imóveis rurais do CAR na bacia hidrográfica do rio Acará.....	53
Quadro 4 - Potencialidades, limitações e recomendações das unidades geoambientais da bacia do rio Acará.....	55
Figura 17 - Unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acará.....	56

Figura 18 - Problemas socioambientais (a) na unidade geoambiental de Várzea. (b) Rio Acará-mirim, (c) Açaizal. (d) Plantio de pimenta. (e) Trecho do rio Acará no seu alto curso com margens conservadas na unidade de Colinas. (f) Pastagens próximas à igarapés. (g) Deposição de resíduos sólidos à céu aberto na zona rural do município de Tailândia. (h) Assoreamento e plantio de dendê às margens de um igarapé da bacia do rio Acará.....	58
Figura 19 - Localização da bacia hidrográfica do rio Acará.....	68
Quadro 5 - Reclassificação das classes do projeto Terraclass.....	69
Figura 20 - Uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará de 2004.....	72
Figura 21 - Uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará de 2010.....	73
Figura 22 - Uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará de 2014.....	74
Figura 23 - Taxas de uso e cobertura da terra na bacia do rio Acará para os anos de 2004, 2010, e 2014.....	75
Figura 24 - Diagramas de transição- (a) elaborado por Lameira et al. (2016) para o município de Tomé-Açu (região leste-sudeste da bacia) correspondendo ao período de 2009 a 2013; (b) elaborado neste trabalho para a bacia do rio Acará, período 2010 a 2014.....	81
Figura 25 - Sistemas de ocupação e cobertura da terra na bacia do rio Acará.....	83
Figura 26 - Localização da bacia hidrográfica do rio Acará.....	91
Quadro 6 - Características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Acará.....	92
Figura 27 - Fluxograma para a delimitação da zona ripária da bacia do rio Acará.....	93
Figura 28 - Curva de permanência do rio Capim, Estação Badajós (1969-2007).....	93
Quadro 7 - Chave de interpretação das classes de uso e cobertura da terra.....	94
Figura 29 - Pontos de coleta das classes de uso e cobertura da terra na bacia do rio Acará.....	96
Figura 30 - Zonas ripárias e uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará.....	98
Figura 31 - Área de Preservação Permanente da bacia do rio Acará.....	100
Figura 32 - Reserva Legal e Terras Indígenas na bacia do rio Acará.....	102

Figura 33 - Zoneamento do nível de pressão pelo uso da terra nas áreas ripárias das sub-bacias do rio Acará.....	103
Figura 34 - Localização da bacia hidrográfica do rio Acará.....	111
Figura 35 - Componentes geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acará.....	112
Quadro 8 - Literatura sobre o comportamento dos atributos dos componentes na entrada e saída da água no sistema da bacia hidrográfica.....	114
Figura 36 - Componentes fuzificados e pesos AHP.....	117
Figura 37 - Fragilidade hidropotencial da bacia do rio Acará.....	119
Figura 38 - Fragilidade hidroambiental da bacia do rio Acará.....	120
Figura 39 - Percentual das classes de fragilidade da bacia do rio Acará.....	118
Figura 40 - Percentual da conversão das classes de fragilidade hidropotencial para hidroambiental da bacia do rio Acará.....	122
Figura 41 - Zoneamento hidroambiental da bacia do rio Acará.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes do IPS a partir do desempenho dos municípios da Amazônia Legal.....	43
Tabela 2 - Cadastro Ambiental Rural dos principais municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.....	54
Tabela 3 - Matriz de Transição do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará entre os anos de 2004 e 2010.....	77
Tabela 4 - Matriz de Transição do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará entre os anos de 2010 e 2014.....	77
Tabela 5 - Área das sub-bacias com a frequência e porcentagem de degradação das zonas ripárias.....	103
Tabela 6 - Classes de fragilidade hidroambiental.....	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1	Estrutura da dissertação	16
1.2	Metodologia integrada	17
2	DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL	18
2.1	Introdução	19
2.2	Materiais e métodos	20
2.2.1	Área de estudo	20
2.2.2	Procedimentos metodológicos e dados utilizados	22
2.3	Resultados e discussão	25
2.3.1	Aspectos geológicos e geomorfológicos	25
2.3.2	Clima e hidrografia.....	32
2.3.3	Solos	36
2.3.4	Breve contextualização do processo histórico-geográfico de formação dos municípios da bacia do rio Acará.....	38
2.3.5	Uso e cobertura da terra	39
2.3.6	Condições socioeconômicas	42
2.3.7	Saneamento básico	45
2.3.8	Instrumentos ambientais legais	50
2.3.9	Unidades geoambientais: potencialidades, limitações e recomendações para ações de planejamento ambiental	54
2.4	Considerações finais	60
	REFERÊNCIAS	61
3	AS MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA EM BACIA HIDROGRÁFICA SOB PRESSÃO DOS SISTEMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO NA AMAZÔNIA ORIENTAL	65
3.1	Introdução	66
3.2	Materiais e métodos	67
3.2.1	Área de estudo.....	67
3.2.2	Dados e procedimentos metodológicos ...	69
3.3	Resultados e discussão	70

3.4	Considerações finais	82
	REFERÊNCIAS	84
4	A IMPORTÂNCIA DE ÁREAS HIDROLOGICAMENTE SENSÍVEIS NAS AÇÕES DE PLANEJAMENTO: ESTUDO DE CASO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DA AMAZÔNIA ORIENTAL	88
4.1	Introdução	89
4.2	Material e métodos	91
4.2.1	Área de estudo	91
4.2.2	Dados utilizados e procedimentos metodológicos.....	92
4.2.2.1	Delimitação da zona ripária.....	92
4.2.2.2	Uso e cobertura da terra.....	94
4.3	Resultados e discussão	97
4.4	Considerações finais	104
	REFERÊNCIAS	105
5	ZONEAMENTO HIDROAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL	108
5.1	Introdução	109
5.2	Materiais e métodos	110
5.2.1	Área de estudo	110
5.2.2	Dados e procedimentos metodológicos	111
5.3	Resultados e discussão	118
5.4	Considerações finais	126
	REFERÊNCIAS	127
6	CONCLUSÃO GERAL	131
	REFERÊNCIAS	134

1 INTRODUÇÃO GERAL

O atual modelo de produção econômico estabelece uma relação desarmônica entre Sociedade/Natureza, que impõe uma série de problemáticas de ordens sociais, econômicas, culturais, políticas e ambientais. O contexto atual demonstra o grave quadro de ausência de saneamento básico, poluição e contaminação dos recursos hídricos, ocupação de áreas susceptíveis, desflorestamento, conflitos socioambientais, entre outros, que necessitam de soluções e/ou mitigações.

Buscar respostas para os problemas socioambientais é necessário para o estabelecimento da qualidade ambiental e de vida. Entretanto, a complexidade dessas problemáticas demanda o tratamento de forma integrada e holística de todas as ordens envolvidas, haja vista, que a abordagem setorial e reducionista não alcança as raízes dos problemas. Nesse sentido, a perspectiva da análise geoambiental integrada destaca-se por possibilitar a compreensão da dinâmica inter-relacional entre os aspectos socioeconômicos e físico-naturais em um determinado território (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004).

As ações de planejamento e gestão ambiental são de suma importância nesse contexto, pois buscam subsidiar as diretrizes da tomada de decisão sobre as ações impostas no meio ambiente, a partir do conhecimento integrado das suas dinâmicas, componentes, estruturas e funcionalidades (RODRIGUEZ *et al.*, 2011; RODRIGUEZ; SILVA, 2016).

Santos (2004) explica que o planejamento ambiental consiste na análise das potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais, objetivando o aproveitamento racional do espaço de acordo com suas características, através da espacialização de ocupações, ações e atividades.

Das diversas abordagens teórico-metodológicas existentes dentro do planejamento ambiental, o método de planejamento da paisagem é considerado como o mais sintetizador e integrador, pois utiliza a paisagem desde o início como unidade de análise (RODRIGUEZ; SILVA, 2016).

Como elemento da paisagem, a bacia hidrográfica é considerada como categoria essencial de análise, planejamento e gestão ambiental. A bacia hidrográfica é entendida como o conjunto de escoamento hídrico que drena uma área delimitada topograficamente, onde se expressa relações e interações sistêmicas dos aspectos naturais e socioeconômicos (SILVA; RODRIGUEZ, 2014; TUCCI, 2007).

O planejamento ambiental em bacias hidrográficas é consolidado através da Lei 9.433/97, a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também conhecida como *Lei das Águas*, onde a gestão dos recursos hídricos é concebida de maneira

descentralizada, compartilhada e sistêmica, tomando a bacia como unidade territorial. Apesar de ser uma lei moderna, a implementação de fato ainda encontra vários entraves institucionais, contribuindo mais para o avanço paradigmático da gestão dos recursos hídricos (CEREZINI; HANAI, 2017; PORTO; PORTO, 2008).

O processo de planejamento ambiental em bacias hidrográficas na região Amazônica é dotado de grande importância frente à intensa dinâmica do uso da terra, que pode ocasionar alterações em seu comportamento hidrológico (COHEN *et al.*, 2007; DAVIDSON *et al.*, 2012; SIQUEIRA JÚNIOR *et al.*, 2015) e problemas socioambientais (GORAYEB *et al.*, 2009; SIQUEIRA; APRILE, 2013).

No Estado do Pará, a Lei 6.381/01 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecida aos moldes da PNRH, a qual institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que divide o estado em sete macrorregiões hidrográficas.

Das macrorregiões hidrográficas do estado do Pará, a Região Hidrográfica da Costa Atlântica - Nordeste corresponde a 9,75% da área do estado, constituída pelas bacias dos rios Guamá-Moju, Gurupi e da Costa Atlântica. As principais drenagens dessa região são os rios principais Guamá, Moju, Acará, Capim e Gurupí (compartilhadas com o estado o Maranhão), Piriá, Emboraí, Urumajó, Caeté, Cacos, Maracaná, Cajiri, Marapanim, Mocajuba, Barreto, além dos afluentes formados pelos rios Acará-Mirim, Gurupi-Mirim, Uarim, Aiú-Açu, Camari, Guajará, Rolim, Coaraci-Paraná, Pirabas, Mojuí e Maguarí.

A bacia hidrográfica do rio Acará, objeto de estudo da pesquisa, possui extensão territorial de 13.357,24 km², com extensão longitudinal do rio principal de 398,7 Km e drena nove municípios: Acará, Aurora do Pará, Bujaru, Concórdia do Pará, Ipixuna do Pará, Moju, São Domingos do Capim, Tailândia e Tomé-Açu. As principais atividades econômicas desenvolvidas na área da bacia são relacionadas, em sua maioria, ao setor primário, como a extração de madeira, pecuária extensiva, plantio de mandioca, pimenta, fruticultura, e, em menor grau, ao comércio e serviços (NAHUM; SANTOS, 2016).

Essa bacia está localizada na mesorregião do Nordeste paraense, microrregião de Tomé-Açu. Essa região foi palco recente de um conjunto de políticas públicas com o objetivo de estimular o plantio de dendê em áreas degradadas. Nesse sentido, como a expansão do uso da terra é um dos principais vetores de degradação dos recursos naturais na Amazônia, faz-se necessário investigar a dinâmica dos diferentes padrões de uso da terra na transformação da paisagem nessa região.

Alguns estudos já realizados apresentam resultados de impactos negativos no âmbito socioambiental com a expansão do monocultivo na mesorregião (DAMIANI, 2017; NAHUM;

SANTOS, 2013; REPÓRTER BRASIL, 2013). Entretanto, estudos adotando a bacia hidrográfica como unidade para analisar os reflexos de tal fenômeno ainda são carentes. Dessa forma, a bacia hidrográfica do rio Acará situa-se em um contexto central, pois cerca de 98% de sua delimitação compreende os municípios de Acará, Tailândia e Tomé-Açu, os quais são majoritários na quantidade produzida e áreas destinadas ao plantio do monocultivo (IBGE, 2017). Além disso, existe a necessidade de se conhecer as condições geoambientais, haja vista, a bacia do rio Acará, em si, é pouco, ou quase nada, utilizada para estudos, análises e diagnósticos, sendo bastante desprovida de informações.

Diante do exposto, o problema da presente pesquisa pode ser abreviado na seguinte pergunta: A dinâmica da paisagem existente no território da bacia hidrográfica do rio Acará é condicionante para ocorrência de problemas, limitações e fragilidades decorrentes da apropriação desordenada dos recursos naturais?

Algumas hipóteses foram levantadas para direcionar a construção da presente pesquisa:

- ✓ A dinâmica geoambiental na bacia do rio Acará apresenta impactos socioambientais nas diferentes unidades da paisagem e baixas condições socioeconômicas e de saneamento básico.
- ✓ As mudanças de cobertura da terra pelos diferentes sistemas de uso e ocupação impuseram impactos socioambientais.
- ✓ As zonas ripárias da bacia do rio Acará apresentam elevado grau de degradação.
- ✓ A bacia do rio Acará apresenta fragilidades baixa e média.

Desse modo, o presente projeto tem por objetivo analisar de forma integrada a paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará por meio de técnicas de geoprocessamento, com a finalidade de subsidiar ações de planejamento ambiental. Haja vista, a bacia hidrográfica como unidade de estudo e análise através de ferramentas de geotecnologias se apresenta como uma abordagem importante dentro de um conjunto de metodologias interdisciplinares para avaliação de maneira integrada das ações antrópicas impostas ao meio.

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Avaliar as condições geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acará.
- ✓ Analisar as mudanças do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará.
- ✓ Realizar um zoneamento para identificar o nível de pressão das zonas ripárias da bacia hidrográfica do rio Acará através dos usos e cobertura da terra, além de comparar com diferentes dispositivos de proteção ambiental com o propósito de quantificar as áreas hidrologicamente sensíveis que não estariam respaldadas pela legislação ambiental.

- ✓ Propor um zoneamento hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Acará sob um viés sistêmico e integrado da paisagem a partir do conhecimento das suas fragilidades, identificando as áreas que potencializam a manutenção de água no sistema hidrográfico, com intuito de preservação e conservação dos recursos hídricos.

Por fim, vale situar o caráter interdisciplinar da pesquisa no âmbito das ciências ambientais, ainda que esse imperativo não seja um exercício pronto e acabado, pois o esforço conceitual para superar as barreiras disciplinares trilha um horizonte de acordo com a dimensão da crise ambiental. Entretanto, a conjunção da perspectiva teórico-metodológica e do objeto de estudo, utilizados na presente pesquisa, possibilitou a articulação e integração técnica e conceitual entre os conhecimentos que dão bases para as ciências ambientais, obtendo resultados que podem auxiliar no desenvolvimento de um quadro sustentável para a área de estudo.

1.1 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada considerando no Capítulo 1 a “*Introdução Geral*”, como visto, é apresentada a temática, questões norteadoras, objetivos e a área de estudo da pesquisa. No Capítulo 2 “*Diagnóstico geoambiental da paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará*” são analisadas as condições socioeconômicas e de saneamento básico, assim como são caracterizados os aspectos geoambientais e identificadas as potencialidades e limitações das unidades geoambientais

No Capítulo 3 “*As Mudanças de Cobertura da Terra em Bacia Hidrográfica sob Pressão dos Sistemas de Uso e Ocupação do Território na Amazônia Oriental*” são identificados os diferentes padrões de uso e cobertura da terra e sua dinâmica ao longo do tempo-espaço, analisando as possíveis causas e consequências socioambientais da conversão e expansão entre os usos. No Capítulo 4 “*A Importância de Áreas Hidrologicamente Sensíveis nas Ações de Planejamento: Estudo de Caso em uma Bacia Hidrográfica da Amazônia Oriental*” é demonstrado a importância de se estabelecer mecanismos de preservação e conservação ambiental das zonas ripárias, cujo ecossistema desempenha funções hidroecológicas vitais.

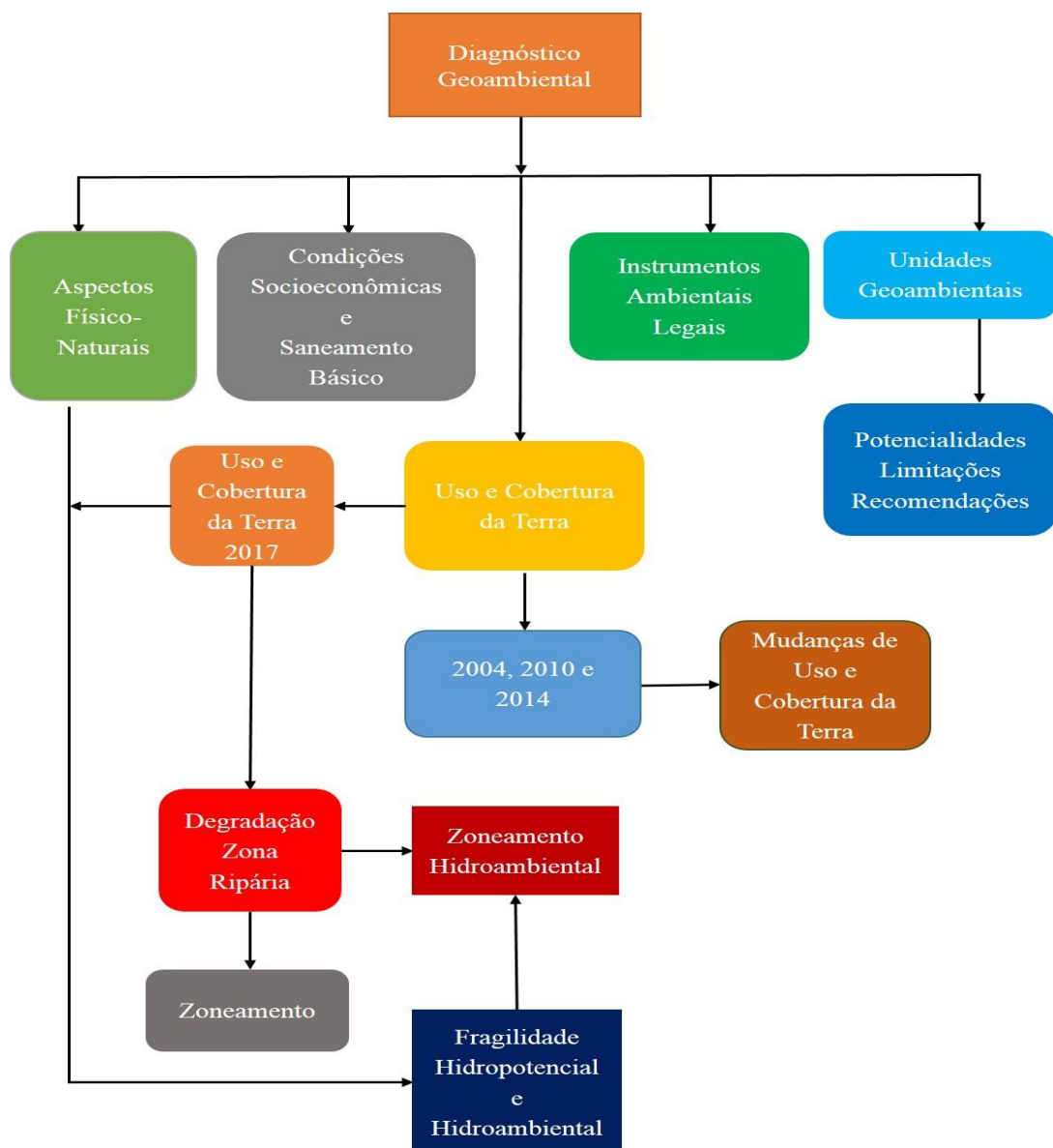
No Capítulo 5 “*Zoneamento Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Acará*” é analisada a capacidade de manutenção de água no sistema hídrico da bacia a partir de suas características geoambientais, identificando os níveis de fragilidade hidropotencial e hidroambiental, com isso foi realizado um zoneamento hidroambiental para dar subsídios ao

planejamento e gestão ambiental. No Capítulo 6 “*Conclusão Geral*” são apresentadas as principais considerações e apreensões sobre a pesquisa.

1.2 Metodologia integrada

O fluxograma da Figura 1 abaixo apresenta o esquema metodológico dos produtos sistematizados e originados para realizar a análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará. O detalhamento de todos os processos está disposto em cada capítulo correspondente.

Figura 1 – Fluxograma metodológico integrado da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2. DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: A compreensão integrada da paisagem permite identificar as potencialidades e limitações das diferentes unidades geoambientais associadas a dinâmica do território. O presente trabalho objetivou realizar a avaliação geoambiental da paisagem componente da bacia hidrográfica do rio Acará, Amazônia Oriental, propondo ações de planejamento e gestão ambiental. O método adotou o levantamento de dados secundários (cartográficos, socioeconômicos), elaboração de cartas temáticas específicas e a sistematização integrada para identificação das unidades geoambientais. Os resultados demonstraram que as diferentes unidades geoambientais apresentam impactos socioambientais em comum como saneamento ambiental precário e a degradação da cobertura florestal, principalmente as matas ciliares, por diferentes atividades econômicas, sobretudo a pecuária e a expansão do monocultivo de dendê. A partir disso, foi proposto recomendações que visam estabelecer condições ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Potencialidades. Limitações. Recomendações. Planejamento. Rio Acará.

GEOENVIRONMENTAL PATTERN OF ACARÁ RIVER BASIN LANDSCAPE, EASTERN AMAZON

ABSTRACT: The integrated understanding of the landscape allows the identification of the potentialities and limitations of the different geoenvironmental units associated to the dynamics of the territory. This article aimed to carry out the geoenvironmental evaluation of the landscape component of the Acará river basin, Eastern Amazonia, proposing actions of environmental planning and management. The method involved the collection of secondary data (cartographic, socioeconomic), as well as the elaboration of specific thematic charts and the integrated systematization to identify the geoenvironmental units. We found that the different geoenvironmental units have common socioenvironmental impacts, such as precarious environmental sanitation and the degradation of forest cover, mainly the riparian forests, due to different economic activities, mainly cattle raising and the expansion of oil palm monoculture. Given the results, we propose recommendations to establish environmentally sustainable conditions.

Keywords: Potentials. Limitations. Recommendations. Planning. Acará River.

2.1 Introdução

A complexidade da questão ambiental requer a utilização de abordagens que possibilitem uma visão holística da relação Sociedade/Natureza. Desse modo, compreender a situação socioambiental de um dado território perpassa pela investigação e o tratamento de forma integrada das suas condições socioeconômicas e naturais.

Baseada em uma concepção sistêmica, a Geoecologia das Paisagens tem ganhado destaque por prover um conjunto teórico-metodológico capaz de realizar estudos integrados dos componentes geoambientais, avaliando suas potencialidades, limitações e problemas, o que permite, dessa forma, propor ações de planejamento e gestão ambiental de acordo com a estrutura e funcionalidade das unidades geoambientais (RODRIGUEZ; SILVA, 2016; SILVA; RODRIGUEZ, 2014).

As unidades geoambientais ou geoecológicas são constituídas a partir da dinâmica interativa dos componentes geoambientais, ou seja, a geologia, geomorfologia, solos, hidrografia, clima, etc. os quais são responsáveis por formarem diferentes complexos paisagísticos.

Nesse viés, Magalhães *et al.* (2010) afirmam que os estudos a partir das unidades geoambientais partem de uma concepção integrativa que deriva do estudo unificado das condições naturais que conduz a uma percepção do meio em que vive o homem e onde se adaptam os demais seres vivos.

Partindo dessa abordagem, a realização de diagnósticos, com o intuito de estabelecer ações de planejamento e gestão ambiental, devem ser elaborados em uma perspectiva integrada dos componentes geoambientais para compreensão concisa da situação socioambiental de determinado território (RODRIGUEZ; SILVA, 2016).

A cartografia desempenha um papel fundamental na abordagem geoambiental, pois ela permite a espacialização das análises, diagnósticos e proposições, referentes às paisagens de um dado território, a visualização da realidade geográfica bem como representar seus problemas e potencialidades, e ainda projetar cenários essenciais ao desenvolvimento de estratégias de gestão ambiental (SILVA, 2012).

De tal forma que o conceito de dinâmica da paisagem passa a abranger (TURNER *et al.*, 1993): as alterações sofridas ao longo do tempo; as taxas de recuperação; o tamanho ou extensão espacial da alteração; e o tamanho ou extensão espacial da paisagem como um todo. Wu (2013) destaca que no estudo da dinâmica de uma paisagem deve ser desenvolvida uma compreensão geral das relações entre os padrões espaço-temporais, as forças motrizes e os impactos associados às condições ambientais e padrões dinâmicos de uso e cobertura da terra;

estes permitiriam discutir o comportamento da biodiversidade, a função dos ecossistemas e compreender os efeitos ambientais do antropismo em várias escalas.

A caracterização da paisagem a partir da sua dinâmica, parte do princípio que é possível idealizar modelos evolutivos baseados nos seus principais processos, na análise da sensibilidade dos sistemas envolvidos, nos fatores escala e heterogeneidade de seus componentes (VALTERS, 2016); além da frequência e magnitude das relações entre os sistemas componentes - biofísicos e antrópicos (BRIERLEY *et al.*, 2013).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação geoambiental da paisagem componente da bacia hidrográfica do rio Acará, Amazônia Oriental, com o desígnio de estabelecer subsídios para o planejamento e gestão ambiental da área. A bacia do rio Acará está localizada na mesorregião do Nordeste paraense, a qual é caracterizada por uma colonização consolidada, com grandes transformações nos recursos naturais, e atualmente é palco de políticas públicas que viabilizam a expansão de monocultivo de dendê, o que acarretou mudanças nas dinâmicas socioeconômicas e ambientais. Fazendo-se, contudo, importante investigar a situação socioambiental da área.

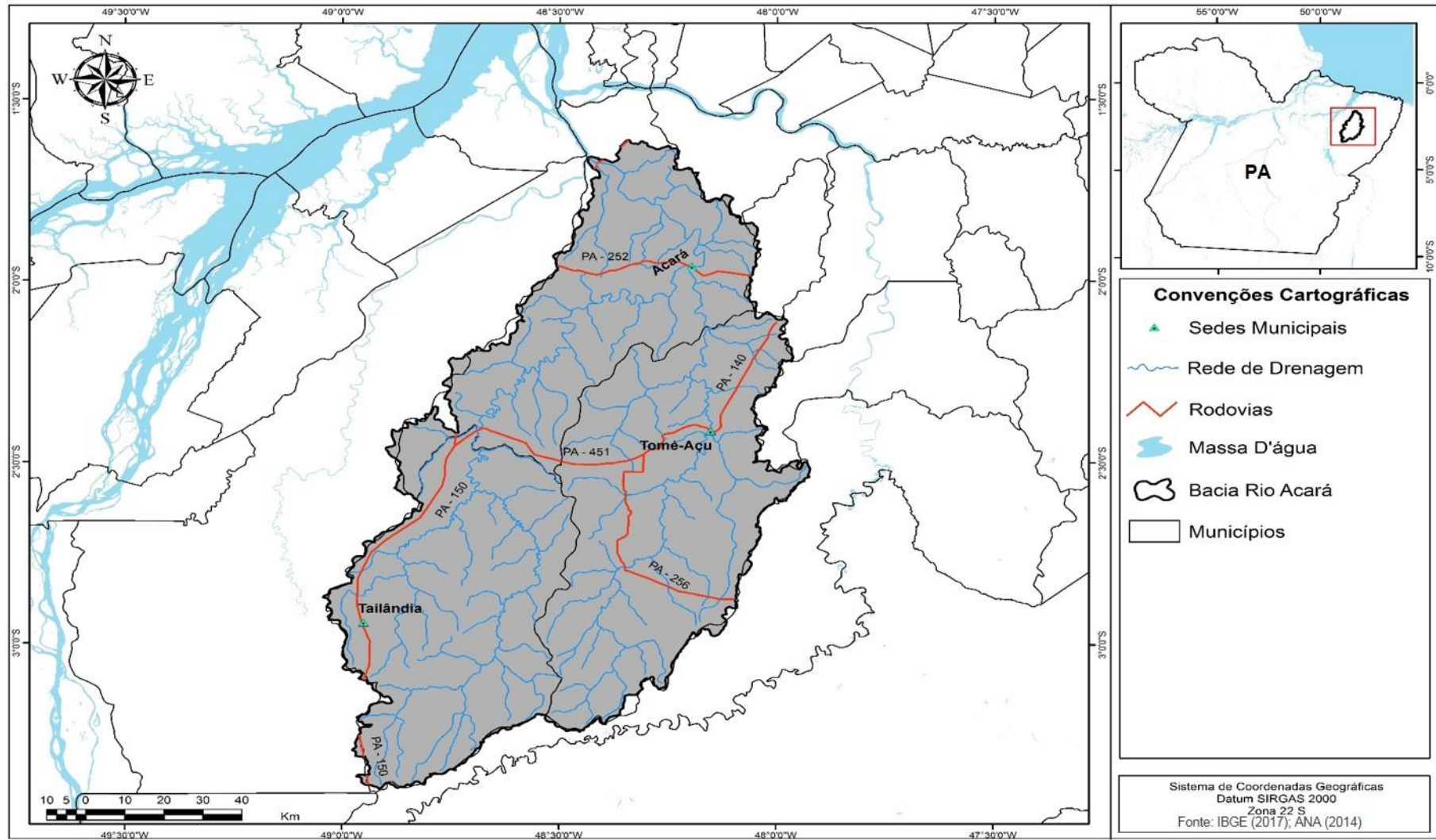
Portanto, primeiramente foram caracterizados os componentes geoambientais, bem como o processo de formação histórico-geográfica dos principais municípios da bacia do rio Acará e o uso e cobertura da terra, seguido das condições socioeconômicas e, por fim, a delimitação das unidades geoambientais com análise das suas potencialidades e limitações, bem como recomendações que visem a utilização de acordo com as características funcionais daquelas.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Acará está localizada na mesorregião do Nordeste paraense, Amazônia Oriental, e possui uma área de 13.537,5 km², com o seu rio principal apresentando uma extensão longitudinal de 398,7 Km. A área da bacia abrange nove municípios, são eles: Acará, Aurora do Pará, Bujaru, Concórdia do Pará, Ipixuna do Pará, Moju, São Domingos do Capim, Tailândia e Tomé-Açú. A maior parte da bacia está dentro do limite político-administrativo dos municípios de Tomé-Açú, Tailândia e Acará, compreendendo cerca de 98% de sua área (Figura 2). Desse modo, utilizou-se somente esses municípios como recorte de análise.

Figura 2 - Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.2 Procedimentos metodológicos e dados utilizados

O arcabouço teórico-metodológico foi desenvolvido com base nos trabalhos de Nascimento e Sampaio (2004), Rodriguez e Silva (2016), Costa (2017), etc. por demonstrarem a potencialidade da perspectiva geoambiental nos estudos ambientais integrados. De forma complementar, realizou-se trabalho de campo para verificação *in loco* da situação socioambiental da bacia do rio Acará.

Os componentes geoambientais adotados para analisar a dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica foram: geologia, geomorfologia, clima, hidrografia, pedologia e uso e cobertura da terra. Tais informações foram compiladas de diversos órgãos institucionais e sistematizados em um banco de dados.

O banco de dados georreferenciados foi composto pelos dados cartográficos digitalizados da Agência Nacional de Águas (ANA) (rede de drenagem e delimitação da bacia do rio Acará); pelos mapas temáticos de geologia e tipos de solos (dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:250.000); clima (arquivos vetoriais do repositório *Updated World Map of the Koppen-Geiger Climate*); a carta geomorfológica foi confeccionada através da análise interpretativa do relevo a partir da hipsometria, declividade e curvas de nível, essas informações foram geradas por meio de um Modelo Digital de Terreno (MDT, obtido a partir das imagens SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*), a taxonomia das formas de relevo seguiu a proposta estabelecida por Ross (1992).

No que se refere às condições socioeconômicas dos municípios da bacia do rio Acará, foi utilizado o Índice de Progresso Social (IPS) dos municípios da Amazônia organizado pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON). Devido às dificuldades de se obter dados de saneamento básico em uma mesma escala temporal para todos os municípios da bacia, suas representações foram realizadas a partir de diferentes anos.

Os mapas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos foram realizados com os dados entre os anos de 2010 e 2016, sendo esses os dados mais recentes disponíveis. Os dados sobre abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos foram obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os dados utilizados sobre esgotamento sanitário foram do censo de 2010 do IBGE.

Considerou-se como abastecimento de água a população abastecida com a rede geral de distribuição. Na coleta de resíduos sólidos foi considerado a população atendida pelo serviço. E no esgotamento sanitário foi avaliado os domicílios que tinham os tipos de esgotamento de fossa séptica e rede geral de esgoto ou pluvial.

A carta de uso e cobertura da terra, onde são detalhadas as atividades econômicas desenvolvidas na bacia do rio Acará, foi produzida a partir das informações do projeto TerraClass desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), na escala de 1:100.000. Salienta-se que uso e cobertura da terra são conceitos distintos, onde a cobertura da terra está ligada ao revestimento natural e artificial da superfície, enquanto o uso da terra refere-se à apropriação cultural e econômica sobre a cobertura por parte da sociedade, como “áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reserva biológicas etc.” (LEITE; ROSA, 2012, p. 92). As informações utilizadas foram do ano de 2014.

A carta das unidades geoambientais da bacia do rio Acará baseou-se na proposta de Souza (2015), cujo histórico de trabalhos, desde a década de 70, é discutido por Silva e Aquino (2016). Estes autores ao abordarem os procedimentos adotados para o dimensionamento das unidades geoambientais enfatizam o relevo como delimitador das unidades, destacando ainda: o diagnóstico integrado dos componentes geoambientais; a execução de trabalhos de sensoriamento remoto para fins de produção geocartográfica; o inventário das potencialidades e limitações dos sistemas ambientais; e por fim a elaboração de zoneamentos ambientais em diferentes escalas de abordagem.

Os instrumentos ambientais legais selecionados para análise da situação ambiental dos municípios da bacia foram o Programa Municípios Verdes (PMV) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR).

O PMV estabelece cinco categorias, onde os municípios são classificados a partir do grau de desmatamento e degradação florestal, que irão dar as diretrizes de atuação do programa em cada município. As categorias são (WHATELY; CAMPANILI, 2013): a) Municípios Embargados; b) Municípios Sob Pressão; c) Municípios Consolidados; d) Municípios de Base Florestal; e e) Municípios Monitorados e Sob Controle (Quadro 1).

Para alcançar a categoria de “Municípios Verdes”, os municípios precisam atender alguns critérios estabelecidos pelo PMV. Dessa forma, o programa criou três diferentes níveis, cujos requisitos se dá de forma crescente, para essa categoria com o intuito de não categorizar de forma precipitada e errônea, sem que, de fato, os municípios tenham controlados suas taxas de desmatamento e inserido a porcentagem de CAR (WHATELY; CAMPANILI, 2013). Os níveis são: Básico, Avançado e Pleno (Quadro 2).

Quadro 1 - Categorias e definição do PMV.

Categorias	Definição
Municípios Embargados	Está relacionada à lista do MMA dos municípios que mais desmatam na Amazônia, ou seja, taxas superiores a 40 Km ² ; A ação prioritária nesta categoria é a retirada dos municípios dessa lista, ou seja, a partir do controle do desmatamento e a expansão do CAR.
Municípios Sob Pressão	Refere-se aos municípios que possuem elevado risco de desmatamento; a ação prioritária consiste na prevenção ou redução do desmatamento e no incremento crescente do CAR.
Municípios Consolidados	Tem como base o risco médio de desmatamento, pois o processo de supressão da cobertura vegetal, nos municípios que enquadram esta categoria, já ocorreu em decorrência de seu processo de ocupação; a ação prioritária é a inserção do CAR e a regularização dos passivos ambientais.
Municípios de Base Florestal	Corresponde aos municípios que possuem mais de 60% de sua área com cobertura vegetal e com baixas taxas de desmatamento, apresentando, dessa forma, baixo risco de desmatamento; a ação prioritária é o fortalecimento da economia florestal.
Municípios Monitorados e Sob Controle	Atribuída aos municípios que estão de acordo com a resolução nº 01/2012 do comitê gestor do PMV, ou seja, são os municípios que saíram da lista do MMA, e que agora controlam e monitoram o desmatamento; o processo de regularização dos passivos ambientais e o licenciamento das atividades rurais são as ações prioritárias dessa categoria

Fonte: Elaborado com base em Whately e Campanili (2013).

Quadro 2 - Níveis e exigências para alcançar a categoria “Município Verde”.

Município Verde	Exigências mínimas
Nível Básico	Caracterizado por critérios temporais de, no mínimo, dois anos de permanência na categoria “Monitorados e Sob Controle” e sem a ocorrência de casos de trabalho análogo à escravidão, bem com o município estar habilitado e possuir uma equipe técnica para gestão ambiental rural.
Nível Avançado	É levado em conta, no mínimo, 90% da área cadastrável inscrita no CAR, todos os imóveis rurais inscritos no CAR validados (APP e ARL definidas), e deste, no mínimo, 80% com licenciamento ambiental.
Nível Pleno	Constituído por 100 % da área cadastrável inscrita no CAR e dos imóveis com licenciamento ambiental das atividades rurais, e desses as APP e ARL estarem em processo de regularização.

Fonte: Elaborado com base em Whately e Campanili (2013).

As informações desses foram obtidas por meio da Secretária de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS) e o Serviço Florestal Brasileiro, respectivamente. A partir disso, foram confeccionados os mapas que representam a situação ambiental dos municípios da bacia do rio Acará através das informações dos instrumentos abordados.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Aspectos geológico-geomorfológicos

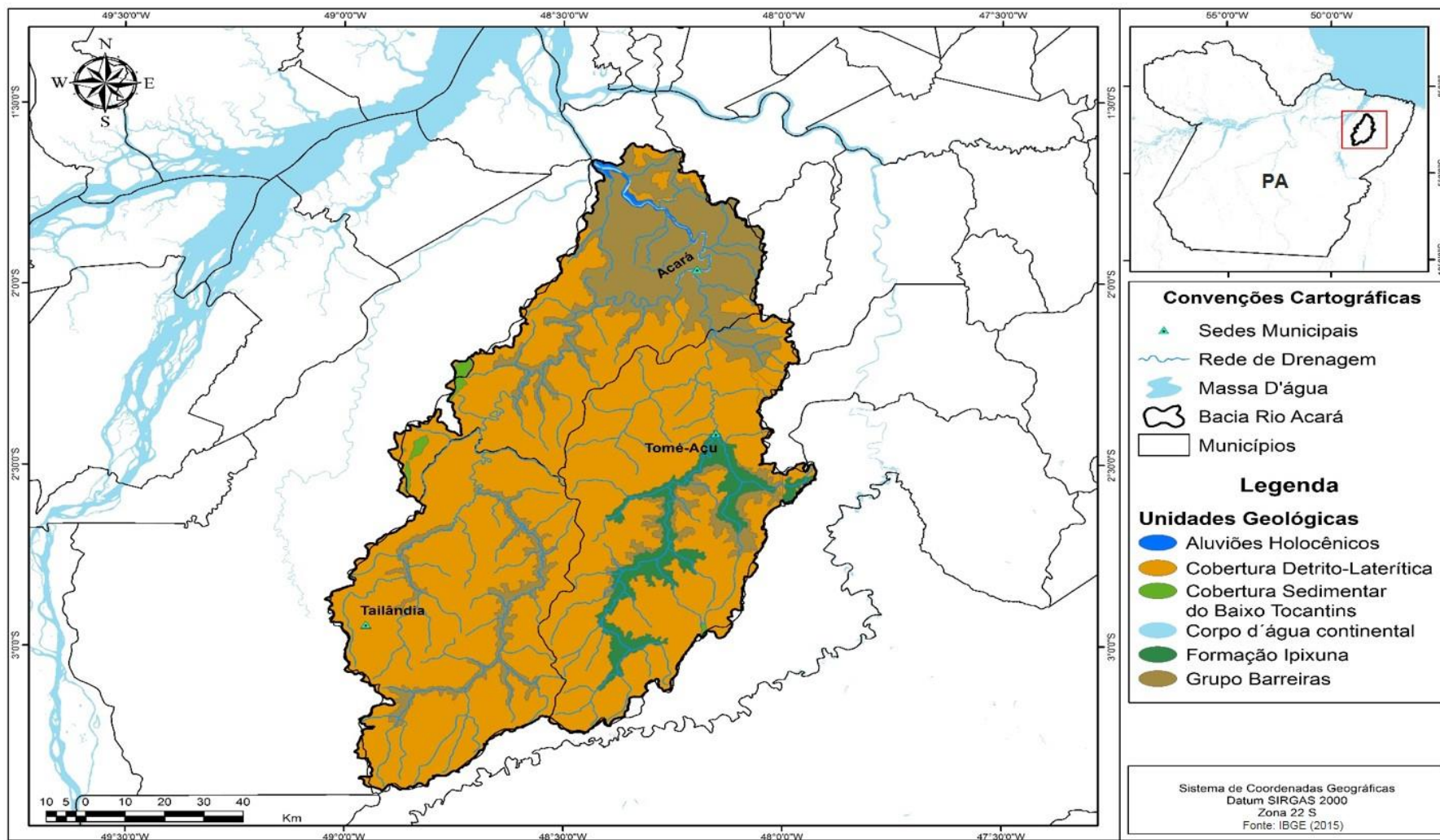
A bacia hidrográfica do rio Acará está localizada na unidade morfoestrutural da bacia sedimentar amazônica. As unidades geológicas presentes na bacia são (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008; VASQUEZ *et al.*, 2008): Aluviões Holocênicos, Cobertura Detrito-Laterítica, Cobertura Sedimentar do Baixo Tocantins, Formação Ipixuna e Grupo Barreiras (Figura 3).

A Cobertura Detrito-Laterítica é a unidade geológica com maior predominância na bacia hidrográfica, abrangendo uma de área de 10.157,81 Km², ou 75,03% da área total da bacia, seguida pelo Grupo Barreiras, que corresponde a 2.663,57 Km², ou 19,67% da bacia do rio Acará. A Cobertura Sedimentar do Baixo Tocantins é a menor unidade geológica, ocupando 62,48 Km², ou 0,46% da área da bacia hidrográfica do rio Acará.

A idade das unidades geológicas da bacia do rio Acará varia entre o Mesozoico e o Cenozoico. Elas são formadas por rochas de origem sedimentar. Na distribuição das unidades geológicas são predominantes as rochas do Cenozoico, caracterizadas pelos depósitos aluvionares, que são constituídos de material arenoso e silto-argiloso, ocorrendo em partes da área de planície de inundação com feições de drenagem anastomosada da bacia hidrográfica.

A Cobertura Detrito-Laterítica presente na bacia é marcada por sua constituição em diferentes períodos do Cenozoico. Os sedimentos arenosos e argilo-arenosos, também decorrentes do Cenozoico, de origem erosiva, caracterizam o Grupo Barreiras e a Cobertura Sedimentar do Baixo Tocantins. Estes contribuem para dificultar o processo de infiltração no solo, que fragiliza a recarga subterrânea da bacia. As rochas sedimentares na bacia do rio Acará, advindas do Mesozoico, caracterizam a Formação Ipixuna (GÓES, 1981).

Figura 3 - Unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

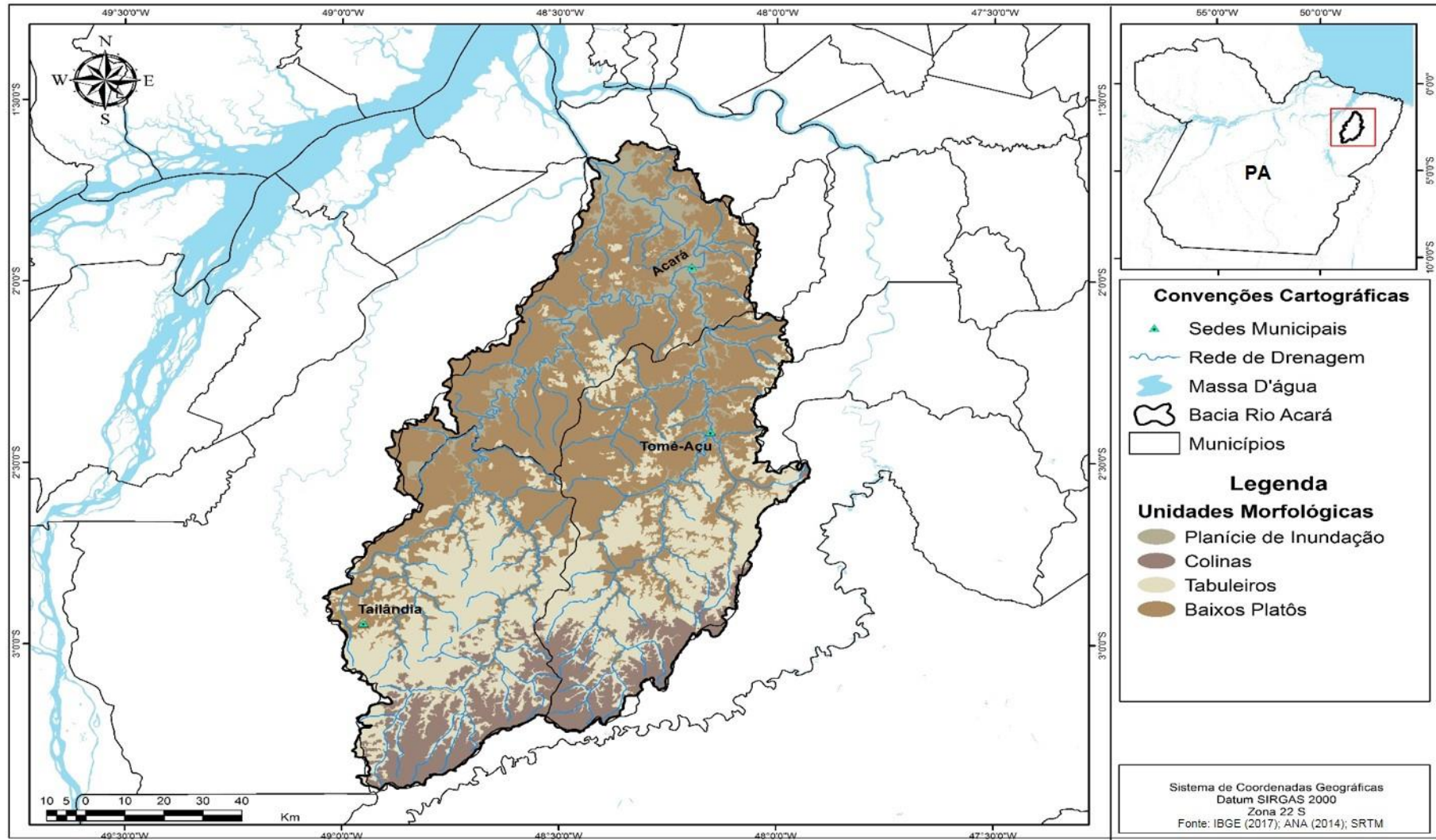
A bacia hidrográfica do rio Acará está inserida na unidade de relevo Planalto Rebaixados da Amazônia. Partindo da proposta estabelecida por Ross (1992), que classifica a superfície terrestre em *táxons*, do maior nível (1º) – morfoestrutural – até o menor nível (6º) – formas de processos atuais –, identificou-se unidades morfológicas (3º) mais detalhadas do Planalto Rebaixados da Amazônia, são elas: Planície de Inundação, Baixos Platôs, Tabuleiros e Colinas (Figura 4).

O processo de acumulação fluvial responsável pela formação de áreas planas, que estão sujeitas sazonalmente a inundações, e que ocorrem nos vales com preenchimento aluvial, caracteriza as planícies de inundação. Essa unidade morfológica representa 1.272,49 km² de área da bacia do rio Acará.

Diferentemente das planícies de inundação, os baixos platôs são áreas planas que possuem uma leve inclinação, e de acordo com IBGE (2009), “apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido às mudanças de condições de escoamento e conseqüente retomada de erosão”. Os baixos platôs são responsáveis por abrangerem 6.854,22 Km², sendo a maior unidade morfológica da bacia do rio Acará.

Os tabuleiros são unidades de relevo que se caracterizam por sua origem sedimentar, forma topográfica plana e de altitudes baixas, que geralmente possuem limites abruptos (GUERRA; GUERRA, 2005). Essa unidade é a segunda mais presente na bacia do rio Acará, compreendendo 5.172,24 Km². As formas topográficas com topos arredondados que ocorrem nas maiores altitudes, constituem um relevo de colinas, este corresponde a 1.635,96 Km² da área da bacia hidrográfica.

Figura 4 - Unidades morfológicas da bacia hidrográfica do rio Acara.



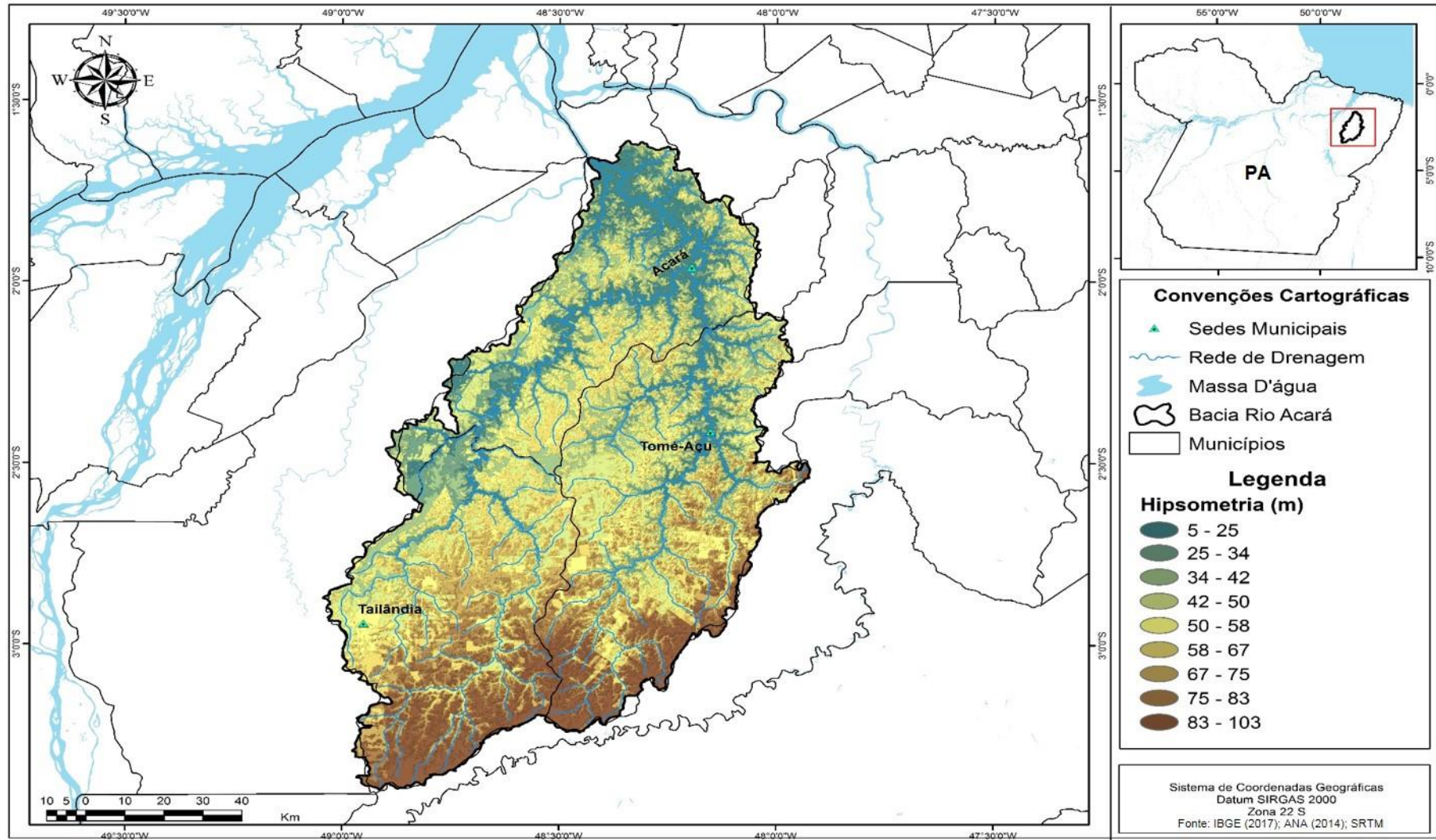
Fonte: Elaborado pelo autor.

A hipsometria da bacia do rio Acará está representada na Figura 5. A cota máxima da bacia foi de 103 m, a cota mínima de 5 m e a altimetria média de 51,34 m, sendo a amplitude altimétrica da bacia de 98 m. A hipsometria é caracterizada por representar a variação altimétrica a partir das cotas mínimas e cotas máximas do relevo, influenciando diretamente em processos do ciclo hidrológico (TONELLO, 2005), além de atuar nos processos de erosão e deposição.

A declividade da bacia do rio Acará está representada na Figura 6. Ela foi reclassificada de acordo com a proposta da Embrapa (2006), que estabelece as seguintes classes: Plano (0-3); Suavemente Ondulado (3-8); Ondulado (8-20); Fortemente Ondulado (20-45); Montanhoso (45-75); Escarpado (>75). A declividade do terreno na bacia do rio Acará alcança somente até a classe Fortemente Ondulado (20-45). A declividade atua diretamente no comportamento do escoamento superficial e infiltração da água da chuva no solo (CARDOSO *et al.*, 2006) e, conseqüentemente, no processo erosivo. Além disso, em conjunto com diferentes fatores, direciona sobre as práticas e manejo do solo. A bacia do rio Acará é caracterizada por possuir um terreno predominantemente plano.

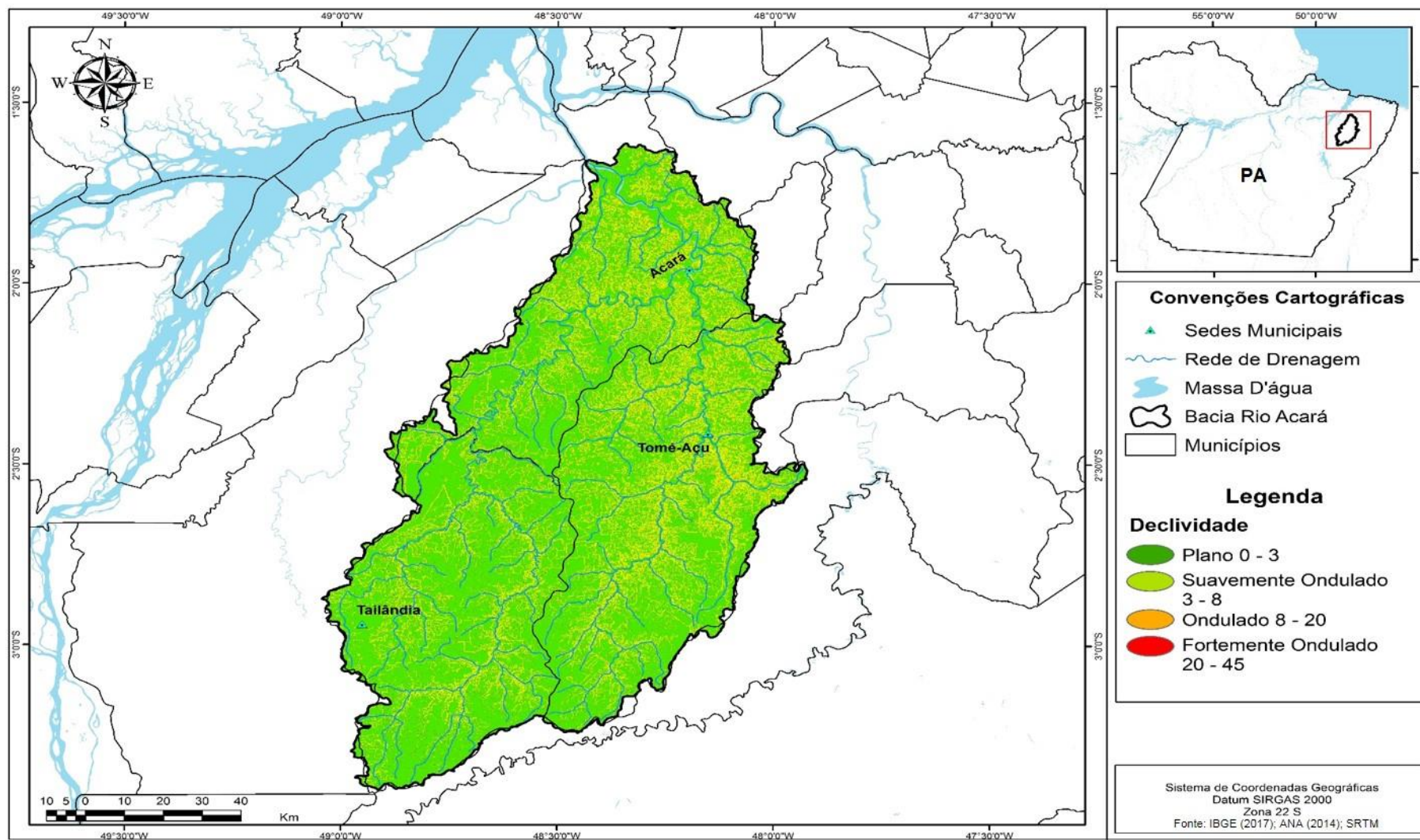
A área da bacia possui um terreno de 97,28% relacionado às classes de declividade plano e suavemente ondulado. Sua declividade máxima é de 20,6%, com declividade mínima igual a zero e a declividade média de 2,49%. Desse modo, com terreno de declividades relativamente baixas, a bacia do rio Acará apresenta baixa tendência para o processo de erosão hídrica, devido ao escoamento superficial mais lento.

Figura 5 - Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Declividade da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.2 Clima e hidrografia

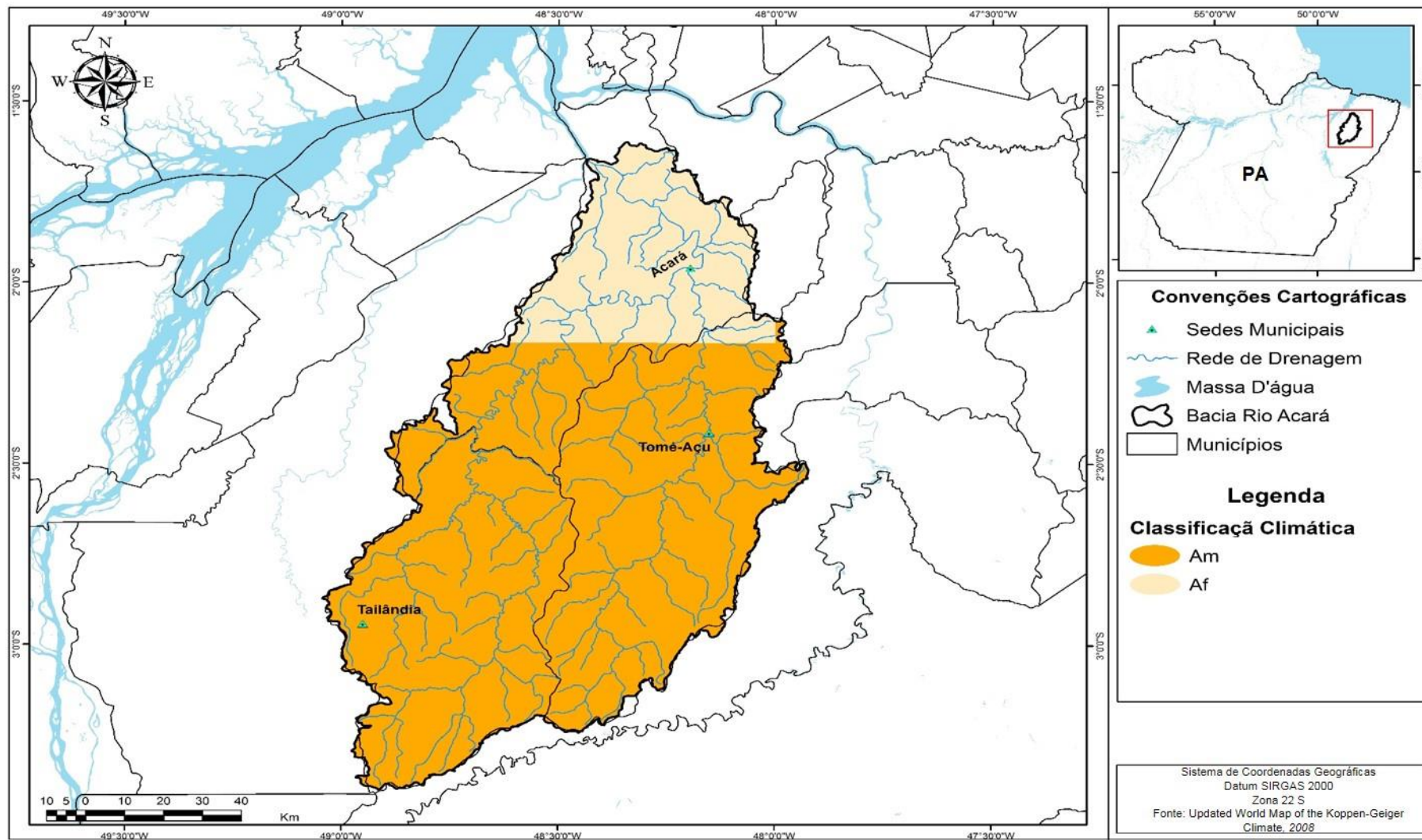
As características climáticas presentes na região da bacia do rio Acará resultam da atuação de sistemas atmosféricos em escala global e local. De acordo com Nobre *et al.* (2009), a ação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) somada as circulações locais, que estão relacionadas às linhas de instabilidade ao longo da costa, como as brisas marinhas, são as responsáveis pela precipitação elevada nas áreas próximas à foz do rio Amazonas.

Em relação à temperatura, sua sazonalidade é pequena nessa região, apresentando amplitude anual em torno de 1 °C a 2 °C, devido sua posição geográfica que resulta na alta incidência de radiação solar durante o ano. A partir da classificação climática de Köppen-Geiger, a bacia hidrográfica do rio Acará está inserida em dois tipos climáticos: *Am* (Tropical de Monção) e *Af* (Tropical Equatorial) (Figura 7).

De acordo com Peel *et al.* (2007), essa classificação considera a sazonalidade da temperatura do ar e precipitação, com seus respectivos valores médios anuais e mensais. Desse modo, o tipo climático *Af* (Tropical Equatorial) é caracterizado pelo clima megatérmico, com a temperatura média do mês mais frio do ano acima de 18 °C, forte precipitação anual, com a média anual acima de 1500 mm, e a ausência de uma estação invernal. De forma semelhante, o tipo climático *Am* (Tropical de Monção) possui como características um clima megatérmico, temperaturas elevadas, com a média do mês mais frio acima de 18 °C, chuvas durante todo ano, umidade elevada, inexistência de estação seca definida (PEEL *et al.* 2007).

Essas características climáticas refletem no potencial hídrico que a região Amazônica possui, tanto nas águas superficiais quanto nas águas subterrâneas, com uma ampla rede hídrica com canais extensos e vales abertos. Nesse sentido, as condições climáticas, juntamente com a estrutura geológica e as formas de relevo, irão influenciar na configuração morfométrica da bacia, o qual será melhor detalhado a seguir.

Figura 7 - Tipos climáticos da bacia do rio Acara.

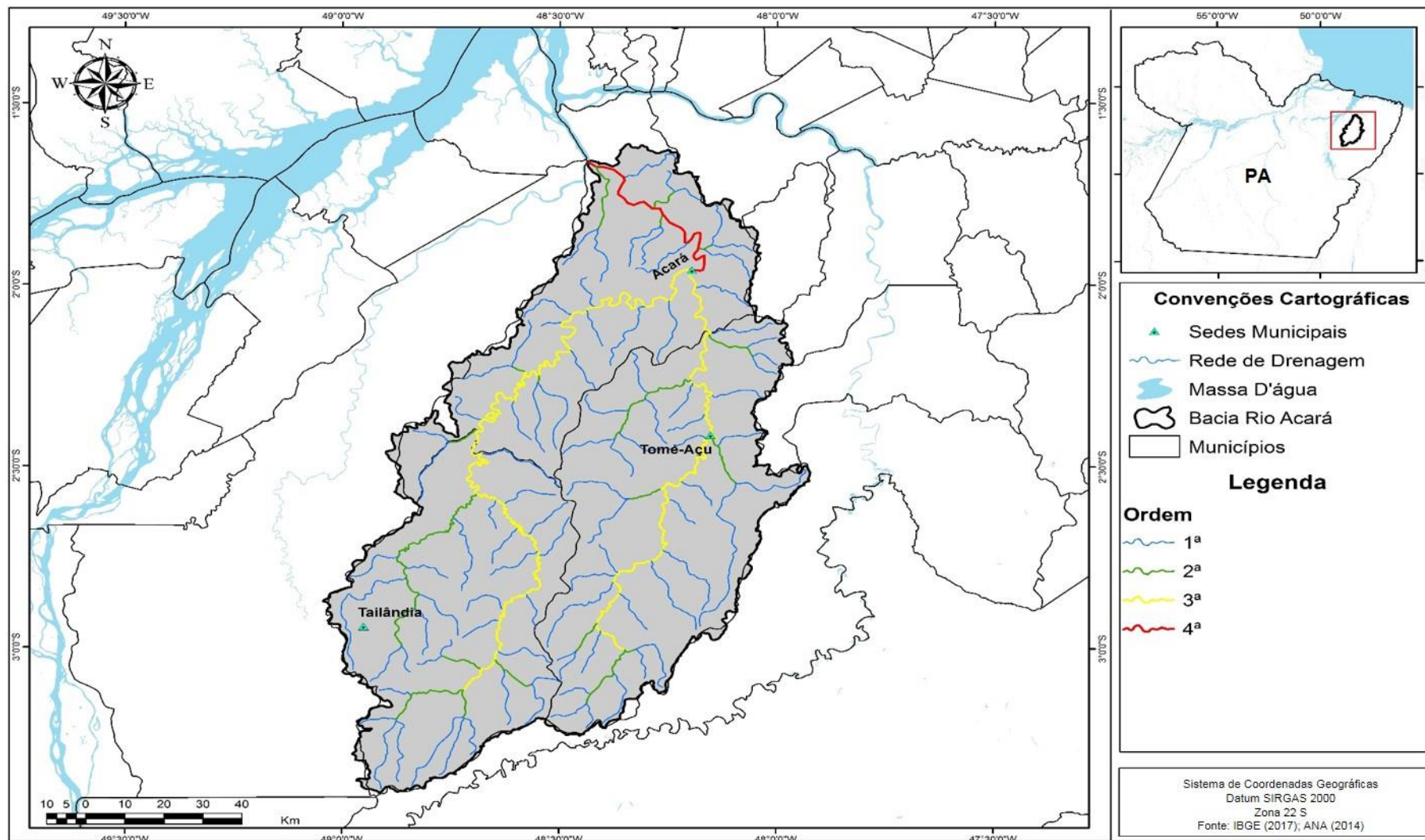


Fonte: Elaborado pelo autor.

A hidrografia da bacia do rio Acará é caracterizada por possuir um formato alongado, rede de drenagem bem ramificada, sendo a hierarquia fluvial de 4ª ordem (considerando a extração da rede de drenagem na escala de 1:250.000) (Figura 8), com o escoamento superficial seguindo, preferencialmente, a direção N-S. Além disso, apresenta um padrão de drenagem com estrutura linear, com canais conformando ângulos de 90° (favorecendo os padrões treliça e angular), com tendências NW-SE e E-W, além de um padrão localmente dendrítico.

O rio Acará é considerado um rio de água branca, marcado por apresentar comportamento diferenciado da nascente até a sua foz. No seu médio curso, exibe um comportamento meandrante, que em direção a foz apresenta forte mudança de comportamento com a alteração de direção para NW-SE.

Figura 8 - Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.3 Solos

Os solos são corpos naturais tridimensionais resultantes dos processos físico-químicos que modificam o substrato rochoso, compostos de partes sólidas, líquidas e gasosas, constituídos de materiais minerais e orgânicos, que, a partir da interação de diferentes fatores como o clima, organismos, materiais de origem, relevo e o tempo, surgem com características diversas e diferentes graus de evolução (EMBRAPA, 2006; SILVA, 2011).

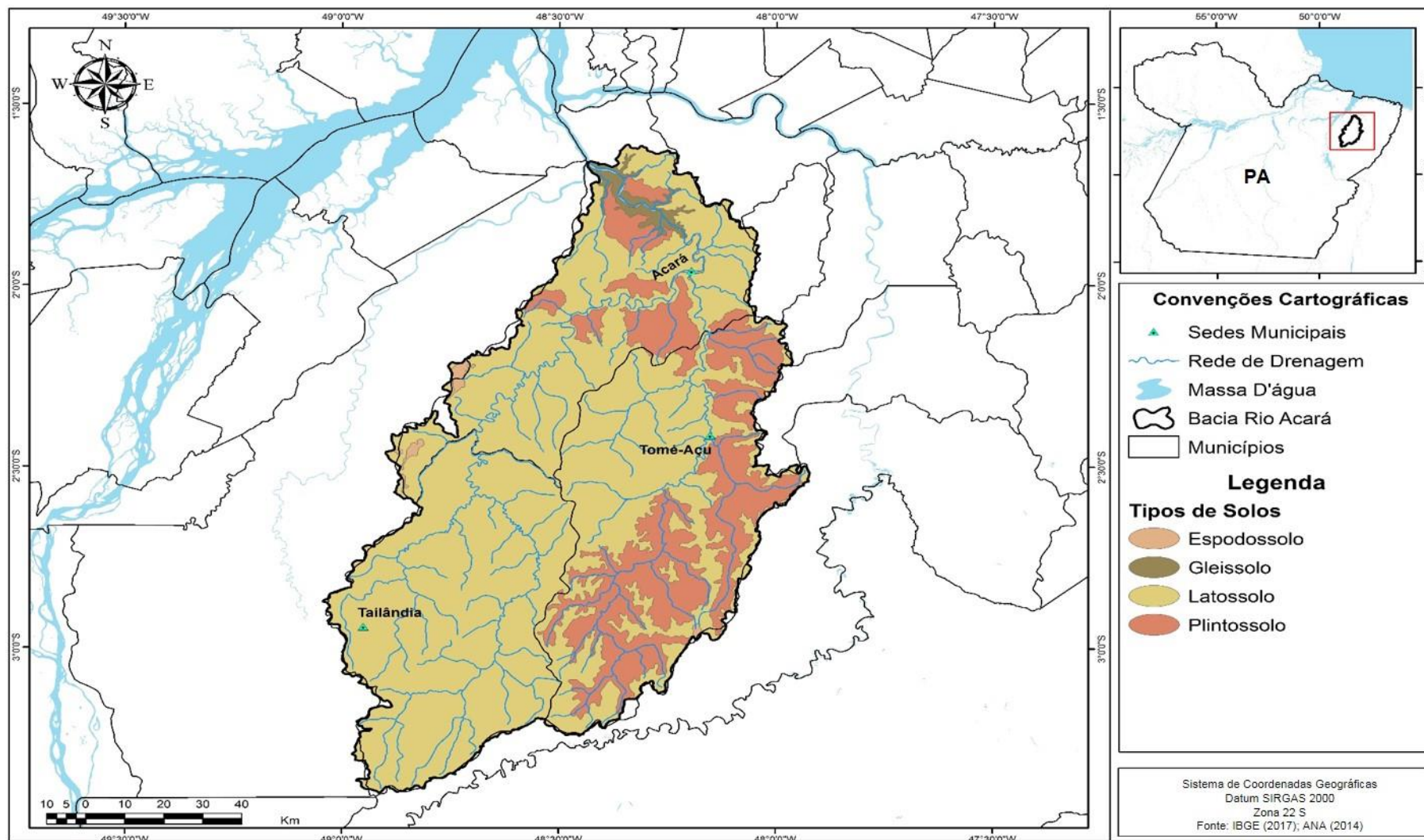
Os tipos de cobertura de solos, representados na Figura 9, que ocorrem na bacia do rio Acará são: Latossolo, Plintossolo, Gleissolo e Espodossolo. A seguir são apresentadas a subordem e o grande grupo desses, bem como suas características. O Latossolo presente na bacia do rio Acará é da subordem Amarelo e do grande grupo Distrófico. É um tipo de solo bastante intemperizado, profundo, bem drenado e fortemente ácido, com textura argilosa e muito argilosa, que em condições naturais é pouco susceptível ao processo erosivo (IBGE, 2003). Na bacia do rio Acará, ocorrem em áreas de relevo de plano e suavemente ondulado, e ocupa 77,05% da área total.

O Plintossolo é o segundo tipo de solo com maior ocorrência na bacia do rio Acará, ocupando 21% da área total. É da subordem Pétrico e do grande grupo Concrecionário, o qual possui restrições ao manejo agrícola devido ao enraizamento das plantas, além de forte acidez (IBGE, 2003). Apesar de estarem associados a condições de excesso de umidade ou restrição temporária à percolação da água, são solos com boa drenagem. Apresentam textura média muito cascalhenta, média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta e argilosa muito cascalhenta e indiscriminada muito cascalhenta. Estão espacializados em áreas de relevo plano e suavemente ondulado.

Situados na planície de inundação, o Gleissolo é um tipo de solo formado por sedimentos, que estão periodicamente saturado por água. Na bacia do rio Acará, o Gleissolo presente é da subordem Háplico e do grande grupo Tb Distrófico, apresentando textura siltosa e média/argilosa e baixa fertilidade (IBGE, 2003). Na bacia ocupa uma área de 1,35% do total.

Formado a partir do substrato rochoso da cobertura sedimentar do Baixo Tocantins, o Espodossolo com ocorrência na bacia do rio Acará é da subordem Ferrihumilúvico e do grande grupo Hidromórfico. São solos muito ácidos, com fertilidade baixa e forte restrição à drenagem, com textura predominantemente arenosa, o que acarreta alta susceptibilidade à erosão (IBGE, 2003). Na bacia do rio Acará, estão distribuídos em áreas de relevo plano, ocupando 0,43% da bacia.

Figura 9 - Tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.4 Breve contextualização do processo histórico-geográfico de formação dos municípios da bacia do rio Acará

A formação dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará perpassa por dois diferentes períodos históricos e espaciais da constituição do território paraense, onde os fatos se desencadeiam de maneira inter-relacionada. No período colonial (1616-1808), têm-se os desdobramentos que deram bases para a criação do município de Acará (1758). Esse momento, de acordo com Tavares (2008) é marcado pela atuação das diversas ordens religiosas, principalmente os jesuítas, com o objetivo de controle territorial por meio da construção de fortins e a escravização da mão de obra indígena.

Questão circunstancial nesse período, era a utilização dos rios como meio de circulação para o desenvolvimento da atividade econômica e comercial, padrão espacial que foi denominado de “Rio-Várzea-Floresta” (GONÇALVES, 2005), o que veio acarretar na criação de vários núcleos populacionais às suas margens, que se tornaram posteriori municípios, como o caso do município de Acará, que está localizado às margens do rio que dá nome ao município.

Nesse contexto histórico-espacial, as aldeias e missões controladas pelas ordens religiosas foram elevadas a categoria de Vila pelo Marquês de Pombal, o qual foi responsável por estabelecer distintas configurações daquelas até então presentes. A agricultura de exportação foi uma das ações incentivadas. Isso resultou na implantação de cultivos variados como o café, cacau, algodão, arroz branco, pimenta do reino, etc. nas áreas próximas a capital (MARIN, 2000).

No período republicano (1988-1993), são formados os municípios de Tailândia e Tomé-Açu. De acordo com Tavares (2008), a constituição desses municípios parte de diversos fatores que atingem o território amazônico e, em particular, o estado do Pará. Dentre esses fatores, destacam-se a expansão da atividade econômica e a criação de rodovias, que impulsionaram movimentos migratórios para a região e a formação de núcleos populacionais ao longo dessas, exemplo disso é a rodovia Belém-Brasília. Esse padrão espacial ficou conhecido como “Estrada-Terra Firme- Subsolo” (GONÇALVES, 2005).

O Quadro 3 abaixo apresenta a cronologia com os principais acontecimentos que impulsionaram a criação dos municípios de Acará, Tailândia e Tomé-Açu.

Quadro 3 - Processo histórico de formação dos municípios da bacia do rio Acará.

Municípios	Acontecimento
Acará	Núcleo de colonização formado na bifurcação do rio Acará a partir das explorações portuguesas ao interior da província do Grão-Pará e Maranhão. Em 1758, o então Governador da província do Grão-Pará e Maranhão, Francisco Xavier de Mendonça

	Furtado, eleva o povoado ali presente para o status de Freguesia, denominado de São José de Acará. Em 1935, após seu território ter sido incorporado ao de Belém, ganha novamente sua autonomia e é decretado município.
Tailândia	Originário do processo de ocupação às margens da PA-150, o município de Tailândia advém da emancipação político-administrativa do município de Acará, em 1988.
Tomé-Açu	Em 1955, é criado o município de Tomé-Açu a partir do desmembramento do município de Acará. No mesmo ano, o município é extinto e reincorporado ao município de Acará. Em 1959, o município de Tomé-Açu é novamente criado, sem data de sua instalação.

Fonte: IBGE Cidades (2018).

Em contexto mais recente, as atividades agropecuárias na região impulsionam o setor de comércio e serviços, que, juntamente com os tributos e Fundo de Participação Municipal, caracterizam o PIB dos principais municípios da bacia do rio Acará. Nesse sentido, a extração de madeira, pecuária extensiva, plantio de mandioca, pimenta, fruticultura, etc. são as principais atividades econômicas desenvolvidas na região (NAHUM; SANTOS, 2016).

O cenário atual da região da bacia hidrográfica do rio Acará é bastante transformador. A região é palco da implementação de uma série de políticas públicas nacionais voltadas para o agrocombustível. A partir do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), em 2004, a expansão do monocultivo do dendê na mesorregião do Nordeste Paraense foi substancial (LAMEIRA *et al.*, 2015; NAHUM; SANTOS, 2013).

Dos principais municípios integrantes da bacia hidrográfica, de acordo com Nahum e Santos (2016), todos possuem empresas produtoras do monocultivo de dendê. Os dados mais recentes indicam que o Nordeste paraense possui 90.992 hectares de área destinada à colheita de dendê, sendo o município de Tailândia o maior produtor de dendê do estado (IBGE, 2017). Os municípios de Tomé-Açu e Acará também possuem grandes áreas destinadas ao monocultivo de dendê, ficando atrás de Tailândia na área destinada e quantidade produzida do monocultivo, respectivamente.

2.3.5 Uso e cobertura da terra

A análise do uso e cobertura da terra é de suma importância nos estudos geoambientais voltados a subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental, visto que sua normatização é necessária para fins de conservação dos recursos naturais (CARVALHO, 2014). O mapeamento é uma grande ferramenta de auxílio que possibilita espacializar os distintos tipos de atividades desenvolvidas em um determinado território. Dessa forma, a carta da Figura 10 demonstra as diferentes classes que representam os diversos tipos de uso e ocupação do território da bacia hidrográfica do rio Acará.

A região da bacia hidrográfica do rio Acará apresenta um processo de colonização consolidado, marcado pela intensa conversão de áreas florestais por diferentes atividades agropecuárias. Com o avanço da pecuária e a extração irregular de madeira, principalmente, a cobertura florestal foi convertida para menos da metade (45,68%) da área total da bacia, cerca de 6.185,07 km².

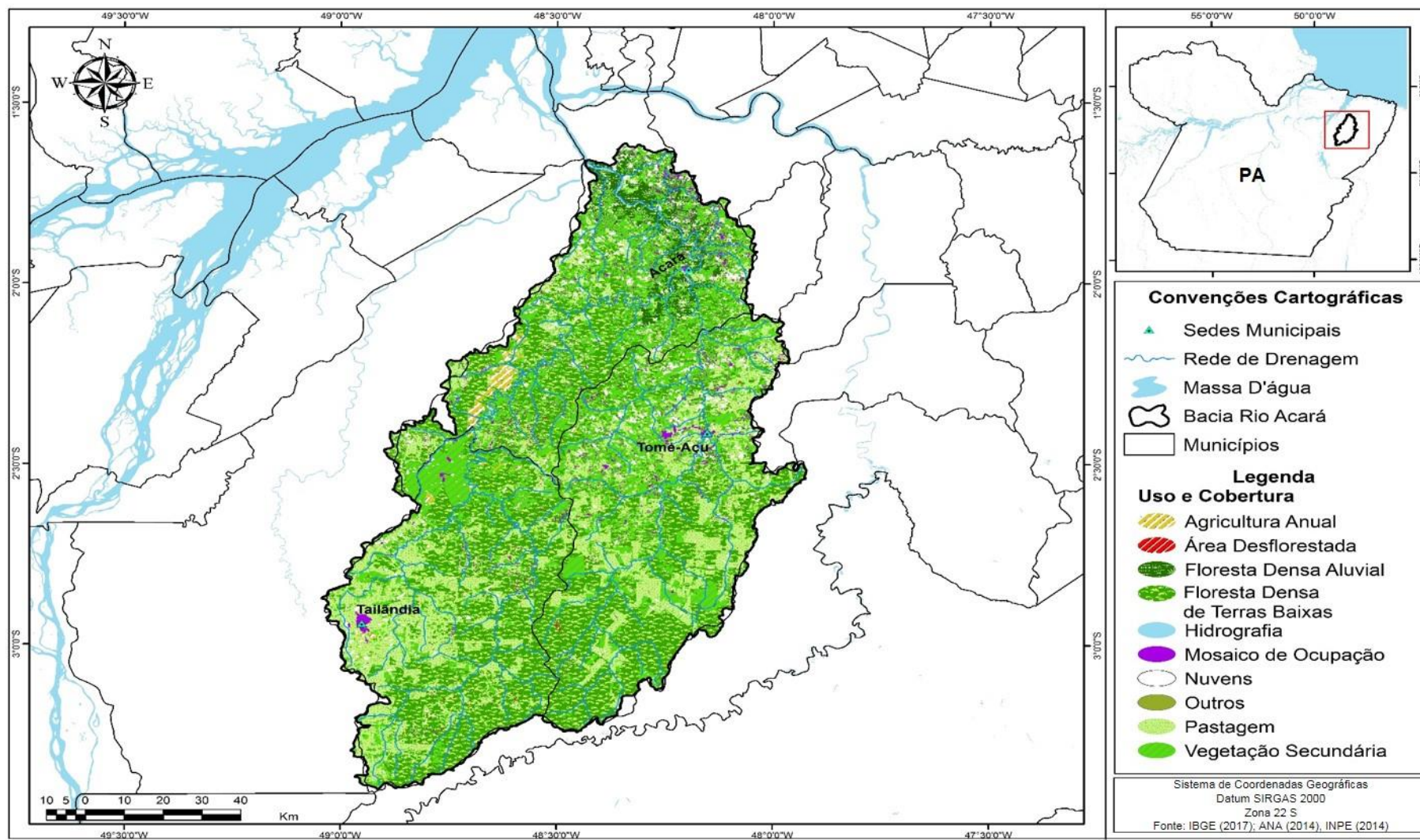
A cobertura florestal está predominantemente no alto curso da bacia, com menor proporção no médio curso e pouco presente no baixo curso. A floresta ombrófila densa aluvial e de terras baixas são os tipos florestais presentes na bacia do rio Acará.

A Floresta Ombrófila Densa Aluvial é a formação vegetal que ocorrem nos arredores dos ambientes fluviais, ocupando áreas da planície de inundação, também são denominadas de “Floresta Ribeirinha” ou “Floresta Ciliar” (IBGE, 2012). Elas correspondem a 429,31 Km², ou 3,17% da área da bacia hidrográfica. A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas é uma formação vegetal caracterizada por estarem presentes nas áreas morfológicas de colinas, tabuleiros e baixos platôs, diretamente relacionados ao grupo barreiras (IBGE, 2012). Elas predominam na bacia hidrográfica do rio Acará, ocupando uma área de 5.755,76 Km², ou 42,51% da área total da bacia.

A vegetação secundária são áreas de floresta primária que passaram por algum tipo de interferência, e agora está em processo de regeneração. Essa classe demonstra o intenso processo de desflorestamento perpassado na bacia do rio Acará, seja pelo avanço da pecuária, agricultura itinerante, agricultura mecanizada, extração irregular de madeira, etc. correspondendo a 3.251,94 km², ou 24,02% da área total da bacia.

As áreas de pastagem são bastante significativas na bacia do rio Acará. É uma das principais atividades econômicas da região. Além de corresponder expressivamente no PIB dos municípios, principalmente Tomé-Açu e Tailândia, a pecuária é o principal vetor causador do desflorestamento. Ela é caracterizada pela concentração fundiária, visando a especulação, e por grandes extensões de terras ocupadas, e também por impulsionar demais atividades predatórias (CASTRO, 2007).

Figura 10 - Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Acaraí.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sua maior área ocupada está presente no município de Tailândia ao longo da PA 150, no alto curso do rio Acará, de ambas as margens. De forma mais distribuída e áreas menores, mas expressivas, estão presentes as pastagens no médio curso do rio Acará, na sua margem direita. As áreas de pastos no baixo curso é a menor, dando-se, de certo modo, pontualmente no território da bacia. Essa classe de uso apresenta uma área de 3.106,81 Km², ou 22,94% da área total da bacia.

A agricultura anual é marcada pela utilização de ferramentas com alto padrão tecnológico como mecanização, uso de sementes certificadas e agrotóxicos de uso da terra (ALMEIDA *et al*, 2016). No território da bacia, destaca-se o monocultivo de dendê. Monocultivo esse, como já exposto, está em crescente expansão pela região do Nordeste paraense.

O monocultivo apresenta uma série de problemáticas socioambientais como desflorestamento, degradação de corpos hídricos, uniformização da paisagem, pressão sobre terras indígenas, ocupação de áreas de APP e Reserva Legal, etc. (DAMIANI, 2017; MONTEIRO, 2013). Essa classe possui uma área de 129,41 Km², ou 0,95% da área total da bacia hidrográfica do rio Acará.

As áreas desflorestadas, em 2014, ocuparam uma área de 18,07 Km², ou 0,13% da área da bacia. Além da pecuária, como exposto anteriormente, a extração irregular de madeira é uma das principais responsáveis pelo desflorestamento no território da bacia. Os municípios de Tomé-Açu e Tailândia vigoram entre os cinco municípios que concentram a extração irregular no estado, ficando em segundo e quarto, respectivamente.

2.3.6 Condições socioeconômicas

Para analisar as condições socioeconômicas da bacia hidrográfica do rio Acará, utilizou-se o Índice de Progresso Social (IPS) do ano de 2014. Este índice reflete aspectos amplos sobre questões educacionais, sociais e ambientais, a fim de se conhecer o grau de qualidade de vida, a saúde e o bem-estar da população. De acordo com Costa (2017), o IPS é um indicador capaz de abarcar a realidade aproximada dos municípios a partir do detalhamento das dimensões analisadas, independente do desenvolvimento econômico. É determinado a partir da média simples entre as dimensões Necessidades Humanas Básicas, Fundamentos para o Bem-Estar e Oportunidades, e varia de 0 a 100.

A Tabela 1 abaixo apresenta as cinco classes do IPS, onde foram definidas a partir do menor e maior IPS dos municípios da Amazônia Legal. Nesse sentido, realizou-se uma categorização das classes de desempenho para efeitos de análise.

Tabela 1 - Classes do IPS a partir do desempenho dos municípios da Amazônia Legal.

Categoria	Desempenho
Muito Baixo	42,31 – 51,27
Baixo	51,28 – 55,39
Médio	55,40 – 59,15
Alto	59,16 – 63,43
Muito Alto	63,44 – 71,86

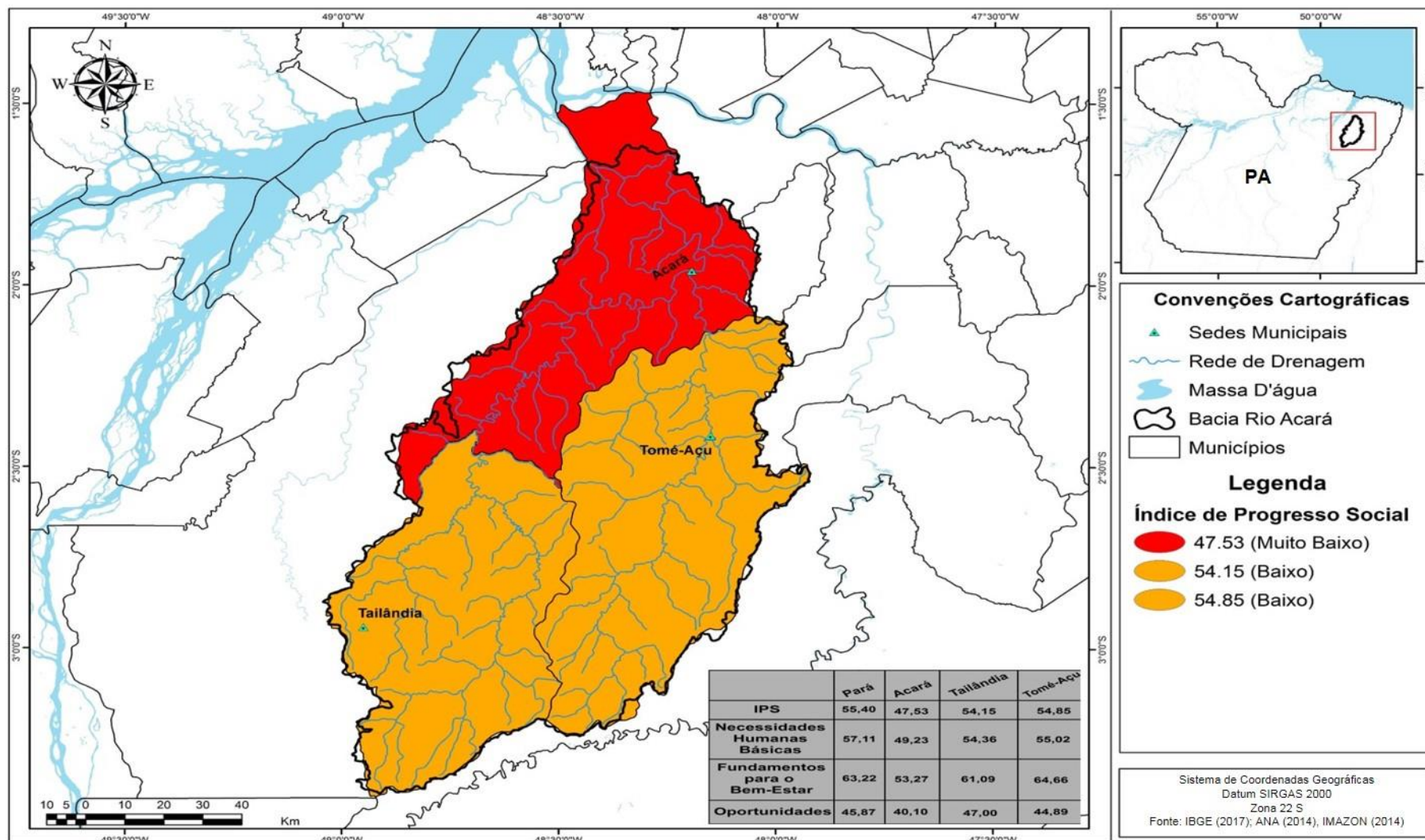
Fonte: Elaborado pelo autor com base em IPS (2014).

Os principais municípios que compõem a bacia do rio Acará apresentam IPS abaixo da média do estado. O município de Acará corresponde ao menor IPS da bacia hidrográfica. Por outro lado, Tailândia e Tomé-Açu possuem IPS relativamente melhores, mas no geral apresentam um desempenho baixo, conforme demonstra a Figura 11.

A Figura 11 demonstra que os dados da dimensão Oportunidades dos municípios são os menores entre as demais dimensões, o que contribui substancialmente para o IPS menor. Em contraponto, os índices da dimensão Fundamentos para o Bem-Estar apresentam valores relativamente elevados, o que resulta no balanceamento do índice, considerando também os índices médios de Necessidades Humanas Básicas.

O município de Tomé-Açu possui o maior IPS entre os municípios da bacia. As dimensões Necessidades Humanas Básicas e Fundamentos para o Bem-Estar apresentam índices acima da média, sendo essa segunda dimensão estando acima da média do estado do Pará. Isso aponta que o município apresenta condições razoáveis de saúde, sustentabilidade, acesso ao conhecimento básico e informação, moradia, segurança, água e saneamento, entre outras. Porém, apresenta índice da dimensão Oportunidades abaixo da média, tanto da escala do IPS e do estado, demonstrando pouca tolerância e inclusão, acesso à educação superior e direitos individuais.

Figura 11 - Índice de Progresso Social dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como o município de Tomé-Açu, o município de Tailândia apresenta índices de Necessidades Humanas Básicas e Fundamentos para o Bem-Estar acima da média da escala do IPS, entretanto abaixo da média do estado. Também demonstrando aspectos socioeconômicos e ambientais relativamente razoáveis. Dentre os municípios da bacia do rio Acará, é o que possui o melhor índice da dimensão Oportunidades, estando acima da média do estado, mas abaixo da média da escala IPS.

Com os índices mais baixos, em todas as dimensões, dentre os municípios da bacia do rio Acará, e, conseqüentemente, do estado, o município de Acará é o que apresenta as piores condições socioeconômicas.

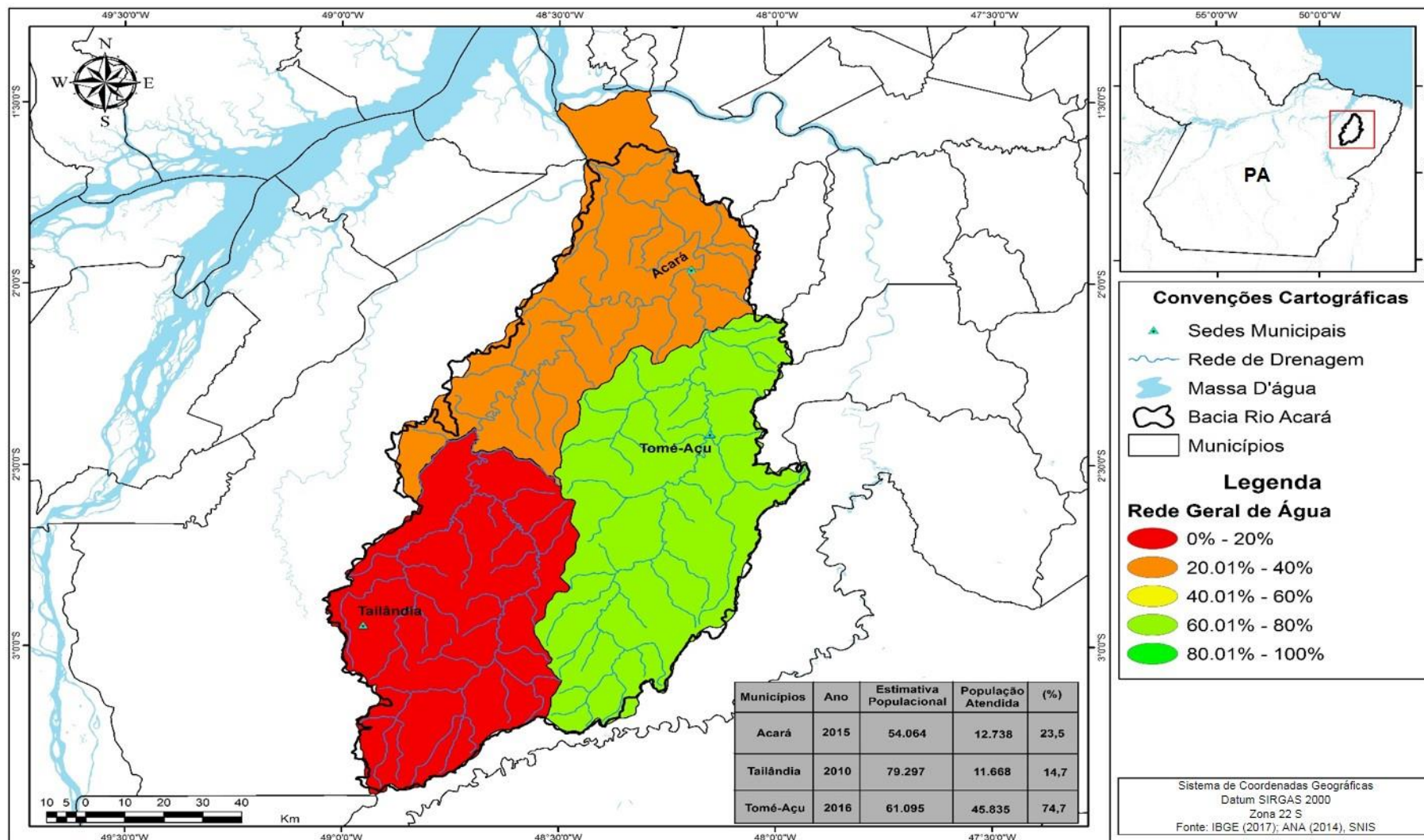
2.3.7 Saneamento básico

O saneamento básico foi analisado por meio dos dados referentes ao abastecimento de água por rede geral, esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos dos principais municípios da bacia do rio Acará.

Os dados obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) a respeito do abastecimento de água por rede geral demonstram que os municípios da bacia do rio Acará apresentam resultados bastante diferenciados a partir dos anos analisados. De acordo com a Figura 12, dos principais municípios da bacia, somente Tomé-Açu apresenta condições satisfatórias de abastecimento de água por rede geral, com mais da metade da população local atendida (74,7%).

Com dados de 2015, o município de Acará possui uma rede abastecimento geral de água com menos da metade da população local atendida (23,5%). Já o município de Tailândia, que não possui dados recentes disponibilizados, apresenta, em 2010, uma rede de abastecimento geral de água que atende somente 14,7% da população municipal. Se considerarmos a mesma proporção de atendimento em 2010, o município de Tailândia abastece menos da metade da população local estimada em 2016.

Figura 12 - Percentual da população atendida com rede geral de água nos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.

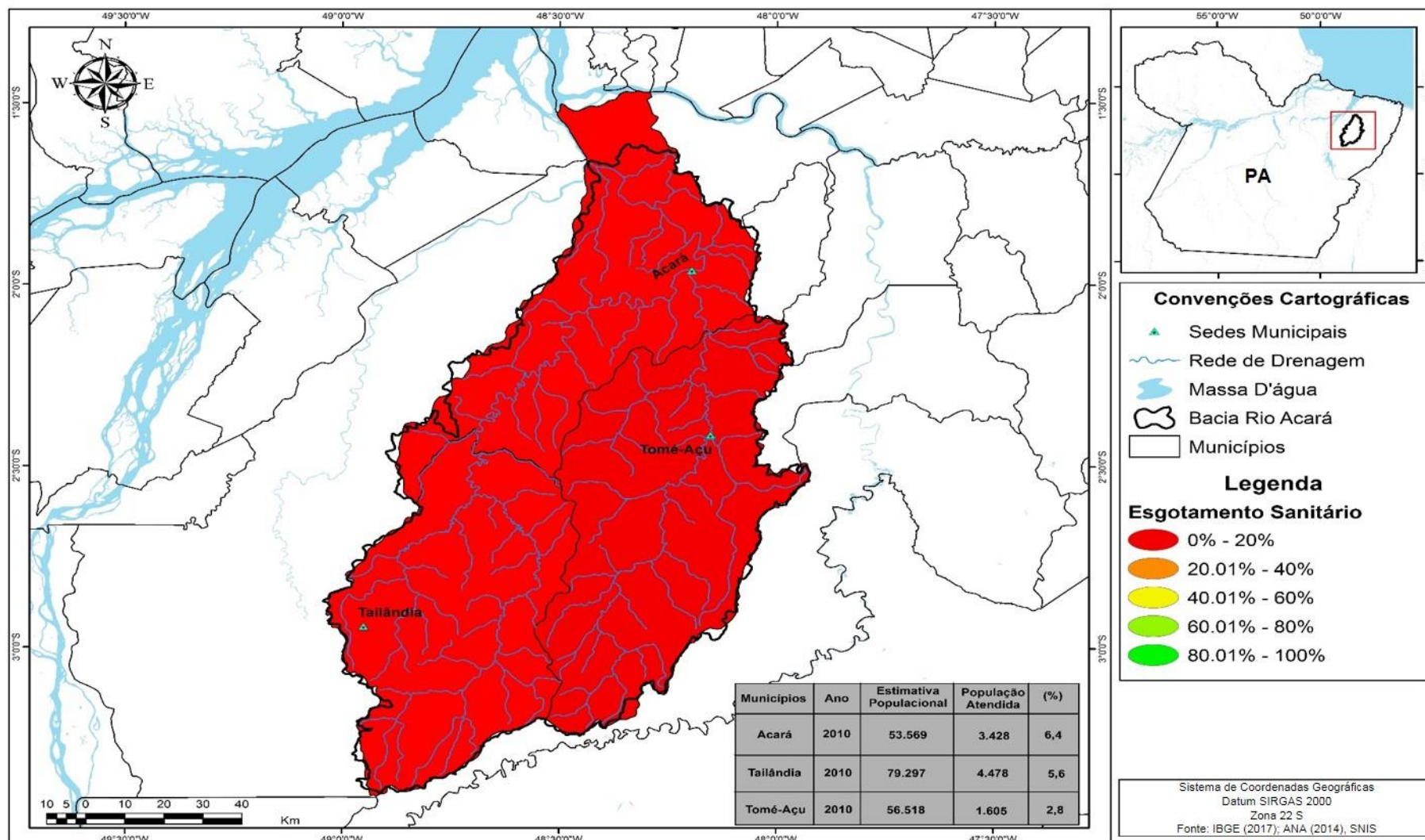


Fonte: Elaborado pelo autor.

A situação do esgotamento sanitário dos domicílios correspondentes aos municípios da bacia do rio Acará no ano de 2010 apresentam níveis bastante precários. O percentual de domicílios com esgotamento sanitário adequado, de um modo geral, é ínfimo, não alcançado nem a metade do total de domicílios, conforme demonstra a Figura 13. Os valores obtidos apresentam situação socioambiental delicada, que pode ocasionar uma série de problemáticas de ordem de saúde pública, uma vez que o censo de 2010 do IBGE indica que o número de domicílios sem esgotamento sanitário era superior aos que possuíam, sendo que desses que detinham esgotamento, a fossa séptica era o principal tipo de esgotamento.

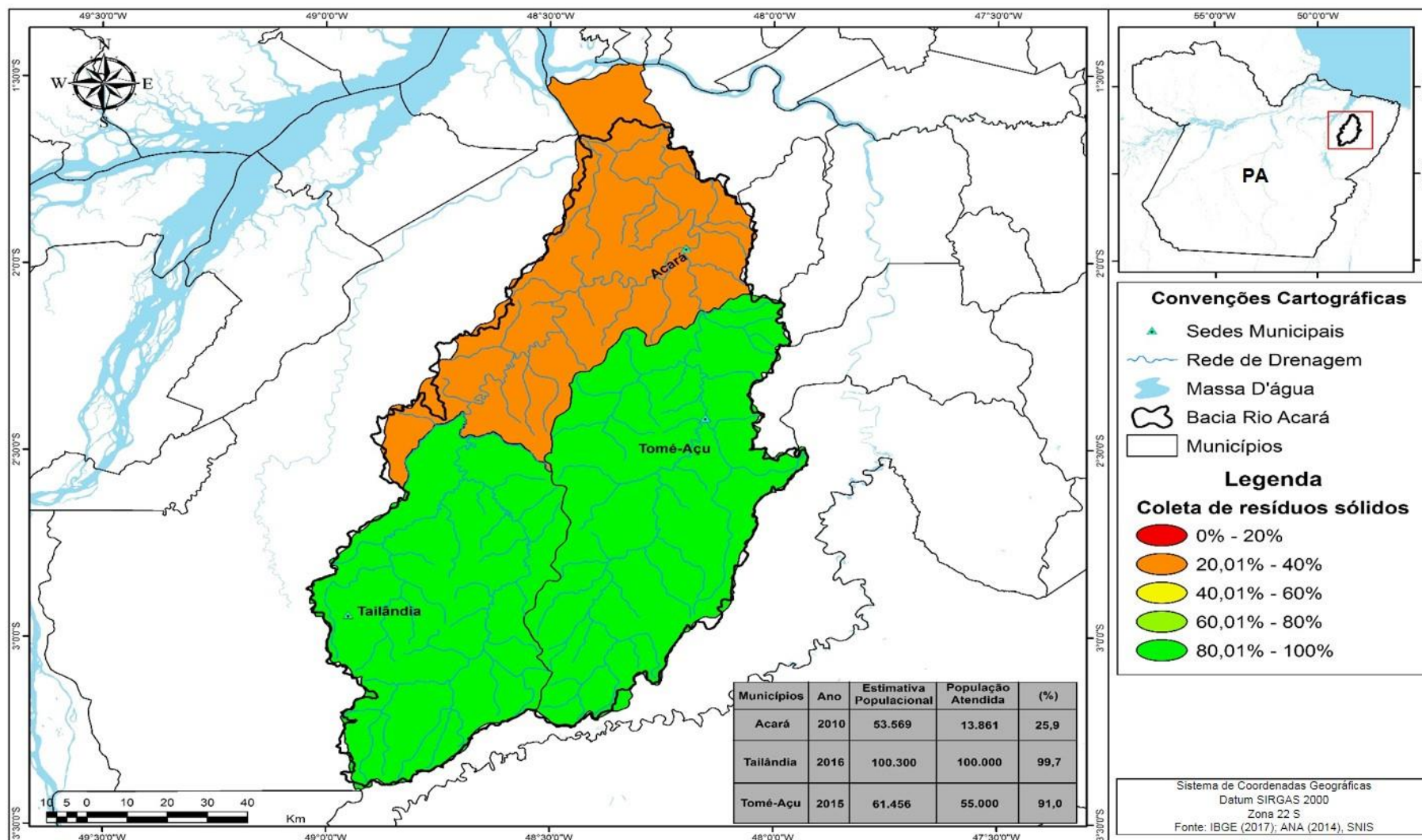
O percentual da população atendida por coleta de resíduos sólidos nos municípios da bacia do rio Acará expõe condições favoráveis para os municípios de Tailândia e Tomé-Açu, que chegam a alcançar quase a totalidade da população. Dentre os principais municípios da bacia, somente Acará apresenta baixas condições de fornecimento do serviço, não correspondendo, em 2010, nem a metade da população total, como apresenta o mapa da Figura 14.

Figura 13 - Percentual da população atendida com esgotamento sanitário adequado nos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Percentual da população atendida por coleta de resíduos sólidos nos municípios da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que concerne ao saneamento básico em geral dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará, os municípios de Acará e Tailândia apresentam condições socioambientais mais crítica, uma vez que é potencializada a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e a contaminação de corpos hídricos, devido à maior utilização de águas subterrâneas (poços e nascentes), frente à baixa rede geral de abastecimento de água, somado à rede precária de esgotamento sanitário.

Tais condições socioambientais na bacia do rio Acará não apresentam um quadro mais grave, pelo fato dos municípios de Tomé-Açu e Tailândia possuírem altas taxas de serviços de coleta de resíduos sólidos, caso contrário poderia intensificar impactos como a propagação de doenças e contaminação da água.

2.3.8 Instrumentos ambientais legais

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Pará foi elaborada com base na Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo, praticamente, os mesmos instrumentos de planejamento e gestão. Entretanto, não se tem a efetivação desses por parte do órgão estadual responsável. Nesse sentido, aplicou-se a abordagem utilizada por Costa (2017), que usou o Programa Municípios Verdes (PMV) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR) na bacia hidrográfica do rio Caeté/PA como parte do diagnóstico ambiental da bacia.

Em 2011, o governo do estado do Pará lançou o Programa Municípios Verdes, cuja finalidade é o estabelecimento de metas que combatem o desmatamento por meio de ações de ordenamento e gestão ambiental e fundiária (COSTA, 2017). O programa busca estimular: a) a governança local para ampla gestão municipal do ambiente; b) o manejo florestal; c) a intensificação da agropecuária e reflorestamento; d) o uso sustentável e a conservação das funções ecológicas das florestas remanescentes; e) a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL) (GUIMARÃES *et al.*, 2011).

Para integrar o programa, os municípios, de forma voluntária, precisam realizar três etapas: 1) um pacto local entre os diversos segmentos da sociedade civil e o governo municipal, com o objetivo de legitimá-lo e dar facilidades a sua execução, 2) um diagnóstico do município, com o intuito de obter a situação desse, e assim estabelecer estratégias de atuação, e por fim, 3) a busca de parcerias, que consiste na articulação entre Organizações Não-Governamentais (ONG's), empresas, instituições e pessoas, para atingir as metas estabelecidas, e aquelas devem ser documentadas em um Termo de Compromisso (TC) (GUIMARÃES *et al.*, 2011).

São quatro as metas estabelecidas para a avaliação da efetividade dos objetivos do programa. A saber, são elas: 1) atingir o desmatamento líquido zero a partir da diminuição

crescente do desmatamento; 2) ausência na lista de municípios desmatadores do Ministério de Meio Ambiente (MMA); 3) expansão do Cadastro Ambiental Rural (CAR); 4) implantar o PMV nos municípios paraenses.

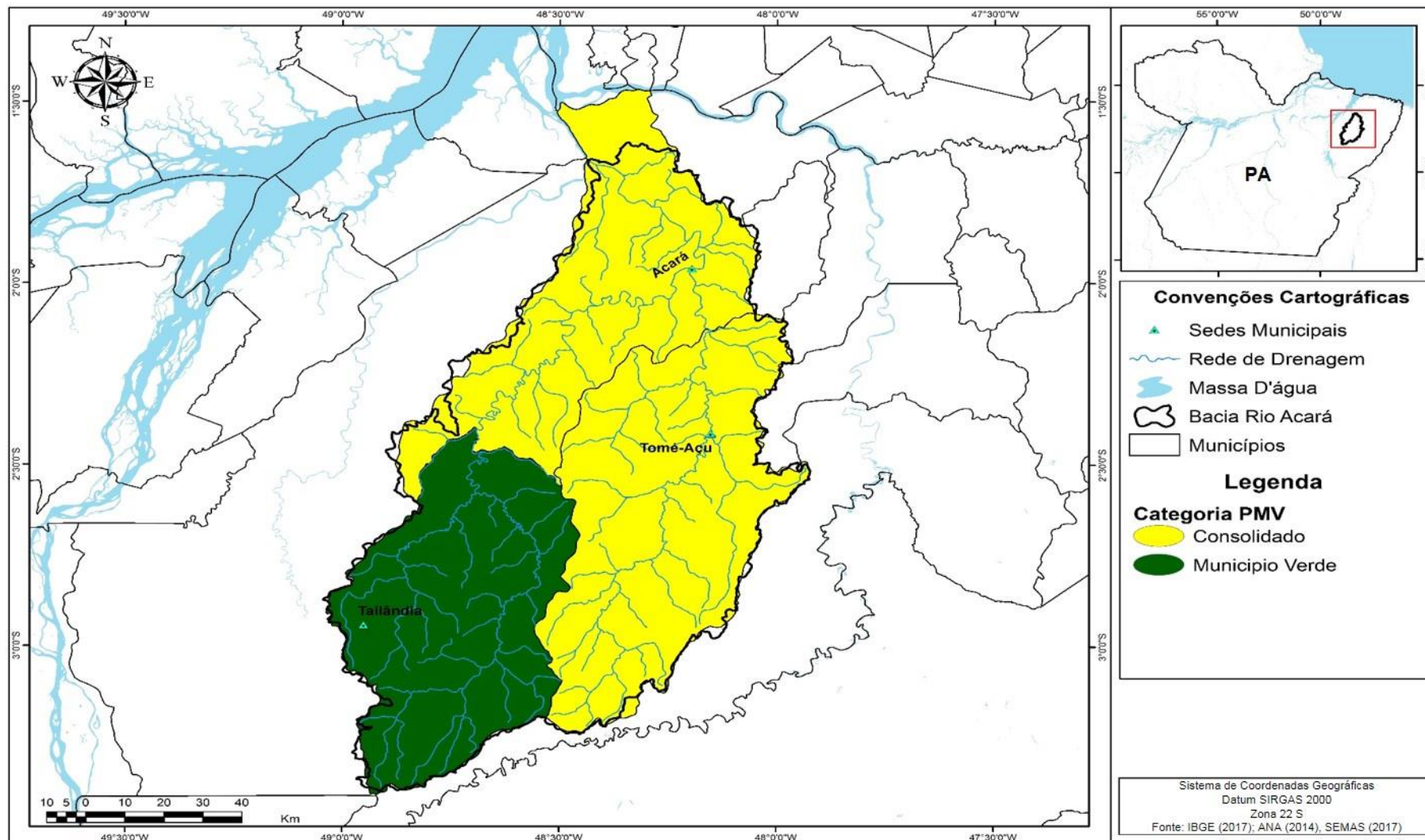
O mapa da Figura 15 apresenta a categorização dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acará no PMV. Destaca-se Tailândia, que é o único pertencente a categoria “Municípios Verdes”. Em 2013, o município de Tailândia saiu da lista dos mais desmatadores na Amazônia, de acordo com a portaria nº 412/2013, e nesse mesmo ano atingiu pouco mais de 80% de CAR da área cadastrável, o que resultou na atribuição do certificado de “Município Verde”. Se considerarmos os critérios estabelecidos de acordo com os níveis da categoria “Municípios Verdes”, o município de Tailândia ainda não deveria ser categorizado como tal, pois não cumpriu o requisito mínimo de dois anos na categoria de “Municípios Monitorados e Sob Controle”, onde saiu da categoria “Municípios Embargados” diretamente para “Município Verde”.

Os municípios de Acará e Tomé-Açu estão enquadrados na categoria de “Municípios Consolidados”, apresentando risco médio de desflorestamento, com taxas de desflorestamento de 7,2 Km² para ambos os municípios entre 2015 e 2016 (INPE, 2016). No entanto, os dois municípios ainda não alcançaram a meta de 80% de CAR da área cadastrável.

O CAR consiste em um registro eletrônico público criado pela Lei nº 12.651/12, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), que objetiva, de forma obrigatória, compilar os dados ambientais de todos os imóveis rurais. Ele busca aferir a situação ambiental das Áreas de Preservação Permanente, Área de Reserva Legal, dos remanescente e florestas nativas, Área de Uso Restrito e das áreas consolidadas, com o intuito de planejamento ambiental e econômico, controle, monitoramento e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

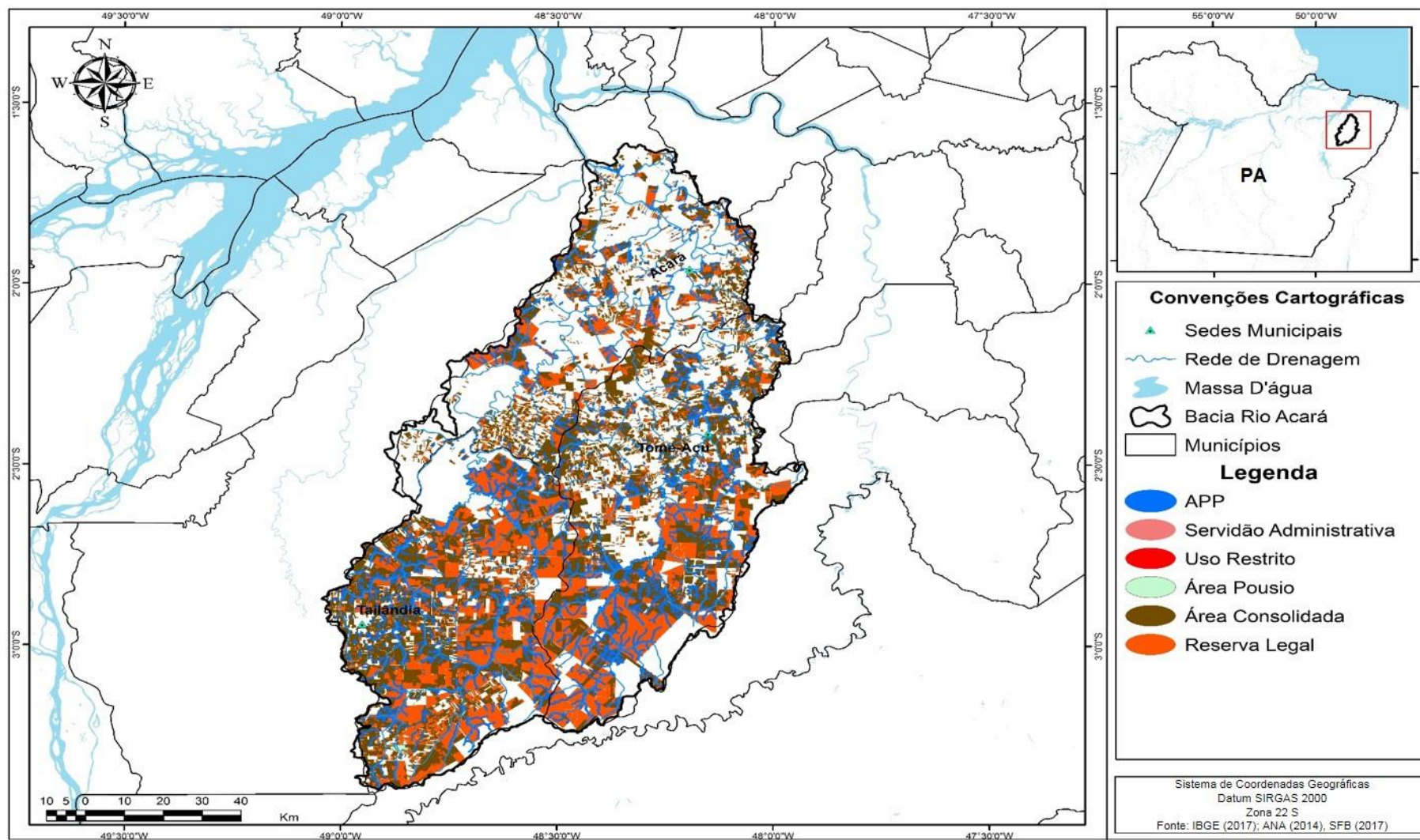
A Figura 16 corresponde a espacialização das informações ambientais dos imóveis rurais corresponde ao CAR na bacia hidrográfica do rio Acará.

Figura 15 - Situação dos municípios da bacia hidrográfica do rio Acaraí no Programa Municípios Verdes, 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Informações ambientais dos imóveis rurais do CAR na bacia hidrográfica do rio Acaraí.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 2 apresenta os dados do CAR dos municípios de Acará, Tailândia e Tomé-Açu, que constituem cerca de 98% da área total da bacia hidrográfica do rio Acará.

Tabela 2 - Cadastro Ambiental Rural dos principais municípios da bacia hidrográfica do rio Acará.

CAR/Municípios	Acará	Tailândia	Tomé-Açu
Meta de 80% de CAR	NÃO	SIM	NÃO
Área cadastrável (km ²)	4.335,10	4.421,97	5.134,84
Área do município (km ²)	99,80	99,81	99,80
Área cadastrada (km ²)	2.302,09	3.857,37	3.643,34
Percentual cadastrado (%)	53,5	87,5	70,9
Área para atingir a meta (km ²)	1.165,99	-	464,53
Cadastrável para atingir a meta (%)	26,5	-	9,1

Fonte: Elaborado pelo autor com base em SEMAS (2018).

Percebe-se que somente o município de Tailândia alcançou a meta de 80% de CAR, consequentemente sendo o que mais desenvolveu esse instrumento entre os demais. Apesar da área cadastrada ser relativamente grande comparada com Tailândia, o município de Tomé-Açu ainda não alcançou a meta de 80% de CAR, pois a sua área cadastrável é a maior dos outros dois municípios. Acará é o que apresenta os menores números de CAR dentre os municípios, sendo o seu percentual cadastrável para atingir a meta o maior.

No que concerne as finalidades do CAR, o combate ao desmatamento, principalmente, em APP é de suma importância na proteção das funções ecológicas dos sistemas ambientais, evitando impactos ambientais, e que irá refletir no equilíbrio desses e na qualidade dos recursos hídricos. No entanto, o CAR não consiste diretamente como instrumento de ação para a gestão dos recursos hídricos (COSTA, 2017).

2.3.9 Unidades geoambientais: potencialidades, limitações e recomendações para ações de planejamento ambiental

Para Trentin e Robaina (2012) as unidades geoambientais são caracterizadas por sua estrutura relativamente homogênea, onde sua funcionalidade reflete efeitos iguais ou semelhantes frente aos processos dinâmicos superficiais. Elas são definidas a partir da interação dos componentes físico-naturais e socioeconômicas de um determinado ambiente. Nesse sentido, é necessário o conhecimento dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, uso e cobertura da terra, etc., onde são analisados de maneira integrada, para identificar as diferentes unidades geoambientais.

No que tange aos estudos geoambientais, a compartimentação das unidades geoambientais é uma ação analítica que permite propor ações mitigadoras frente as

consequências da ação antrópica por meio das atividades econômicas e ocupação desordenada do território (NASCIMENTO, 2006). A Figura 17 demonstra as unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acará. Nesta pode-se identificar a partir da compartimentação do relevo em conjunto com a vegetação cinco unidades geoambientais: Várzea; Planície de Inundação; Colinas; Tabuleiros e Baixos Platôs.

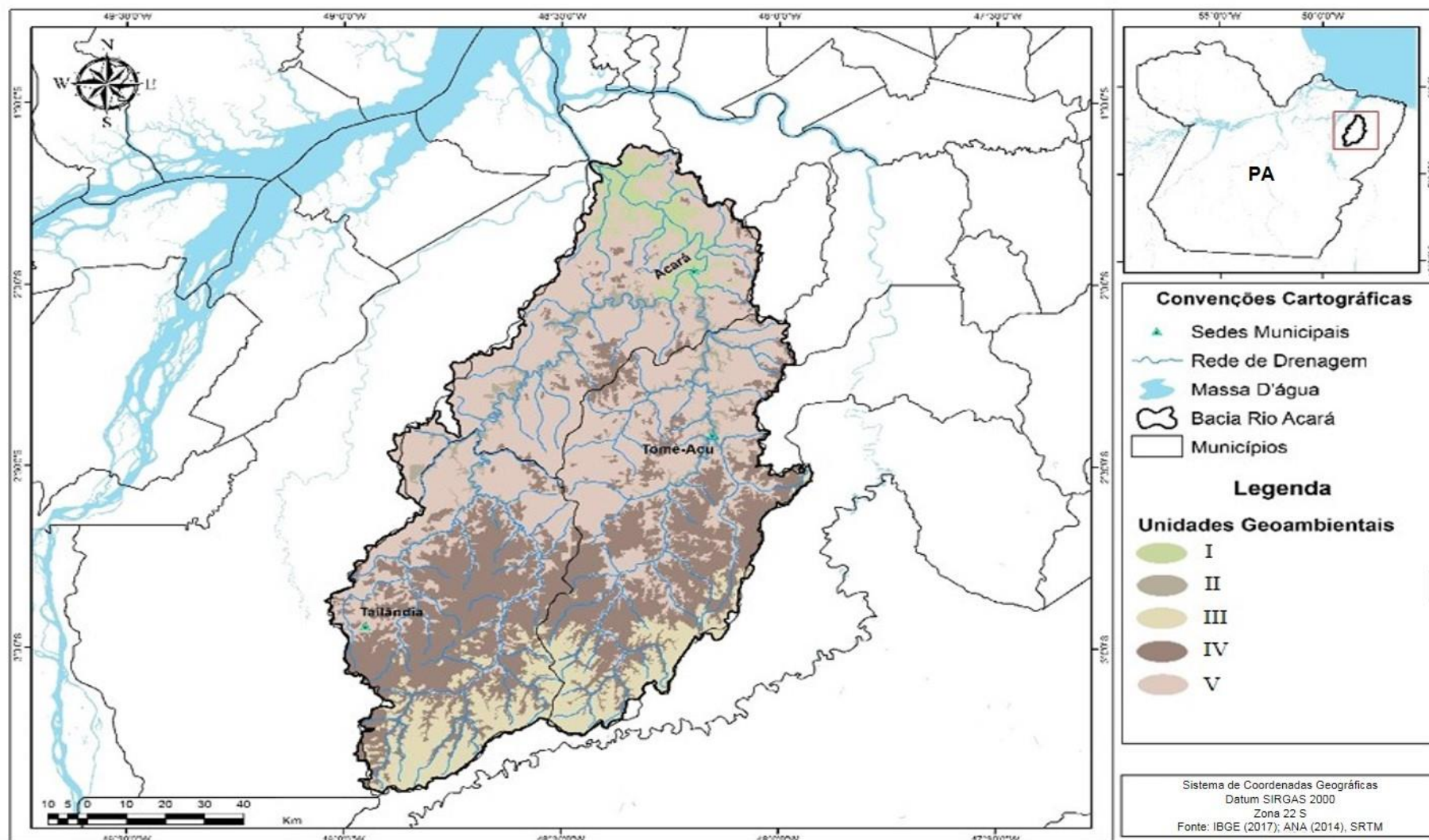
As potencialidades das unidades geoambientais diz a respeito da capacidade de uso que determinado recurso natural pode suportar, por meio de ações sustentáveis. É a prática de atividades socioeconômicas que esteja de acordo com as características, dinâmicas e funcionalidades dos sistemas ambientais. No que se refere as limitações, são as restrições impostas pelos sistemas ambientais para a execução de determinadas atividades socioeconômicas naquele determinado ambiente (PALHARES; NASCIMENTO, 2017). Nesse sentido, o Quadro 4 apresenta as potencialidades, limitações e recomendações das unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acará.

Quadro 4 - Potencialidades, limitações e recomendações das unidades geoambientais da bacia do rio Acará.

Unidade Geoambiental	Potencialidades	Limitações	Recomendações
Várzea	– Biodiversidade	– Inundações periódicas	– Restauração de APP's
Planície de Inundação	– Extrativismo	– Restrição ao uso agrícola	– Ampliação do CAR
	– Serviços Agroflorestais	– Retirada da mata ciliar	– Manejo das atividades agropecuárias, a fim de evitar a perda de solo por erosão
Colinas	– Lazer	– Expansão Urbana	– Controle e monitoramento do monocultivo de dendê e pecuária
Tabuleiros	– Conservação florestal	– Saneamento ambiental	– Efetivação do sistema de saneamento básico
Baixos Platôs	– Atividades agropecuárias	– Solos com baixa fertilidade	– Educação Ambiental
	– Solos em condições naturais com baixa susceptibilidade à erosão	– Conversão de áreas florestais para pastagem e monocultivo de dendê;	
	– Urbanização	– Saneamento ambiental	
		– Extração ilegal de madeira	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 - Unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A unidade geoambiental I é constituída por uma riqueza de biodiversidade que pode ser aproveitada em vários âmbitos. Nela predominam práticas extrativistas como a coleta e venda de açaí (*Euterpe oleracea*), além da comercialização de outros frutos locais nos grandes centros urbanos. As áreas de pastagem são menores em comparação com as outras unidades. A floresta ombrófila densa aluvial é a cobertura vegetal que recobre essa unidade, haja vista é marcada pelo alto grau de degradação, principalmente das matas ciliares. O gleissolo que constitui essa unidade impõe restrições ao manejo agrícola, devido às periódicas inundações que caracterizam esse ambiente. Nesse sentido, essa unidade possui condições limitantes para áreas construídas, com consequências graves para a população.

A Figura 18a expõe foco de poluição com o descarte inadequado dos resíduos sólidos, bem como a retirada da mata ciliar e a degradação da cobertura florestal ao fundo, na área de travessia de veículos no município de Acará, presente nessa unidade geoambiental.

A unidade geoambiental II, assim como a unidade geoambiental I, é uma unidade geoambiental que apresenta grande potencial ecossistêmico. É a unidade onde está inserido o município de Tomé-Açu, o qual é caracterizado tradicionalmente por desenvolver atividades agrofloretais que aproveitam a biodiversidade local e exótica como cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), açaí (*Euterpe oleracea*), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), cacau (*Theobroma cacao*), entre outras (BARROS et al., 2009).

A Figura 18b representa ponte sobre o rio Acará-mirim, um dos principais afluentes do rio Acará, e que banha a cidade de Tomé-Açu, assim como o plantio de açaizal (Figura 18c) e de pimenta (Figura 18d) nessa unidade. A unidade geoambiental III corresponde às áreas de maiores altitudes da bacia do rio Acará, onde está presente a nascente do rio de mesmo nome.

Os sedimentos da cobertura detrito-lateríticos predominam na estrutura geológica da área, com pequenas ocorrências dos sedimentos da formação Ipixuna. É caracterizada por apresentar a maior proporção de cobertura florestal nativa entre as unidades. Os latossolos e plintossolos presentes na área são responsáveis por impor implicações ao manejo agrícola, com isso a principal atividade desenvolvida na unidade são pequenas áreas destinadas à pecuária. O rio Acará, no seu alto curso, nas proximidades de sua nascente, com presença de cobertura vegetal nas margens naquela determinada área (Figura 18e).

Figura 18 - Problemas socioambientais (a) na unidade geoambiental de Várzea. (b) Rio Acará-mirim, (c) Açaizal. (d) Plantio de pimenta. (e) Trecho do rio Acará no seu alto curso com margens conservadas na unidade de Colinas. (f) Pastagens próximas à igarapés. (g) Deposição de resíduos sólidos à céu aberto na zona rural do município de Tailândia. (h) Assoreamento e plantio de dendê às margens de um igarapé da bacia do rio Acará.



Fonte: Trabalho de campo (2018).

Assim como a unidade III, a unidade geoambiental IV apresenta pequenas elevações altimétricas, com solos de baixa fertilidade com restrição ao manejo agrícola, mas com pouca susceptibilidade à erosão em condições naturais, sendo propenso para a utilização para pastagem. Nesse sentido, é a unidade que apresenta as maiores áreas de pastagem entre as unidades, e que abarca o mosaico de ocupação que configura o município de Tailândia, o que demanda atenção no trato do saneamento ambiental da unidade. A Figura 18 (f, g) representa áreas de pastagens próximas aos igarapés e a deposição de resíduos sólidos ao céu aberto na zona rural do município de Tailândia.

A unidade geoambiental V é a que apresenta as áreas com maiores declividades da bacia, representando a ruptura de declive com o leito da Várzea e Planície de Inundação. Além das características pedológicas semelhantes das unidades geoambientais de Colinas e Tabuleiros, compreende as principais atividades econômicas como a pecuária e o plantio de dendê. É a unidade que apresenta alto grau de degradação da cobertura florestal.

A Figura 18h demonstra o plantio de dendê às margens de um igarapé, assim como o processo de assoreamento deste resultante da supressão da cobertura vegetal da área. Como já mencionado, esse é um dos quadros socioambientais mais grave da bacia, devido à expansão desse monocultivo. Compreendendo as potencialidades e limitações das unidades geoambientais da bacia do rio Acará, pode-se estabelecer diretrizes que visam subsidiar nas ações de planejamento e gestão ambiental. Dessa forma, as recomendações contidas no quadro acima são resultadas do diagnóstico da situação socioambiental da bacia.

Nesse sentido, a restauração e manutenção das APP's é uma ação circunstancial, visto o desempenho ecológico de suma importância para a proteção dos recursos hídricos. Tal ação pode ser realizada com a ampliação e efetivação do CAR. Além disso, o controle e monitoramento da pecuária e do monocultivo de dendê é uma ação preventiva e corretiva, uma vez que ambas atividades ocupam faixas de APP's e podem ocasionar e intensificar problemas socioambientais de várias ordens como desflorestamento, contaminação de corpos hídricos, assoreamento de igarapés, entre outros.

O manejo sustentável das atividades agropecuárias é outra recomendação fundamental, haja vista as grandes extensões de terras ocupadas pela pecuária na bacia do rio Acará. Essa ação visa evitar a perda de solo pela compactação e erosão do solo e, conseqüentemente, o assoreamento de corpos hídricos. Um ambiente ecologicamente equilibrado das unidades geoambientais da bacia do rio Acará perpassa pela efetivação do sistema de saneamento básico. É necessário estabelecer ações que visem aumentar o atendimento da rede geral de água,

esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos, além de criar mecanismos que busquem cumprir com as exigências presentes em dispositivos legais relacionados à política ambiental.

E por fim, as ações de educação ambiental são tão importantes quanto às demais no que se refere a formação e conscientização de cidadãos capazes de agir com bases e preceitos socioambientais, com o intuito de atuar para efetivar os diagnósticos integrados, e superar as relações desarmônicas entre sociedade e natureza (SILVA, 2012).

2.4 Considerações finais

A abordagem da Geoecologia das Paisagens permitiu identificar as unidades geoambientais da bacia do rio Acará, bem como suas potencialidades e limitações, e as problemáticas ambientais inseridas. Dentre essas, a conversão da cobertura florestal da área é um dos principais fatores limitantes, onde destaca-se a pecuária, monocultivo de dendê e a extração ilegal de madeira, como os principais vetores de tal ação. Desse modo, a degradação das APP's é um dos sérios problemas causados pela expansão dessas diferentes atividades econômicas, haja vista a crucial função ecológica desenvolvida por àquelas na proteção dos recursos hídricos e da fauna e flora.

Nesse sentido, ressalta-se a importância da expansão e efetividade dos instrumentos ambientais legais, com o objetivo de estabelecer ações de ordenamento e gestão ambiental para restauração e proteção dos recursos naturais. No entanto, a aplicação desses devem ser levados pelos seus critérios técnicos, que busque de fato uma qualidade ambiental, sem desvios que possa falsear realidades, somente com o objetivo de estabelecer uma imagem ecologicamente correta para a obtenção de bônus de um mercado verde.

As baixas condições socioeconômicas são refletidas no IPS e nas taxas de saneamento básico dos principais municípios da bacia do rio Acará. Tais números apresentados são limitantes para um quadro sustentável, haja vista corroboram para a manutenção degradante do ambiente, seja através da possível contaminação de corpos hídricos, com a ausência de um esgotamento sanitário adequado, ou pela falta de uma educação pública de qualidade, responsável pela formação e conscientização de cidadãos coletivamente engajados para um ambiente saudável.

Por fim, a partir do diagnóstico apresentado, faz-se necessário delinear ações de planejamento e gestão ambiental de acordo com as potencialidades e limitações das unidades geoambientais, com o objetivo de estabelecer uma relação ambientalmente sustentável nas dinâmicas da bacia hidrográfica do rio Acará.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo; o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA); e o Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) pela concessão de seu espaço e recursos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A. et al. Mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Brasileira com alta resolução espacial utilizando dados Landsat-5/TM e MODIS. **Acta Amazônia**, Manaus, v. 46, p. 291-302, 2016.
- BARROS, A. V. L. et al. Evolução e percepção dos Sistemas Agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tomé-Açu, estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 5, n. 9, 2009.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Cria o CAR em âmbito nacional, e de sua regulamentação por meio do Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, que criou o Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR, que integrará o CAR de todas as Unidades da Federação.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K.; CULLUM, C.; TADAKI, M.; HUANG, H. Q.; BLUE, B. Reading the landscape: Integrating the theory and practice of geomorphology to develop place-based understandings of river systems. **Progress in Physical Geography**, p. 1-21, 2013.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, B. C. P.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 241-248, 2006.
- CARVALHO, R. G. As Bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. Especial, p. 26-43, 2014.
- CASTRO, E. Políticas de Ordenamento territorial, desmatamento e dinâmicas de fronteira. **Novos Cadernos NAEA**, v. 10, p. 105-126, 2007.
- COSTA, F. E. V. **Gestão dos recursos hídricos do rio Caeté/Pará – Brasil**. 2017. 313 f. Tese Doutorado (Curso de Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.
- DAMIANI, S. **Impactos socioambientais do cultivo de dendê na terra indígena Turé-Mariquita no Nordeste do Pará**. 2017. 126 f. Dissertação (Curso de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- GÓES, A. M. **Estudo sedimentológico dos sedimentos barreiras, ipixuna e itapecuru no Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão**. 1981. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geofísicas e Geológicas) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 1981.
- GONÇALVES, C. W. P. **Amazônia, Amazônia**. São Paulo: Contexto, 2005.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico – geomorfológico**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUIMARÃES, J. et al. **Municípios Verdes: caminhos para a sustentabilidade**. 1ª Ed. – Belém: IMAZON, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base cartográfica da Amazônia Legal (Escala 1: 250.000) de 2003**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 13 de Abril de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 13 de Abril de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de vegetação**. Rio de Janeiro, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal de 2017**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 13 abril de 2018.

Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. **PRODES (Informações de 2016)**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: 13 de Abril de 2018.

LAMEIRA, W. J. M.; VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M. Análise da expansão do cultivo da palma de óleo no Nordeste do Pará. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v.18, p. 185-197, 2015.

LEITE, E.F; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, v. 4, p. 90-106, 2012.

MAGALHÃES, G. B; SILVA, E. V.; ZANELLA, M. E. Análise geossistêmica: caminho para um entendimento holístico. **GeoPUC**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 1-17, 2010.

MARIN, R. E. A. Camponeses, donos de engenho e escravos na região do Acará nos séculos XVIII e XIX. **Revista Papers do NAEA**, Belém, v. 153, p. 1-29, 2000.

MONTEIRO, K. F. G. **Análise de indicadores de sustentabilidade socioambiental em diferentes sistemas produtivos com palma de óleo no Estado do Pará**. 2013. 198 f. Tese (Curso de Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2013.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. A dendeicultura na amazônia paraense. **Geosp – Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 20, p. 281-294, 2016.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades tradicionais na amazônia paraense. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. Especial, p. 63-80, 2013.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acará - CE**. 2006. 343 f. Tese (Curso de Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

- NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6/7, p. 167-179, 2004/2005.
- NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; FU, R.; POUEDA, G. Características do clima amazônico: aspectos principais. **American Geophysical Union**, p. 49-162, 2009.
- PALHARES, P. R.; NASCIMENTO, F. R. Condições geoambientais e impactos do uso/ocupação da terra em bacia hidrográfica na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, p. 103-116, 2017.
- PEEL, M. C., B. FINLAYSON L.; MCMAHON T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **European Geosciences Union**, v. 11, n.5, p. 1633-1644, 2007.
- RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. 2ª Ed. – Fortaleza: Edições UFC, 2016.
- ROSS, J. L. S. O Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006.
- SILVA, A. S. Solos Urbanos. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 43-70.
- SILVA, E. V. Geografia física, geocologia da paisagem e educação ambiental aplicada: interações interdisciplinares na gestão territorial. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 4, p. 175-183, 2012.
- SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geocologia da paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. Especial, p. 4-17, 2014.
- SILVA, F. J. L. T.; AQUINO, C. M. S. Contribuições do geógrafo Marcos José Nogueira de Souza aos estudos geomorfológicos e geoambientais. **Revista GeoUECE**, Fortaleza, v. 5, p. 93-109, 2016.
- SOUZA, M. J. N. G. Mapeamento de sistemas ambientais e aplicações práticas para a conservação da natureza e o ordenamento territorial. **Revista Equador**, Teresina, v. 4, p. 161-173, 2015.
- TAVARES, M. G. C. A Formação territorial do espaço paraense: dos fortes à criação de municípios. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 2, p. 50-83, 2008.
- TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. 85 f. Tese (Curso de Doutorado em Ciências Florestais) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Unidades geoambientais na bacia hidrográfica do rio Itu – oeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 23, p. 267-287, 2012.

TURNER, M. G.; ROMME, W. H.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V.; KRATZ, T. K. A revised concept of landscape equilibrium: disturbance and stability on scaled landscapes. **Landscape Ecology**, v. 8, p. 213–227, 1993.

VALTERS, D. A. Modelling geomorphic systems: landscape evolution. **Geomorphological Techniques**, v. 5, p. 1-24, 2016.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. **Geologia e recursos minerais do estado do Pará. SIG: texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do estado do Pará**. Belém-PA: CPRM - Serv. Geol. Brasil, 329p, 2008.

VASQUEZ, M. L.; SOUSA, C. S.; CARVALHO J. M. A. **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Pará, escala 1:1.000.000**. Programa Geologia do Brasil (PGB), Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. Belém-PA: CPRM - Serv. Geol. Brasil, 2008.

WHATELLE, M.; CAMPANILLI, M. **Programa Municípios Verdes: lições aprendidas e desafios para 2013/2014**. – Belém: Governo do Estado do Pará, 2013.

WU, J. Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. **Landscape Ecology**, v. 28, p. 1-11, 2013.

3. AS MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA EM BACIA HIDROGRÁFICA SOB PRESSÃO DOS SISTEMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: A intensificação das mudanças do uso e cobertura da terra, principalmente no que tange à conversão de áreas florestais ao processo produtivo, pode acarretar uma série de impactos socioambientais que acabam por modificar a funcionalidade da paisagem. A compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra possibilita traçar políticas de normatização de acordo com as características locais, visando a preservação e conservação dos recursos naturais. Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar as mudanças do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Acará, Amazônia Oriental, entre os anos de 2004, 2010 e 2014, com intuito de indicar possíveis consequências socioambientais que tais mudanças podem ocasionar na paisagem da bacia. Para isso, levantou-se bibliografias sobre a temática na região Amazônica, bem como o levantamento de dados cartográficos para a confecção das cartas de uso e cobertura. Os resultados apontam que a adoção de políticas públicas influenciou a dinâmica do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará, o que significou em menores taxas de desflorestamento e, ao mesmo tempo, a expansão substancial do monocultivo de dendê, que acabou por ultrapassar áreas degradadas, incorporando áreas florestais ao processo produtivo, causando impactos ambientais. Portanto, conclui-se que há necessidade de intensificar ações de combate ao processo de desflorestamento e readequar políticas públicas e elaborar outras de acordo com as características socioambientais, contribuindo, assim, para a recuperação de sistemas ambientais degradados, bem como a preservação de áreas ambientalmente sensíveis e fomentando a conservação dos recursos naturais através de atividades econômicas ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra. Mudanças. Impactos socioambientais; Rio Acará. Políticas Públicas.

THE CHANGES OF LAND COVER IN THE WATERSHED UNDER PRESSURE OF THE SYSTEMS USE AND OCCUPATION OF THE TERRITORY IN THE EASTERN AMAZON

ABSTRACT: The intensification of changes in land use/cover, especially in relation to the conversion of forest areas to the productive process, can lead to a series of socio-environmental impacts that end up modifying the landscape's functionality. Understanding the dynamics of land use/cover makes it possible to draw up standardization policies according to local characteristics, aiming at the preservation and conservation of natural resources. The objective of this study was to analyze changes in land use/cover in the Acará river basin, Eastern

Amazonia, between 2004, 2010 and 2014, in order to indicate possible socio-environmental consequences that such changes may cause in the landscape of the basin. For this, bibliographies on this subject were collected in the Amazon region, as well as the collection of cartographic data for the construction of maps of use and coverage. The results indicate that the adoption of public policies influenced the dynamics of the land use/cover of the Acará river basin, which resulted in lower rates of deforestation and, at the same time, in the substantial expansion of oil palm monoculture, which eventually surpassed degraded areas, incorporating forest areas into the production process, causing environmental impacts. Therefore, it is concluded that there is a need to intensify actions to combat the deforestation process, to reform public policies and to elaborate other policies according to socio-environmental characteristics, thus contributing to the recovery of degraded environmental systems, as well as to the conservation of environmentally sensitive areas, promoting the conservation of natural resources through environmentally sustainable economic activities.

Keywords: Land use/cover. Changes. Socio-environmental impacts. Acará River. Public Policies.

3.1 Introdução

A riqueza de recursos naturais, seja hídrico, diversidade florística, faunística e entre outros, caracteriza a Amazônia como a detentora da maior expressão de biodiversidade tropical da terra (PERES *et al.*, 2010). Entretanto, sabe-se que tal riqueza se encontra ameaçada frente às modificações ocasionadas pelas ações antrópicas, seja pela conversão de áreas florestais para a agricultura e pastagem, ou pela implantação de grandes projetos, que muitas vezes acabam por alterar o equilíbrio socioecológico da paisagem.

A região Amazônica foi/é palco ao longo do tempo, principalmente entre a década de 60 e 80, de uma série políticas econômicas e territoriais que viabilizou a construção de rodovias, projetos de colonização e a expansão de empresas agropecuárias e de mineração (BECKER, 2001), que influenciaram diretamente nas mudanças de uso e cobertura da terra e, conseqüentemente, na funcionalidade da paisagem.

As mudanças no uso e cobertura da terra podem causar impactos socioambientais, que refletem tanto na escala local quanto na escala global, como a degradação dos solos e corpos hídricos, alteração do balanço hídrico e a emissão de gases que contribuem para mudanças climáticas (CRUZ; FARIAS, 2017; FEARNSSIDE *et al.*, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2007).

Para compreender o contexto geoespacial e multitemporal formado no âmbito de uma bacia hidrográfica é necessário considerar as interações existentes de ocupação do território e

as demandas socioeconômicas dos municípios componentes, incluindo os incentivos associados a agropecuária e produtividade da terra; outros fatores que podem ser considerados são os sistemas de posse de terra, tecnologia de manejo empregada e ciclos de vida do agregado familiar, portanto para entender a evolução do uso da terra, é essencial compreender as complexas interações entre uso da terra e mudança de cobertura (PACHECO, 2009; SOLER *et al.*, 2014). Zaiatz *et al.* (2018) consideram o desmatamento um fenômeno complexo que não resulta de um único fator, onde o pós-desflorestamento da terra, usado principalmente para pecuária pode acarretar em diversas transformações, desde a produção agrícola de culturas anuais, até a agricultura de *commodities*.

A Região Amazônica exige maior investigação sobre os efeitos causados pelo uso e cobertura da terra e do desflorestamento, porém sua dimensão e complexidade dificultam o processo; as técnicas de sensoriamento remoto contribuem positivamente para obtenção de informações, permitindo, por exemplo, a investigação de diferentes cenários (FARIA *et al.*, 2018). Logo, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se grandes aliadas dos estudos ambientais. Elas possibilitam realizar o mapeamento dos diferentes mosaicos paisagísticos a partir da integração de um conjunto de dados geoespaciais (COHEN; GOWARD, 2004). Desse modo, essas ferramentas são de suma importância nas análises da dinâmica do uso e cobertura da terra.

O presente estudo objetivou analisar as mudanças do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Acará, Nordeste paraense, Amazônia Oriental, a fim de identificar os possíveis impactos socioambientais que tais mudanças podem acarretar. De acordo com Wu (2013), a análise das mudanças de uso e cobertura da terra de uma paisagem consiste em uma compreensão das relações entre os padrões espaço-temporais. Portanto, utilizou-se os anos de 2004, 2010 e 2014 como período de análise.

A bacia hidrográfica do rio Acará está inserida em contextos histórico-geográfico que configura na paisagem ações do período passado supracitado e atualmente abrange os principais municípios do polo de biodiesel do dendê no Nordeste paraense. Tais contextos impulsionaram e impulsionam intensas mudanças no uso e cobertura da terra, demonstrando a necessidade de se conhecer a dinâmica das mudanças com objetivo de traçar ações de planejamento e gestão ambiental e territorial, com intuito de preservação e conservação dos recursos naturais, bem como o equilíbrio funcional da paisagem.

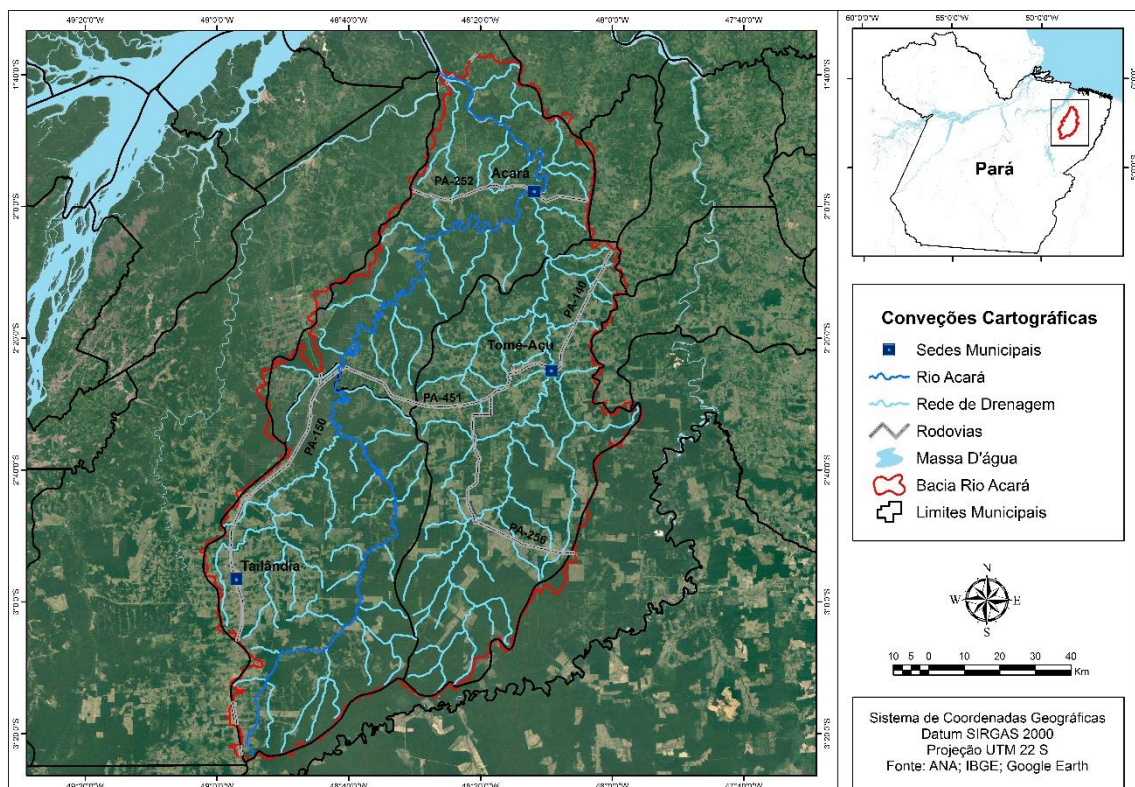
3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Área de estudo

O rio Acará pertence a rede hidrográfica do rio Guamá, que juntamente com os rios Capim e Moju formam o complexo hidrológico Baía de Guajará, sendo o mesmo o rio principal da bacia hidrográfica de igual nome. A bacia hidrográfica do rio Acará está localizada na mesorregião do Nordeste paraense, Amazônia Oriental. É uma bacia de grande extensão territorial com aproximadamente 13.537,24 Km², a qual abrange nove municípios: Acará, Aurora do Pará, Bujaru, Concórdia do Pará, Ipixuna do Pará, Moju, São Domingos do Capim, Tailândia e Tomé-Açu (Figura 19).

Para fins analítico, o presente trabalho adotou somente os municípios de Acará, Tailândia e Tomé-Açu na escala de trabalho, devido os municípios abrangerem aproximadamente 98% da área total da bacia hidrográfica do rio Acará.

Figura 19 - Localização da bacia hidrográfica do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As características fisiográficas da bacia são marcadas por um conjunto de unidades geológicas de origem sedimentar como as coberturas detrito-laterítica e as formações Ipixuna e Barreiras, que predominam na bacia, bem como um terreno suavemente plano, cuja altitude não ultrapassa os 103 m. A morfologia da área é formada por colinas, tabuleiros, baixos platôs e planície fluvial, onde juntamente com as demais características configuram uma rede de drenagem extensa e vales abertos, conformando um elevado potencial hídrico, advindo,

principalmente, das condições climáticas da região, caracterizados por elevada umidade e temperatura (FURTADO; PONTE, 2013; JOÃO *et al.*, 2013).

3.2.2 Dados e procedimentos metodológicos

Os dados cartográficos da delimitação da bacia hidrográfica do rio Acará e a rede de drenagem foram obtidos através da base cartográfica da Agência Nacional de Águas (ANA). Os limites municipais, sedes municipais e rodovias foi adquirido por meio da base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2017.

As informações geocartográficas necessárias para elaborar os mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 2004, 2010 e 2014 foram obtidas através do projeto Terraclass, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), cujo objetivo é qualificar o desflorestamento da Amazônia Legal a partir da identificação dos diferentes usos da terra.

O mapeamento confeccionado pelo Terraclass utiliza 16 classes temáticas de uso e cobertura da terra. Entretanto, para o objetivo do presente estudo foi realizada uma reclassificação com fins analíticos. Dessa forma, o Quadro 5 abaixo apresenta a reclassificação temática do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará.

Quadro 5 - Reclassificação das classes do projeto Terraclass.

Classes	Reclassificação
Pasto Limpo Pasto Sujo Pasto com solo exposto Regeneração com pasto Não floresta	Agropecuária
Agricultura anual	Dendê
Desflorestamento	Desflorestamento
Floresta Reflorestamento	Cobertura Vegetal
Hidrografia	Hidrografia
Mineração	Mineração
Área Urbana Mosaico de Ocupações	Mosaico de Ocupações
Área não observada	Nuvens
Outros	Outros
Vegetação secundária	Vegetação Secundária

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para reclassificar em Dendê a classe Agricultura Anual do Terraclass, assim como verificar atribuições destas áreas de dendê para demais outras classes, foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 5 TM para o ano de 2004, imagem Landsat 7 ETM para o ano de 2010 e

uma imagem Landsat 8 OLI para o ano de 2014. A classificação visual dessa classe nas imagens contou com a análise da geometria, textura, tonalidade e cor.

Entretanto, ressalta-se a acurácia acima da média do mapeamento do projeto TerraClass, a qual foi realizada por Barros *et al.* (2018), onde demonstraram uma precisão global do mapeamento de 86% para o município de Paragominas/PA.

Após a confecção das cartas de uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará, foi realizada uma matriz de transição entre os anos de 2004 e 2010 e 2010 e 2014. A matriz de transição é uma representação matemática das cadeias de Markov, a qual descreve o sistema como um processo estocástico, caracterizado pelas mudanças dos estados atuais dos sistemas e pela forma que passam assumir posteriormente. Nesse sentido, a matriz de transição expõe através das colunas a mudança de classe, ou quanto cada classe perdeu, e as linhas mostram quanto cada classe ganha (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Para a construção da matriz de transição e a confecção das cartas temáticas foi utilizado o software de processamento de dados geoespaciais, no Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) da Universidade Federal do Pará.

3.3 Resultados e discussão

A compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra possibilita orientar a elaboração de políticas públicas que visem estabelecer a conservação dos recursos naturais e, conseqüentemente, o funcionamento hidroambiental das bacias hidrográficas. As Figuras 20, 21 e 22 representam as cartas de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará para os anos de 2004, 2010 e 2014.

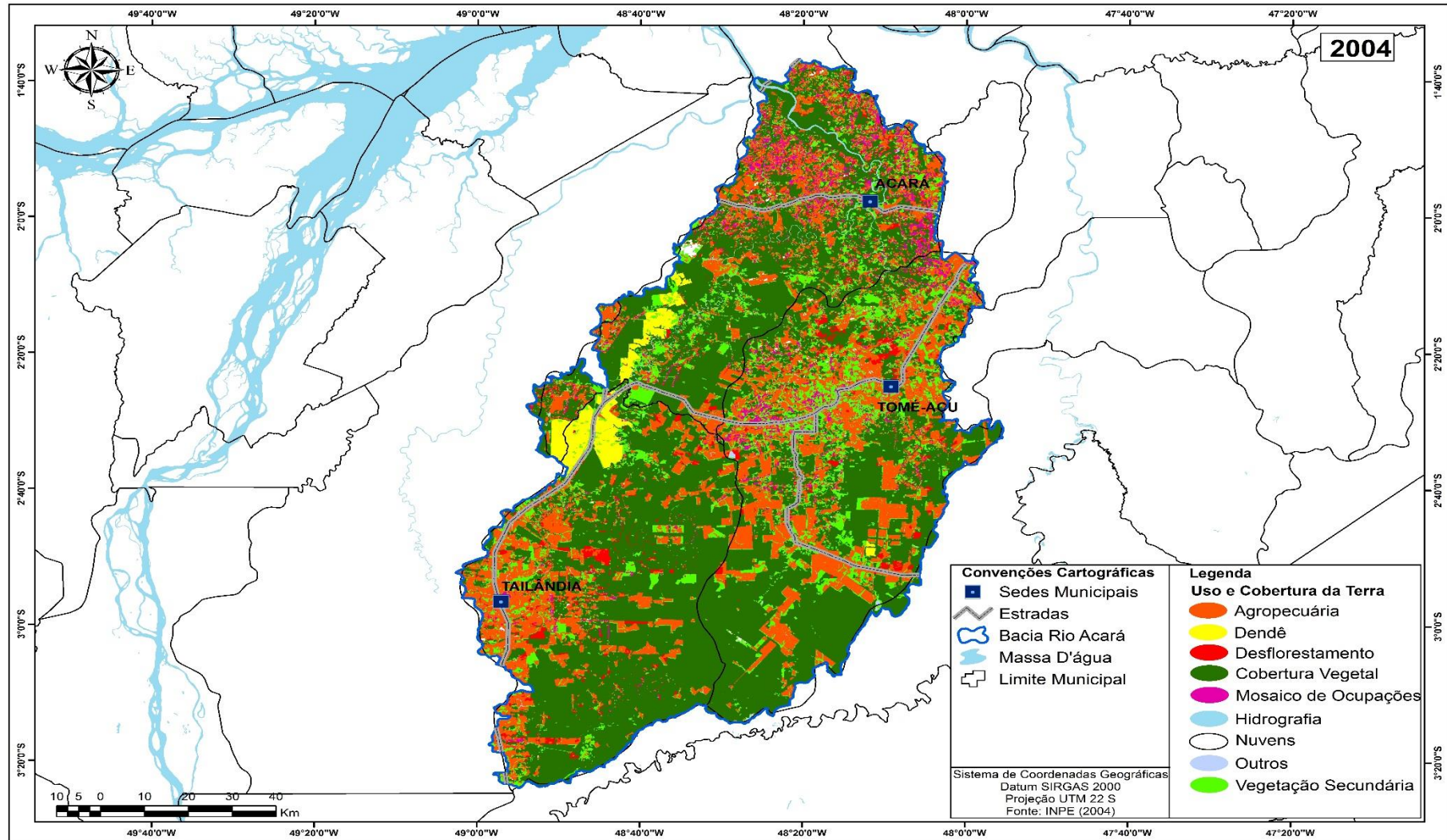
A bacia hidrográfica do rio Acará está inserida em uma região de colonização consolidada, apresentando padrão de colonização semelhante ao restante da Amazônia. A configuração do uso e cobertura da terra da bacia está relacionada, além das políticas econômicas estabelecidas, ao processo espaço-temporal de formação dos principais municípios.

A Figura 20 retrata esse processo, apesar da intensificação de projetos agropecuários para a região, onde se tem a predominância da classe de Mosaico de Ocupações ao norte da bacia, a qual também representa o desenvolvimento de práticas extrativistas e agrícolas de pequena escala, dentro dos limites político-administrativo do município de Acará, formado a partir do padrão espacial “Rio-Várzea-Floresta” caracterizado pelo uso do rio como meio de circulação e relações comerciais, bem como a implantação de diversos cultivos agroflorestais (GONÇALVES, 2005).

Por outro lado, os municípios de Tailândia e Tomé-Açu têm seus processos de formação mais recente a partir de um projeto desenvolvimentista para a região marcado, principalmente, pela construção de rodovias, projetos agropecuários e minerais. Nesse sentido, as cartas de uso e cobertura da terra demonstram bem esse aspecto com as maiores áreas agropecuárias da bacia do rio Acará dentro de tais municípios, sobretudo ao redor das rodovias estaduais PA - 140, PA - 150, PA - 256 e PA - 451.

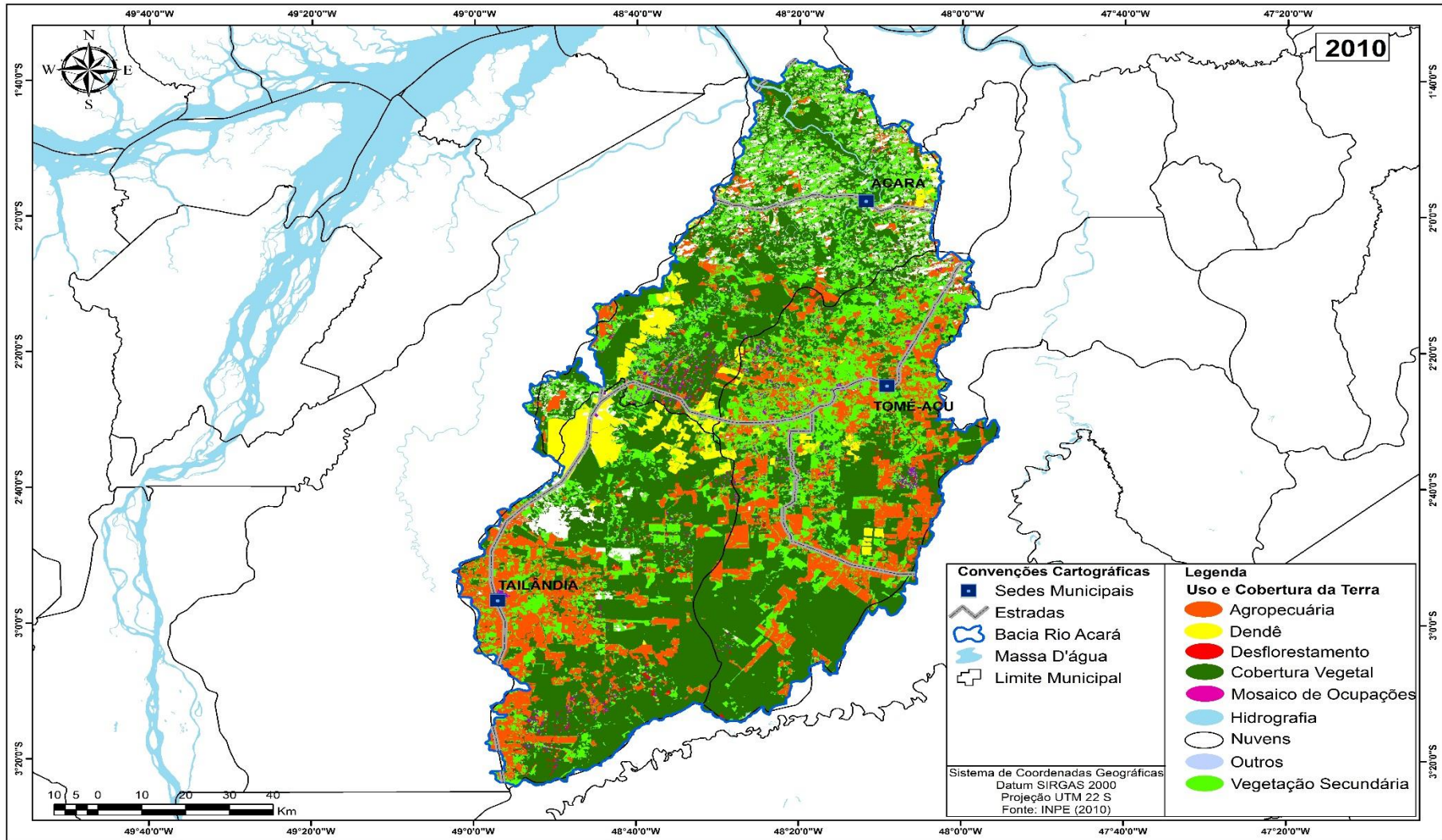
O processo de formação e ocupação humana heterogênea no espaço e no tempo entre os municípios também pode ser um fator de explicação, embora não determinante, da espacialização diferenciada dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Acará; onde a classe de Cobertura Vegetal está majoritariamente presente dentro dos municípios de Tailândia e Tomé-Açu.

Figura 20 - Uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará de 2004.



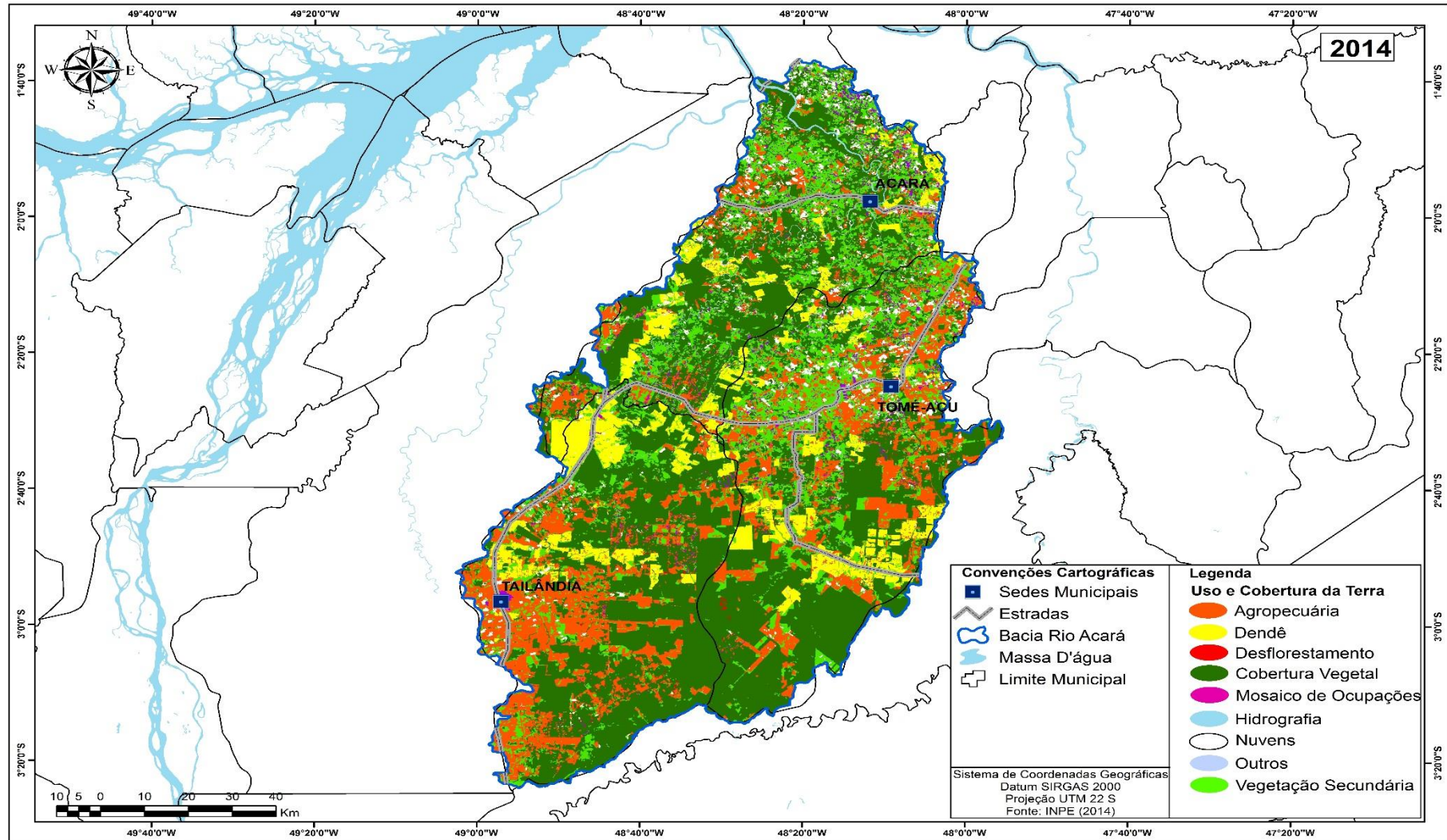
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 - Uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará de 2010.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 - Uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará de 2014.

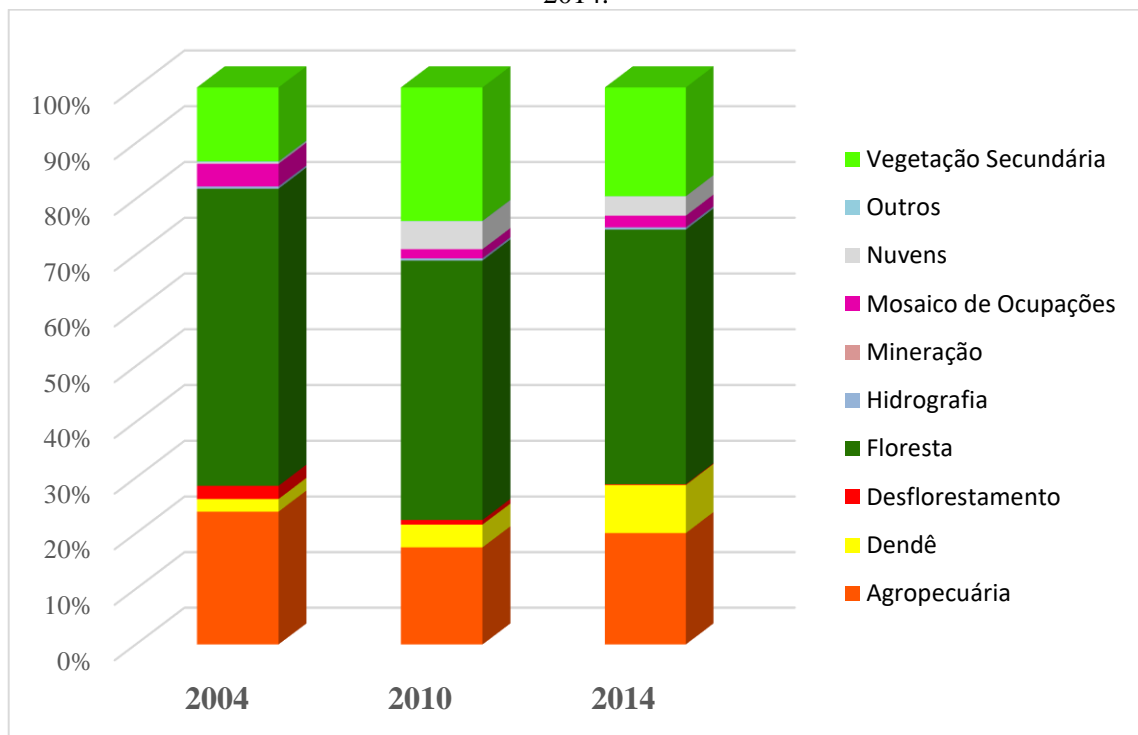


Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo de 2004 a 2014, a classe cobertura vegetal foi a maior entre as demais classes, apesar da diminuição entre os anos analisados. Em 2004, a área da bacia contava com aproximadamente 53,56% de classe cobertura vegetal diminuindo para cerca de 49,52%, em 2014. Em contraponto, tem-se entre os anos o aumento de 2,26% da classe dendê, em 2004, e 8,63%, em 2014. A classe agropecuária variou de forma diferente dessas duas classes, com a diminuição de 6,42% de sua área entre 2004-2010, seguida de um aumento de 2,57% entre 2010-2014 (Figura 23).

A classe vegetação secundária teve um ritmo oposto da classe agropecuária, com aumento de 10,67% de área entre 2004-2010, seguida de uma diminuição de 4,43% entre 2010-2014. A classe mosaico de ocupações decresceu de 4,06%, em 2004, para 1,62%, em 2010, em seguida aumentou para 2,09%, em 2014. A classe mineração teve um leve aumento de 0,18 km² entre 2004-2010, seguido da ausência de áreas com tal atividade econômica em 2014.

Figura 23 - Taxas de uso e cobertura da terra na bacia do rio Acará para os anos de 2004, 2010, e 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao comparar as taxas da classe desflorestamento entre os anos, percebe-se uma crescente diminuição. Em 2004, as áreas desflorestadas correspondiam a 320,95 km², ou 2,37% do total, sendo que em 2014 decresceu para 18,06 km², ou 0,13% da área da bacia. Tal fato é decorrente de uma série de políticas públicas implementadas para combater o desflorestamento na região.

O uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará, em 2004, apresenta as maiores taxas de desflorestamento entre os anos analisados. As áreas desflorestadas estão concentradas em sua maioria dentro dos limites político-administrativo de Tailândia. Em 2008, o município foi alvo da Operação “Arco de Fogo”, que objetivou combater o desflorestamento e extração ilegal de madeira na região. No ano de 2009, Tailândia passou a integrar a lista dos municípios que mais desflorestam na Amazônia do Ministério do Meio Ambiente (MMA), pois o critério de inclusão é o desflorestamento de 200 Km² ou mais em relação ao ano anterior.

Ainda em 2009, o Governo do Estado do Pará lança o Plano de Prevenção, Controle e Alternativas ao Desmatamento do Estado do Pará (PPCAD-PA) com a finalidade de frear as taxas de desflorestamento no estado a partir de ações de controle e monitoramento, ordenamento territorial, fundiário e gestão ambiental para estabelecer a preservação ecológica dos recursos naturais, bem como sua utilização apropriada (PARÁ, 2009). Esse conjunto de ações de combate ao desflorestamento são as causas e explicações diretas que nos direcionam a compreender a diminuição das taxas de desflorestamento entre 2004 e 2010 na bacia do rio Acará.

Outro fator que contribuiu para a diminuição substancial do desflorestamento entre 2010 e 2014 é a criação do programa “Municípios Verdes”, em 2011, por parte do Governo do Estado. Esse programa também está relacionado ao combate do desflorestamento a partir de ações de cunho territorial, fundiário e ambiental, materializadas na elaboração do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que objetivam a preservação ecossistêmica e o desenvolvimento de atividades sustentáveis a partir da governança entre diferentes sujeitos sociais (GUIMARÃES *et al.*, 2011; PIKETTY *et al.*, 2015). Os municípios de Tailândia e Tomé-Açu integram o programa desde o ano de lançamento.

Apesar da queda significativa das taxas de desflorestamento na bacia do rio Acará, a partir das ações de fiscalização e monitoramento, ressalta-se que a prática de extração irregular de madeira ainda é presente na região, sendo que as áreas desflorestadas ilegalmente entre 2015 e 2016 estão concentradas em cinco municípios do estado, dos quais estão Tomé-Açu (2º) e Tailândia (4º) (CARDOSO; SOUZA JR., 2017). As políticas públicas adotadas para combater o desflorestamento na região podem também explicar em parte a diminuição da classe Floresta em taxas cada vez menores entre os anos analisados.

A expansão substancial da classe Dendê está relacionada à implementação do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB), em 2004, e o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma (PSOP), em 2010. A microrregião de Tomé-Açu (Acará, Concórdia do Pará, Moju, Tailândia e Tomé-Açu) é o principal polo de produção do

monocultivo de dendê, sendo responsável por aproximadamente 76,4% de toda área plantada no estado do Pará (NAHUM; SANTOS, 2016; SILVA; ALVES, 2017).

No entendimento da dinâmica do uso e cobertura da terra e dos reflexos que tais mudanças podem impactar na sociobiodiversidade da paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará foi utilizada a Matriz de Transição (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Matriz de Transição do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará entre os anos de 2004 e 2010.

		2004 (km ²)										
Classes		AGP	DEN	DES	COV	HID	MIN	MOC	NUV	OUT	VES	Total 2010
2010 (km ²)	AGP	1.643,39		122,67	322,75			89,39	11,94	9,32	171,39	2.370,85
	DEN	163,44	295,73	20,35	30,14			6,45	0,23	2,10	37,18	555,62
	DES				112,74							112,74
	COV				6.291,47							6.291,47
	HID					55,56						55,56
	MIN	0,02								0,16		0,18
	MOC	60,52	0,08	6,20	59,74		0,01	65,81	1,21	0,68	27,43	221,68
	NUV	327,86	4,91	31,26	96,44			130,09	10,50	2,86	71,40	675,32
	OUT	2,82	0,54	0,12	0,69			1,23		0,78	4,52	10,70
	VES	1.039,81	5,65	140,33	298,35			256,96	12,76	4,59	1.484,67	3.243,12
Total 2004		3.237,86	306,91	320,93	7.212,32	55,56	0,01	549,93	36,64	20,49	1.796,59	13.537,24

AGP = Agropecuária; DEN = Dendê; DES = Desflorestamento; FLO = Floresta; HID = Hidrografia; MIN = Mineração; MOC = Mosaico de Ocupações; NUV = Nuvens; OUT = Outros; VES = Vegetação Secundária.

Tabela 4 - Matriz de Transição do uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará entre os anos de 2010 e 2014.

		2010 (km ²)											
Classes		AGP	DEN	DES	COV	HID	MIN	MOC	NUV	OUT	VES	Total 2014	
2014 (km ²)	2010	AGP	1.491,14	33,93	53,21	57,25		0,17	74,25	216,62	2,91	786,33	2.715,81
		DEN	469,26	458,25	2,87	5,41			1,60	71,14	0,69	159,84	1.169,06
		DES	0,13			17,46			0,06	0,02		0,37	18,04
		COV				6.178,22				0,58		1,78	6.180,58
		HID					55,56						55,56
		MIN											
		MOC	29,98	1,08	9,68	4,05			56,41	41,43	0,63	140,91	284,17
		NUV	108,55	14,62	5,64	4,57		0,01	15,72	75,50	0,55	241,24	466,40
		OUT	2,71	0,01	0,12	0,03			0,10	0,42	0,07	1,40	4,86
		VES	266,50	46,05	41,20	31,09			73,54	269,60	5,79	1.908,99	2.642,76
Total 2010		2.368,27	553,94	112,72	6.298,08	55,56	0,18	221,68	675,31	10,64	3.240,86	13.537,24	

AGP = Agropecuária; DEN = Dendê; DES = Desflorestamento; FLO = Floresta; HID = Hidrografia; MIN = Mineração; MOC = Mosaico de Ocupações; NUV = Nuvens; OUT = Outros; VES = Vegetação Secundária.

As Tabelas 3 e 4 trazem três informações principais que implicam ambientalmente na conversão do uso e cobertura da terra na bacia do rio Acará: 1) a conversão de áreas florestais para agropecuária e vegetação secundária; 2) conversão de áreas agropecuária para vegetação secundária e 3) a expansão do monocultivo de dendê para áreas florestais.

A matriz de transição tanto de 2004 e 2010 quanto de 2010 e 2014, mostram que das áreas desflorestadas nesse período, a maioria foi convertida em classes de Agropecuária e Vegetação Secundária. Esse resultado condiz com Almeida *et al.* (2016), que realizaram o mapeamento de uso e cobertura da terra da Amazônia Legal Brasileira para o ano de 2008 com dados de alta resolução espacial e apontam a pastagem e a vegetação secundária como as principais classes que ocupam posteriormente as áreas desflorestadas.

A dinâmica das classes Vegetação Secundária, Mosaico de Ocupações e Agropecuária na bacia do rio Acará pode ser entendida através do ciclo produtivo desenvolvido pela agricultura itinerante e o processo de degradação das pastagens. A agricultura itinerante é caracterizada pelo corte e queima de áreas florestais para o estabelecimento de cultivos agrícolas temporários, a qual perpassa posteriormente por um período de pousio, que possibilita a regeneração da vegetação secundária (VIANNA *et al.*, 2016). Já o processo de degradação das pastagens consiste na queda da produtividade das áreas utilizadas pelas atividades agropecuárias, seja por fatores físicos, químicos ou biológicos, que inviabilizam a exploração econômica, ocasionando, dessa forma, o abandono da área. Com isso, têm-se o processo de regeneração da vegetação (DIAS-FILHO *et al.*, 2008). O processo de regeneração da vegetação permite a reutilização no ciclo produtivo através de novos cultivos agrícolas e/ou pastagens, ou não.

Fearnside (2005) explica que a conversão de áreas florestais para usos como a pastagem implica na modificação das funções hidroambientais desenvolvidas pela bacia hidrográfica, como a intensificação do escoamento superficial, possibilitando a ocorrência de cheias, assim como alterações no fluxo dos cursos d'água. Além disso, o autor expõe sobre o empobrecimento da biodiversidade com a perda da floresta.

No mesmo sentido, Foley *et al.* (2007) argumentam que o processo de desflorestamento na bacia Amazônica pode desequilibrar o complexo sistema hidrológico, em vista da função desenvolvida pelas florestas na regulação do volume e tempo de fluxo da água e nutrientes para ele. Portanto, os autores expõem que o desflorestamento pode implicar gravemente nos fluxos hidrológicos a partir da alteração na evapotranspiração, interceptação do dossel, escoamento superficial e recarga das águas subterrâneas.

A conversão de áreas agropecuárias para vegetação secundária se deve ao abandono de terras e pelo processo de regeneração florestal. Vieira *et al.* (2014) expõem que o abandono de terras agrícolas na região Amazônica é uma prática observada desde a década de 1940, sendo que das áreas desmatadas 25% estava relacionado a alguma forma de vegetação secundária em 2010, com 40% desse total localizado no estado do Pará.

Apesar de não desenvolver condições iguais às florestas primárias, a vegetação secundária possui capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos, assim como a recuperação da fertilidade do solo em sistemas agrícolas em pousio, a manutenção dos meios de subsistências locais através do provimento de recursos naturais e o sequestro de carbono (FERRAZ *et al.*, 2014; VIERA *et al.*, 2014).

A matriz de transição do uso e cobertura da terra do período analisado indica que a classe Dendê se expandiu, principalmente, nas áreas que antes pertenciam às classes de Agropecuária, Vegetação Secundária e Floresta. Essa informação aponta as contradições de um modelo de desenvolvimento regional pautado em um viés sustentável, uma vez que o PNPB e o PSOP têm como objetivos a recuperação de áreas desflorestadas com a implantação de dendê. O avanço do monocultivo de dendê para áreas de floresta na bacia hidrográfica do rio Acará confirma um dos principais riscos apontados com a política de expansão. De acordo com Becker (2010), o desflorestamento ocasionado pelo avanço do monocultivo de dendê possibilita ganhos rápido com a exploração da madeira, o que viabiliza a implantação e manutenção dos custos até a produtividade do monocultivo.

Estudos sobre os impactos da conversão de áreas para o monocultivo de dendê são relativos. Alguns autores como Homma *et al.* (2000) apontam que o monocultivo de dendê quando plenamente estabelecido tem a capacidade de proteger o solo do processo erosivo e manter determinados elementos da fauna. Becker (2010) expõe que estudos a partir do ponto de vista biológico indicam que o dendê é pouco impactante nas áreas de florestas, a qual o monocultivo desempenha o ciclo biogeoquímico em condições semelhantes aos daquelas, bem como diminui o escoamento superficial e a emissão de gás carbônico.

Silva (2016) a partir de técnicas de modelagem analisou os impactos da expansão do monocultivo de dendê no escoamento superficial e a produção de sedimentos em duas sub-bacias do Nordeste paraense. Os resultados obtidos indicam que a variação do escoamento superficial e da produção de sedimentos nas duas sub-bacias estavam relacionados ao aumento e diminuição da vegetação secundária, não sendo o plantio de dendê a causa principal das mudanças nos processos hidrossedimentológicos. O autor explica que as áreas com monocultivo de dendê apresentam menor escoamento superficial e produção de sedimentos médio mensal no período chuvoso dos anos analisados em relação às áreas de agricultura e pastagem.

Por outro lado, os estudos apontam a possibilidade de contaminação de corpos hídricos pela utilização de agrotóxicos na produção do monocultivo de dendê. Relatos de comunidades tradicionais que estão circundadas pela expansão do dendê apontam o surgimento de vários

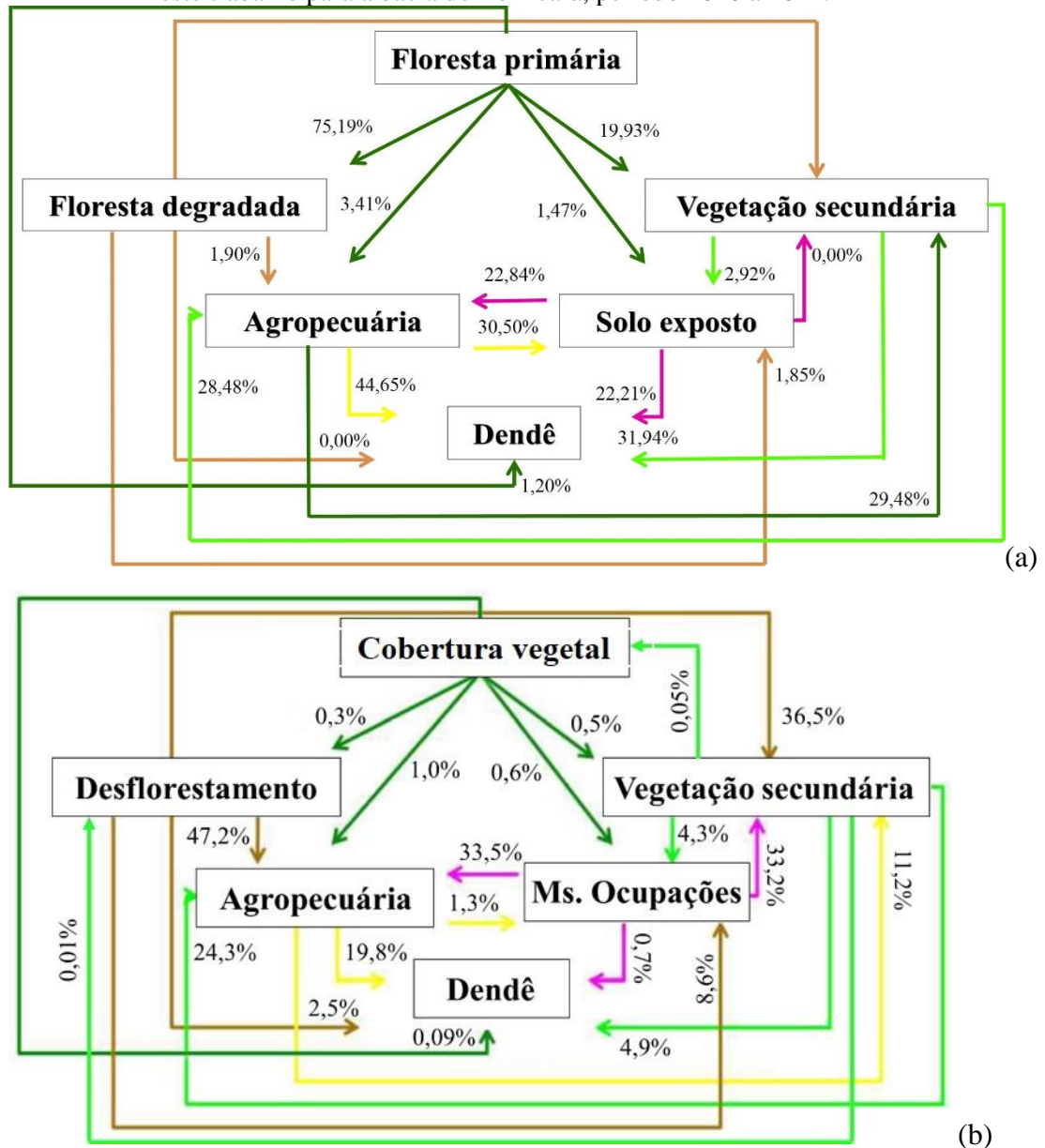
problemas de saúde relacionados ao uso da água de igarapés que os margeiam (DAMIANI, 2017; GLASS, 2013; NAHUM; SANTOS, 2013).

Em relação às implicações da biodiversidade com a conversão para áreas de dendê, Almeida *et al.* (2016) compararam a diversidade funcional das aves em áreas de plantação de dendê e áreas florestais. Constataram que a diversidade funcional das aves é impactada negativamente nas áreas de dendê, que pode ser explicado pela pobreza de recursos, a qual impõe condições ambientais que não permitem a colonização de uma variedade de espécies.

Considerando os resultados obtidos para a bacia do rio Acará e o diagrama de conversão obtido por Lameira *et al.* (2016) para o município de Tomé-Açu (região leste-sudeste da bacia) correspondendo ao período de 2009 a 2013, observa-se como diferenças: que os autores realizaram uma classificação diferenciada, considerando os termos Solo exposto e Floresta degradada; e que os resultados obtidos por estes, são percentualmente equivalentes ao município de Tomé-Açu. Por isto, as conclusões obtidas analisaram o fluxo floresta primária - florestas degradadas - vegetação secundária e a transição para a atividade de agropecuária e para os cultivos de dendê; admitindo ao final que o cultivo do dendê está ocorrendo prioritariamente em áreas destinadas para agricultura e pecuária. O diagrama de transição (Figura 24) gerado neste trabalho já admite as categorias Desflorestamento e Mosaico de Ocupações; e os percentuais são equivalentes a área da bacia do rio Acará, que tem cerca de 98% do seu território formado pelos municípios de Tailândia, Acará e Tomé-Açu, no período de 2010 a 2014.

Segundo Pará (2016), o município de Tailândia realmente representa um diferencial neste balanço, onde a partir de 2011 foi registrado um decréscimo na área plantada, permanecendo inalterado até 2014, este foi o maior produtor de Dendê no ano de 2014, tendo sido observado uma estabilidade da área plantada a partir de 2012. Sendo que o número de empreendimentos com Licença de Atividade Rural (LAR) até 2016, era de apenas 23, equivalendo a 88.212, 33 hectares (882,12 km²), o equivalente a 28% das áreas destinadas a Agropecuária + Dendê, em 2014. Pará (2017) ainda destaca que o município cumpriu as metas previstas pelo Programa Municípios Verdes: em 2016 ultrapassou 80% da área de cadastro ambiental rural (CAR); e a redução da taxa de desmatamento, que em 2015 foi de 6,7 km².

Figura 24 - Diagramas de transição: (a) elaborado por Lameira et al. (2016) para o município de Tomé-Açu (região leste-sudeste da bacia) correspondendo ao período de 2009 a 2013; (b) elaborado neste trabalho para a bacia do rio Acará, período 2010 a 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se a manutenção alta da transição Mosaico de Ocupações para áreas de Agropecuária e da Agropecuária para o Dendê; admite que o observado de cerca de 6% de Cobertura Vegetal + Vegetação secundária, convertidos para o dendê ainda seja um valor expressivo no período 2010-2014 (Figura 24b). Este cenário corrobora com o modelo criado por Carvalho e Domingues (2016) avaliando a tendência até 2030 para o Nordeste paraense, com o aumento da atividade da Agropecuária, considerando pasto (16,57%), lavoura (18,26%) e floresta plantada (55,54%), com uma perda de floresta natural de cerca de 27%; um fator que determinou esse resultado foi a projeção de aumento da demanda externa por bovinos e soja.

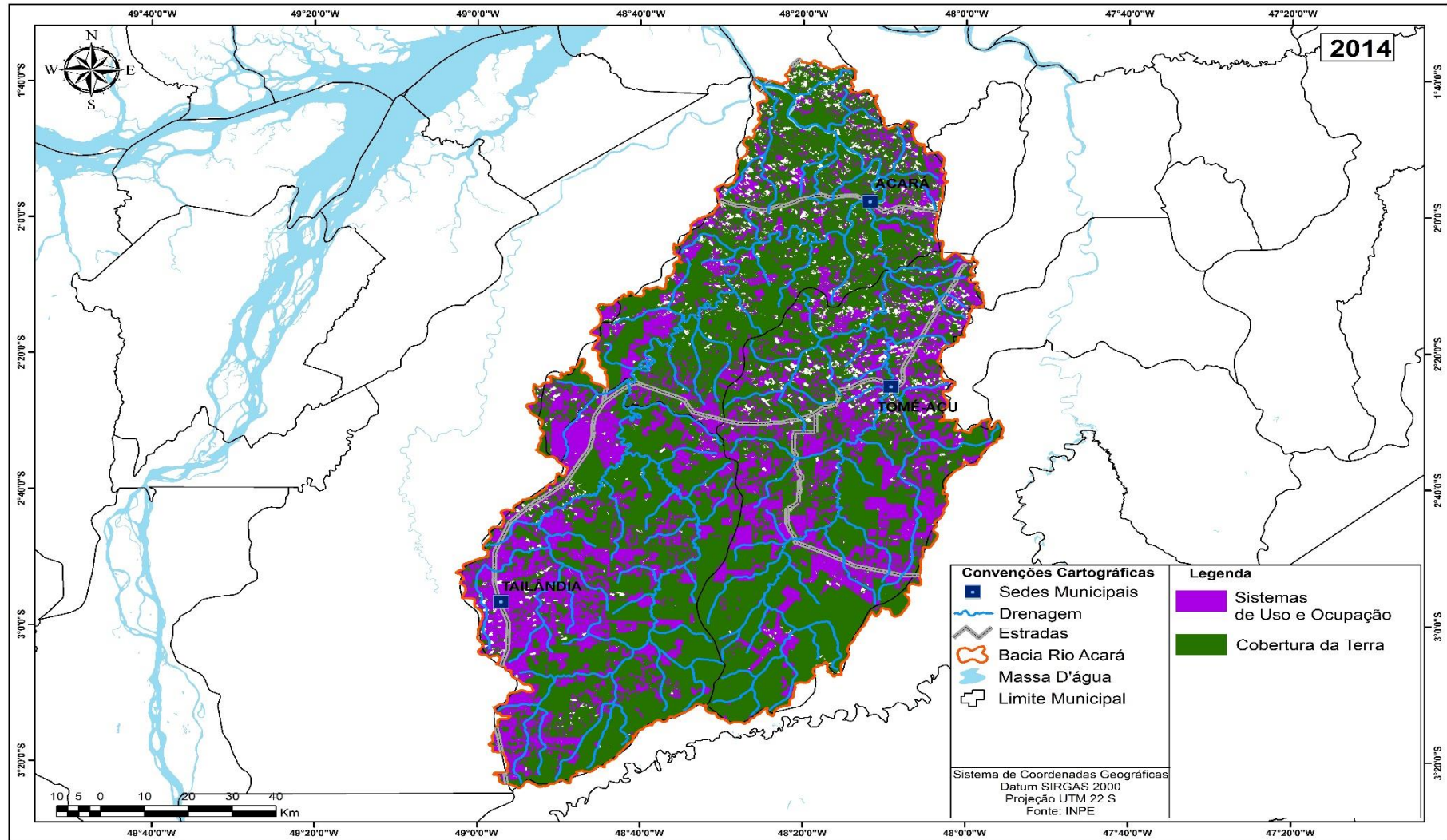
Em termos de bacia hidrográfica, fica claro nas análises que a região está com o seu médio – baixo curso comprometidos pelas transições de uso e cobertura da terra. A evolução manteve as maiores manchas de cobertura vegetal apenas na porção sudeste da bacia, porém a faixa de cabeceira dos principais cursos d'água está comprometida pelas mudanças sofridas. A Figura 25 sintetiza esta distribuição, indicando que a bacia do rio Acará tem o mesmo padrão já indicado por autores (BATISTELLA; MORAN, 2005; FEARNSIDE, 2005; GODAR et al., 2012; BROWN et al., 2016; MORAN, 2016), cuja frente de ocupação parte dos eixos de deslocamento (fluvial e viário) e se expande para o interior do território, indo de um comportamento difuso, para formação de corredores de integração socioeconômicos.

3.4 Considerações finais

A dinâmica e o padrão espacial do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará são entendidas desde a formação histórico-geográfica dos principais municípios abrangidos pela bacia, assim como a indução de políticas públicas ao longo do tempo que visem incentivar e reordenar os diferentes usos e cobertura da terra. Em contraponto, ao mesmo tempo que visam reordenar, a fim de preservação e conservação dos recursos naturais, tais políticas podem ocasionar efeitos contrários corroborando para o desflorestamento.

A criação do programa Municípios Verdes e ações de combate, fiscalização e monitoramento, por parte do Estado e sociedade civil organizada, contribuíram para a diminuição efetiva das taxas de desflorestamento na bacia do rio Acará. Por outro lado, o PNPB e o PSOP, com objetivos de desenvolvimento regional e sustentável, fizeram crescer exponencialmente as áreas de monocultivo de dendê. Apesar de se estabelecer em sua maioria em áreas antes utilizadas para agropecuária, ou seja, áreas degradadas, o plantio de dendê, como demonstra a matriz de transição, acabou por avançar em áreas de cobertura vegetal, concretizando receios de especialistas e acarretando em impactos socioambientais.

Figura 25 - Sistemas de ocupação e cobertura da terra na bacia do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento precisa ter seu território voltado para a sustentabilidade hídrica, desta forma a espacialização das formas de uso da terra não devem tencionar áreas vitais a manutenção dos sistemas de recarga superficial e subterrânea e ao mesmo tempo permitir a conservação do solo, com práticas de manejo que minimizem os problemas erosivos.

A compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra traz a possibilidade de readequar políticas públicas e elaborar outras de acordo com as características socioambientais, contribuindo, assim, para a recuperação de sistemas ambientais degradados, bem como a preservação de áreas ambientalmente sensíveis e fomentando a conservação dos recursos naturais através de atividades econômicas ambientalmente sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo; o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA); e o Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) pela concessão de seu espaço e recursos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, Boa Vista, v. 46, n. 3, p. 291-302, 2016.

ALMEIDA, S. M.; SILVA, L. C.; CARDOSO, M. R.; CERQUEIRA, P. V.; JUAN, L.; SANTOS, M. P. D. The effects of oil palm plantations on the functional diversity of Amazon birds. **Journal of Tropical Ecology**, v. 32, n. 6, p. 510-525, 2016.

BARROS, M. N. R.; PINHEIRO, A. F.; MORAIS, V. M. C.; SANTOS, L. B.; COELHO, A. S.; SADECK, L. W. R.; ADAMI, M.; GOMES, A. R.; NARVAES, I. S. Validation of TerraClass mapping for the Municipality of Paragominas state of Pará. **Internacional Journal of Advanced Engineering Research and Sciences**, v. 5, n. 7, p. 326-334, 2018.

BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. Human dimensions of land use and land cover in the Amazon: A contribution from LBA. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 239-247, 2005.

BECKER, B. G. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo de palma de óleo (Dendê)? **Confins**, n. 10, p.

BECKER, B. G. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 6, n. 12, 2001.

BROWN, D. S.; BROWN, J. C.; BROWN, C. Land occupations and deforestation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 54, p. 331-338, 2016.

CARDOSO, D.; SOUZA JR., C. **Sistema de monitoramento da exploração madeireira (Simex):** Estado do Pará 2015-2016. Belém: IMAZON, 2017. p. 28.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. **Nova Economia**, v. 26, n. 2, p. 585-621, 2016.

COHEN, W. B.; GOWARD, S. N. Landsat's role in ecological applications of remote sensing. **BioScience**, v. 54, n. 6, p. 535-545, 2004.

CRUZ, R. H. R.; FARIAS, A. L. A. Impactos socioambientais de produção de palma de dendê na Amazônia paraense: uso de agrotóxicos. **Revista Geoamazônia**, Belém, v. 5, n. 10, p. 86-109, 2017.

DAMIANI, S. **Impactos socioambientais do cultivo de dendê na terra indígena Turé-Mariquita no Nordeste do Pará.** 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

DIAS-FILHO, M. B.; SERRÃO, E. A. S.; FERREIRA, J. N. Processo de degradação e recuperação de áreas degradadas na Amazônia brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

FARIA, T. O.; RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; GAIO, D. C.; NOGUEIRA, J. S. Surface albedo in different land-use and cover types in Amazon forest region. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 2, e2120, 2018.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente Online**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2013.

FERRAZ, S. F. B.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; CASSIANO, C. C.; BRANCALION, P. H. S.; LUZ, D. T. A.; AZEVEDO, T. N.; TAMBOSI, L. R.; METZGER, J. P. How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning? **Landscape Ecology**, n. 29, p. 187-200, 2014.

FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; GIBBS, H. K.; HOWARD, E. A.; OLSON, S.; PATZ, J.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. Amazonia revealed: forest degradation and loss ecosystem goods and services in the Amazon basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.

FURTADO, A. M. M.; PONTE, F. C. Mapeamento de unidades de relevo do estado do Pará. **Revista GeoAmazônia**, v. 02, n. 2, p. 56 - 67, 2013.

GLASS, V. **Expansão do dendê na Amazônia Brasileira**: elementos para uma análise dos impactos sobre a agricultura familiar no nordeste do Pará. São Paulo: Repórter Brasil, 2013. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/documentos/Dende2013.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

GODAR, J.; TIZADO, E. J.; POKORNY, B. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 267, p. 58-73, 2012.

GONÇALVES, C. W. P. **Amazônia, Amazônias**. São Paulo: Contexto, 2005. p. 179.

GUIMARÃES, J.; VERISSÍMO, A.; AMARAL, P.; DEMACKI, A. **Municípios Verdes**: caminhos para a sustentabilidade. 1ª Ed. Belém: IMAZON, 2011. p. 156.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, R. A.; FERREIRA, C. A. P. Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendê na Amazônia. In: VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 11-30.

JOÃO, X. S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (Org.). **Geodiversidade do estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013, 258 p.

LAMEIRA, W. J. M.; VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. Expansão da dendeicultura em relação às zonas agroecológicas de Tomé-Açu, Pará. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, p. 1905-1905, 2016.

MORAN, E. F. Roads and dams: infrastructure-driven transformations in the Brazilian Amazon. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 207-220, 2016.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. A dendeicultura na Amazônia paraense. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 20, n. 2, p. 281-294, 2016.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades tradicionais na Amazônia paraense. **Acta Geográfica**, Edição Especial. p. 63-80, 2013.

OLIVEIRA, R. R. S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N.; LIMA, A. M. M.; ROCHA, E. J. P. Dinâmica de uso e cobertura da terra das regiões de integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 7, p. 1411-1424, 2016.

PACHECO, P. Agrarian reform in the Brazilian Amazon: its implications for land distribution and deforestation. **World Development**, v. 37, p. 1337-1347, 2009.

PARÁ. **Decreto n. 1.697 de Junho de 2009**. Diário Oficial do Estado. Disponível em: <http://www.ioepa.com.br/pages/2009/2009.06.05.DOE.pdf>. Acesso em 12 set. 2018.

PARÁ. **Diagnóstico da dinâmica do desmatamento nos municípios da base local Tailândia – Produto 05**. Belém: Governo do Estado do Pará, 2016, 119p.

PARÁ. **Diagnóstico da dinâmica do desmatamento nos municípios da base local Tailândia – Produto 07**. Belém: Governo do Estado do Pará, 2017, 146p.

PERES, C. A.; GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; ZUANON, J.; MICHALSKI, F.; LEES, A. C.; VIEIRA, I. C. G.; MOREIRA, F. M. S.; FEELEY, K. J. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2314-2327, 2010.

PIKETTY, M. G.; POCCARD-CHAPUIS, R.; DRIGO, I.; COUDEL, E.; PLASSIN, S.; LAURENT, F.; THÂLES, M. Multi-level governance of land use changes in the Brazilian Amazon: lessons from Paragominas, state of Pará. **Forests**, v. 6, n. 5, p. 1516-1536, 2015.

SAMPAIO, G.; NOBRE, C.; COSTA, M. H.; SATYAMURTY, P.; SOARES-FILHO, B. S.; CARDOSO, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 17, 1-7, 2007.

SILVA, A. K. L. **Impacto da expansão da palma de óleo sobre o escoamento superficial e produção de sedimentos nas sub-bacias hidrográficas não monitoradas dos rios Bujaru e Mariquita no Nordeste do Estado do Pará, Amazônia Oriental**. 2016. 325 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SILVA, E. F.; NAVEGANTES-ALVES, L. F. A ocupação do espaço pela dendeicultura e seus efeitos na produção agrícola familiar na Amazônia Oriental. **Confins**, n. 30, p. 1-17, 2017.

SOLER, L. S.; VERBURG, P. H.; ALVES, D. S. Evolution of land use in the Brazilian Amazon: from frontier expansion to market chain dynamics. **Land**, n. 3, p. 981-1014, 2014.

VIANNA, F. M. F.; STEWARD, A. M.; RICHERS, B. T. T.; Cultivo itinerante na Amazônia central: manejo tradicional e transformações da paisagem. **Novos Cadernos NAEA**, v. 19, n. 1, p. 93-122, 2016.

VIEIRA, I. C. G.; GARDNER, T.; FERREIRQA, J. N.; LEES, A. C.; BARLOW, J. Challenges of governing second-growth forests: a case study from the Brazilian Amazonian state of Pará. **Forests**, v. 5, n. 7, p. 1737-1752, 2014.

WU, J. Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 1, p. 1-11, 2013.

ZAIATZ, A. P. S. R.; ZOLIN, C. A.; VENDRUSCULO, L. G.; LOPES, T. R.; PAULINO, J. Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: A case study of the upper Teles Pires River basin. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 2, p. 168-177, 2018.

4. A IMPORTÂNCIA DE ÁREAS HIDROLOGICAMENTE SENSÍVEIS NAS AÇÕES DE PLANEJAMENTO: ESTUDO DE CASO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: A expansão desordenada das atividades agropecuárias tem degradado e colocado em risco a integridade e funcionalidade de diferentes ecossistemas, como a zona ripária; que representa um ecótono, área de transição entre os ambientes terrestre e aquático, cuja função é primordial para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e para a biodiversidade. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um zoneamento para identificar o nível de pressão e degradação das zonas ripárias da bacia hidrográfica do rio Acará através dos usos e cobertura da terra, além de comparar com as APP's, com o intuito de quantificar as áreas hidrologicamente sensíveis que não estariam respaldadas pela legislação ambiental, possibilitando menores resistências à conversão para áreas de pasto e agrícola. Para isso, foram utilizadas um conjunto de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a sistematizar, modelar e elaborar os produtos geocartográficos, assim como o levantamento da literatura especializada sobre a temática. Os resultados apontam que a zona ripária da bacia hidrográfica do rio Acará possui alto nível de pressão e degradação ambiental pela dinâmica do uso da terra, sobretudo nas áreas de recarga hídrica, além de mostrar que a junção dos diferentes dispositivos de proteção ambiental não abarca integralmente a delimitação da zona ripária, possibilitando um passivo ambiental significativo sem maiores resistências, o que evidencia a importância de se estabelecer mecanismos de proteção e conservação ambiental para esse ecossistema.

Palavras-chave: Uso da terra. Zonas ripárias. Degradação. Planejamento. Rio Acará.

THE IMPORTANCE OF HYDROLOGICALLY SENSITIVE AREAS IN PLANNING ACTIONS: A CASE STUDY IN A RIVER BASIN OF THE EASTERN AMAZON

ABSTRACT: The disorderly expansion of agricultural and cattle-raising activities has degraded and jeopardized the integrity and functionality of different ecosystems, such as the riparian zone; which represents an ecotone, a transition area between the terrestrial and aquatic environments, whose function is paramount for the quality and quantity of water resources and for biodiversity. In this context, the objective of this study was to carry out a zoning to identify the level of pressure and degradation of the riparian zones of the Acará river basin through land uses/cover, in addition to comparing with the Permanent Preservation Areas (APPs), in order to quantify the areas hydrologically sensitive that would not be supported by environmental legislation, allowing less resistance to conversion to pasture and agricultural areas. For this, a

set of geoprocessing and remote sensing techniques were used to systematize, model and elaborate the geocartographic products. A literature review on the subject was also carried out. The results indicate that the riparian zone of the Acará river basin has a high level of pressure and environmental degradation due to the dynamics of land use, especially in the areas of water recharge, besides showing that the combination of the different environmental protection devices does not comprehensively cover the delimitation of the riparian zone, allowing a significant environmental liability without greater resistance, which highlights the importance of establishing environmental protection and conservation mechanisms for this ecosystem.

Keywords: Land use. Riparian zones. Degradation. Planning. Acará River.

4.1 Introdução

A importância dos recursos hídricos para a sustentação das diversas formas de vida implica na adoção de estratégias para a sua preservação e conservação frente à crescente utilização irracional de áreas, que desempenham funções hidroecológicas vitais, ao processo produtivo.

A zona ripária é um ecótono, que marca a transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, caracterizado por estar hidricamente saturado ao longo das margens e cabeceiras dos rios. Desempenha funções essenciais como a estabilidade das margens dos rios, equilíbrio térmico da água, formação de corredores ecológicos, além do aumento da capacidade de armazenamento e manutenção da qualidade da água (ATTANASIO *et al.*, 2012; KOBIYAMA, 2009).

O reconhecimento da necessidade de se estabelecer práticas preservacionistas e/ou conservacionistas nas zonas ripárias devido sua importância na manutenção da biodiversidade e na sustentabilidade hídrica é compreendido mundialmente (ABELL *et al.*, 2007; AGNEW *et al.*, 2006; ATTANASIO *et al.*, 2012; MCGLYNN; MCDONNELL, 2003; NAIMAN *et al.*, 1993; SABO *et al.*, 2005; SALEMI *et al.*, 2012).

O Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/12) estabelece critérios de proteção das faixas marginais do curso dos rios, a partir de sua largura. Isso acaba por proteger apenas os cursos d'água, deixando desprovida áreas que integram o ecossistema ripário, como as características hidrológicas, topográficas, pedológicas, uso e cobertura da terra, entre outros processos atuantes em uma bacia hidrográfica, pois os limites da zona ripária nem sempre coincidem com os critérios das Áreas de Preservação Permanente (APP) (ATTANASIO *et al.*, 2012; BRESSIANI, 2016).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), constituída pela Lei 9.433/1997, estabelece a bacia hidrográfica como a unidade territorial de planejamento. Como elemento da paisagem, é considerada como categoria essencial de análise, planejamento e gestão ambiental. É compreendida como a área delimitada topograficamente, onde se expressa relações e interações sistêmicas dos aspectos naturais e socioeconômicos, responsável pela captação natural da água da chuva, formando um conjunto de escoamento hídrico superficial e subsuperficial que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para um único ponto de saída, denominado exutório (COELHO NETTO, 2008; SILVA; RODRIGUEZ, 2014; TUCCI, 2007).

Costa (2017) aponta três razões principais que caracterizam a escolha da bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento e gestão ambiental. A primeira condiz sobre a principal forma terrestre que integra o ciclo hidrológico, sendo responsável pela captação da precipitação, o que acarreta na inter-relação e interdependência entre os usos e usuários na bacia. A segunda diz respeito à interação e interdependência entre os recursos naturais não renováveis e bióticos, no espaço da bacia. E por último, as dinâmicas socioeconômicas estabelecidas por diferentes sujeitos, com diferentes interesses no território da bacia.

O planejamento ambiental em bacias hidrográficas é um processo técnico-científico que visa focar as potencialidades, capacidades, fragilidades e problemas do sistema ambiental através da identificação e espacialização das ocupações, ações e atividades, de acordo com as características do local (SANTOS, 2004; SILVA; RODRIGUEZ, 2014).

Carvalho (2014) expõe que um dos objetivos centrais do planejamento ambiental de bacias hidrográficas consiste na normatização do uso da terra para fins de conservação dos recursos naturais, e que isso pode ser alcançado a partir da elaboração do Zoneamento.

Com a expansão da fronteira agropecuária na região Amazônica, impulsionada e subsidiada pelo Estado, a partir da década de 60, cria-se uma espacialidade e temporalidade das *commodities*, onde a paisagem sofrera, e sofre, intensas transformações (SILVA, 2015). As atividades econômicas como a pecuária bovina, agricultura de larga escala e agricultura de corte e queima são as principais, sobretudo a pecuária, responsáveis pelas áreas desflorestadas (RIVEIRO *et al.*, 2009).

Nesse contexto, o monitoramento da cobertura florestal e análise dos padrões de uso da terra na região Amazônica é fundamental como estratégia de proteção e conservação dos diferentes ecossistemas, onde as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são essenciais para obtenção e avaliação dos dados, haja vista a complexidade de deslocamento e a dimensão espacial da região (TRANCOSO *et al.*, 2009).

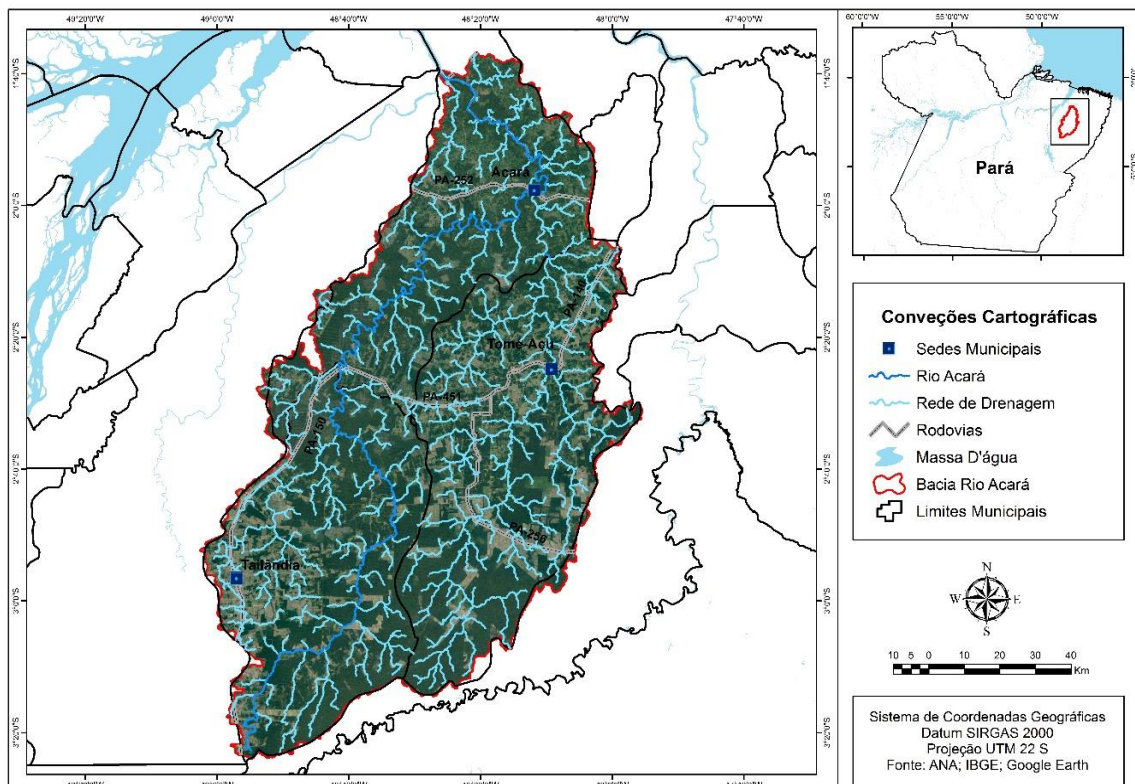
Portanto, o presente estudo teve como objetivo realizar um zoneamento para identificar o nível de pressão das zonas ripárias da bacia hidrográfica do rio Acará através dos usos e cobertura da terra, além de comparar com diferentes dispositivos de proteção ambiental com o propósito de quantificar as áreas hidrologicamente sensíveis que não estariam respaldadas pela legislação ambiental, possibilitando menores resistências à conversão para áreas de pasto e agrícola.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Acará está localizada na mesorregião do Nordeste paraense, abrangendo os limites dos municípios de Acará, Aurora do Pará, Bujaru, Concórdia do Pará, Ipixuna do Pará, Moju, São Domingos do Capim, Tailândia e Tomé-Açu, como demonstra a Figura 26. As características fisiográficas da bacia do rio Acará estão sintetizadas no Quadro 6.

Figura 26 - Localização da bacia hidrográfica do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 Dados utilizados e procedimentos metodológicos

A compilação e sistematização da base cartográfica referenciada geograficamente para a elaboração dos produtos cartográficos são elencadas segundo:

a) Os arquivos vetoriais: Limites da bacia hidrográfica do rio Acará, rede de drenagem e hidrografia – Agência Nacional de Águas (ANA) de 2014; Sede municipais, rodovias e limites municipais – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2017; PRODES – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de 2017.

Quadro 6 - Características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Acará.

Componentes Fisiográficos	Características
Geologia	Unidades geológicas predominantemente de origem sedimentar do Mesozoico e Cenozoico, as quais apresentam materiais arenosos, silto-argiloso e argilo-arenosos.
Geomorfologia	Está inserida na unidade morfoestrutural Planalto Rebaixados da Amazônia. Em virtude da geologia, apresenta um relevo plano e suavemente ondulado, cuja declividade máxima é de 20,6% e altitude máxima de 103 metros. As unidades morfológicas são constituídas por colinas, tabuleiros, baixos platôs e planície de inundação.
Clima	A bacia do rio Acará está inserida em dois tipos climáticos, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger: <i>Am</i> (Tropical de Monção) e <i>Af</i> (Tropical Equatorial). Tais tipos climáticos apresentam como características elevadas temperaturas e precipitação durante o ano, onde a temperatura média do mês mais frio do ano está acima de 18°C e a pluviosidade média anual superior a 1500 mm.
Hidrografia	As condições climáticas da região propiciam um rico potencial hídrico com um sistema de drenagem bem ramificado. A bacia do rio Acará possui um formato alongado, escoamento superficial seguindo, preferencialmente, direção N-S e um padrão de drenagem com estrutura linear. O rio Acará apresenta como principais afluentes o rio Acará-mirim, rio Aju-Açu, rio Urucuri, entre outros.
Solos	O latossolo é o principal tipo de solo presente na área da bacia. Além dele ocorrem na área os espodossolo, gleissolo e plintossolo.
Cobertura Vegetal	A cobertura vegetal da bacia do rio Acará é composta por floresta equatorial latifoliada que ocupa áreas de terra firme, bem como floresta ombrófila densa aluvial, que estão presentes nas margens dos rios.

b) Arquivo raster: SRTM de resolução de 90 metros - United States Geological Survey (USGS); Landsat 8 OLI do ano de 2017 - United States Geological Survey (USGS).

c) Softwares: TerraViewHidro 0.4.2; Hidro 1.3; de geoprocessamento do Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) da Universidade Federal do Pará.

4.2.2.1 Delimitação da zona ripária

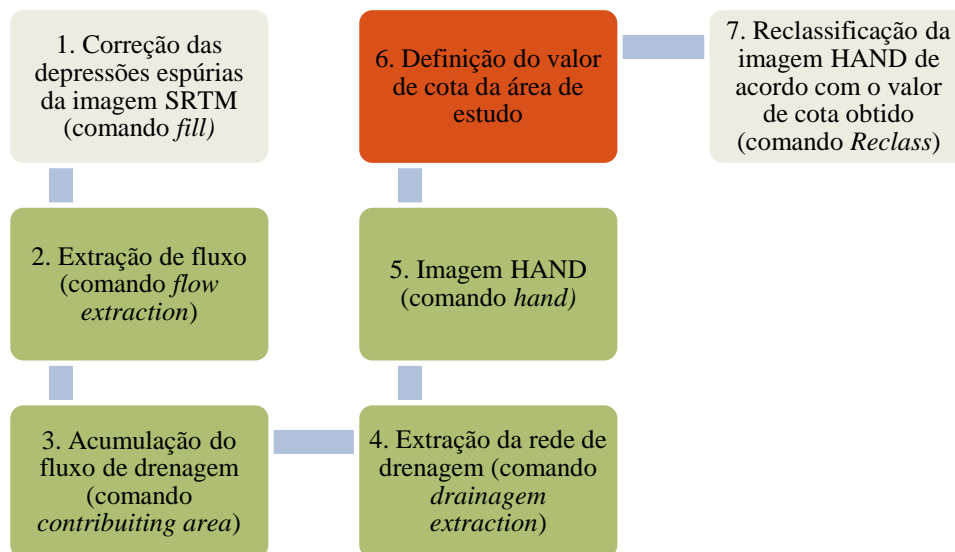
A delimitação da zona ripária do rio Acará foi realizada de acordo com Tamasauskas et al. (2017). O conjunto de etapas adotadas nos softwares supracitados estão contidos no fluxograma da Figura 27.

O método de delimitação consistiu na utilização do algoritmo HAND (*Height above de Nearest Drainage*), que normaliza a topografia em relação à rede de drenagem mais próxima a

partir da criação de um modelo hidrológicamente coerente através da correção de depressões de um MDT, definição dos fluxos e redes de canais (NOBRE et al., 2011).

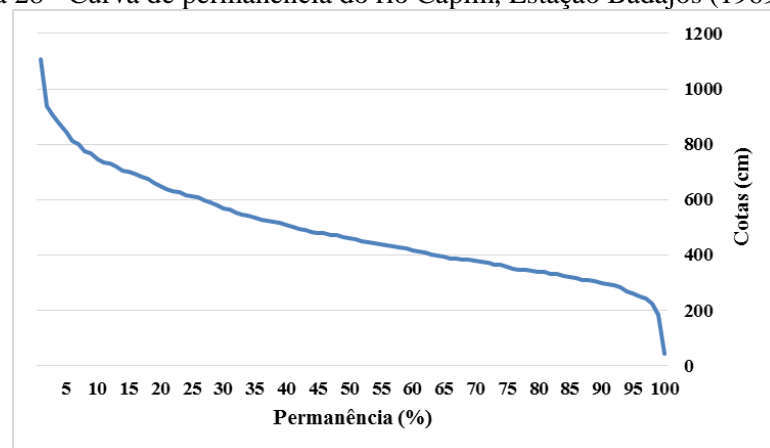
A definição do valor de cota consiste na identificação das áreas de saturação hídrica. Para isso, foram utilizados valores históricos de cotas (dados consistidos) do período de 1969 a 2007 da estação fluviométrica Badajós (Figura 28), localizada no rio Capim, devido à ausência de uma estação fluviométrica no rio Acará.

Figura 27 - Fluxograma para a delimitação da zona ripária da bacia do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 - Curva de permanência do rio Capim, Estação Badajós (1969-2007).



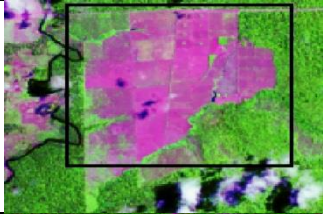
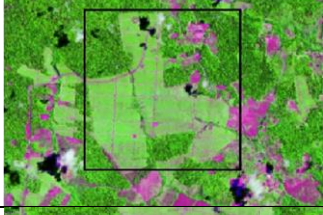
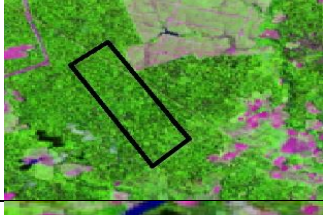

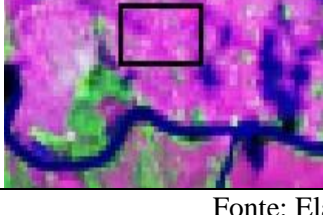
Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos dados de cota do rio Capim, utilizou-se o valor de 823 cm, que compreende 5% do tempo de permanência, para delimitar as zonas ripárias da bacia hidrográfica do rio Acará. Desse modo, a imagem HAND gerada foi reclassificada em duas classes: 1) com valores de até 823 cm e 2) sem valor (*nodata*).

4.2.2.2 Uso e cobertura da terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará foi realizado por meio da readequação do arquivo vetorial do PRODES, que utiliza apenas 6 classes (Desmatamento, Floresta, Hidrografia, Não Floresta, Nuvem, Resíduo), para o ano de 2017 através da classificação visual das classes propostas para o presente trabalho na imagem Landsat 8 OLI, analisando as características dos alvos de acordo com a chave de interpretação (Quadro 7). O mapeamento de uso e cobertura da terra contou com verificação das classes estabelecidas *in loco*, coletando pontos de GPS para subsidiar no processo de classificação visual.

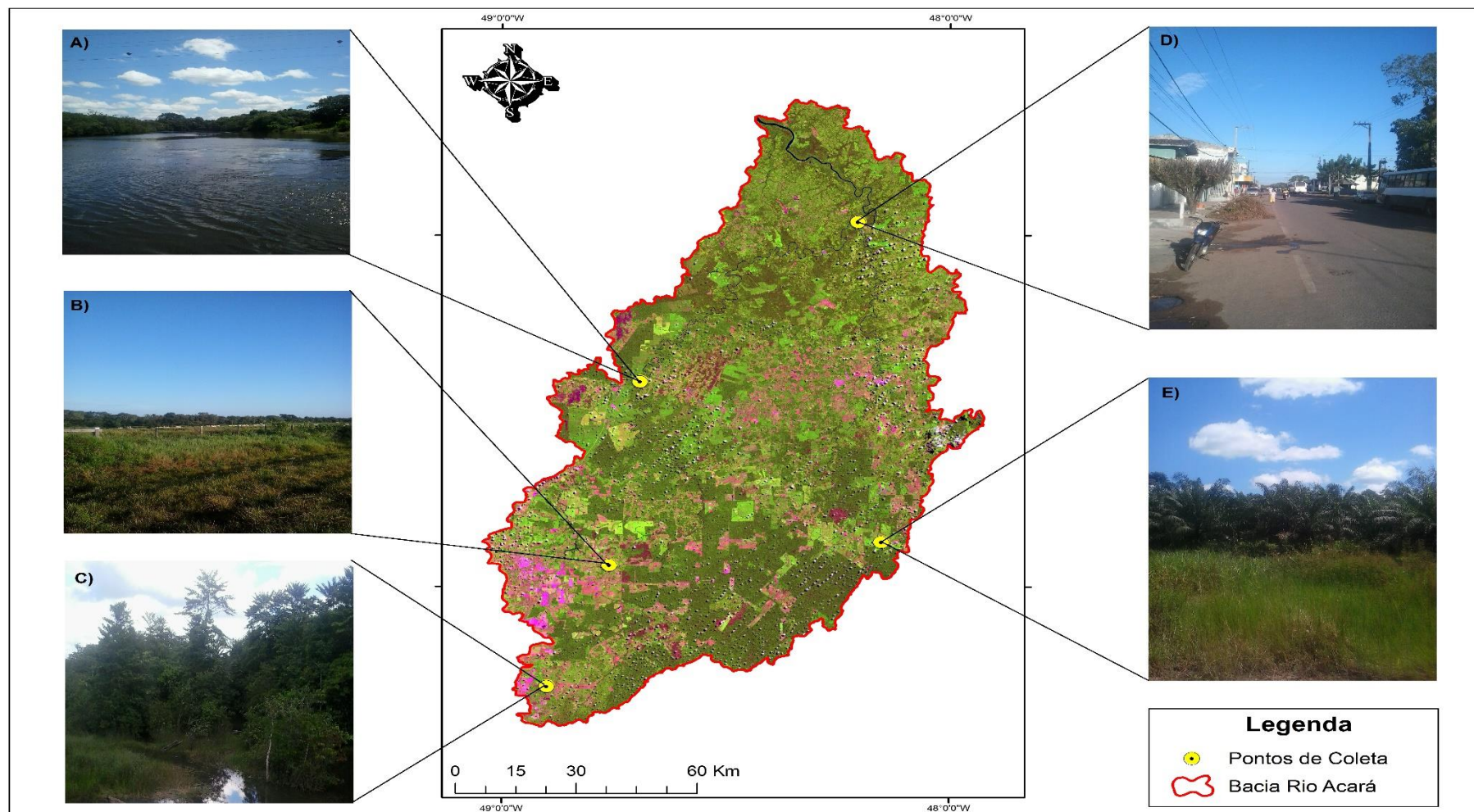
Quadro 7 - Chave de interpretação das classes de uso e cobertura da terra.

Classe	Chave de interpretação matricial	Definição
Agropecuária		Áreas de pastagens e agricultura. Devido às dificuldades de diferenciação, adotou-se agrupá-las em uma mesma classe. Apresentam cor magenta e verde claro, com textura lisa ou levemente rugosa e geometria regular e/ou regular.
Dendê		Cultivo agrícola em expansão no Nordeste paraense devido às suas condições edafoclimáticas. Devido a diferenças de idade e fisiologia, possui assinatura espectral variada, com textura lisa e geometria bem definida.
Floresta		Remanescente florestal do tipo ombrófila, sendo densa e aberta, aluvial e de terras baixas. Expressa coloração verde escuro, textura rugosa e geometria irregular.
Hidrografia		Classe relacionada aos corpos hídricos. Exibem cor azul escuro, com geometria irregular e textura lisa.
Área Urbana		Sedes municipais e distritos dos principais municípios da bacia do rio Acará. Possui cor magenta, com textura rugosa e polígonos regulares e irregulares.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 29 apresenta alguns pontos de coleta representantes das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Acará. A construção do zoneamento considerou o grau de degradação e pressão pelo uso da terra das zonas ripárias por sub-bacias, classificando-as em três categorias: Alta, Baixa e Intermediária.

Figura 29 - Pontos de coleta das classes de uso e cobertura da terra na bacia do rio Acará.



A) Médio curso do rio Acará (classe Hidrografia); B) Áreas de pastagem (classe Agropecuária); C) Floresta de várzea (classe Floresta); D) Área urbana do município de Acará (classe Urbano); e E) Plantio de dendê (classe Dendê).

Fonte: Elaborado pelo autor.

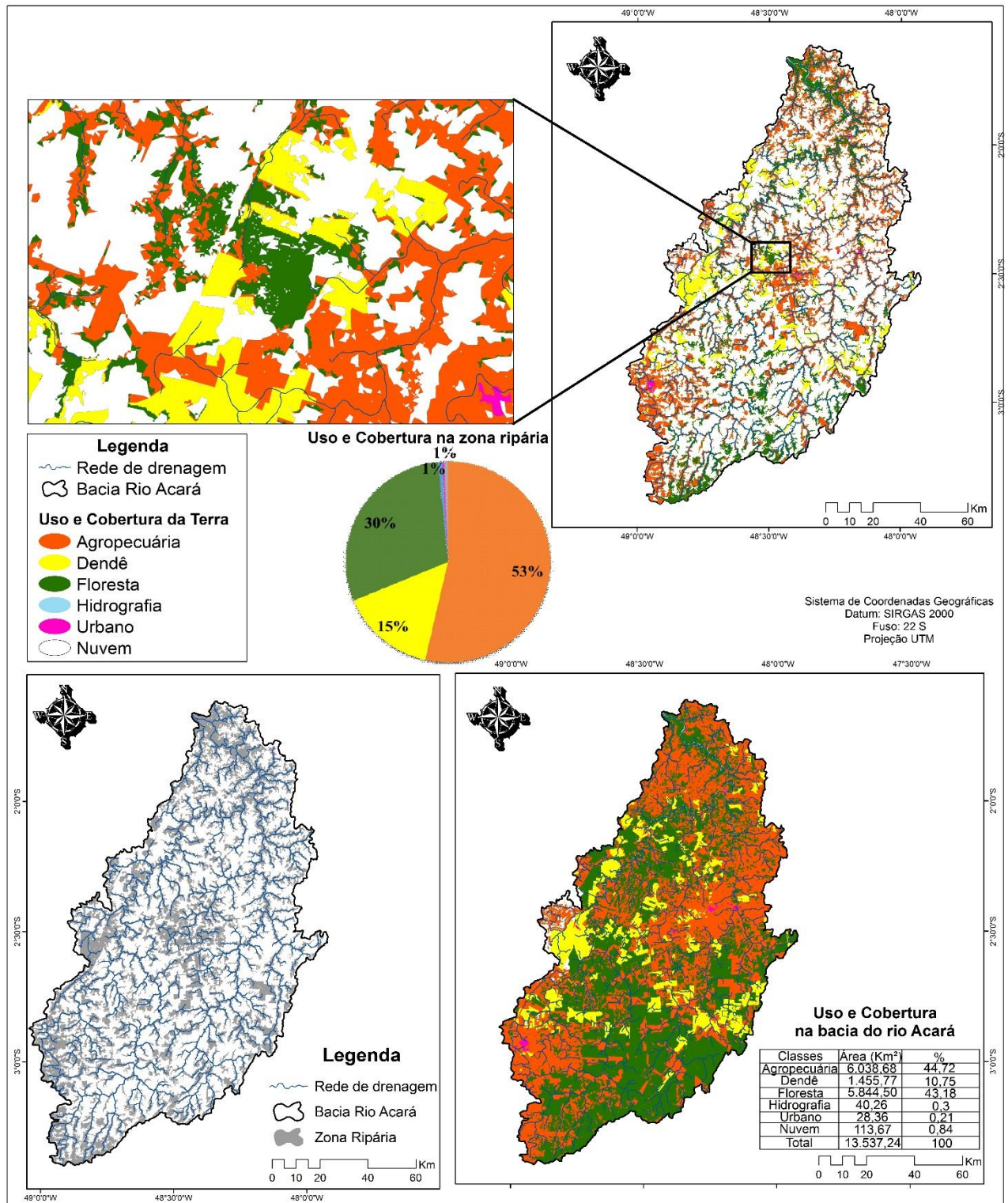
4.3 Resultados e discussão

A zona ripária da bacia hidrográfica do rio Acará possui 5.831,21 km² de área, correspondendo a 43,07% do total da bacia. O comportamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará para o ano de 2017 demonstra que essa apresenta mais da metade de sua área tomada por atividades agropastoris, sendo aproximadamente 45% do total ocupada pela classe Agropecuária e um pouco mais de 10% pela classe Dendê. Apesar de estar inserida em uma região de colonização consolidada, o percentual de fragmentos florestais é significativamente alto com cerca de 43%. Frente à importância do ambiente ripário na manutenção de processos hidroecológicos, a Figura 30 demonstra o uso e cobertura da terra nessas áreas, que são hidrologicamente sensíveis.

As atividades agropecuárias predominam nas áreas ripárias da bacia hidrográfica do rio Acará, abrangendo cerca de 53% do total do ecossistema. Concentram-se nas cabeceiras e margens da rede de drenagem, principalmente no sudoeste do alto curso da bacia. Além disso, o ecossistema ripário dos afluentes do rio Acará em seu baixo curso também está majoritariamente tomado pela agropecuária.

As áreas de floresta ocupam aproximadamente 30% da zona ripária da bacia do rio Acará. Elas estão concentradas, principalmente, nas margens do rio Acará, no seu médio e baixo curso, assim como na porção sul e sudeste da bacia hidrográfica. O monocultivo de dendê é responsável por ocupar pouco mais de 15% da área ripária. Está majoritariamente espacializado no alto e médio curso da bacia do rio Acará, principalmente na região centro-oeste e sudeste.

Figura 30 - Zonas ripárias e uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ecossistema ripário, em si, não é abrangido por nenhum dispositivo legal que regulamente seu uso e proteção. As Áreas de Preservação Permanente (APP) determinadas no Código Florestal são apropriadas para a proteção dos cursos d'água, mas não abarcam áreas

hidrologicamente sensíveis, cujos limites não coincidem com os estabelecidos para APP (ATTANASIO *et al.*, 2012).

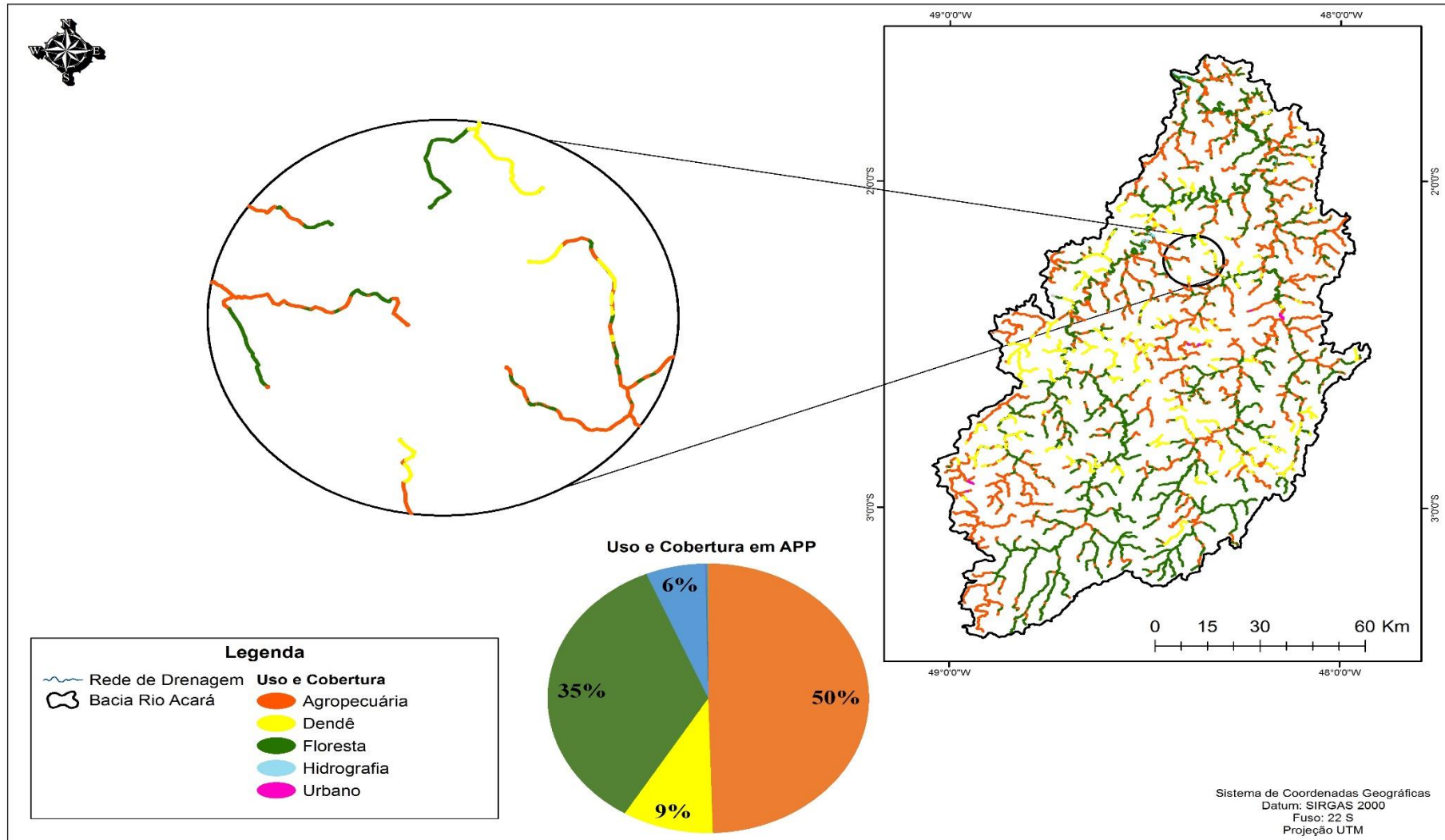
Para efeitos comparativos e analíticos com a zona ripária, delimitou-se as APP's da bacia do rio Acará e seu uso e cobertura da terra, conforme apresenta a Figura 31. As APP's ocupam um pouco mais de 2% da área total da bacia hidrográfica do rio Acará. Em termos areais, somente cerca de 5% da zona ripária da bacia hidrográfica do rio Acará está respaldada pela legislação ambiental que determina as APP's. Aproximadamente 68% de áreas ripárias estão ocupadas pelas classes Agropecuária e Dendê, demonstrando um passivo ambiental bastante significativo para áreas hidrologicamente sensíveis.

Castello *et al.* (2012) identificam quatro agentes propulsores da degradação dos ecossistemas de água doce na Amazônia: desflorestamento, construção de represas e hidrovias navegáveis, poluição e colheita excessiva. Dentre esses, o processo de desflorestamento é o principal indutor de transformações na funcionalidade da paisagem da bacia do rio Acará, com a ocupação majoritária das atividades agroeconômicas através da conversão de áreas florestais ao processo produtivo; onde o processo de desflorestamento nas zonas ripárias pode afetar em termos qualitativos e quantitativos os sistemas hídricos e ecológicos associados, por meio do aumento de sedimentos e remoção de estruturas essenciais para a biota aquática.

Como exemplo tem-se que as formas de uso da terra podem influenciar as concentrações naturais por meio de cargas de poluentes, estas ao serem lançadas nos sistemas hídricos passam a depender da conectividade hidrológica entre os ecossistemas e dos efeitos da sazonalidade durante os períodos de maior e menor pluviometria (LUPON *et al.*, 2016; MEYNENDONCKX *et al.*, 2006).

A manutenção das zonas ripárias auxilia a redução do impacto da água da chuva no solo, facilitando sua infiltração e recarga da água subterrânea de maneira uniforme durante o ano; onde o menor quantitativo porcentual de áreas com vegetação em relação a área total da bacia agrava as condições de vulnerabilidade dos corpos hídricos (BERTINI *et al.*, 2015).

Figura 31 - Área de Preservação Permanente da bacia do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

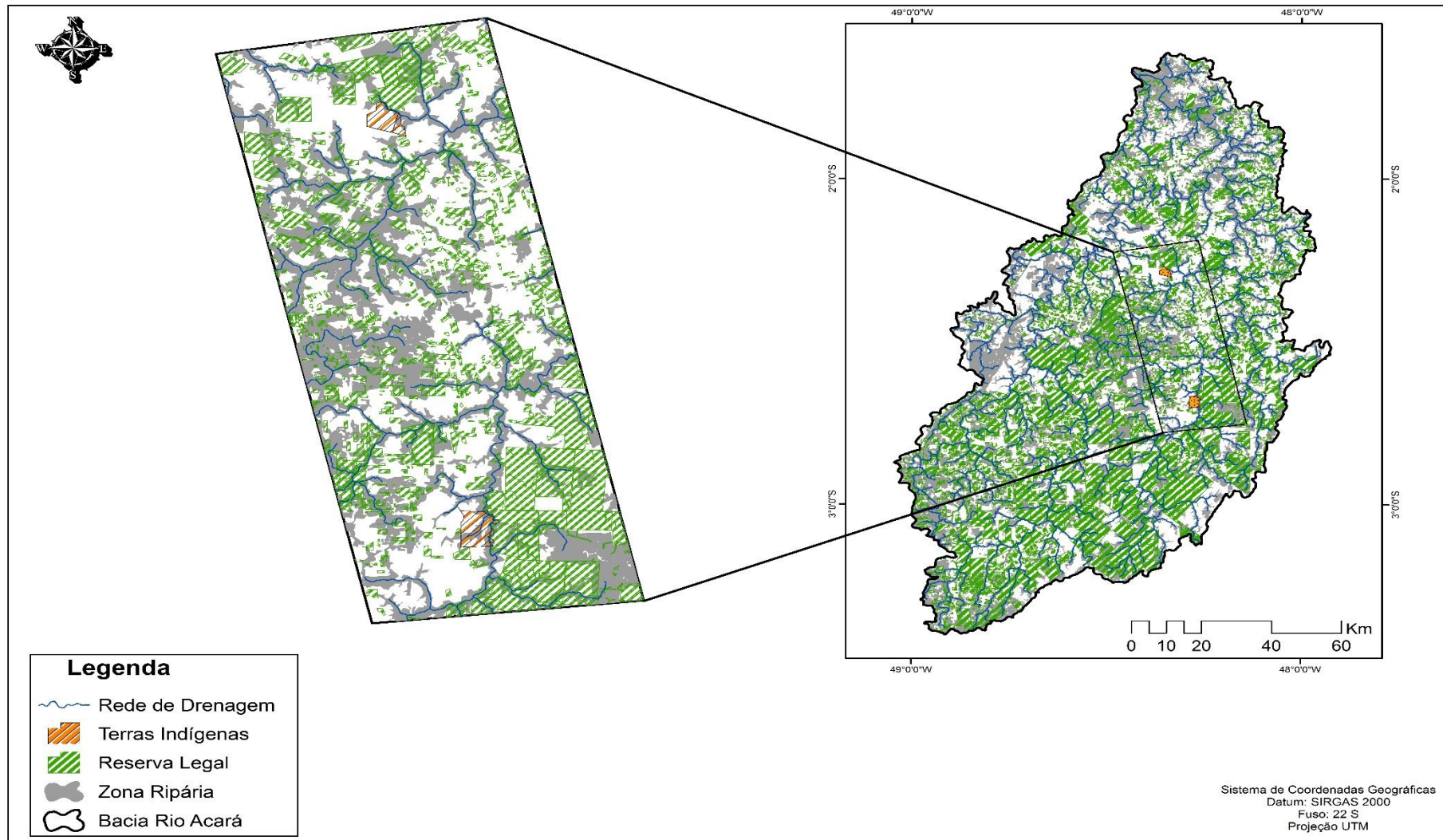
Attanasio *et al.* (2012) defendem que as zonas ripárias que não estiverem dentro de um dispositivo de proteção ambiental como APP e Reserva Legal (RL), deveriam permanecer com a cobertura vegetal nativa ou ter um manejo com bases na agroecologia e na agricultura orgânica, ou o estabelecimento de um cultivo mínimo.

Considerando essas proposições, a bacia do rio Acará, de acordo com dados geoespaciais do Sistema Florestal Brasileiro, abrange 5.400,53 km² de área de RL, sendo que desse total somente 0,84% foram averbadas, 0,66% foram aprovadas, mas não averbada e 98,5% ainda são áreas propostas, ou seja, ainda não aprovadas. Além disso, a área da bacia envolve duas Terras Indígenas (TI), conforme demonstra a Figura 32.

A intersecção das zonas ripárias (desconsiderando a sobreposição com APP's) com as RL's, admitindo tanto as averbadas, aprovadas e não averbadas e propostas, e as TI, abarca uma área de 1.648,50 km², ou 28,27% do total das áreas ripárias. Isso indica que menos da metade da zona ripária da bacia do rio Acará está respaldada por dispositivos de proteção ambiental, como a APP, RL e TI.

Abell *et al.* (2007) alertam que as áreas protegidas de água doce não recebem atenção devida frente ao seus bens e serviços ecossistêmicos. Estes consideram que as zonas ripárias estão entre às áreas mais estratégicas a serem protegidas com a finalidade de manutenção do ecossistema. Sendo assim, em um zoneamento específico para fins de conservação deveriam ser individualizadas, de acordo com a classificação de Zaimes *et al.* (2010): as áreas hidroriparianas, associadas principalmente a cursos perenes ou rios; as áreas mesoriparianas, vinculadas a rios intermitentes; e as áreas xeroriparas, típicas de cursos efêmeros. Este zoneamento teria a função de propiciar o aumento do armazenamento e acumulação de água no canal de corrente e em suas margens. Além de orientar o manejo com o plantio prioritário nas áreas hidroriparianas e mesoriparianas.

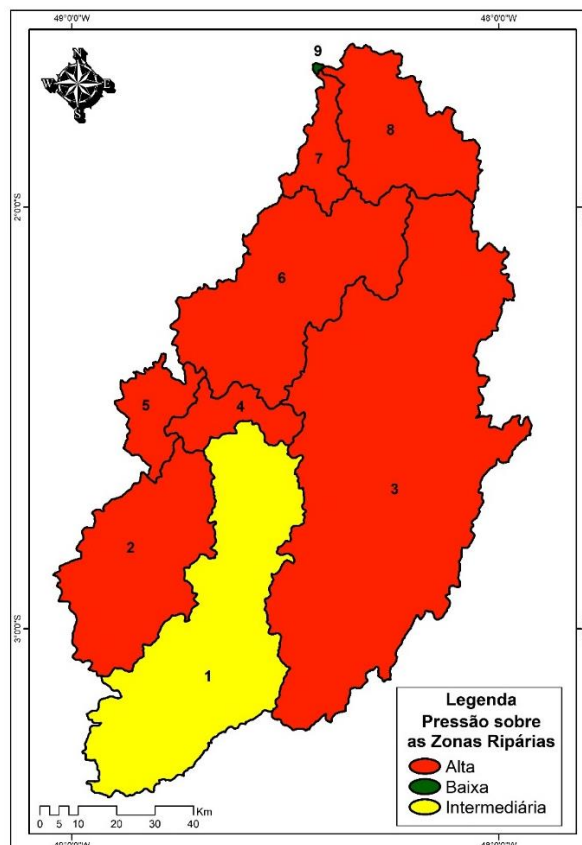
Figura 32 - Reserva Legal e Terras Indígenas na bacia do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 33 apresenta o zoneamento com a classificação do nível de pressão pelo uso da terra nas zonas ripárias por sub-bacias do rio Acará. Em seguida, a Tabela 5 quantifica o grau de degradação das zonas ripárias em cada sub-bacia.

Figura 33 - Zoneamento do nível de pressão pelo uso da terra nas áreas ripárias das sub-bacias do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Área das sub-bacias com a frequência e porcentagem de degradação das zonas ripárias.

Sub-Bacias	Área (Km ²)	Frequência de zona ripária (%)	% de zona ripária degradada
1	2.622,61	38,40	51,82
2	1.486,78	49,76	82,94
3	5.403,12	39,04	72,28
4	353,03	56,34	85,81
5	378,70	60,15	86,36
6	1.930,33	41,21	63,23
7	327,50	52,64	73,52
8	1.030,11	55,26	60,90
9	5,20	88,46	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O zoneamento corrobora, como já explanado, que a zona ripária da bacia do rio Acará possui alto grau de intervenção pelas atividades agropecuárias. No entanto, a análise setorial

por sub-bacias demonstra que esse processo é difuso por toda a bacia, sendo que a maioria daquelas apresentam níveis de mais de 70% de área degradada pelo uso da terra. Dentre as únicas exceções, a sub-bacia 1 que apresenta nível intermediário, porém com porcentagem significativa de área ripária degradada, logo ações de controle e monitoramento são fundamentais, além do que essa sub-bacia é onde está a nascente do rio Acará. E a sub-bacia 9, única que possui nível baixo, devido ser área da foz do rio Acará, onde predomina área florestal.

Nesse cenário, a inclusão das zonas ripárias ao processo de planejamento territorial através dos dispositivos de preservação e conservação ambiental é de suma importância. Para isso, deve-se ater a observação da escala de ação dos instrumentos de planejamento, uma vez que tais instrumentos, na maioria das vezes, estão direcionados para o mesmo objetivo de proteção e conservação dos recursos naturais, mas acabam por utilizar escalas diferentes, como demonstra Carvalho (2014) em relação ao Plano de Recurso Hídrico (PRH) e o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE).

No âmbito do planejamento e gestão da bacia hidrográfica, a proteção e manejo das zonas ripárias poderiam ser consideradas dentro do PRH. O PRH é um instrumento de planejamento e gestão definido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), responsável por auxiliar a implementação desta por meio de planos e projetos que visam a normatização do uso e ocupação da terra a partir do diagnóstico do estado da bacia hidrográfica, com o objetivo de proteção e conservação dos recursos hídricos, entre outras coisas. A construção de um plano para a bacia do rio Acará perpassa, principalmente, pela recuperação das zonas ripárias, sobretudo das nascentes e dos canais de 1ª ordem, responsáveis pela vitalidade hidrológica da bacia hidrográfica, que estão ocupadas pelas atividades agropastoris.

4.4 Considerações finais

A necessidade de proteção e conservação da zona ripária da bacia hidrográfica do rio Acará se coloca de suma importância devido suas funções hidroecológicas. A carta de uso e cobertura da terra da bacia demonstra que as áreas ripárias perderam mais da metade da cobertura florestal através da conversão para usos agropastoris, que pode acarretar em sérios impactos aos recursos hídricos.

A proteção e conservação ambiental perpassa na consideração dessas áreas no planejamento territorial ou através da criação de um dispositivo que regulamente propriamente as zonas ripárias. Tais considerações são elencadas para se criar um ambiente juridicamente protegido, respaldando a normatização dos diferentes tipos de uso da terra nessas áreas. Por

outro lado, para a efetivação desses mecanismos, ações de monitoramento e fiscalização são fundamentais.

Nesse sentido, o uso da terra na bacia do rio Acará demonstra a necessidade da elaboração de um plano de bacia com o objetivo de recuperar, principalmente, as zonas ripárias dos canais de 1ª ordem, que são vitais para a saúde hidrológica da bacia. O método de delimitação das zonas ripárias através do algoritmo HAND com dados históricos de cota mostrou-se satisfatório, demonstrando a potencialidade das geotecnologias na análise espacial de fenômenos ambientais.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo; o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA); e o Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) pela concessão de seu espaço e recursos.

REFERÊNCIAS

ABELL, R.; ALLAN, J. D.; LEHNER, B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. **Biological Conservation**, v. 134, n. 1, p. 48-63, 2007.

AGNEW, L. J.; LYON, S.; GÉRARD-MARCHANT, P.; COLLINS, V. B.; LEMBO, A. J.; STEENHUIS, T. S.; WALTER, M. T. Identifying hydrologically sensitive areas: bridging the gap between science and application. **Journal of Environmental Management**, v. 78, n. 1, p. 63-76, 2006.

ATTANASIO, C. M.; GANDOFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI JUNIOR, J. C. T.; LIMA, W. P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 493-501, 2012.

BERTINI, M. A.; FUSHITA, A. T.; LIMA, M. I. S. Vegetation coverage in hydrographic basins in the central region of the State of São Paulo, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 75, n. 3, p. 709-717, 2015.

BRASIL, **Lei Federal 12.651/2012**, Proteção da vegetação nativa (alterada pela MP 571/2012).

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997.

BRESSIANI, J. X. **Delimitação de áreas variáveis de afluência em ambientes de microbacias urbanas através da comparação dos métodos TauDEM e HAND**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. Especial, n. 36, p. 26-43, 2014.

CASTELLO, L.; MCGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A.; PETRY, P.; MACEDO, M. N.; RENÓ, V. F.; ARANTES, C. C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conservation Letters**, v. 6, n. 4, p. 217-229, 2009.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 472 p.

COSTA, F. E. V. **Gestão dos recursos hídricos do rio Caeté / Pará – Brasil**. 2017. 313 f. Tese (Doutorado) – Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. *In*: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, n. I, 2003, Alfredo Wagner. **Anais...** Alfredo Wagner/SC: UFSC, 2003. p. 01-13.

LUPON, A.; BERNAL, S.; POBLADOR, S.; MARTÍ, E.; SABATER, F. The influence of riparian evapotranspiration on stream hydrology and nitrogen retention in a subhumid Mediterranean catchment. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 20, p. 3831-3842, 2016.

MCGLYNN, B. L.; MCDONNELL, J. J. Quantifying the relative contributions of riparian and hillslope zones to catchment runoff. **Water Resources Research**, v. 39, n. 11, p. 1-20, 2003.

MEYNENDONCK, J.; HEUVELMANS, G.; MUYS, B.; FEYEN, J. Effects of watershed and riparian zone characteristics on nutrient concentrations in the River Scheldt Basin. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 10, p. 913-922, 2006.

NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H.; POLLOCK, M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. **Ecological Applications**, v. 3, n. 2, p. 209-212, 1993.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNO, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S. Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**, v. 404, n. 1-2, p. 1544-1553, 2009.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

SABO, J. L.; SPONSELLER, R.; DIXON, M.; GADE, K.; HARMS, T.; HEFFERNAM, J.; JANI, A.; KATZ, G.; SOYKAN, G.; WATTS, J.; WELTER, J. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. **Ecology**, v. 86, n. 1, p. 56-62, 2005.

SALEMI, L. F.; GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; MORAES, J. M.; LIMA, W. P.; MARTINELLI, L. A. Riparian vegetation and water yield: a synthesis. **Journal of Hydrology**, v. 454-455, n. 6, p. 195-202, 2012.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 162 p.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geocologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. Especial, n. 36, p. 4-17, 2014.

SILVA, R. G. C. Amazônia globalizada: da fronteira agrícola ao território do agronegócio – o exemplo de Rondônia. **Confins**, n. 23, 2015.

TAMASAUSKAS, P. F. L.F.; SOUZA, L. F. P.; LIMA, A. M. M.; PIMENTEL, M. Métodos de avaliação da influência das áreas ripárias na sustentabilidade hidrológica em bacias hidrográficas no nordeste do estado do Pará. **Cadernos de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 172-186, 2016.

TRANCOSO, R.; FILHO, A. C.; TOMASELLA, J.; SCHIETTI, J.; FORSBERG, B. R.; MILLER, R. P. Deforestation and conservation in major watershed of the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 36, n. 4, p.277-288, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 944p

ZAIMES, G. N.; IAKOVOGLOU, V.; EMMANOULOUDIS, D.; GOUNARIDIS, D. Riparian areas of Greece: their definition and characteristics. **Journal of Engineering Science and Technology Review**, v. 3, n. 1, p. 176-183, 2010.

5. ZONEAMENTO HIDROAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: As intervenções antrópicas no meio ambiente têm ocasionado um grave quadro ambiental que tem demandado ações de planejamento e gestão ambiental a partir de uma concepção holística, integradora dos componentes da paisagem. O zoneamento ambiental é um dos principais instrumentos de planejamento ambiental que contempla a análise integrada dos aspectos naturais e socioeconômicos, o qual permite identificar espacialmente as potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo propor um zoneamento hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Acará sob um viés sistêmico e integrado da paisagem a partir do conhecimento das suas fragilidades, a fim de identificar as áreas que potencializam a manutenção de água no sistema hidrográfico, com intuito de preservação e conservação dos recursos hídricos. A metodologia baseou-se na proposta de Ross para avaliar a fragilidade dos ambientes antropizados. Para isso, foram utilizados dados geocartográficos dos aspectos do meio físico e o padrão de uso e cobertura da terra com emprego da lógica Fuzzy para confeccionar as cartas de fragilidade hidropotencial e hidroambiental. Os resultados demonstram que o uso e cobertura da terra impactaram diretamente na manutenção de água no sistema hidrográfico da bacia, evidenciado através da conversão de classes com baixa fragilidade hidropotencial para classes com maior nível de fragilidade hidroambiental. Com o diagnóstico das condições hidroambientais da bacia do rio Acará, a proposta de zoneamento hidroambiental apresenta-se como um importante instrumento para os gestores no auxílio do processo de planejamento e reordenamento territorial.

Palavras-chave: Paisagem. Sistema hidrográfico. Fragilidade hidropotencial e hidroambiental. Zoneamento hidroambiental. Rio Acará.

HYDRO-ENVIRONMENTAL ZONING OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF ACARÁ RIVER, EASTERN AMAZON

ABSTRACT: Anthropogenic interventions in the environment have caused a serious environmental picture that has demanded actions of environmental planning and management from a holistic conception, integrating the components of the landscape. Environmental zoning is one of the main instruments of environmental planning that contemplates the integrated analysis of natural and socioeconomic aspects, which allows identifying spatially the potentialities and fragilities of environmental systems. Thus, the present work aimed to propose

a hydro-environmental zoning of the Acará river basin in the light of a systemic and integrated approach of the landscape based on the knowledge of its fragilities, in order to identify the areas that potentiate the maintenance of water in the hydrographic system, with the purpose of preservation and conservation of water resources. The methodology was based on Ross's proposal to evaluate the fragility of anthropized environments. For that, geocartographic data of the aspects of the physical environment and the land use and coverage pattern were used using Fuzzy logic to make hydropotential and hydroenvironmental fragility charts. With the diagnosis of the hydro-environmental conditions of the Acará river basin, this proposal of hydro-environmental zoning is an important instrument for the managers in the process of planning and territorial reorganization. With the diagnosis of the hydro-environmental conditions of the Acará river basin, this proposal of hydro-environmental zoning is an important instrument for managers, assisting in the process of planning and territorial reorganization.

Keywords: Landscape. Hydrographic system. Hydropotential and hydro-environmental fragility. Hydro-environmental zoning. Acará River.

5.1 Introdução

O planejamento ambiental é de suma necessidade a fim de estabelecer bases para o reordenamento territorial com o objetivo de corrigir e evitar problemas, e preservar e conservar os recursos naturais através da compreensão de suas potencialidades a partir de uma perspectiva integrada da dinâmica natural e socioeconômica de determinado território. Nesse sentido, destaca-se o zoneamento ambiental, um dos principais instrumentos do planejamento ambiental (FONTES; PEJON, 2008; SANTOS; RANIERI, 2013).

O zoneamento ambiental consiste na ordenação do espaço em busca de sua otimização e das políticas públicas por meio da integração dos aspectos econômicos, sociais, ambientais, etc. objetivando a utilização racional e sustentável dos recursos naturais (BECKER; EGLER, 1997). No entanto, Campos *et al.* (2016) explica que apesar da importância desse instrumento no planejamento da paisagem, o mesmo não apresenta foco na dinâmica hídrica, e quando se propõe a tal objetivo a utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise é fundamental.

A bacia reflete as intervenções antrópicas realizadas na dinâmica natural do meio físico e as possíveis alterações nos componentes do ciclo hidrológico, possibilitando, dessa forma, uma análise integrada dos aspectos socioeconômicos e naturais, como bem demanda as ações de planejamento ambiental.

O conceito de região hidrológica é relacionado a unidade de paisagem que tem a formação e transformação de seu modelado regulados pelo escoamento da água (BYCHKOV

et al., 2018). Trabalhos como os de Breña Naranjo *et al.* (2011), Moulatlet *et al.* (2015), Masud *et al.* (2018), Rocha e Santos (2018) abordam os sistemas hídricos, as condicionantes do ciclo hidrológico e como as formas de uso e ocupação podem intervir nestas variáveis, reforçando assim a tese de que zonedar sob a perspectiva da dinâmica hídrica na paisagem torna a bacia hidrográfica como unidade de análise essencial.

A metodologia proposta por Ross (1994) para avaliar a fragilidade ambiental dos ambientes modificados pelas ações antrópicas, fundamentada na concepção ecodinâmica de Tricart (1976), é uma abordagem que diagnóstica o grau de estabilidade (pedogênese) e instabilidade (morfogênese) da paisagem, o que orienta nas diretrizes do planejamento físico territorial, pois identificam e classificam unidades que apresentam grau elevado de homogeneidade. Nesse contexto, os estudos de diagnósticos e zoneamentos ambientais utilizam largamente tal proposta para análise e avaliação ambiental (FERREIRA, 2010).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo propor um zoneamento hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Acará sob um viés sistêmico e integrado da paisagem a partir do conhecimento das suas fragilidades, a fim de identificar áreas que potencializam a manutenção de água no sistema hidrográfico, com o desígnio de preservação e conservação dos recursos hídricos.

5.2 Materiais e métodos

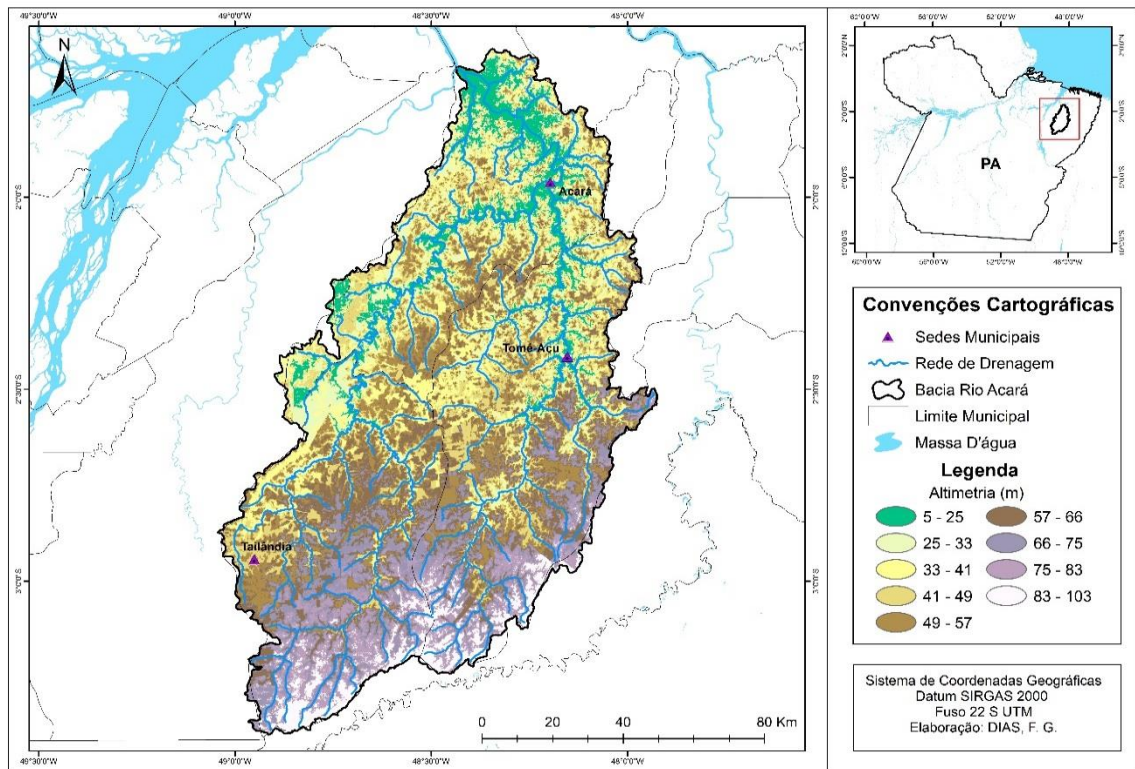
5.2.1 Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho refere-se a bacia do rio Acará, que apresenta dimensão territorial relativamente grande com aproximadamente 13.537,24 Km² e está localizada no Nordeste paraense, abrangendo os municípios de Acará, Aurora do Pará, Bujaru, Concórdia do Pará, Ipixuna do Pará, Moju, São Domingos do Capim, Tailândia e Tomé-Açu, sendo que seu limite compreende cerca de 98% da área dos municípios de Acará, Tailândia e Tomé-Açu (Figura 34).

A fisiografia da bacia é caracterizada por substratos rochosos de material sedimentar formados no mesozoico e, principalmente, cenozoico. Geomorfologicamente, a bacia está inserida na unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixados da Amazônia, formada por unidades morfológicas como planície fluvial, baixos platôs, tabuleiros e colinas, onde o relevo é plano e suavemente ondulado com cota altimétrica máxima de 103 metros. Os tipos de solos apresentam uma textura predominantemente argilosa, sendo o latossolo amarelo com maior distribuição na área da bacia (IBGE, 2003). Os parâmetros morfométricos indicam que a bacia

possui formato alongado, sendo a drenagem bem ramificada com padrão dendrítico de 4ª ordem (DIAS; LIMA, 2018). O elevado índice pluviométrico anual superior a 2.000 mm (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010) configura o potencial hídrico da região. A cobertura florestal da bacia é marcada pela presença de floresta ombrófila densa aluvial e de terra firme, além da vegetação secundária.

Figura 34 - Localização da bacia hidrográfica do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

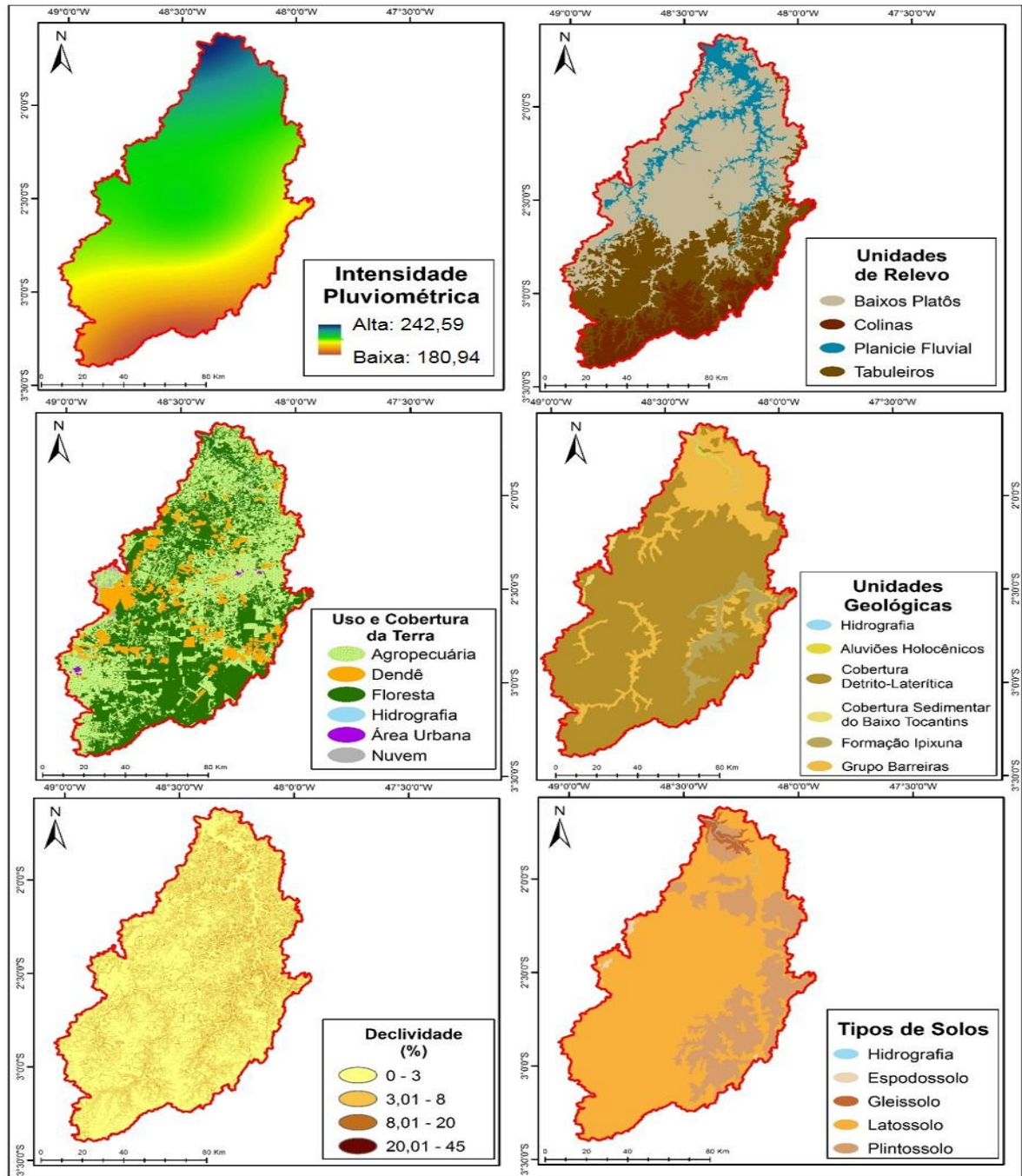
5.2.2 Dados e Procedimentos metodológicos

A utilização da proposta metodológica de Ross (1994) consiste na análise sistêmica dos componentes geoambientais da paisagem. Para isso, é necessário o compilamento e a produção de dados geoespaciais de tais componentes. A Figura 35 apresenta os componentes geoambientais instituídos na análise da fragilidade hidroambiental da bacia do rio Acará.

A obtenção dos dados geocartográficos digitalizados foi realizada em diversas instituições oficiais como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Agência Nacional das Águas (ANA). A escala dos dados temáticos estão em 1:100.000 e 1:250.000, onde a menor escala corresponde as informações regionais (geologia e pedologia).

O banco de dados geocartográficos foi sistematizado e processados nos softwares SPRING 5.2.6.1 e ArcGIS 10.5, considerando o sistema de projeção oficial brasileiro SIRGAS 2000.

Figura 35 - Componentes geoambientais da bacia hidrográfica do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A confecção das cartas de geologia e tipos de solos foram realizadas a partir da base cartográfica do IBGE, escala 1:250.000, realizando a plotagem e, em seguida, o recorte das informações desses componentes de acordo com a delimitação da área da bacia do rio Acará.

O mapeamento geomorfológico da área da bacia do rio Acará foi realizado a partir da elaboração de cartas temáticas básicas – declividade, hipsométrico e curvas de nível, necessárias para a interpretação do relevo. Esses produtos foram gerados através de um Modelo Digital de Terreno (MDT). A partir disso, a taxonomia das formas de relevo seguiu a proposta estabelecida por Ross (1992).

A representação cartográfica da variável climática (intensidade pluviométrica) foi baseada em Bacani *et al.* (2015), onde os autores definem a intensidade pluviométrica como a relação entre a média da precipitação anual e o número de meses chuvosos durante o ano. O número de meses considerado para a região da bacia está de acordo com Crepani *et al.* (2001). As informações das médias anuais pluviométricas utilizadas dos últimos 30 anos (1988-2017) foram obtidas através do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC).

A espacialização da intensidade pluviométrica foi realizada a partir do método matemático de interpolação *The Inverse Distance Weighted* (IDW). De acordo com Bacani *et al.* (2015), o IDW é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, a qual supõe que as feições adjacentes possuem características mais semelhantes do que as separadas.

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado a partir dos dados do projeto PRODES do ano de 2017, onde foi reclassificada as classes do projeto (Desmatamento, Floresta, Hidrografia, Não Floresta, Nuvem, Resíduo) através da classificação visual por meio de uma imagem Landsat 8 OLI, analisando suas características geométricas, tonalidade, cor e textura, para as classes propostas pelo presente trabalho. Após isso, foi realizada uma visita *in loco* para subsidiar o processo de classificação visual.

A partir da instituição dos componentes geoambientais para análise da fragilidade hidroambiental, os atributos de tais componentes foram classificados de acordo com as características que potencializam, ou não, a manutenção da água no sistema da bacia hidrográfica do rio Acará, ou seja, os atributos que potencializam a manutenção da água no sistema da bacia receberam peso próximo de 1 e os que não potencializam receberam peso de até 5 (Tabela 6). A atribuição dos pesos de fragilidade foi subsidiada pela literatura sobre o comportamento dos atributos dos componentes na entrada e saída da água no sistema da bacia hidrográfica, conforme exemplifica o Quadro 8.

Tabela 6 - Classes de fragilidade hidroambiental.

Classes de Fragilidade	Peso
Muito Baixa	1
Baixa	2

Média	3
Alta	4
Muito Alta	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 8 - Literatura sobre o comportamento dos atributos dos componentes na entrada e saída da água no sistema da bacia hidrográfica.

Intensidade Pluviométrica (mm)				A capacidade de produção de água de uma bacia está relacionada à sua resposta hidrológica, ou seja, a relação entre precipitação e escoamento. Nesse sentido, a intensidade pluviométrica influenciará diretamente na manutenção de água no sistema hídrico através de maior ou menor precipitação (ALENCAR et al., 2006; LUCAS et al., 2008).
242,59		180,94		
Uso e Cobertura da Terra				As tipologias de uso e cobertura da terra comportam-se de maneira diferenciada no balanço hídrico. A retirada da cobertura florestal tende a diminuir a infiltração da água no sistema hídrico da bacia e, conseqüentemente, aumentar o escoamento superficial (NOBREGA, 2014).
Floresta	Dendê	Agropecuária	Área Urbana	
Declividade (%)				A declividade exercerá função essencial na dispersão ou acumulação de água no sistema hídrico. O declive do terreno é diretamente proporcional ao escoamento superficial, ou seja, quanto maior a declividade do terreno maior será a taxa de escoamento superficial, e menor a taxa de infiltração (KNIES et al., 2012).
0 - 3	3,01 - 8	8,01 - 20	20,01 - 45	
Geomorfologia				As formas de relevo mais ondulado exercem maior potencial de escoamento, direcionando mais rapidamente as águas pluviais para os canais fluviais. Diferente das formas de relevo mais plana, onde o escoamento da água se dá de forma mais lenta (CAMPOS et al., 2016).
Planície Fluvial	Baixos Platôs	Tabuleiros	Colinas	
Geologia				Um conjunto de fatores geológicos influenciam em graus diferenciados a manutenção de água em um sistema hidrográfico como a composição mineralógica, coesão das rochas e a presença de estruturas. Esses são responsáveis por potencializar, ou não, o processo de escoamento superficial ou a infiltração da água (GÓES, 1981; CAMPOS et al., 2016)
Cobertura Sedimentar	Cobertura detrito-lateríticas	Formação Ipixuna		
Aluviões Holocênicos	Grupo Barreiras			
Tipos de Solos				

Espodossolo	Gleissolo Latossolo Plintossolo	Assim como os demais, dependendo da composição do solo, porosidade, sistema de manejo, etc. o processo de infiltração sofrerá maiores obstáculos, ou não (COSTA et al., 2013).
-------------	---------------------------------------	--



Após a classificação da fragilidade hidroambiental dos atributos foi realizada a padronização dos mesmos por meio da aplicação da lógica *Fuzzy*. Dentre a representação dos sistemas ambientais através da álgebra de mapas, essa é uma das principais aplicações utilizadas em diversos campos científicos, como a Geografia e as Ciências Ambientais. A lógica *Fuzzy* é definida como uma teoria matemática que trata de questões incertas, vagas, do raciocínio aproximado, que estão geralmente em linguagem natural e são convertidas para um formato numérico, o que possibilita o tratamento em ambiente computacional (KATINSKY, 1994; ZADEH, 1997).

A lógica *Fuzzy* é caracterizada por incorporar as discontinuidades que marcam a real forma dos sistemas ambientais, mostrando-se bastante flexível. Nesse sentido, Burrough *et al.* (1992) explicam que a lógica *Fuzzy* é mais precisa que a lógica Booleana por ser mais flexível, ao invés de aceitar intervalos rígidos, que acarreta a perda de informação e, conseqüentemente, resultados incompletos.

A aplicação da lógica *Fuzzy* pode ser utilizada metodologicamente para uma gama de trabalhos de cunho ambiental de diversos objetivos. Em função das vantagens proporcionadas por sua flexibilidade e incorporação das discontinuidades dos sistemas ambientais através de uma superfície numérica, diversos trabalhos como Silva (2005), Donha *et al.* (2006), De Paula *et al.* (2011), Cereda Junior e Röhm (2014), Bacani *et al.* (2015), demonstraram a eficiência da aplicação da lógica *Fuzzy* no mapeamento da fragilidade ambiental, apresentando resultados mais precisos na integração de diferentes critérios de análise.

Com o processo de fuzificação, os componentes geoambientais foram padronizados em uma superfície numérica que varia de 0 a 1, sendo que os valores mais próximos de 0 favorecem a manutenção de água no sistema da bacia, e os valores próximos de 1 não sendo favoráveis.

Por último, antes da integração dos componentes geoambientais, foi realizado a ponderação dos componentes geoambientais através da técnica de tomada de decisão *Analytic Hierarchy Process* (AHP). De acordo com Câmara et al (2001), a técnica AHP é uma teoria matemática voltada para a sistematização e avaliação da importância relativa entre diferentes

critérios hierarquicamente, a qual busca medir as consistências dos julgamentos atribuídos. Nesse sentido, essa técnica consiste na atribuição de pesos, onde cada peso atribuído para as diferentes variáveis obedece o potencial de determinada variável analisada (SAATY, 1977; SAATY, 1980).

A Figura 36 apresenta os componentes geoambientais fuzificados e os respectivos pesos AHP.

A Razão de Consistência, que avalia a técnica, do processo foi equivalente a 0,06, o que significa que a AHP foi satisfatória, pois quanto mais próximo de 0 maior é a eficácia (SAATY, 1991).

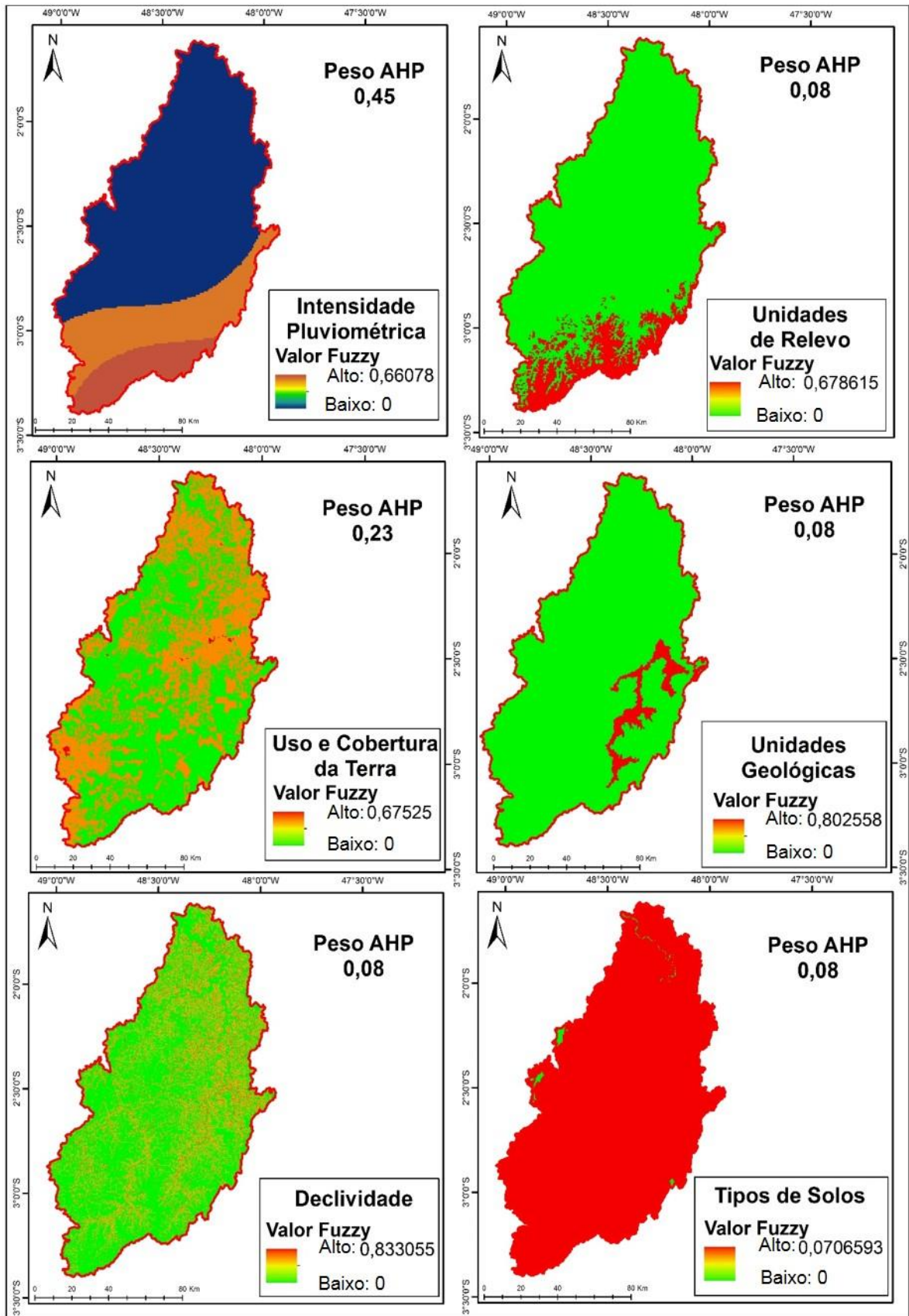
Seguindo a abordagem de Ross (1994), foi elaborada a carta de fragilidade hidropotencial, ou seja, a sensibilidade dos componentes naturais (geologia, geomorfologia, tipos de solos, declividade e intensidade pluviométrica) em relação à manutenção de água no sistema da bacia do rio Acará. Portanto, foi realizado a integração desses diferentes componentes, com seus devidos pesos AHP, por meio de álgebra de mapas, conforme a Equação 1. A carta de fragilidade hidroambiental seguiu o mesmo procedimento, integrando com o uso e cobertura da terra, possibilitando, assim, analisar a intervenção das atividades antrópicas na dinâmica natural do sistema.

$$F = \frac{\sum(n_i * p)}{n} \quad \text{eq. 01}$$

Onde: F = fragilidade; n_i = componentes naturais (para a Carta de Fragilidade Hidropotencial) ou componentes naturais e uso e cobertura da terra (para a Carta de Fragilidade Hidroambiental); p = Peso AHP; n = total de variáveis analisadas.

O zoneamento hidroambiental foi elaborado através da integração entre a fragilidade hidroambiental e as zonas ripárias degradadas da bacia hidrográfica do rio Acará. A zona ripária da bacia do rio Acará foi obtida do trabalho de Dias (2019), onde o autor detalha a metodologia de delimitação do ecossistema. A partir disso, foi analisado a área da zona ripária e o uso da terra, o que possibilitou identificar as zonas degradadas. Por fim, foram classificadas quatro zonas em função da manutenção de água no sistema hidrográfico do rio Acará: Zona Favorável, Zona Média, Zona Desfavorável e Zona de Recuperação.

Figura 36 - Componentes fuzificados e pesos AHP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

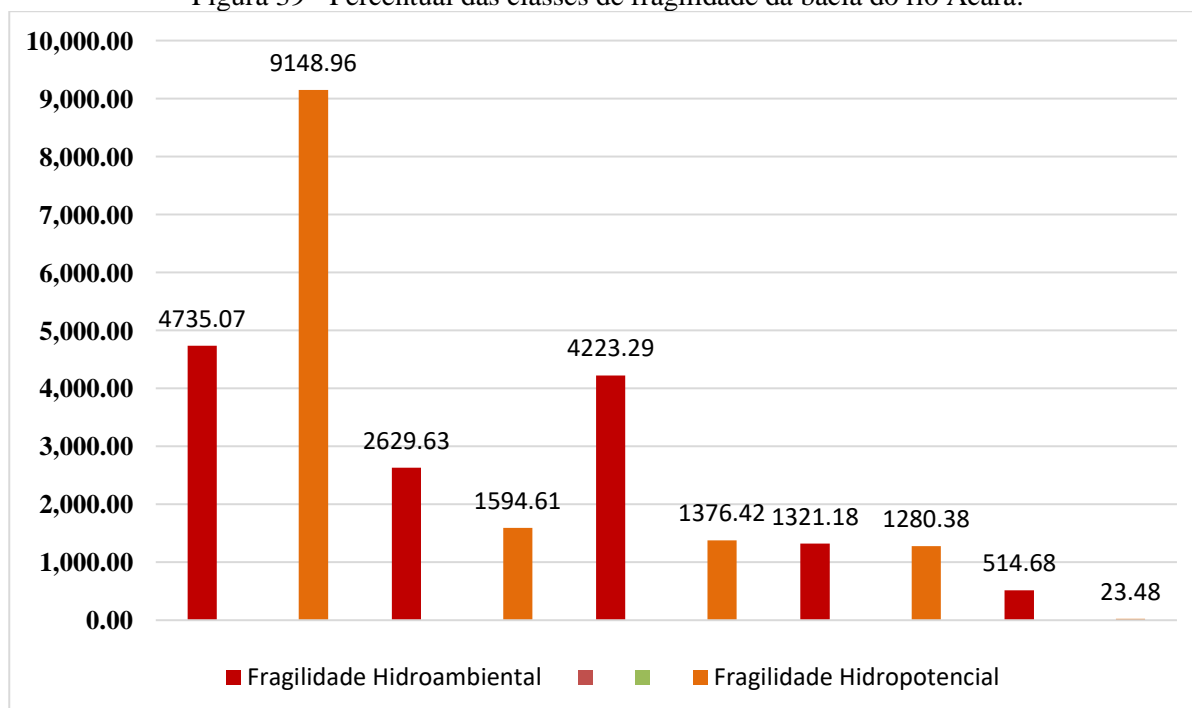
5.3 Resultados e discussão

A carta de fragilidade hidropotencial foi produzida através da integração apenas dos componentes do meio físico (Figura 37), o que demonstra a sensibilidade inerente do sistema hidrográfico sem as intervenções das atividades antrópicas. Ela apresenta a classificação da fragilidade em muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

A carta de fragilidade hidroambiental foi confeccionada a partir da relação da fragilidade hidropotencial com o uso e cobertura da terra da bacia do rio Acará (Figura 38). Esse produto é de suma importância para ações de planejamento e gestão ambiental, pois permite identificar os níveis de intervenção que as ações antrópicas causam nos sistemas ambientais, e assim traçar estratégias de preservação e conservação dos recursos naturais.

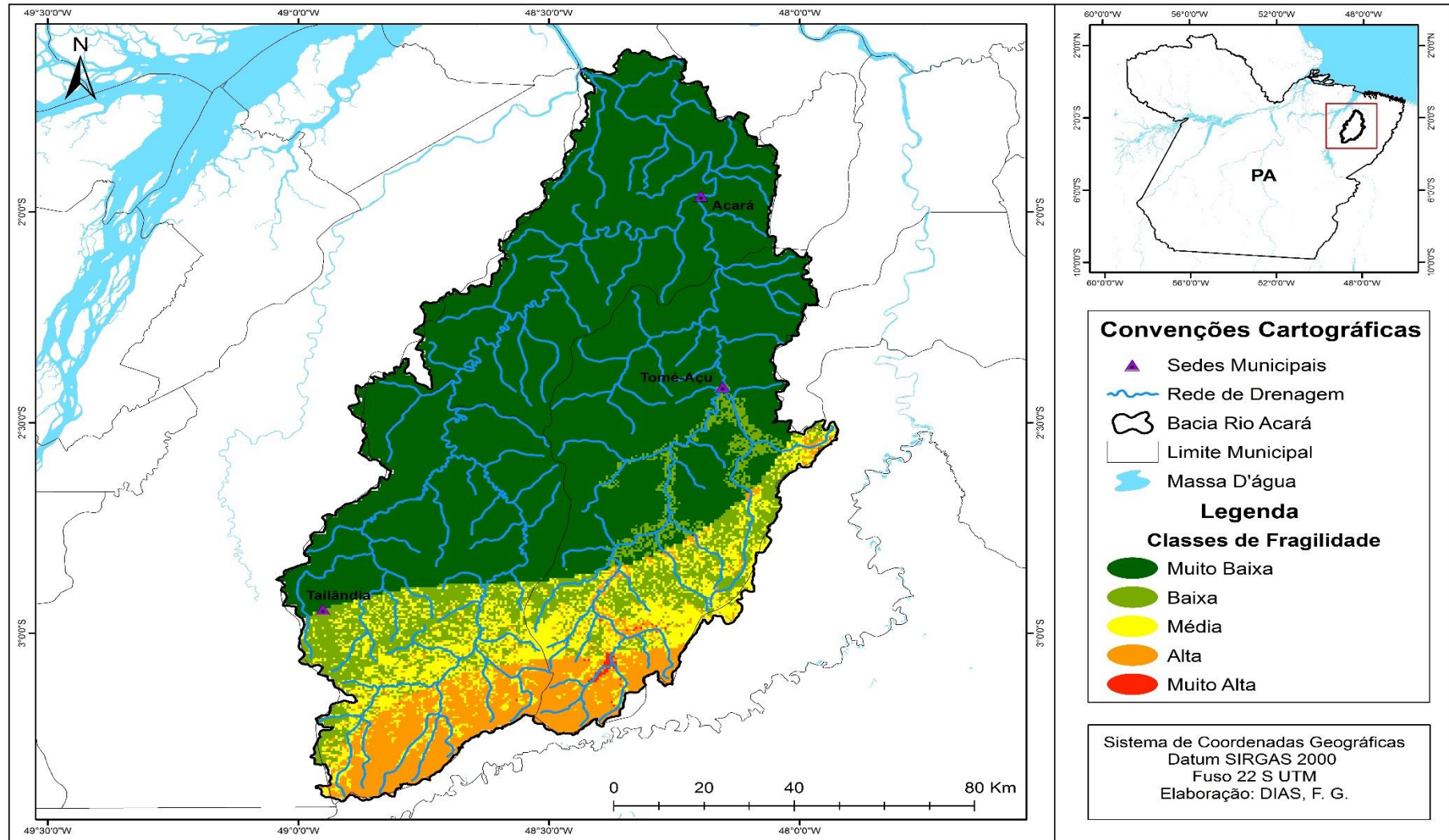
A classe de fragilidade muito baixa predomina em ambas as cartas, no entanto, a carta de fragilidade hidroambiental apresenta uma diminuição substancial da mesma (Figura 39), evidenciando o grau de influência do processo de uso e ocupação do território da bacia. Sendo a tendência de crescimento do reflexo das alterações de uso e cobertura da terra observadas em todas as classes.

Figura 39 - Percentual das classes de fragilidade da bacia do rio Acará.



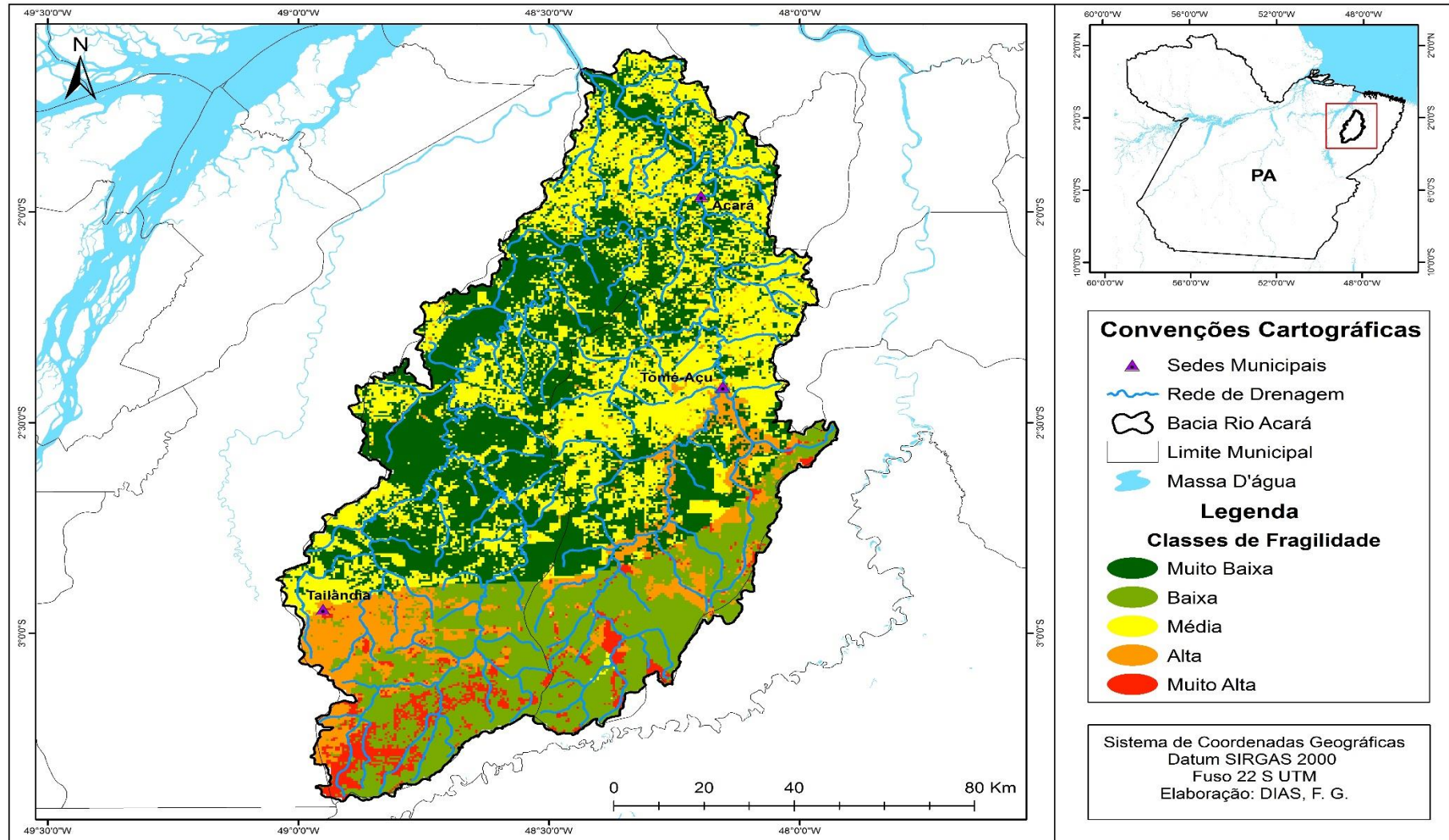
A predominância da classe muito baixa está relacionada ao conjunto dos componentes geoambientais que favorecem a manutenção da água no sistema hidrográfico do rio Acará, sobretudo a intensidade pluviométrica, que é bastante alta na região da área de estudo, ocorrendo maior probabilidade de recarga superficial e subterrânea.

Figura 37 - Fragilidade hidropotencial da bacia do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 38 - Fragilidade hidroambiental da bacia do rio Acara.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas de fragilidade hidropotencial muito baixa da bacia do rio Acará estão ligadas, além da intensidade pluviométrica maior, às formações geológicas de superfície e formas de relevo como cobertura detrito-laterítica e baixos platôs e tabuleiros, assim como um terreno majoritariamente plano, o que acaba por minimizar o escoamento superficial e favorecer o processo de infiltração da água.

A classe de fragilidade hidropotencial baixa corresponde a combinação dos mesmos componentes da classe anterior, entretanto a unidade geológica da formação Ipixuna, que apresenta uma sucessão de arenitos e siltitos, onde caracteriza-se duas litofáceis; uma inferior composta por arenitos finos e siltitos, e outra superior formada por terrenos arenosos com intercalações de siltitos e horizontes de argila caulínicas (EMBRAPA, 2001), juntamente com um terreno moderadamente ondulado e intensidade pluviométrica menor, a infiltração no sistema hidrográfico sofrerá mais resistência em relação às áreas de classe muito baixa.

A fragilidade hidropotencial média possui a terceira maior distribuição espacial. Essa é definida diretamente pela diminuição da intensidade pluviométrica na região sudoeste e sudeste-leste da bacia, além das áreas com maiores altimetria formadas por formas de relevo do tipo colinas, assim como a presença dos latossolos, que são solos com textura argilosa. Portanto, a redução da intensidade pluviométrica, formas de relevo mais ondulado e solos com textura argilosa acaba minimizando o potencial de manutenção da água nessas áreas.

A menor intensidade pluviométrica de toda área da bacia irá ser preponderante para as classes de fragilidade hidropotencial alta e muito alta. Dessa forma, a conjunção das formas de relevo ondulado, solos com textura argilosa, uma formação geológica de superfície com horizonte argiloso e menos chuva favorece o escoamento superficial, e faz com que a probabilidade de a água infiltrar no sistema hidrográfico do rio Acará seja substancialmente menor em relação às outras partes da bacia. Entretanto, essas áreas ocupam menos de 10% do total.

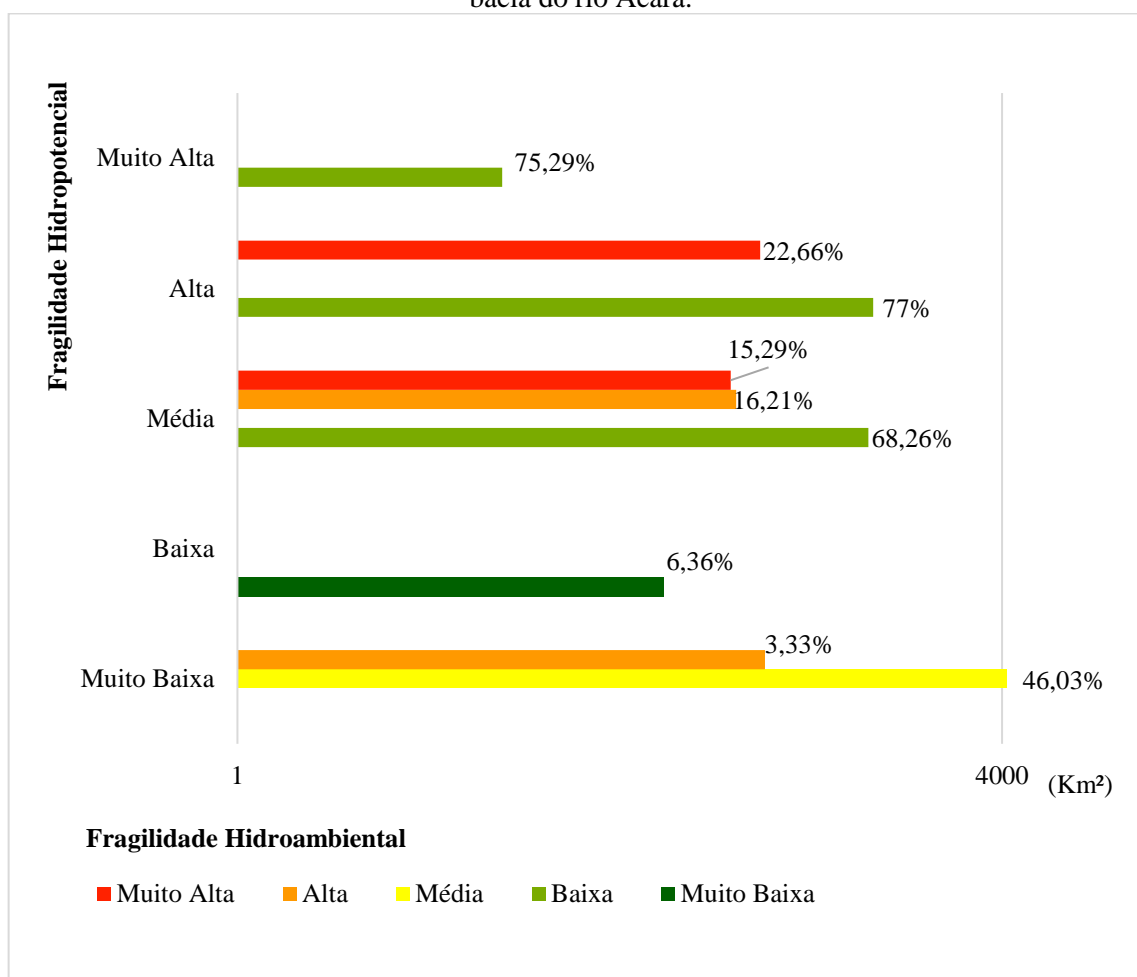
Barker *et al.* (2016) destacam a importância de se observar a influência do comportamento da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica considerando as propriedades de captação e propagação do escoamento. Gao *et al.* (2011) contextualizam a mesma influência já com a presença das formas de uso da terra que ampliam os efeitos já esperados da associação entre a paisagem natural e o efeito das chuvas, principalmente nas áreas de maior influência da rugosidade do relevo.

A menor fragilidade hidropotencial favorece tanto a recarga superficial quanto a subterrânea, como pode ser observado em Durães e Mello (2013). Owor *et al.* (2009) mantém o mesmo argumento, porém com ênfase nas águas subterrâneas, discutindo os efeitos da

sazonalidade nestas. A análise diferenciando o período menos chuvoso do mais chuvoso é necessária principalmente nas bacias hidrográficas em que esta variação é bem marcada em termos de vazões, o que não pode ser verificado para a bacia do rio Acará em função da ausência de dados fluviométricos, porém os trabalhos de Gomes et al. (2018) para a bacia do rio Capim, Ferreira *et al.* (2017) para a bacia do rio Moju, Santos et al. (2016) para a bacia do rio Xingu e Santos *et al.* (2014) para a bacia do rio Tapajós; apresentam esta influência para as bacias da região.

A análise da carta de fragilidade hidroambiental possibilita identificar a intensidade que o uso e cobertura da terra proporciona na manutenção da água no sistema hidrográfico do rio Acará. Esse efeito pode ser verificado na conversão das classes de fragilidade hidropotencial para classes de fragilidade hidroambiental, conforme demonstra a Figura 40.

Figura 40 - Percentual da conversão das classes de fragilidade hidropotencial para hidroambiental da bacia do rio Acará.



O uso e cobertura da terra alterou significativamente a dinâmica de manutenção da água no sistema hidrográfico do rio Acará. As áreas de classe muito baixa na carta de fragilidade hidropotencial passaram quase a metade para classes de fragilidade hidroambiental média

(46,03%) e alta (3,33%). Isso decorre, principalmente, por meio das atividades agropecuárias e, em menor grau, o núcleo urbano da sede municipal de Acará.

As áreas de fragilidade hidropotencial baixa sofreram poucas mudanças com a introdução do uso e cobertura da terra, fato decorrido pela presença da cobertura vegetal, que acaba por potencializar a infiltração no sistema hidrográfico do rio Acará com o aumento de áreas de fragilidade hidroambiental muito baixa (6,36%).

Uma mudança significativa foi a conversão de áreas de fragilidade hidropotencial média para a classe de fragilidade hidroambiental baixa (68,28%). A cobertura florestal é o principal fator da redução do nível de fragilidade, haja vista que na mesma porção da bacia as atividades agropecuárias, núcleos urbanos, relevo ondulado e solo com textura argilosa intensificaram os níveis de fragilidade hidroambiental alta (16,21%) e muito alta (15,29%).

A função da cobertura florestal na regulação dos fluxos d'água é importante de tal maneira, que a fragilidade hidropotencial alta foi convertida expressivamente em níveis de fragilidade hidroambiental baixa (77%) após a correlação espacial com os outros componentes geoambientais. Por outro lado, a presença de atividades agropecuárias combinadas com áreas de relevo ondulado e menor intensidade pluviométrica a probabilidade de a água escorrer é maior, relação essa que intensificou as áreas de fragilidade hidroambiental muito alta (22,66%).

Assim como a conversão da fragilidade hidropotencial alta para fragilidade hidroambiental baixa, a transformação do nível de fragilidade hidropotencial muito alta para fragilidade hidroambiental baixa (75,29%) se deu, primordialmente, pelo desempenho da cobertura florestal no processo de infiltração da água.

Dias *et al.* (2015) demonstraram a influência da cobertura florestal no comportamento dos componentes do ciclo hidrológico em bacias hidrográficas, onde a conversão daquelas áreas alterou os padrões de evapotranspiração e vazão. Brito *et al.* (2017) mostram que a conversão das florestas para atividades agropecuárias são as principais causas da erosão acelerada e assoreamento dos canais fluviais. Nessa mesma linha, Pinto *et al.* (2014) argumentam da necessidade do gerenciamento da expansão urbana e da diminuição de solo exposto para mitigação e conservação dos recursos hídricos.

A partir da integração das informações de fragilidade hidroambiental com o uso e cobertura e os limites da zona ripária foi elaborada a carta de zoneamento hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Acará. A carta apresenta quatro zonas hidroambientais, conforme demonstra a Figura 41.

A Zona Favorável está relacionada as áreas com fragilidade hidroambiental muito baixa e baixa. Ela é decorrente da cobertura florestal que está concentrada, principalmente, no alto

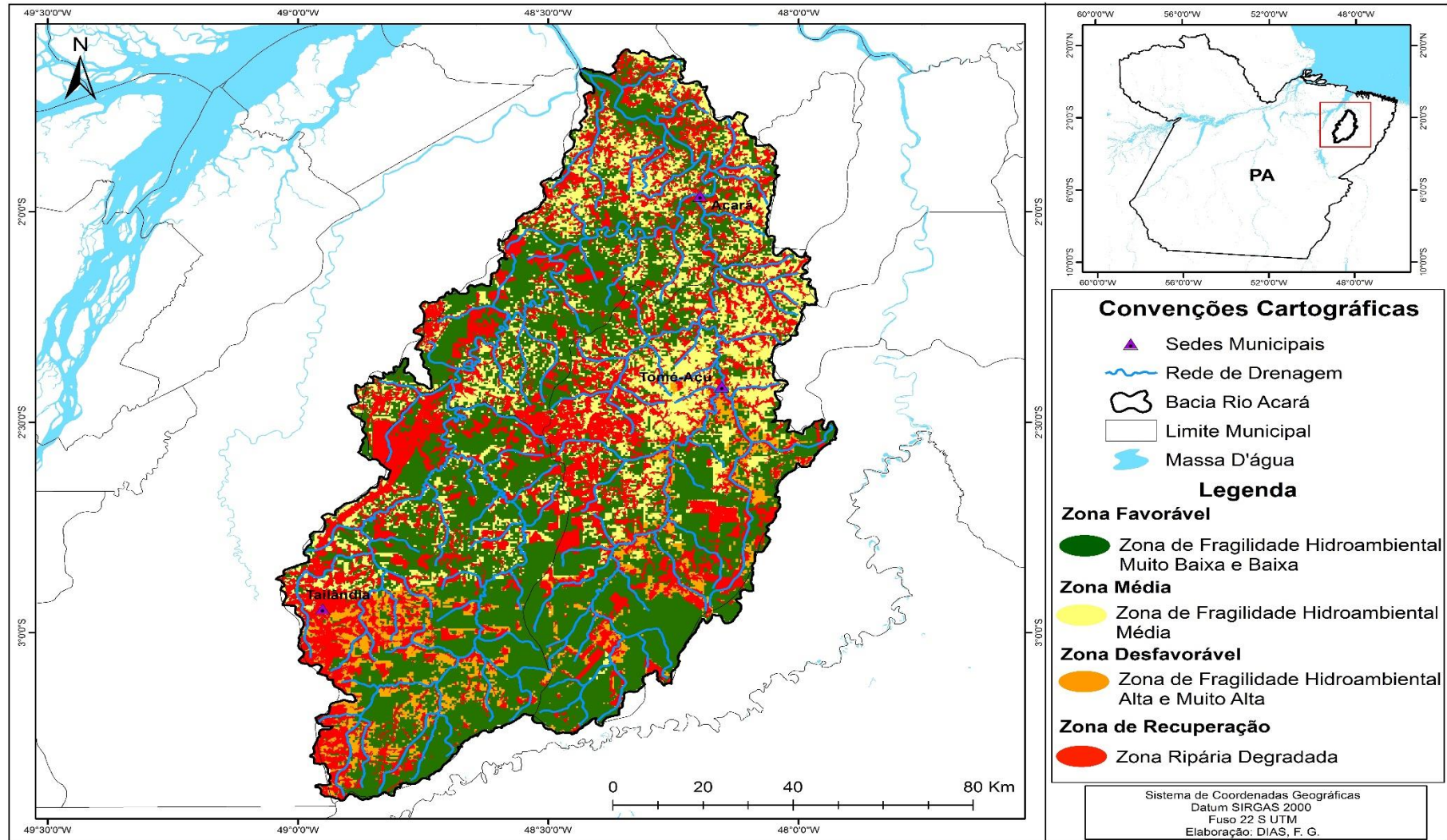
curso da bacia. A presença da cobertura florestal nessa área é de suma importância, haja vista é uma área vital para a saúde hídrica da bacia, sobretudo nas cabeceiras, pois é aonde estão as nascentes dos principais rios como o Acará e Acará-Mirim. Dessa forma, a probabilidade de a água infiltrar e favorecer a manutenção de água no sistema hídrico da bacia do rio Acará é maior nessa zona.

A Zona Média corresponde aos níveis de fragilidade hidroambiental média. Ela é caracterizada pela presença de atividades agropecuárias, principalmente áreas de pastos, que acabam por compactar o solo com o pisoteio do gado e intensificar o processo de escoamento superficial e, conseqüentemente, diminui a infiltração de água no solo. O terreno predominantemente plano acaba por não contribuir para tal dinâmica, criando assim zonas intermediárias.

A Zona Desfavorável consiste nas áreas de fragilidade hidroambiental alta e muito alta. Caracteriza-se pela combinação de formação geológica e solo com textura argilosa intermediária, áreas com declividade ondulada, atividades agropecuárias e menor intensidade pluviométrica, ou seja, áreas que apresentam naturalmente obstáculos, sendo ainda compactadas pelo pisoteio do gado e o menor índice pluviométrico, o processo de infiltração será menor em relação às outras zonas, haja vista que tal dinâmica favorece o escoamento superficial, e logo desfavorece a manutenção da água no sistema hidrográfico do rio Acará.

A Zona de Recuperação refere-se ao uso da terra nas zonas ripárias. As zonas ripárias são áreas hidrologicamente sensíveis que desempenham funções vitais na conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade (ATTANASIO *et al.*, 2012). A descaracterização dessas áreas através de atividades econômicas, sobretudo aquelas sem práticas conservacionistas, pode comprometer seriamente a sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica. Portanto, faz-se necessário a inclusão desse ecossistema nas ações de planejamento e gestão ambiental para recuperar e conservar suas funções hidroecológicas.

Figura 41 - Zoneamento hidroambiental da bacia do rio Acará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Considerações finais

A análise da relação integrada dos componentes geoambientais da paisagem demonstrou que o uso e cobertura da terra influencia diretamente na manutenção de água no sistema hidrográfico do rio Acará, pois considerando apenas a fragilidade hidropotencial os resultados apontam quase 80% da área total da bacia com as classes de fragilidade muito baixa e baixa.

Considerando a intervenção antrópica por meio das atividades agroeconômicas, o quadro hidroambiental não apresenta, nessa perspectiva, condições críticas, pois ainda prevalece um pouco mais de 50% da área da bacia com as classes de fragilidade muito baixa e baixa. Entretanto, o aumento substancial da classe de fragilidade média alerta para a necessidade de controle e monitoramento da expansão de tais atividades, principalmente para áreas que desempenham funções hidroecológicas primordiais, como as zonas ripárias ao longo dos cursos e cabeceiras dos rios. Além disso, faz-se necessário a recuperação das áreas que já passaram pelo processo de degradação.

Com o diagnóstico das condições hidroambientais da bacia do rio Acará, a proposta de zoneamento hidroambiental apresenta-se como um importante instrumento para os gestores no auxílio do processo de planejamento e reordenamento territorial e, conseqüentemente, a tomada de decisão, cujo o objetivo deve ser a recuperação dos recursos naturais degradados e a preservação e conservação daqueles não alterados diretamente.

A proposta metodológica integrada utilizada de avaliação da fragilidade hidroambiental demonstrou-se satisfatória, a qual possibilitou identificar o grau de intervenção que a ação antrópica impõe aos sistemas ambientais. Tal metodologia é potencializada com o emprego das ferramentas de geotecnologias, que propicia o processamento de um conjunto de dados com rapidez e precisão, resultando em importantes informações geoespaciais. Ressalta-se, também, a importância da adoção do método Fuzzy nessa abordagem, pois o mesmo ultrapassa a rigidez representativa dos sistemas ambientais apresentado pela lógica booleana, demonstrando maior flexibilidade e resultados mais completos.

A metodologia utilizada possui alto potencial de análise e avaliação ambiental e pode ser replicada para outras áreas. No que se refere a esta pesquisa, o presente trabalho apresenta algumas lacunas que poderiam dar bases mais sólidas para o resultado apresentado, pois com dados de evapotranspiração e de vazão para a área de estudo poderiam ser obtidos resultados mais exatos.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo; o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA); e o Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) pela concessão de seu espaço e recursos.

REFERÊNCIA

- ALBUQUERQUE, M. F.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, M. C. F.; SOUZA JÚNIOR, J. A. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 6, p. 151-168, 2010.
- ALENCAR, D. B. S.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 103-112, 2006.
- ATTANASIO, C. M.; GANDOFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI JUNIOR, J. C. T.; LIMA, W. P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 493-501, 2012.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.
- BARKER, L. J.; HANNAFORD, J.; CHIVERTON, A.; SVENSSON, C. From meteorological to hydrological drought using standardised indicators. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 12, n. 1, p. 2827-2875, 2015.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. **Detalhamento da metodologia para execução do Zoneamento Ecológico Econômico pelos estados da Amazônia**. Rio de Janeiro: SAE – Secretaria de Assuntos Estratégicos/Ministério do meio Ambiente. 1997. 43 p.
- BREÑA NARANJO, J. A.; WEILER, M.; STAHL, K. Sensitivity of a data-driven soil water balance model to estimate summer evapotranspiration along a forest chronosequence. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 15, p. 3461-3473, 2011.
- BRITO, S. L.; PEREIRA, T. T. C.; MARTINS, I. C. Sediments of watersheds from Frutal and Bebedouro Streams (Frutal, MG, Brazil) as an indicator of human activities. **Ambiente e Água**, v. 12, p. 17 – 32, 2017.
- BURROUGH, P. A.; MACMILLAN, P. A.; VAN DEURSEN, W. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observation and topography. **Journal of Soil Science**, v.43, n.2, p.193-210, 1992.
- BYCHKOV, I. V.; GAGARINOVA, O. V.; ORLOVA, I. I.; BOGDANOV, V. N. Water protection zoning as an instrument of preservation for lake Baikal. **Water**, v. 10, p. 1-12, 2018.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).

CAMPOS, D. O.; SANTOS, J. W. B.; SILVA, E. V.; REGO, N. A. C. Zoneamento geohidroecológico da bacia do rio Almada: análise da capacidade de produção de água. *In: MORAES, M. E. B.; LORANDI, R. Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas*. Ilhéus: Editus, 2016. p. 81-101.

CEREDA JUNIOR, A.; RÖHM, S. A. Analysis of environmental fragility using multi-criteria analysis (MCE) for integrated landscape assessment. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 8, n. 1, p. 28-37, 2014.

COSTA, C. F. G.; FIGUEIREDO, R. O.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, I. P. O. Escoamento superficial em latossolo amarelo distrófico típico sob diferentes agrossistemas no Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 162-169, 2013.

CREPANI, E., Medeiros, J. S., Filho, P. H., Florenzano, T. G., Duarte, V., Barbosa, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. SAE/INPE, São José dos Campos, 2001.

DE PAULA, E. M.; SOUZA, M. J. N. de. Sistemas de informações geográficas na análise da vulnerabilidade ambiental da bacia do rio Ceará-CE. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v. 63, n.4, p. 515-525, 2011.

DIAS, F. G. **Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Acará: subsídios ao planejamento ambiental**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2019.

DIAS, L. C. P.; MACEDO, M. N.; COSTA, M. H.; COE, M. T.; NEILL, C. Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 4, p. 108 – 122, 2015.

DONHA, A. G; SOUZA, L. C. P; SUGAMOTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. Groundwater recharge behavior based on surface runoff hydrographs in two basins of the Minas Gerais state. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 2, p. 57-66, 2013.

EMBRAPA. **Caracterização e classificação dos solos do município de Tomé-Açu, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

FERREIRA, S. C. G.; LIMA, A. M. M. E; CORRÊA, J. A. M. Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, p. 680-693, 2017.

FERREIRA, V. O. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 187-208, 2010.

FONTES, S. B.; PEJON, O. J. Proposal of a geo-environmental zoning method based on Ottobasin compartmentalization. **Boletim de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente**, v. 67, p. 555 – 563, 2008.

GAO, P.; MU, X.-M.; WANG, F.; LI, R. Changes in streamflow and sediment discharge and the response to human activities in the middle reaches of the Yellow River. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2011.

GÓES, A. M. **Estudo Sedimentológico dos sedimentos barreiras, ipixuna e itapecuru no Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão**. 1981. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geofísicas e Geológicas) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 1981.

GOMES, D. J. C.; LIMA, M. M. A.; SILVA JUNIOR, J. A.; SERRÃO, E. A. O. Impactos das mudanças de uso da terra e eventos climáticos extremos em sistemas hidrológicos da Amazônia oriental - bacia do rio Capim (PA-MA). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 12, p. 153-172, 2018.

KATINSKY, M. **Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems**. MSc Thesis, University of Wisconsin-Madsin, USA, 1994.

KNIES, A. E. et al. Escoamento superficial em diferentes declividades do terreno e níveis de cobertura da superfície do solo. In: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, IV., 2012, Fortaleza. **Inovagri Internacional**. 2012.

LUCAS, E. W. M.; SOUZA, F. A. S.; F. D. S.; RAMOS, A. M.; CONDE, F. C. Influência do fenômeno ENOS na resposta hidrológica anual da sub-bacia Amazônica/Brasil (Região Hidrográfica do Xingu/Pará). **Repositório AEMET**, 2008.

MASUD, M. B.; FERDOUS, J.; FARAMARZI, M. Projected changes in hydrological variables in the agricultural region of Alberta, Canada. **Water**, v. 10, p. 1-18, 2018.

MOULATLET, G. M.; RENNÓ, C. D.; COSTA, F. R. C.; EMILIO, T.; SCHIETTI, J. Mapping hydrological environments in central Amazonia: ground validation and surface model based on SRTM DEM data corrected for deforestation. **Earth Syst. Sci. Data**, v. 7, p. 29-34, 2015.

NOBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 29, p. 111-120, 2014.

OWOR, M.; TAYLOR, R.G.; TINDIMUGAYA, C.; MWESIGWA, D.; BOVOLO, C.I.; PARKIN, G.; SOPHOCLEOUS, M. Rainfall intensity and groundwater recharge: empirical evidence from the Upper Nile Basin. **Environ. Res. Lett.**, 4, 035009, 2009.

PINTO, V. G.; LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; MACHADO, P. J. O. Diagnóstico físico-ambiental como subsídio a identificação de áreas vulneráveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Ambiente e Água**, v. 9, p. 632 – 646, 2014.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. Hydrological analysis in water basins. **Mercator**, v. 17, p. 1-18, 2018.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 3-74, 1994.

ROSS, J. L. S. O Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**: Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York, USA, 1980.

SAATY, T. L. Some mathematical concepts of the Analytic Hierarchy Process. **Behaviormetrika**, v. 29, p. 1-9, 1991.

SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; SERRÃO, E. A. O.; FARIAS, M. H. C. S.; WANZELER, R. T. S.; ARAÚJO, I. B. Modelo de previsão fluviométrica para o rio Xingu na cidade de Altamira – PA. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, p. 230-243, 2016.

SANTOS, C. A.; SERRÃO, E. A. O.; GONCALVES, L. J. M.; WANZELER, R. T. S.; LIMA, A. M. M. Zoneamento da distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 3092-3106, 2014.

SANTOS, M. R. R.; RANIEIRI, V. E. L. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Ambiente e Sociedade**, v.16, p. 43 – 62, 2013.

SILVA, S. F. **Zoneamento geoambiental com auxílio de lógica Fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da bacia do rio do Peixe**. 2005. 394 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) –, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

ZADEH, L. A. **Applications of Fuzzy logic**: towards high machine intelligence quotient systems. Series on environmental and intelligent manufacturing. Prentice Hall, 1997.

6 CONCLUSÃO GERAL

A concepção integrada da paisagem a partir dos fundamentos da abordagem geoambiental permitiu avaliar os aspectos, as condições, os problemas, as fragilidades e as potencialidades da bacia hidrográfica do rio Acará, objetivo geral da pesquisa. O conjunto teórico-metodológico utilizado ao longo de cada objetivo específico demonstra como os diferentes sistemas de uso e ocupação do território, impulsionados por diferentes políticas públicas ao longo do tempo e espaço, influenciaram na dinâmica da paisagem da bacia.

A bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento e gestão ambiental e territorial converge com os fundamentos teórico-metodológicos da abordagem geoambiental, o que possibilita a análise holística das dimensões responsáveis por direcionar a relação entre Sociedade/Natureza através da identificação dos padrões de uso e ocupação da terra, e seus reflexos na dinâmica funcional dos sistemas ambientais.

A bacia hidrográfica do rio Acará está longe de um cenário socioambiental adequado. Um dos principais problemas que contribui para esse distanciamento são as condições socioeconômicas e de saneamento básico dos principais municípios da bacia. O quadro precário de esgotamento sanitário e o baixo acesso à rede geral de água são, somados aos fracos índices socioeconômicos, condicionantes para a degradação dos recursos naturais, logo o desenvolvimento de problemas socioambientais.

A análise das unidades geoambientais possibilitou traçar suas limitações e potencialidades, o que torna passível de recomendações para futuras ações de planejamento. Como citado anteriormente, o saneamento ambiental é uma das grandes limitações das unidades geoambientais da bacia, assim como a extração de madeira ilegal e a conversão de áreas florestais, principalmente às APP's, para áreas de pastagem e agrícola. Por outro lado, a biodiversidade, a conservação ambiental e os serviços agroflorestais são potenciais das unidades geoambientais, que devidamente manejados, podem contribuir para um horizonte sustentável.

Os instrumentos ambientais legais utilizados para diagnosticar o estado ambiental são importantes ferramentas de gestão e ordenamento territorial, que expandidos e aplicados corretamente, podem contribuir para a recuperação, preservação e conservação de áreas degradadas que são vitais para a sustentabilidade hidroambiental da bacia do rio Acará.

No que se refere à dinâmica dos padrões do uso e cobertura da terra, o conjunto de políticas públicas impulsionadas no território da bacia do rio Acará marcaram, de um lado, inflexões significativas nas taxas de desflorestamento, exemplo é a saída do município de

Tailândia da lista dos maiores desmatadores da Amazônia legal. Por outro lado, o estímulo ao plantio de dendê apenas em áreas já degradadas como projeto de desenvolvimento regional e sustentável, acabou por avançar sobre a cobertura florestal, mas sua expansão se dá, majoritariamente, em áreas antes ocupadas pela agropecuária.

A bacia hidrográfica do rio Acará ainda apresenta expressiva taxa de cobertura florestal, embora esteja em uma região de colonização consolidada, onde a derrubada da cobertura florestal já foi política de governo. Essa constatação enfatiza a importância do combate, controle e monitoramento das atividades causadoras do desflorestamento, assim como o incentivo de práticas de manejo para a conservação dos solos, sobretudo nas áreas de cabeceiras degradadas, onde estão as nascentes dos cursos de 1ª ordem, que desempenham funções substanciais na saúde hídrica da bacia.

As zonas ripárias da bacia hidrográfica do rio Acará apresentam alto nível de pressão e degradação pelo padrão de uso e cobertura da terra. A recuperação dessas áreas é de suma importância para o estado ambiental da bacia devido suas funções hidroecológicas essenciais para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e a biodiversidade. Nesse sentido, a presente pesquisa apresentou a importância de se considerar esse ecótono no processo de planejamento, seja através do Plano de Recursos Hídricos (PRH), onde a normatização do uso e cobertura da terra através de um zoneamento ambiental e funcional respeitaria a delimitação e integridade desse ecossistema.

A análise da fragilidade centrou em como as condições geoambientais atuam na manutenção de água no sistema hídrico da bacia do rio Acará. Os resultados demonstraram como as atividades agropecuárias impactam consideravelmente na dinâmica da água na paisagem, bem como a importância da cobertura florestal em potencializar a recarga hídrica da bacia. Com isso, o zoneamento hidroambiental proposto apresenta-se como uma ferramenta para subsidiar a tomada de decisão no processo de gestão ambiental e ordenamento territorial.

Diante disso, faz-se necessário elencar algumas lacunas e questões que implicaram nos resultados obtidos pela pesquisa. i) a ausência de dados atualizados disponíveis sobre as condições de saneamento ambiental prejudicam a avaliação do real estado ambiental momentâneo da bacia; ii) a carência de dados geocartográficos em uma escala compatível para análise mais detalhada da dinâmica da paisagem; iii) falta de dados hidrológicos da bacia; iv) as ferramentas de geotecnologias contribuem significativamente para o planejamento e gestão ambiental através da redução de tempo e custo na criação e avaliação de diagnósticos ambientais.

O desenho teórico-metodológico da presente pesquisa demonstra a potencialidade da aplicação da abordagem geoambiental integrada nos estudos e avaliações socioambientais, permitindo sua replicação para outras áreas, sobretudo na região Amazônica, a fim de delinear o estado socioambiental de determinado território, com suas devidas adaptações, para auxiliar no processo de preservação e conservação dos recursos naturais. No entanto, a ausência de dados socioeconômicos atuais e hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Acará, proporciona a continuidade de estudos de casos futuros, com o intuito de se estabelecer um quadro mais detalhado da dinâmica geoambiental da área, além de outras frentes, como a análise e avaliação dos aspectos gerenciais para proteção dos recursos naturais e a efetivação dos dispositivos contidos na Política Nacional e Estadual dos Recursos Hídricos.

Por fim, faz-se recomendações gerais para subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio Acará para alcançar um quadro de sustentabilidade hidroambiental:

- 1) Melhorar o sistema de saneamento ambiental;
- 2) Ampliar o combate e a fiscalização do desflorestamento;
- 3) Monitorar as atividades econômicas que degradam os recursos naturais;
- 4) Efetivar os instrumentos de ordenamento territorial e gestão ambiental;
- 5) Recuperar áreas cruciais para o funcionamento hidroambiental da bacia, como as zonas ripárias e APP's;
- 6) Fomentar atividades econômicas ambientalmente sustentáveis, que criem condições para superar atividades degradantes, como os SAF's;
- 7) Promover ações de educação ambiental para a população local com o objetivo de conscientizar sobre a importância da preservação e conservação dos recursos naturais;
- 8) Integrar a população local e sociedade civil organizada ao processo de tomada de decisão na construção de planos de ocupação territorial na bacia;
- 9) Criar mecanismo institucional de articulação entre os órgãos ambientais dos principais municípios da bacia e do estado a fim de se estabelecer bases para o gerenciamento integrado, sistêmico e compartilhado dos recursos naturais; e
- 10) Criar um indicador de monitoramento periódico das ações de planejamento e gestão ambiental, assim como o estado ambiental da bacia.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997.
- CEREZINI, M. T.; HANAI, F. Y. Gestão sustentável e integrada da água em bacias hidrográficas: 20 anos da lei das águas no Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 159-168, 2017.
- COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 36-39, 2007.
- DAMIANI, S. **Impactos socioambientais do cultivo de dendê na terra indígena Turé-Mariquita no Nordeste do Pará**. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- DAVIDSON, E. A. et al. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, p. 321–328, 2012.
- GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L. C. C. Condições ambientais em áreas urbanas da bacia hidrográfica do rio Caeté, Amazônia Oriental – Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.9, n. 2, p. 59-70, 2009.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal de 2017**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 13 abril de 2018.
- NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. A dendeicultura na Amazônia paraense. **Geosp – Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 281-294, 2016.
- NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades tradicionais na Amazônia paraense. **Acta Geográfica**, Edição Especial. p. 63-80, 2013.
- NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6/7, n. 1, p. 167-179, 2004.
- PARÁ. **Lei n° 6.381, de 25 de julho de 2001**. Dispõe Sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras Providências. Diário Oficial do Estado do Pará. Belém, PA, 27 de jul. 2001.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.
- REPÓRTER BRASIL. **Expansão do dendê na Amazônia brasileira**: elementos para uma análise dos impactos sobre a agricultura familiar no nordeste do Pará. São Paulo: Centro de Monitoramento de Agrocombustível, 2013.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas. *In*: SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. **Planejamento**

ambiental e bacias hidrográficas Tomo I: planejamento e gestão de bacias hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011. p. 29-47.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental:** subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2016. 370 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 162 p.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. Especial, n. 36, p. 4-17, 2014.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém – PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 43, n. 1, p. 51-62, 2013.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. L.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira river basin. **Climatic Change**, v. 129, n. 1-2, p. 117-129, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 944p.