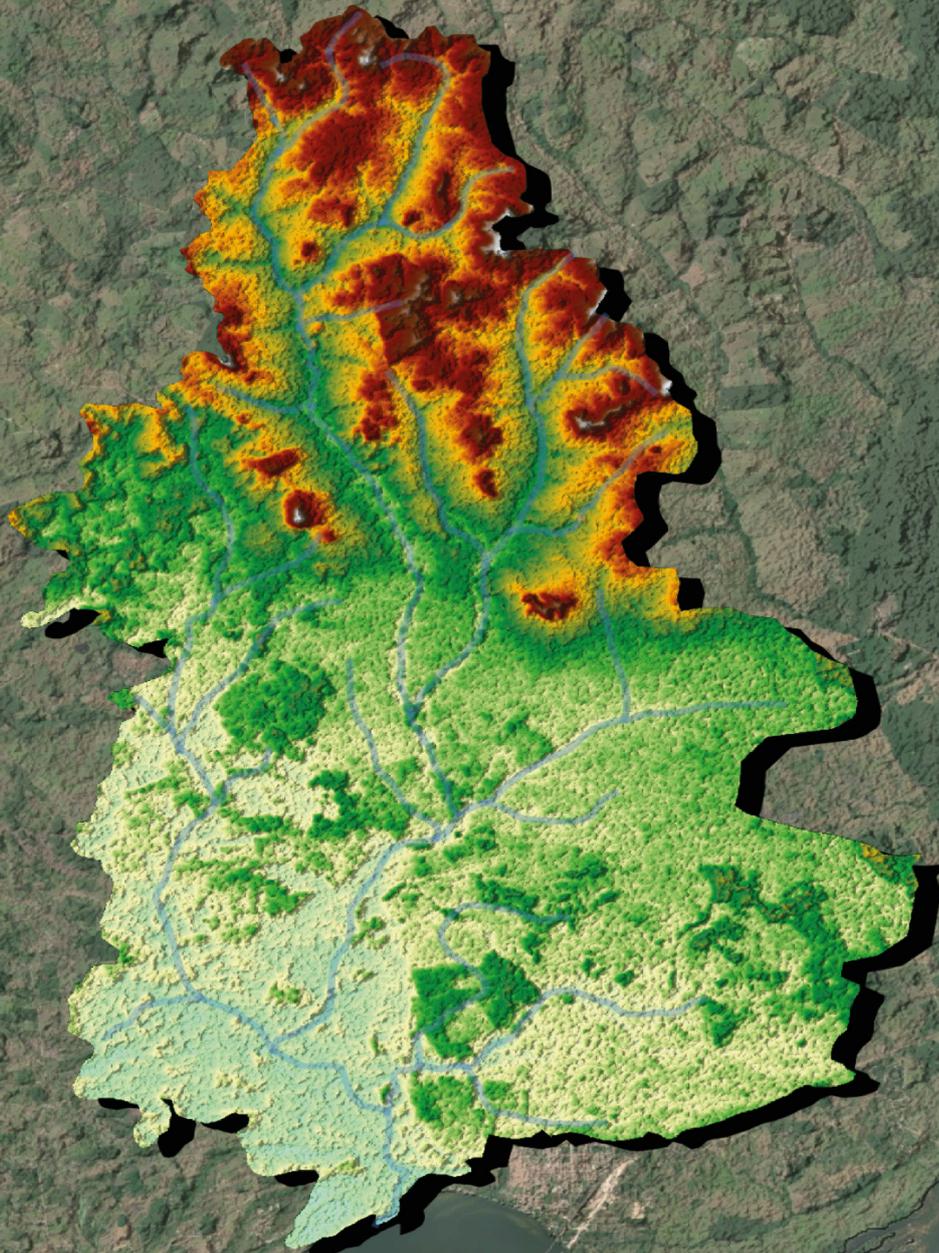


# CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ GELADINHO, PA



Fernando Alves Barros Firmino  
Gustavo da Silva

**CARACTERIZAÇÃO DA  
FRAGILIDADE AMBIENTAL DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ  
GELADINHO, PA**

---

Todo o conteúdo apresentado neste livro é de responsabilidade do(s) autor(es).

Esta publicação está licenciada sob [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

## **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA  
(Editor-Chefe)

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Dr. Aldrin Vianna de Santana-UNIFAP

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Raquel Silvano Almeida-Unespar

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Ilka Kassandra Pereira Belfort-Faculdade Laboro

Prof.<sup>a</sup>. Dr. Renata Cristina Lopes Andrade-FURG

Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves-IFF

Prof. Dr. Clézio dos Santos-UFRRJ

Prof. Dr. Rodrigo Luiz Fabri-UFJF

Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa-IEMA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof. Dr. Deivid Alex dos Santos-UEL

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maria de Fatima Vilhena da Silva-UFPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Dayse Marinho Martins-IEMA

Prof. Dr. Daniel Tarciso Martins Pereira-UFAM

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Elane da Silva Barbosa-UERN

Prof. Dr. Piter Anderson Severino de Jesus-Université Aix Marseille

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros científicos de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora

Fernando Alves Barros Firmino

**CARACTERIZAÇÃO DA  
FRAGILIDADE AMBIENTAL DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ  
GELADINHO, PA**

1ª Edição

Belém-PA  
RFB Editora  
2024

---

© 2024 Edição brasileira  
by RFB Editora  
© 2024 Texto  
by Autor  
Todos os direitos reservados

RFB Editora  
CNPJ: 39.242.488/0001-07  
91985661194  
www.rfbeditora.com  
adm@rfbeditora.com  
Tv. Quintino Bocaiúva, 2301, Sala 713, Batista Campos,  
Belém - PA, CEP: 66045-315

**Editor-Chefe**

Prof. Dr. Ednilson Ramalho

**Diagramação e capa**

Worges Editoração

**Revisão de texto**

Autor

**Bibliotecária**

Janaina Karina Alves Trigo Ramos-CRB

8/9166

**Produtor editorial**

Nazareno Da Luz

**Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)**

F532

Firmino, Fernando Alves Barros

Caracterização da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Igarapé Geladinho, PA / Fernando Alves Barros Firmino. - Belém: RFB, 2024.

Livro em PDF

56p.

ISBN 978-65-5889-730-9

DOI 10.46898/rfb.2821bb55-5360-4c4b-805e-bfe22b680f4b

Fragilidade Ambiental. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Igarapé Geladinho. 4. Pará. I. Firmino, Fernando Alves Barros. II. Título.

CDD 551.48

Índice para catálogo sistemático:

I. Fragilidade Ambiental.

II. Bacia Hidrográfica.

III. Igarapé Geladinho.

IV. Pará.

## LISTA SIGLAS E ABREVIATURAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SIG's	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UNIFESSPA	Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
UNCCD	Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS	World Geodetic System

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
2.1 GERAL .....	12
2.2 ESPECÍFICOS.....	12
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>13</b>
<b>BASE TEÓRICO-CONCEITUAL.....</b>	<b>13</b>
3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	14
3.2 FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	15
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>17</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>24</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
5.1 DECLIVIDADE.....	25
5.2 PLUVIOSIDADE .....	26
5.3 SOLOS.....	28
5.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	30
5.5 FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	32
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>40</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## APRESENTAÇÃO

A bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho está localizada no sudeste do estado do Pará, apresenta uma área de 29.062,759 ha e é um tributário da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins. O processo de ocupação dessa bacia, não obstante do que ocorreu por toda a Amazônia, baseou-se pelas formas de exploração depredadoras de seu ecossistema, que mobilizou grande quantidade de mão de obra para atuar nos grandes projetos da região. Atrelado a este fato, vieram os problemas socioambientais provocados pela ação antrópica, como a impermeabilização dos solos oriundos da urbanização, a pecuária extensiva e a mineração. Jurandyr Ross (1994) considera que essas atividades antropogênicas promovem degradação e impactos ambientais negativos e, portanto, os seres humanos não devem ser tratados como elementos estranhos ao ecossistema que habitam. Nesse sentido, ele propôs uma análise para mensurar as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades potenciais dos mesmos, levando sempre em consideração a influência que o homem provoca na natureza. Portanto, objetivou-se com esta pesquisa realizar a caracterização da Fragilidade Ambiental da bacia, empregando a metodologia proposta por Ross (1994), que utiliza dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Através da relação entre as variáveis físicas e antrópicas, adotando classes hierárquicas de diferentes níveis de fragilidade, começando em Muito Baixo até Muito Alto, pôde-se realizar o cruzamento dos dados ambiente SIG, gerando, assim, o mapa de fragilidade ambiental da bacia. Os resultados mostraram que há ocorrência de todas as Classes de Fragilidade na área estudada, havendo uma predominância da Fragilidade Média, ocupando 58,80% do total da área da bacia. Isto está relacionada principalmente à predominância das pastagens que possuem, de acordo com a metodologia empregada, médio grau de proteção ao solo. Percebeu-se, também, que o contínuo processo de expansão da área urbana e a ação de extração mineral na bacia, resultaram numa Classe de Fragilidade Ambiental Extremamente Forte, que desestabiliza o sistema natural, provocando um aumento de enchentes na área urbana e aceleram os processos erosivos. Estes fatos foram observados em campo, sendo gerado um acervo fotográfico da área em estudo.

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUÇÃO

A Amazônia sempre foi fortemente influenciada pelos processos de ocupação do seu território. Seu povoamento e desenvolvimento, quase sempre baseado nas formas de exploração depredadoras de seu ecossistema, foram fundados nessa relação sociedade-natureza, da qual Kenneth Boulding (*apud* BECKER, 2005) caracteriza como “economia de fronteira”.

Compreender esse modelo de desenvolvimento criado para a Amazônia, concebido através de uma expansão linear e contínua das fronteiras móvel, agropecuária e madeireira, que visavam á exploração de matérias primas e recursos naturais como se eles fossem infinitos, eternos e renováveis, é importante para entendermos o atual estágio de degradação do qual se encontra o Bioma Amazônia (*apud* BECKER, 2005).

O auge alcançado por esse modelo de desenvolvimento se deu com o Programa de Integração Nacional (PIN), promovendo no território amazônico a abertura de rodovias e hidrelétricas, incentivando à colonização por meio de assentamentos rurais e empreendimentos agropecuários e dando grande apoio a projetos minerários. Essas iniciativas subsidiaram a expansão da fronteira móvel que, por sua vez, está diretamente associada a intensos desmatamentos e conflitos de terra (BRASIL, 2010).

Nesse processo de expansão e ocupação da região sudeste do Pará, a bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho teve um grande destaque. Conforme evidenciado por Barbosa (2015), a formação territorial da cidade de Marabá contém como elemento histórico/geográfico as ocupações espontâneas na estrutura/estruturação do seu espaço urbano. Essas ocupações espontâneas, da qual ele caracteriza como invasões, “ocupações”, favela, palafitas, “periferia”, “comunidade”, etc, tiveram nas frentes econômicas a força motriz para seu surgimento e expansão, que, por sua vez, mobilizou grande quantidade de mão de obra móvel e polivalente (BARBOSA, 2015).

Na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho, em específico, boa parte dessa mão de obra veio para atuar na construção das rodovias PA-150, da Ferrovia Carajás e da Ponte sobre o Rio Tocantins. Essas ações modificaram consideravelmente as condições de mobilidade e de ocupação do território, transformando as localidades de São Félix e Morada Nova, localizadas à margem direita do rio Tocantins e inseridas no perímetro da bacia do Igarapé Geladinho, em áreas de expansão da cidade (CARDOSO; LIMA, 2009).

Nos últimos anos, esses dois bairros continuaram sofrendo uma grande expansão urbana devido à inserção de áreas rurais ao seu espaço urbano. Através do parcelamento do solo sob a forma de loteamentos e da criação de Residenciais do Programa Minha Casa Minha Vida, o número de construções de novas vias pavimentadas e de conjuntos habita-

cionais alterou a dinâmica no uso do solo, favorecendo o surgimento de graves problemas ambientais, tendo nas enchentes provocadas pelas chuvas o seu problema principal.

Além da impermeabilização dos solos oriundos da urbanização, a bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho sofre com os problemas provocados pela pecuária extensiva e pela mineração. Essas atividades antropogênicas promovem degradação e impactos ambientais negativos no espaço. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a fragilidade ambiental da área, utilizando, para tanto, a metodologia proposta por Jurandyr Ross (1994), que, por considerar que os seres humanos não devem ser tratados como elementos estranhos ao ecossistema que habitam, sua influencia precisa ser estudada como parte fundamental desta dinâmica.

Para se chegar ao objetivo proposto, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento que contribuíram para a identificação de áreas com potenciais riscos de degradação, tendo sido essa metodologia muito satisfatória na coleta de informações para alguns trabalhos (SARTORI, 2009; ALVARENGA, 2014; SANCHES, 2011).

# **CAPÍTULO 2**

---

## **OBJETIVOS**

## **2.1 GERAL**

Caracterizar a fragilidade ambiental através de um mapeamento temático para a bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.

## **2.2 ESPECÍFICOS**

- Gerar um banco de dados cartográfico e ambiental da bacia;
- Levantar pontos de degradação e prioritários para a conservação em campo;
- Entender as relações entre as características do meio físico e a fragilidade apresentada sobre a bacia.

# **CAPÍTULO 3**

---

## **BASE TEÓRICO-CONCEPTUAL**

### 3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação da chuva que converge os escoamentos para um único ponto de saída (FINKLER, 2004). Este ponto de saída é denominado exutório, que em termos mais simples significa dizer que é o ponto de menor altitude de uma bacia hidrográfica, ficando, portanto, situado na parte mais baixa do trecho do curso d'água principal (FINKLER, 2004).

A bacia hidrográfica é influenciada pelo relevo e a geografia do terreno, onde a água proveniente da chuva escorre para um rio principal e seus afluentes (ECO, 2015). Uma bacia hidrográfica, segundo FINKLER (2004) “é composta por um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos da água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída”.

De acordo com a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, possibilitando assim o planejamento da região, controle de uso das águas, proteção e conservação das fontes de captação da bacia (ECO, 2015).

De acordo com PIRES (*et al.*, 2002) o conceito de Bacia Hidrográfica envolve o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, ou seja, a forma das terras na região da bacia fazem com que a água corra por riachos e rios menores para um mesmo rio principal, localizado num ponto mais baixo da paisagem (ECO, 2015). Segundo PIRES (*et al.*, 2002) a Bacia Hidrográfica é uma unidade apropriada para uso qualitativo e quantitativo dos recursos de água, dos fluxos de sedimentos e nutrientes. É um conceito que vem sendo utilizado como uma unidade ecossistêmica, na área de planejamento ambiental (TEODORO *et al.*, 2007).

Segundo GONÇALVES (*et al.*, 2011) a bacia hidrográfica apresenta características essenciais, como relevo, tipo de solo, geologia que em conjunto convertem-se a um atributo denominado de vulnerabilidade natural, que juntamente com os fatores externos como as ações antrópicas, é possível avaliar o nível de degradação produzida.

Portanto, por meio da integração de diversas variáveis que interferem no potencial dos recursos naturais, o estudo de fragilidade ambiental presentes em uma bacia hidrográfica, por exemplo, possibilita a compreensão da realidade de uma forma mais clara sobre quais as opções adequadas para o uso da terra (SPÖRL, 2001 *apud* GONÇALVES *et al.*, 2011).

### 3.2 FRAGILIDADE AMBIENTAL

Dada a importância das bacias hidrográficas para compreender as configurações e as dinâmicas do espaço e com isso propor planos e ações que priorizem e assegurem a qualidade e a preservação dos recursos hídrico, Ross (1994) propôs uma análise para mensurar as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades potenciais dos mesmos, levando sempre em consideração a influência que o homem provoca na natureza. De acordo este autor, os seres humanos não devem ser tratados como elementos estranhos ao ecossistema que habitam. A influência antrópica precisa ser vista como parte fundamental desta dinâmica, pois o homem detém um poder de modificação do seu ecossistema que ocasiona graves danos ao ambiente natural.

Na Bacia do Igarapé Geladinho essas transformações ficaram evidenciadas através das constantes enchentes que ocorrem anualmente na área urbana. Esses eventos estão diretamente associados à ocupação humana no local que, além de retirar a vegetação e convertê-la em pastagem e em áreas agricultáveis, também realiza a exploração mineral que, durante as fases de exploração dos bens minerais, promove a abertura de cavas que impactam o meio ambiente.

Com tamanha exploração dos seus recursos naturais, supressão de cobertura vegetal para a implantação de culturas ou pastagem e a exploração mineral, a Bacia do Igarapé Geladinho vem sofrendo com desequilíbrios diante dos processos erosivos, uma vez que essas alterações nos diferentes componentes da natureza provocam o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico (SPÖRL e ROSS, 2004).

Quando há uma intensa utilização recursos ambientais, como no caso de alguns pontos identificados na Bacia Hidrográfica do Igarapé Geladinho, vários processos de degradação que levam a deterioração dos solos podem ser acarretados. Sobre degradação do solo, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), adotando termos da Convenção de Combate à Desertificação das Nações Unidas (UNCCD), definiu degradação do solo como sendo a redução ou perda da produtividade biológica ou econômica, resultantes do uso ou processos que incluam atividades humanas e das suas formas de ocupação, sendo os processos erosivos, a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo e a destruição da vegetação as principais características desse fenômeno (MMA, sem data).

Tal definição mostra que a degradação dos solos não afeta apenas os solos em si, mas outros elementos do ecossistema como água, fauna e flora, sendo de suma importância a realização de um planejamento adequado no processo de uso e ocupação dos solos (ALVES, 2016).

Com essa preocupação foi que Ross (1994) realizou uma proposta de análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados sob o prisma da teoria dos sistemas, expressa por Tricart (1977) com a denominação de Unidades Ecodinâmicas. A ideia seria aplicar essa análise no planejamento ambiental, levando em consideração as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades potenciais dos mesmos.

Para Ross (1994) a fragilidade dos ambientes está relacionada ao relevo, à geologia, às classes de solo, ao uso da terra e cobertura vegetal e ao clima. Ele representou essas relações dos componentes físicos e antrópicos partir de hierarquias de diferentes níveis de fragilidade começando em Muito Baixo até Muito Alto, com uma relação entre o uso da terra e os fatores físicos do ambiente. Com isso o tipo de solo, declividade e erosividade podem estabelecer o grau de fragilidade potencial, somando esse resultado com as classes de uso da terra e cobertura vegetal, que se caracteriza pela forma que o homem explora os ambientes, é atribuído o grau de fragilidade emergente para o ambiente estudado.

Essa metodologia permite verificar as áreas de fragilidade mais forte, caracterizando, assim, áreas em níveis de degradação. Tendo essa noção do dimensionamento da fragilidade do ambiente, torna-se possível a adoção de práticas conservacionistas e de políticas de recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.

# **CAPÍTULO 4**

---

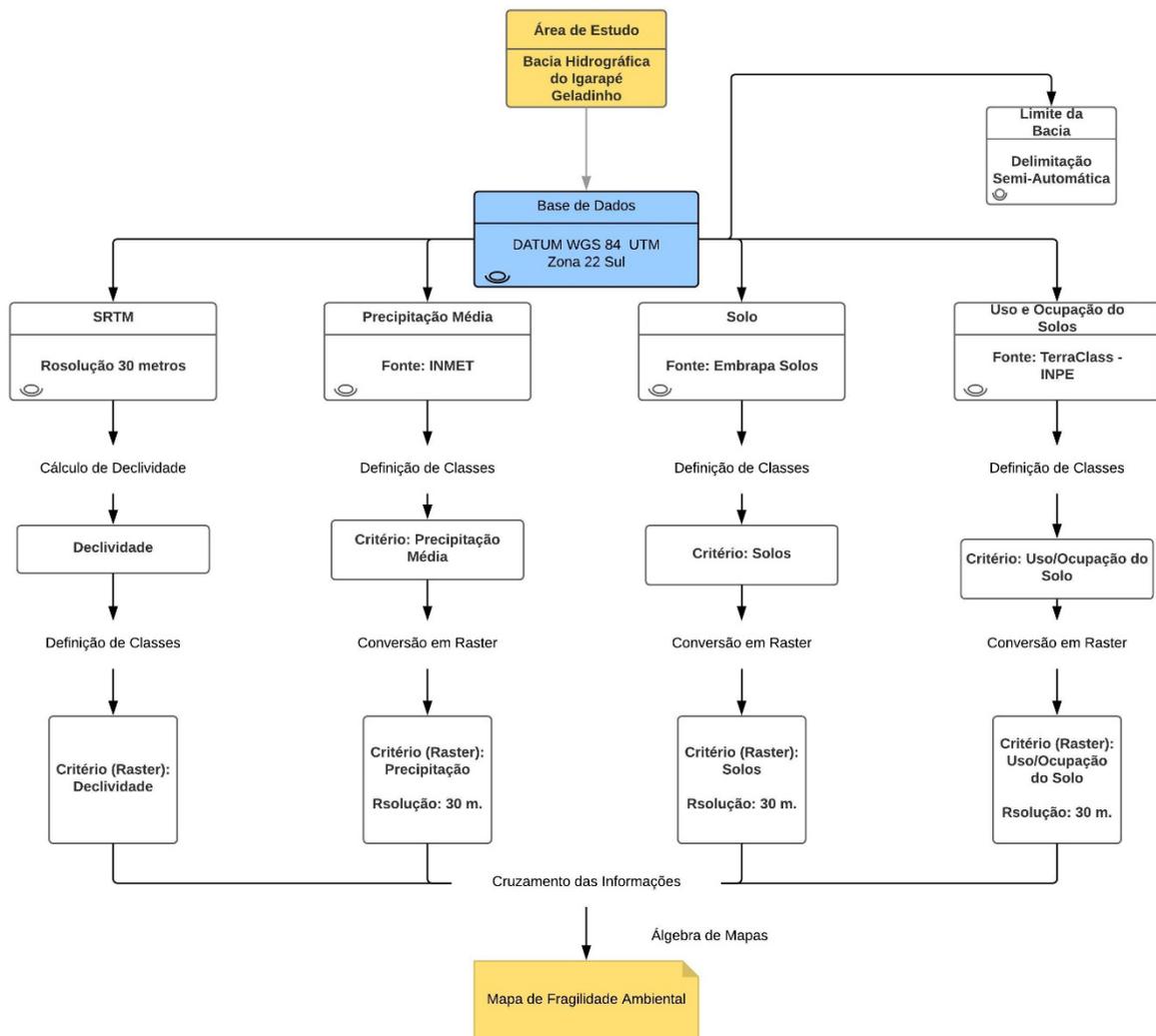
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O ponto de partida para a construção dos mapas e, conseqüentemente, da avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho, foi assimilar as informações da proposta metodológica desenvolvida por Ross (1994), que se baseia na análise integrada dos seguintes temas: declividade, solos, clima (regime pluviométrico) e uso da terra e cobertura vegetal. De acordo com a bibliografia consultada, esta proposta apresentou resultados satisfatórios para diversas análises empíricas da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas (FRANCO, 2013; SANTANA, 2017).

Há que se ressaltar, entretanto, que os resultados da avaliação da fragilidade ambiental desenvolvida por Ross (1994) podem sofrer influência da escala cartográfica dos parâmetros utilizados, uma vez que esta metodologia se utiliza de dados topográficos digitais e de detalhe, dados de solos e dados de clima que no Brasil e, principalmente na região norte, são bastante escassos. Essa influência da variação de escala na metodologia de fragilidade ambiental pode ser observada nos estudos feitos por Fagundes (2014).

Após a coleta bibliográfica sobre a metodologia proposta por Ross (1994), que forneceu os conhecimentos teórico-empíricos que nortearam este trabalho, foi realizado o levantamento da base de dados contendo as informações dos temas ambientais necessários para alcançar os objetivos de análise da fragilidade ambiental. Dados de clima, relevo, declividade, solos, hidrografia e uso da terra e cobertura vegetal foram integrados em ambiente SIG para classificar as categorias hierárquicas da fragilidade ambiental, conforme fluxograma abaixo:

Figura 1 – Fluxograma dos Processos Metodológicos desenvolvidos.



Adaptado de Ross (1994).  
Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Para o mapeamento do uso da terra utilizou-se os dados do Projeto TerraClass do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e imagens do satélite Landsat-8 que são distribuídas gratuitamente através do USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos); os tipos de solos foram obtidos pelos Mapas de Solos e de Aptidão Agrícola das Áreas Alteradas do Pará, elaborados pela Embrapa Amazônia Oriental e Embrapa Solos; o mapa de declividade foi gerado a partir de dados de radar da Missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Um resumo dos materiais utilizados consta no Quadro 01.

Quadro 1 – Resumo dos materiais utilizados e suas respectivas fontes.

Dados	Fonte	Descrição	Formato
Imagem SRTM	Earth Explorer, USGS	Gerou-se o Mapa de Declividade e Hipsometria; Resolução Espacial: 30 metros.	Raster
Limites da Bacia Hidrográfica	Imagem SRTM - Earth Explorer, USGS; Carta Topográfica SB-22-X-D-I-100000 - BDGEx	Realizou-se uma delimitação Semi-Automática da bacia hidrográfica.	Shapefile
Precipitação	BDMEP - INMET	Dados das estações dos municípios de Conceição do Araguaia, São Félix do Xingu, Tucuruí, Marabá e Altamira.	Planilha / Shapefile
Tipo de Solo	Embrapa Solos	Mapa de solos e aptidão agrícola do estado do Pará.	Shapefile
Uso e Ocupação do Solo	TerraClass (INPE); Landsat 8;	Dado pertencente ao Mapa de cobertura e Uso da Terra do Pará de 2014.	Shapefile

Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

De posse de todas essas variáveis, foram realizados os procedimentos técnico-operacionais em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). O software utilizado para as operações de geoprocessamento foi o QGIS 2.18 Versão estável (Las Palmas). A partir disso, para cada parâmetro aqui estudado foi atribuído classes hierárquicas de grau de fragilidade, obedecendo a uma ordem crescente de acordo com a metodologia de Ross (1994), a qual varia de Muito Fraca a Muito Forte (Tabela 01).

Tabela 1. Classes hierárquicas de grau de fragilidade.

Cores Temáticas	Classe	Fragilidade
	Muito Fraca	1
	Fraca	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5

Adaptado de Ross (1994).

Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Dessa forma, os graus de fragilidade para cada uma das classes foram determinados de acordo com o quadro abaixo (Quadro 02):

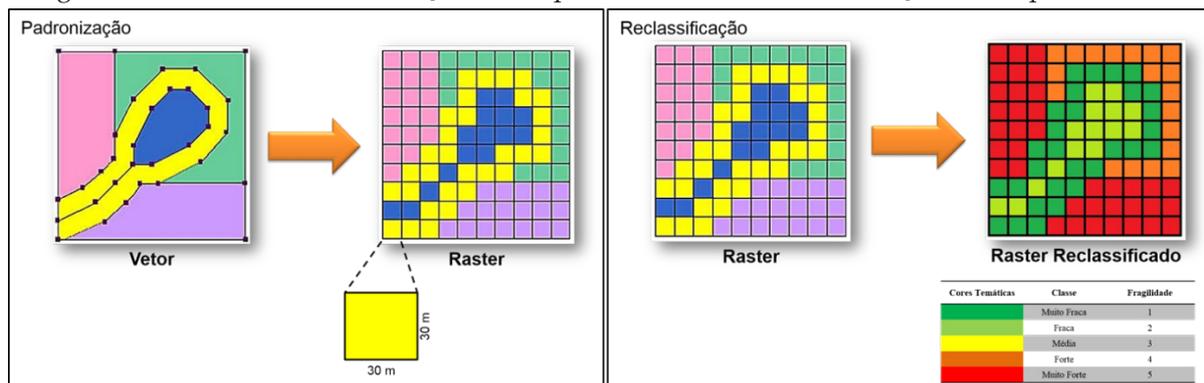
Quadro 2 – Graus de Fragilidade e suas respectivas classes.

Grau de Fragilidade	Classes			
	Declividade	Solos	Comportamento Pluviométrico	Uso e Ocupação
1 - Muito Fraca	0 a 6%	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa.	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ ano.	Floresta
2 - Fraca	6 a 12%	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ ano.	Vegetação Secundária
3 - Média	12 a 20%	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.	Pasto Limpo
4 - Forte	20 a 30%	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no inverno entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.	Área Agrícola; Pasto Sujo
5 - Muito Forte	> 30%	Gleissolos, Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).	Área de Mineração; Área Urbana

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Todos os dados utilizados no formato shapefile foram posteriormente transformados em arquivo raster. Essa padronização fez-se necessária para manter a resolução de todos os arquivos com pixel de 30 metros e com isso realizar a álgebra de mapas, que consiste no cruzamento dos dados em ambiente SIG, utilizando-se, para tanto, uma classificação por múltiplos critérios. Assim, fez-se uma Combinação Linear dos parâmetros utilizados, atribuindo para cada fator um peso, conforme metodologia do Ross (1994).

Figura 2 – Processo de Padronização dos arquivos Vetoriais e Reclassificação dos arquivos Raster.



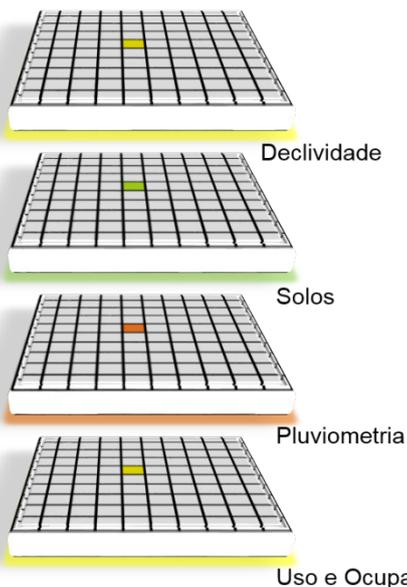
Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Após a atribuição dos pesos, foi gerada uma matriz de quatro algoritmos, onde cada algoritmo representa o peso dos parâmetros analisados (declividade, solos, pluviometria e uso e ocupação do solo) e os classifica em função de cinco graus de fragilidade, de acordo com ROSS (1994): 1- Muito fraco; 2 - Fraco; 3 - Médio; 4 - Forte; 5 - Muito forte.

Quadro 3 – Exemplificação da Combinação para geração da Matriz Hierárquica.

Graus de Fragilidade	Classes				Matriz	Soma dos pesos
	Declividade	Solos	Pluviometria	Uso e Ocupação		
1 - Muito Fraca					3243	12
2 - Fraca		2				
3 - Média	3			3		
4 - Forte			4			
5 - Muito Forte						

**Empilhamento das Camadas Raster**



**Álgebra de Mapas – Combinação Linear**



**Matriz de 04 Algoritmos**



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

A partir de então, com o cruzamento das informações, foram gerados os mapas de fragilidades potencial (elementos da dinâmica natural) e emergente (somando o resultado da fragilidade potencial com as classes de uso da terra e cobertura vegetal).

Com a geração do banco de dados cartográfico e ambiental da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho e o cruzamento de todas essas informações em ambiente SIG, foi gerado o mapa de fragilidade ambiental. As informações contidas neste produto subsidiaram as atividades de campo para identificação dos pontos de degradação e os pontos prioritários para a conservação da bacia, bem como teve fundamental importância para o entendimento das relações entre as características do meio físico e a fragilidade apresentada.

Neste levantamento de campo, objetivando a coleta de informações *in loco* para corroborar com o que foi detectado nos produtos cartográficos e suas respectivas análises da fragilidade do ambiente, foram observados os fatos e fenômenos que possivelmente levaram a uma degradação da área, bem como contribuições promissoras da população local no que tange a conservação dos recursos naturais. Alguns desses fatos serão detalhados mais adiante.

# **CAPÍTULO 5**

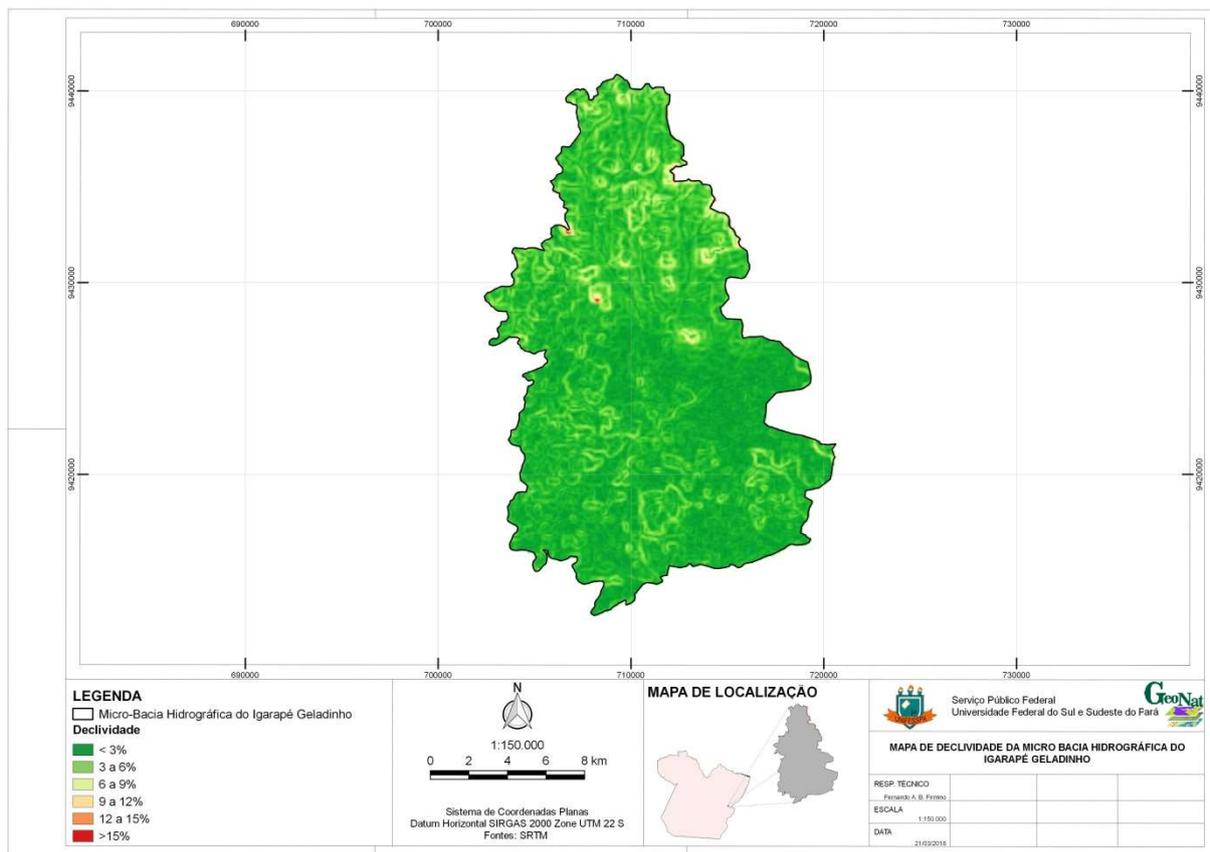
---

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 5.1 DECLIVIDADE

A bacia hidrográfica estudada apresenta uma declividade predominantemente plana e suavemente ondulada, apresentando uma fragilidade muito fraca e fraca, fator que favorece a construção de edificações pela população e constatado pela crescente expansão urbana na bacia.

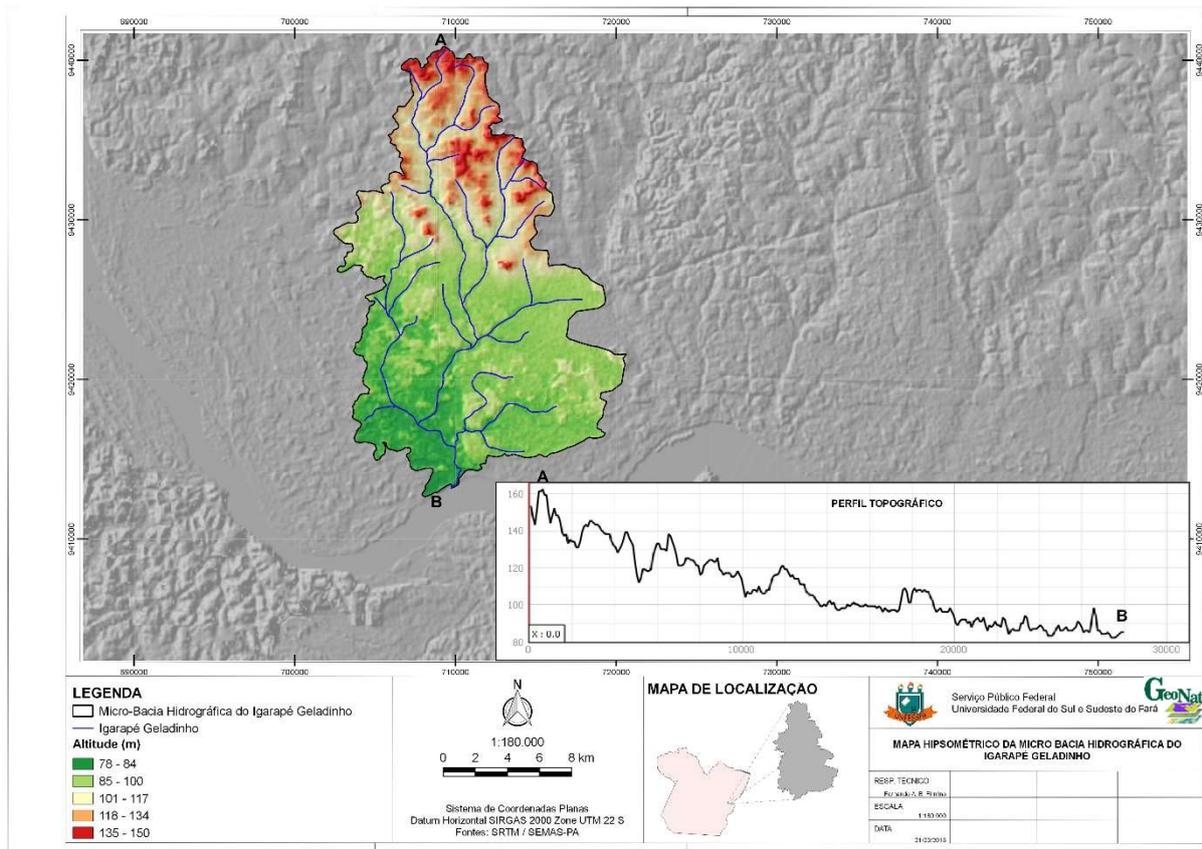
Figura 3 - Declividade da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

De acordo com Ross (1994) os valores de declividade indicam as características do relevo que geram energia potencial para a ocorrência de processos geomorfológicos, como erosão laminar e deslizamentos. Conforme já descrito, a área da bacia está sobre um relevo plano e suavemente ondulando, com altitudes variando de 78 m à 150 m. A representação gráfica de um corte vertical do terreno com seu respectivo perfil topográfico é apresentada na figura 03 seguir:

Figura 4 – Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

A declividade apresentou apenas três classes de fragilidade, sendo as classes fraca e muito fraca as mais significativas, conforme pode ser visto na tabela 02.

Tabela 2. Quantificação das Classes de Declividade.

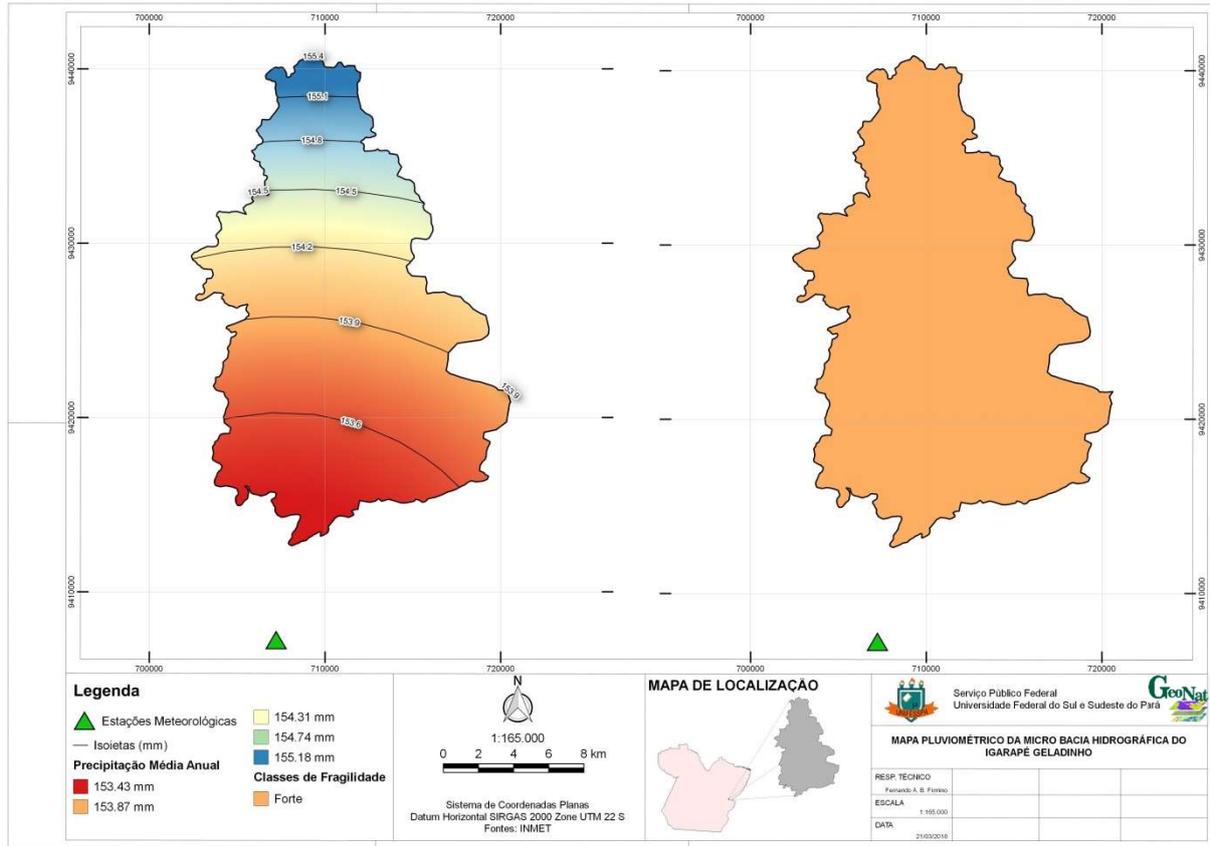
Grau de Fragilidade	Classes de Declividade	Área (ha)	Percentual (%)
1 - Muito Fraca	0 a 6%	28.809,440	99,13
2 - Fraca	6 a 12%	245,250	0,84
3 - Média	12 a 20%	8,069	0,03
4 - Forte	20 a 30%	0	0
5 - Muito Forte	> 30%	0	0
Total	-	29062.759	100

Fonte: Autor (2018).

## 5.2 PLUVIOSIDADE

Através do agrupamento dos dados meteorológicos coletados das principais estações pluviométricas da região, foi possível realizar a distribuição espacial da precipitação média na bacia hidrográfica do Igarapé Gelado. Por se tratar de uma bacia hidrográfica de pequena extensão, os resultados mostraram que não houve uma grande variação no comportamento da precipitação pluviométrica na área da bacia (Figura 04).

Figura 5 – Comportamento Pluviométrico da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Esse resultado revela a influência da localização geográfica sobre o clima da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho (Região Norte do Brasil). Fisch *et al* (1998), ao fazerem uma revisão dos principais resultados científicos sobre pesquisas do clima na Amazônia, abordando temas como o paleoclima da região, as características de temperatura do ar e da distribuição de chuvas, e discutirem os principais sistemas atmosféricos atuantes na região, concluíram que o clima amazônico é determinado pela nebulosidade e pelo regime de precipitação, resultados de um complexo sistema de interações de fenômenos meteorológicos.

Portanto, a situação pluviométrica da área foi caracterizada como tendo uma distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no inverno entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas, conforme tabela a seguir (tabela 03):

Tabela 3. Quantificação das Classes de Comportamento Pluviométrico e suas respectivas Fragilidades.

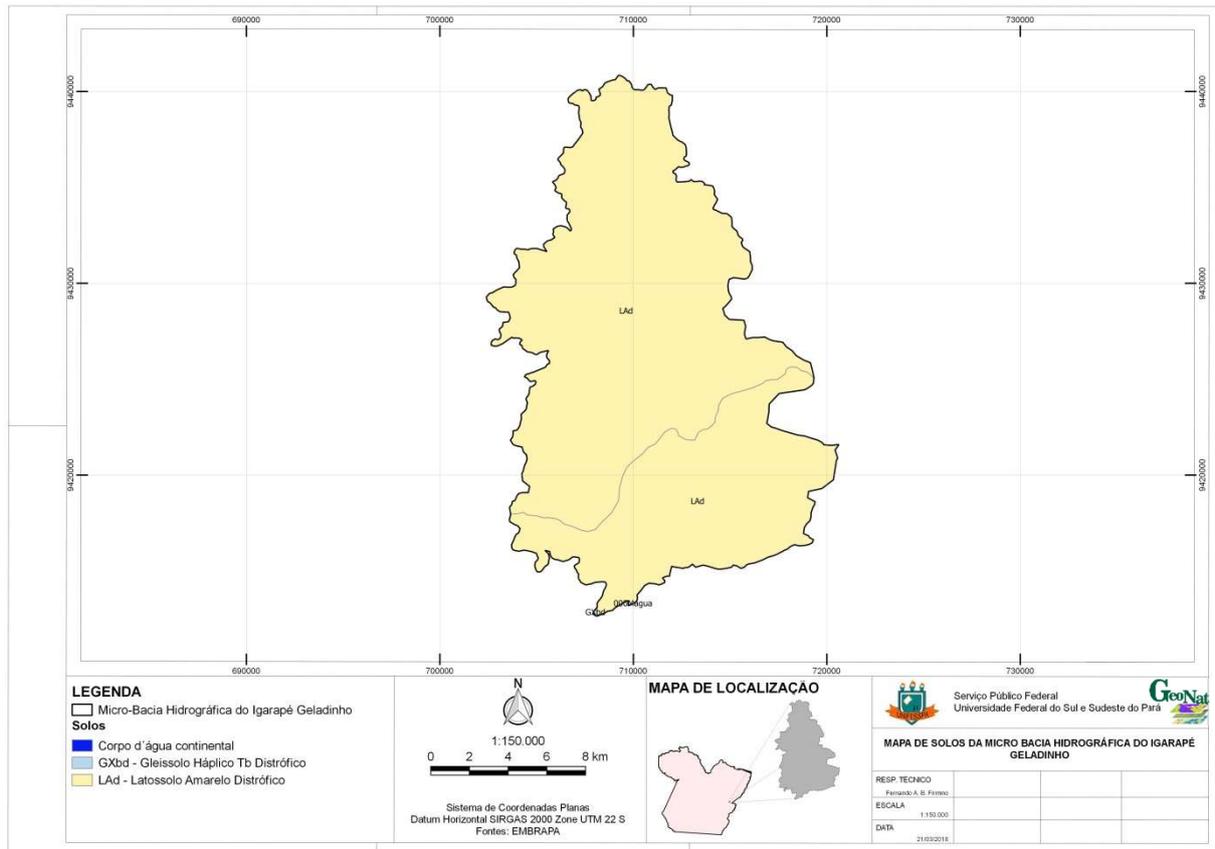
Grau de Fragilidade	Comportamento Pluviométrico	Área (ha)	Percentual (%)
1 - Muito Fraca	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ ano.	0	0
2 - Fraca	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ ano.	0	0
3 - Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.	0	0
4 - Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no inverno entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.	29062.759	100
5 - Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).	0	0
Total	-	29062.759	100

Fonte: Autor (2018).

### 5.3 SOLOS

A bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho é composta, de acordo com a base cartográfica disponibilizada pela EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL (2016), com solos de textura média, argilosa e muito argilosa. Nesta bacia podemos encontrar os Gleissolos Háptico e Latossolos Amarelos com textura média e argilosa (Figura 05).

Figura 6 – Classes de Solos da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Os Latossolos são solos em avançado estágio de intemperização, variam de fortemente à bem drenados, apesar de conter solos de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada. Os Latossolos são normalmente muito profundos, em geral, fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. São solos tipicamente de regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, normalmente o relevo é plano e suave ondulado, podendo ocorrer também em áreas mais acidentadas, como em um relevo montanhoso (EMBRAPA, 2018).

Na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho podemos encontrar Latossolos Amarelo Distrófico que é composto de uma textura média, argilosa ou muito argilosa com um relevo plano e suave ondulado, esses Latossolos predominam por quase toda a extensão da bacia chegando a 99,98% de ocupação.

Os Gleissolos são compostos por solos hidromórficos, constituídos por horizonte glei. Esse tipo de solo encontra-se permanentemente ou periodicamente saturados por água. A característica principal desse tipo de solo é a gleização em decorrência do ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação da água durante o ano todo ou por um período longo de tempo. A gleização implica na manifestação de

cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão de cores neutras dos minerais de argila.

Os Gleissolos são solos mal ou muito mal drenados em condições naturais, tendo textura arenosa nos horizontes superficiais, que é formado a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeito a constante ou periódico excesso d'água (EMBRAPA, 2018). A bacia do Igarapé Geladinho apresenta Gleissolos Háplicos Tb Distróficos Solos com argila de atividade baixa e saturação por bases < 50%, ambas na maior parte dos horizontes B e/ ou C (inclusive BA ou CA) dentro de 100 cm a partir da superfície do solo, e apresentando sobre a bacia em uma área de 0,02%.

Tabela 4. Quantificação das Classes de Solos e suas respectivas Fragilidades.

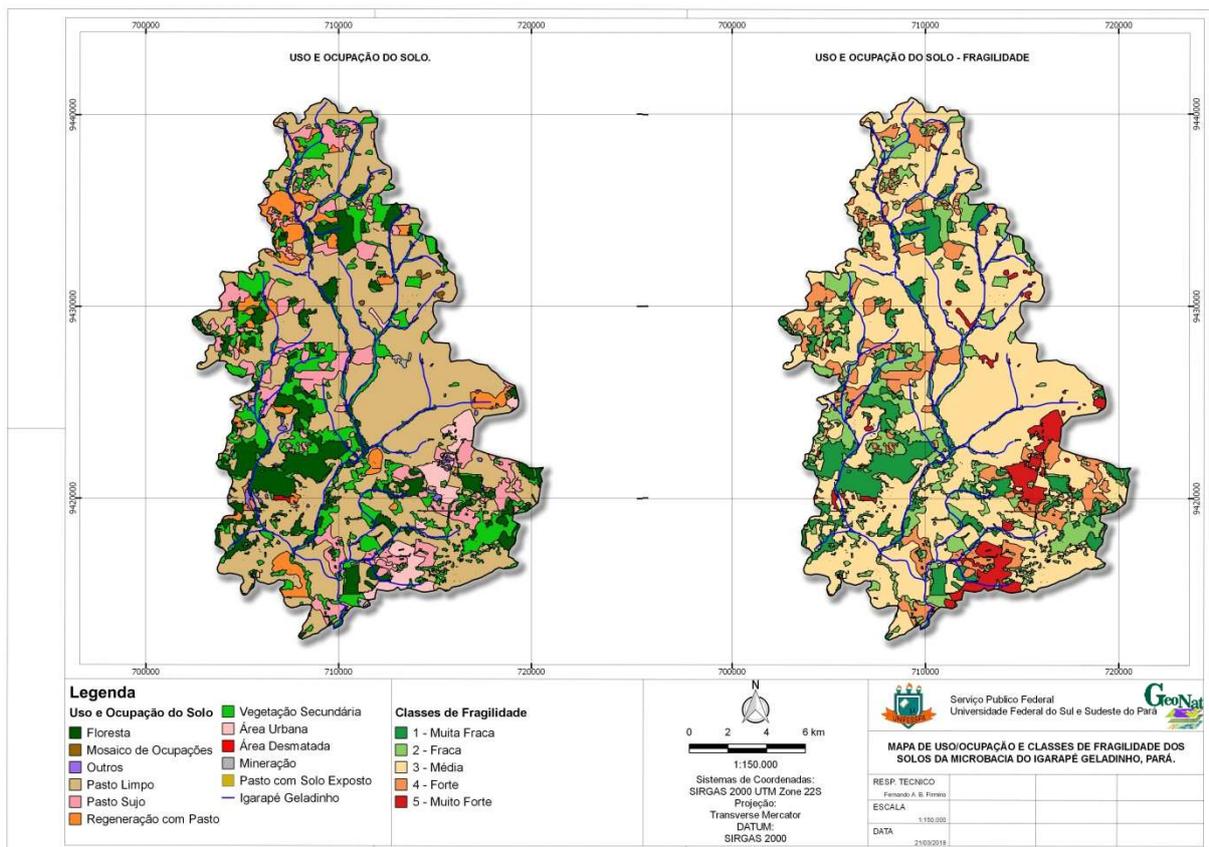
Grau de Fragilidade	Classes de Solos	Área (ha)	Percentual (%)
1 - Muito Fraca	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa.	0	0
2 - Fraca	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.	29057.602	98.98
3 - Média	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.	0	0
4 - Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ arenosa, Cambissolos.	0	0
5 - Muito Forte	Gleissolos, Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.	5.157	0.02
Total	-	29062.759	100

Fonte: Autor (2018).

## 5.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Quanto ao mapeamento do uso e ocupação do solo, que dá subsidio para compreender a dinâmica desse processo de exploração da área, ao se verificar a distribuição espacial dessas formas de uso e ocupações, constatou-se que nos 29.062,759 ha da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho, a classe de pastagem (considerando as quatro classes temáticas definidas no projeto TerraClass - “Pasto Limpo”, “Pasto Sujo”, “Regeneração com Pasto” e “Pasto com Solo Exposto”) é a de maior abrangência, com uma área total de 20.011,749 ha, representando 68,86% da área total.

Figura 7 – Classes de Solos da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

A bacia possui uma área urbana em contínuo processo de expansão e estruturação. Houve, nos últimos anos, a incorporação de áreas rurais ao espaço urbano dos Bairros do São Félix e Morada Nova, alterando a dinâmica no uso do solo e favorecendo o surgimento de graves problemas socioambientais decorrente desse crescimento desordenado.

Os tipos de uso da terra e cobertura vegetal e a sua respectiva ocupação (Tabela 05) sobre a bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho podem ser observadas na tabela a seguir.

Tabela 5. Quantificação das Classes de Uso e Ocupação do Solo segundo os dados do TerraClass.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área (ha)	Percentual (%)
Hidrografia	0.138	0.00
Pasto com solo exposto	5.488	0.02
Desflorestamento	16.835	0.06
Mineração	42.792	0.15
Mosaico de ocupações	53.752	0.18
Outros	148.624	0.51
Área urbana	947.091	3.26
Regeneração com pasto	1315.761	4.53
Pasto sujo	2875.316	9.89
Floresta	3065.127	10.55
Vegetação secundária	4776.652	16.44
Pasto limpo	15815.18	54.42
Total	29062.759	100

Fonte: Autor (2018).

A variável de uso e ocupação do solo apresentou todas as cinco classes de fragilidade, sendo a Classe Média a mais significativa, conforme pode ser visto na tabela 06.

Tabela 6. Quantificação das Classes de Uso e Ocupação do Solo e suas respectivas Fragilidades.

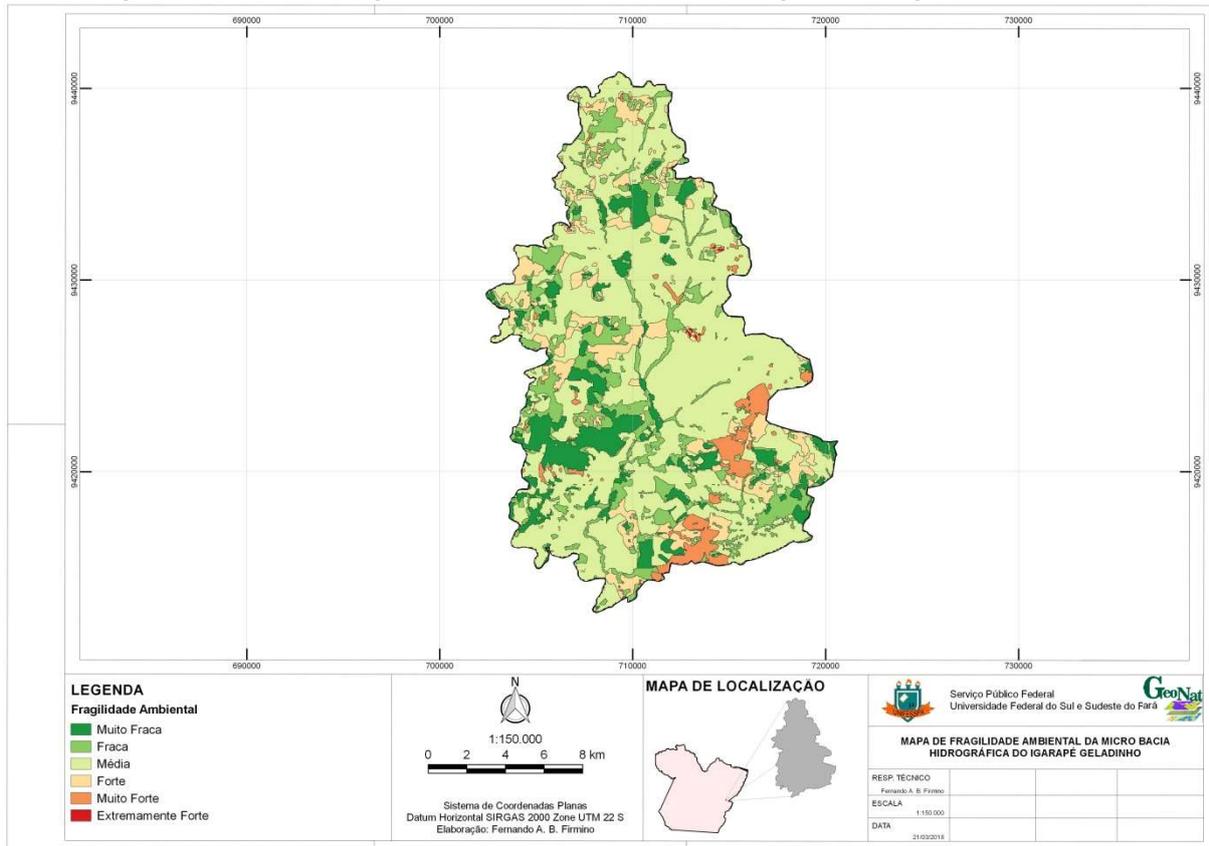
<b>Grau de Fragilidade</b>	<b>Classes de Uso e Ocupação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
<b>1 - Muito Fraca</b>	Floresta	3065.2646	10.55
<b>2 - Fraca</b>	Vegetação Secundária	4776.6516	16.44
<b>3 - Média</b>	Pasto Limpo	17206.4546	59.20
<b>4 - Forte</b>	Área Agrícola; Pasto Sujo	2875.3156	9.89
<b>5 - Muito Forte</b>	Área de Mineração; Área Urbana	1139.0726	3.92
<b>Total</b>	-	<b>29062.759</b>	<b>100</b>

Fonte: Autor (2018).

## 5.5 FRAGILIDADE AMBIENTAL

A fragilidade ambiental é o produto gerado pelo processo de integração dos atributos físicos da área (declividade, solos e pluviosidade) acrescido ao uso da terra e cobertura vegetal. Têm-se na relação homem-natureza, através da exploração dos ambientes naturais, a construção dos cenários de uso da terra. A intensidade dessa exploração humana é importante para determinar o grau de fragilidade da área, sendo notável dentro da bacia do Igarapé Geladinho a influência desse aspecto nos resultados da pesquisa. O grau de proteção de uso da terra e cobertura vegetal foi elaborado a partir dos dados do Projeto TerraClass do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Figura 8 – Mapa de Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Com os resultados do Mapa de Fragilidade Ambiental é possível observar que há uma predominância da Fragilidade Média na área estudada, ocupando 58,80% do total da área da bacia (Tabela 07). Esta classe está relacionada principalmente à predominância das pastagens, uma vez que estas possuem, de acordo com Ross (1994), médio grau de proteção ao solo.

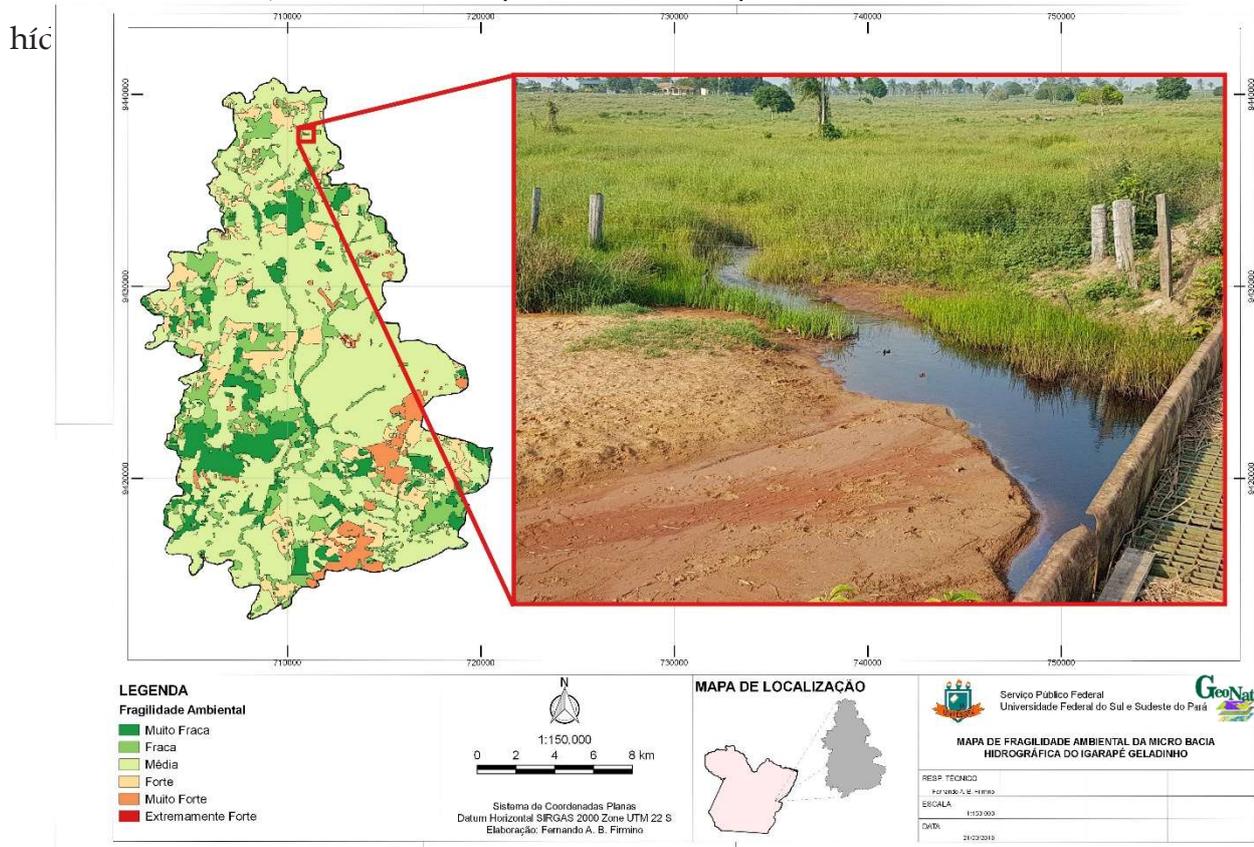
Tabela 7. Quantificação das Classes de Fragilidade Ambiental.

Classes de Fragilidade	Área (ha)	Percentual (%)
<b>Muito Fraca</b>	3052.61	10.50
<b>Fraca</b>	4735.225	16.29
<b>Médio</b>	17090.119	58.80
<b>Forte</b>	2999.158	10.32
<b>Muito Forte</b>	1174.342	4.04
<b>Extremamente Forte</b>	11.305	0.04
<b>Total</b>	<b>29062.759</b>	<b>100</b>

Fonte: Autor (2018).

Em áreas de pastagem, o pisoteio do gado pode acarretar ou intensificar processos erosivos, tais como rastejo e compactação do solo. Neste sentido, Imhoff (2000) afirma que a produtividade e longevidade das pastagens podem ser afetadas pela compactação causada

pelo pisoteio dos animais. Na figura abaixo se pode observar o efeito que o pisoteio do gado, associado ao manejo inadequado do solo, tem provocado sobre os cursos d'água na área rural da bacia, sendo decisivo para intensificar processos de assoreamento dos recursos



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

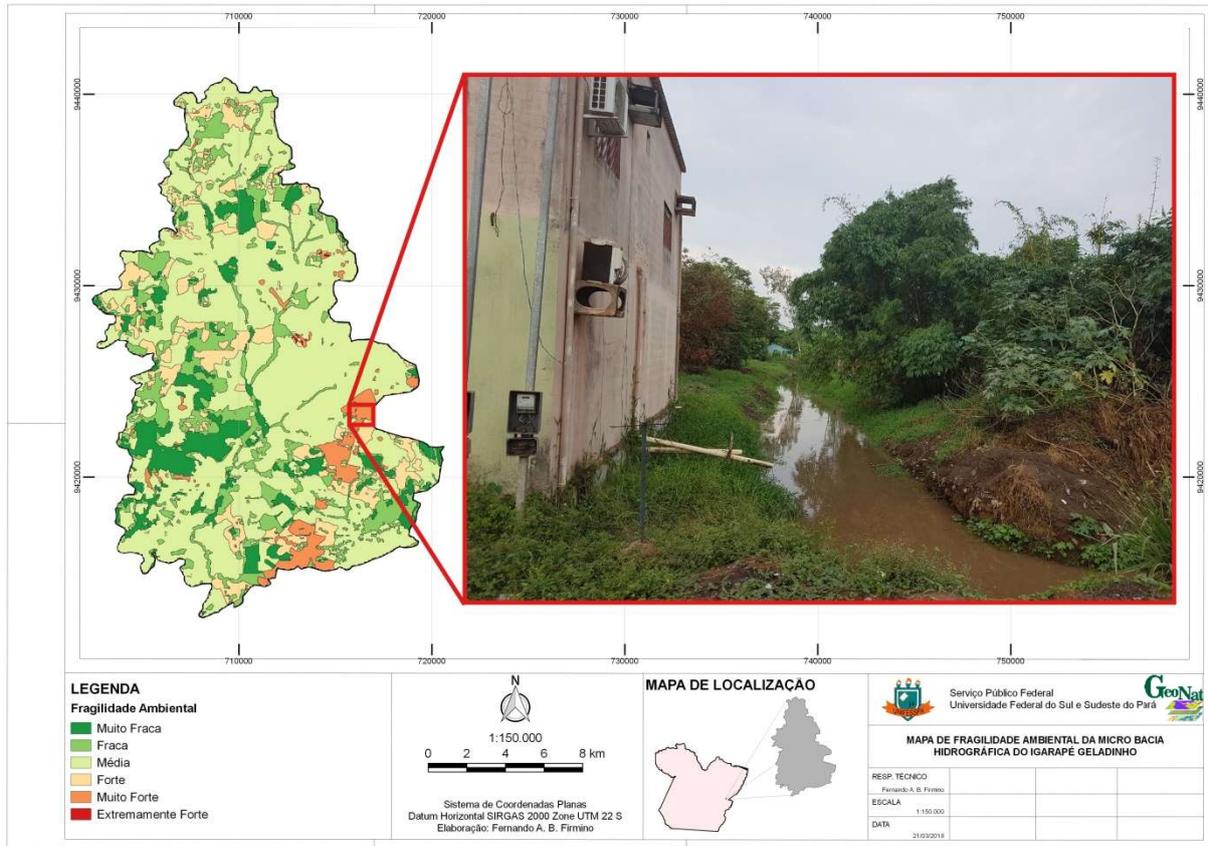
As classes de Fragilidade Muito Fraca e Fraca são caracterizadas por um relevo plano e suavemente ondulado, associado a uma cobertura vegetal, geralmente uma mata de capoeira e matas ciliares associadas a cursos d'água. Esta última garante um grau de proteção ao solo muito alto e por isso são classificadas como áreas de preservação permanente (APP).

A ocorrência de Fragilidade Ambiental Forte é provocada, principalmente, pela classe de uso de Pasto Sujo, que, segundo Coutinho (1997), é onde foram desenvolvidas atividades que causaram alteração da vegetação natural, e Pasto com Solo Exposto. A cobertura vegetal é de extrema importância nessas áreas, visto que há solos vulneráveis à erosão. O mau uso destas áreas pode levar à formação de processos erosivos, intensificados pelos efeitos climáticos, como a pluviosidade, uma vez que o comportamento da precipitação pluviométrica na área da bacia também é Forte.

Dentro da bacia do Igarapé Geladinho há uma área urbana em contínuo processo de expansão. Conforme averiguado, essas ocupações urbanas dos espaços naturais desestabilizam esse sistema e resultam, conseqüentemente, na sua fragilidade, uma vez que, no meio

físico a fragilidade está associada à suscetibilidade desse meio sofrer alterações (VILELA FILHO, 2006) (Figura 09).

Figura 10 – Ocupação irregular na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Esta urbanização, que se dá sobre um sítio com características e propriedades físico-naturais, provoca uma Fragilidade Ambiental Muito Forte. Além das ameaças dos processos erosivos, também é possível observamos dentro da área urbana da bacia, um aumento frequente de enchentes, provocado, principalmente, pela impermeabilização do solo e pelas construções indevidas, conforme ilustrando pela sequência cronológica de reclamações dos moradores do Bairro Morada Nova feitas através da página na rede social Facebook Figura 10.

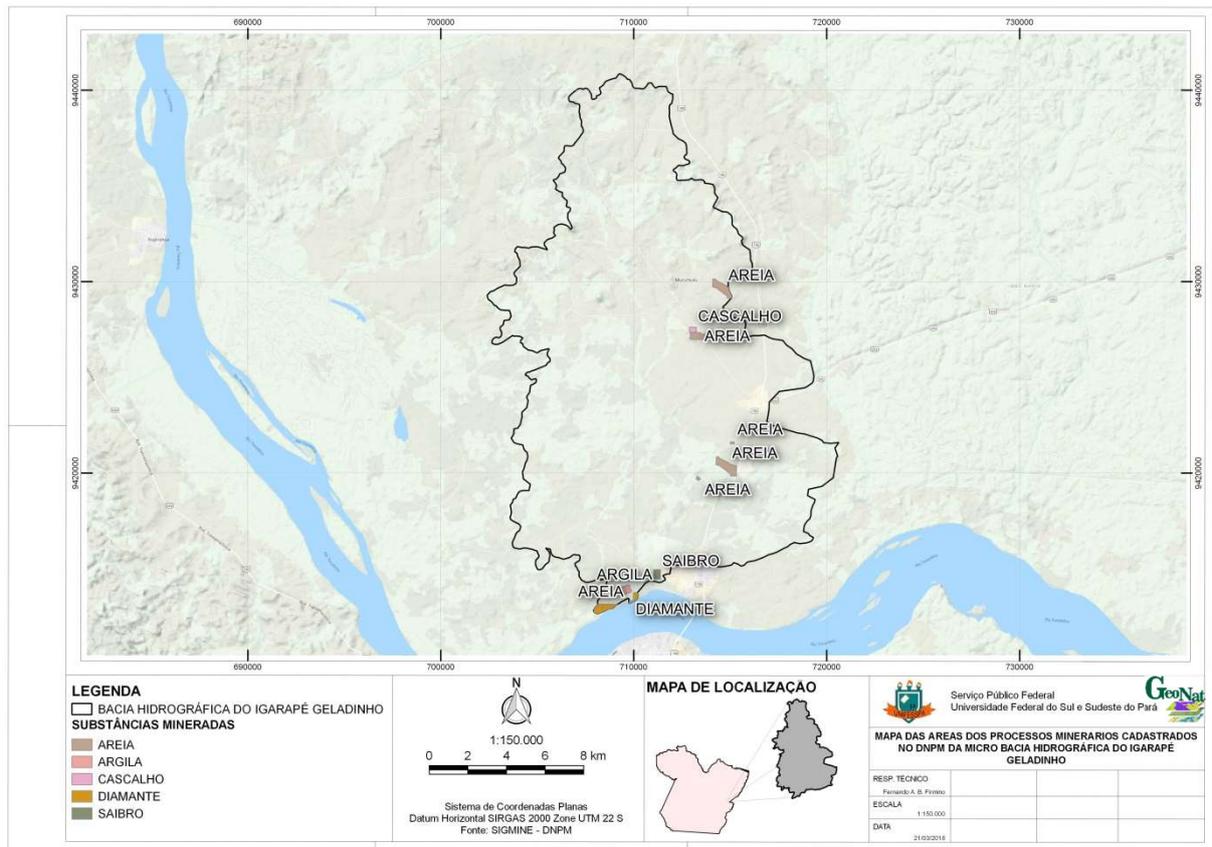
Figura 11 – Reclamações dos moradores do Bairro Morada Nova sobre as inundações ocorridas na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Fonte: Facebook, 2018 (Perfil: Morada Nova – Marabá).  
Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Outro problema existente na área e caracterizado a partir do mapeamento de Fragilidade Ambiental está associado à mineração. A partir do levantamento de dados realizado através do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), mantido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), foi possível obter informações a respeito das áreas dos processos minerários cadastrados no DNPM e gerar um mapa contendo as substâncias que são mineradas na área da bacia do Igarapé Geladinho (SIGMINE, 2018) (Figura 11).

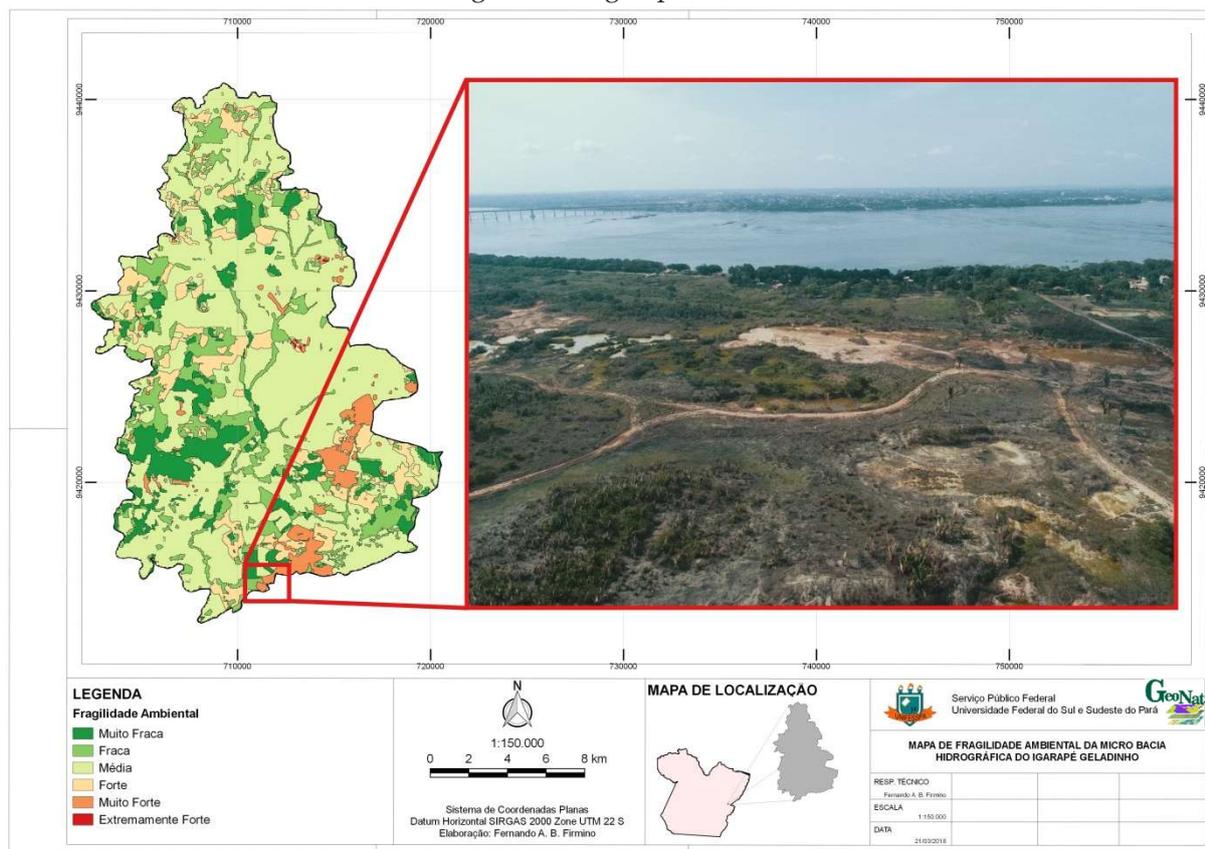
Figura 12 – Área dos processos minerários cadastrados no DNPM na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

A partir deste levantamento, foi possível constatar as principais substâncias que estão sendo mineradas na área. Esse dado mostra que, ao sul da bacia são feitas extrações de areia, argila e saibro. Nessas regiões, há uma concentração de cavas originárias do processo de extração desses materiais e que acabam acumulando água. Além disso, a retirada da vegetação deixa a área sem nenhuma cobertura, isso facilita a ação dos agentes climáticos, principalmente a chuva, que pela ação da gravidade provoca erosão, lixiviação e transporte do solo para dentro do rio Tocantins, além de causar um empobrecimento do terreno, pela perda de nutrientes orgânicos e físico-químicos, compactação do solo devido ao tráfego intenso de máquinas pesadas (tratores e caçambas) e a longa exposição do mesmo, após a remobilização (Hentz, 2012) (Figura 12).

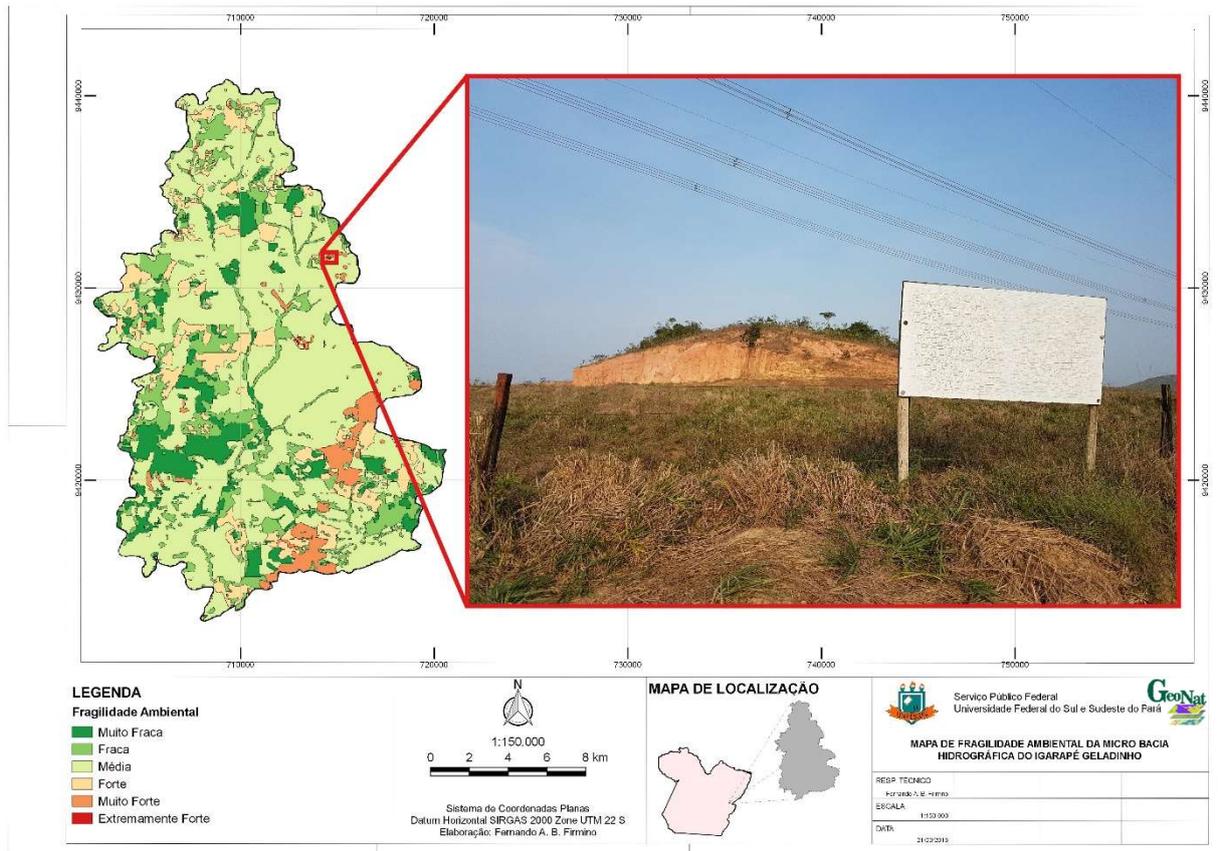
Figura 13 – Concentração de cavas originárias do processo de extração de materiais minerais na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

Por fim, temos a classe de Fragilidade Ambiental Extremamente Forte, de menor representatividade na área (0,04%), mas não menos importante, pois essas estão diretamente relacionadas a classe solo exposto, áreas de mineração e relevo onde há os declives mais acentuados nas encostas, sendo locais muito vulneráveis devido a exposição direta do solo e da rocha.

Figura 14 – Área de mineração com declividade acentuada na bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho.



Organização: FIRMINO, Fernando A. B. (2018).

# CAPÍTULO 6

---

## CONCLUSÕES

A análise das características físicas da bacia da bacia do igarapé geladinho permitiu identificar que a mesma está sobre um relevo plano e suavemente ondulando, com altitudes variando de 78 m à 150m, sendo que 99,13% da área está localizada em uma declividade de 0 a 6%, apresentando um grau de fragilidade muito fraca em relação à declividade; a classe de solo Latossolo Amarelo Distrófico predomina por quase toda a extensão da bacia, chegando a 99,98% de ocupação, tendo um grau de fragilidade fraca, e 0,02%, apenas, representados pelos Gleissolos háplicos, estes classificados com grau de fragilidade muito forte; e o comportamento da precipitação pluviométrica foi caracterizada como tendo uma distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no inverno entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas, sendo classificada com grau de fragilidade forte.

O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal contribuiu na compreensão da dinâmica de ocupação, evidenciado o uso extensivo da pecuária na bacia do Igarapé Geladinho, atividade que promove o cultivo de pastagens. Essa classe é distribuída por toda a bacia, abrangendo mais da metade do seu território (59,20%) e sendo classificada com grau de fragilidade média. As áreas de floresta e vegetação secundária ocupam, juntas, cerca de 26,99% da área, sendo boa parte dessas classes concentradas à oeste da bacia e próximas ao curso do Igarapé Geladinho e seus afluentes e de pequenas nascentes.

A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Igarapé Geladinho apresentou, em grande parte, uma classe de Fragilidade Média, ocupando 58,80% do total da área da bacia. Isto está relacionada principalmente à predominância das pastagens que possuem, de acordo com a metodologia empregada, médio grau de proteção ao solo. Apesar disso, o manejo inadequado do solo pode alterar seu grau de proteção e provocar problemas de fertilidade, erosões e limitações no desenvolvimento vegetativo (SANTANA, 2017).

Percebeu-se, também, que o contínuo processo de expansão da área urbana e a ação de extração mineral na bacia resultaram numa Classe de Fragilidade Ambiental Extremamente Forte, que tem desestabilizado o sistema natural, provocando um aumento de enchentes na área urbana e acelerando os processos erosivos. Estes fatos foram observados em campo, sendo gerado um acervo fotográfico da área em estudo.

O estudo apresentou grande potencial ao obter resultados satisfatórios, onde a realização de trabalhos de campo permitiu aferir os resultados aqui apresentados.

O cálculo da fragilidade ambiental por meio de técnicas de geoprocessamento pode servir como ferramenta de suporte à decisão, visando uma melhor gestão dos recursos hídricos da bacia, bem como o uso e ocupação dos solos na área da bacia do Igarapé Geladinho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. E.; SOUZA, L. F. de; SOUZA, V. M. de; QUEIROZ, T. A. F.; LIMA, J. V.; **A degradação e fragilidade dos solos no sudoeste de Goiás: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão da Picada**. Revista Geográfica de América Central, 2016, ISSN 1011-484X.

ARAÚJO, F. C.; VALLE, R. S. T. **Política agrícola como vetor para a conservação ambiental**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2013. ISBN 978-85-8226-014-2.

BARBOSA, L. M. S.. **Ocupações espontâneas e estruturação das Cidades Médias da Amazônia Oriental: A experiência de Marabá (Sudeste Paraense)**. In: Seminário Internacional América Latina: políticas e conflitos contemporâneos, 2015, Belém (PA). Anais do Seminário Internacional América Latina Política e conflitos contemporâneos, 2015. p. 1261-1277.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia: **Estudos avançados**. São Paulo. V. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Lei n. 9.433: **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72p.

BRASIL. Decreto nº 7.378, de 1º de dezembro de 2010. **Aprova o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal - MacroZEE da Amazônia Legal, altera o Decreto no 4.297, de 10 de julho de 2002, e dá outras providências**. Diário Oficial, Brasília, DF, 2 dez. 2010.

CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F. **A influência do governo federal sobre as cidades na Amazônia: os casos de Marabá e Medicilândia**. Novos cadernos NAEA, Belém, v.12, n.1, p.161-192, jun.2009. ISSN 1516-6481. Disponível pelo site: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/285>> Acesso em 18.nov.2018.

CARVALHO, A. P. **Estudo da degradação ambiental na bacia do açude Soledade-PB**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, 2010. 232p.

CONAMA. (1988) Resolução nº 010, de 14 de dezembro de 1988. **Dispõe sobre definições de áreas de proteção ambiental**.

COUTINHO, A. C. **Segmentação e classificação de imagens Landsat-TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP**. 1997. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Lançamento dos Mapas de Solos e de Aptidão Agrícola das áreas alteradas do Pará - 2016**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/mapa-de-solos-e-aptidao>> Acesso em 26 de junho de 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

FAGUNDES, M. G.; QUEIROZ FILHO, A. P. DE. **A variação de escala nas metodologias de fragilidade e vulnerabilidade na bacia hidrográfica do Rio Jundiá/SP**. Boletim Goiano de Geografia, vol. 34, núm. 3, 2014, p. 585-605.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. Acta Amaz. [online]. 1998, vol.28, n.2, pp.101-101. ISSN 0044-5967. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282126>.

FINKLER, R. A bacia hidrográfica. **Planejamento, manejo e gestão de bacia**. 2004. Disponível em: <[https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/82/2/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/82/2/Unidade_1.pdf)> Acesso em: 16 nov. 2018

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; LIMA, R. C. **Análise da fragilidade ambiental na microbacia do córrego do Coqueiro, no noroeste paulista**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu- PR. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos ? SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. p. 5040-5046.

GONÇALVES. G. G. G.; et al. **Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 797 - 808, out./dez. 2011.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. Da; TORMENA, C. A. **Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem**. In.: Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 35, n. 7, jul. 2000

HENTZ, A.M. **Projeto de reabilitação de áreas degradadas através da produção das mudas de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares**. Convênio UFPA e Sindicato das Cerâmicas Vermelhas de Marabá-PA. 2012.

MEDEIROS, R. **A Proteção da Natureza: das Estratégias Internacionais e Nacionais às demandas Locais**. Rio de Janeiro: UFRJ/PPG. 2003, 391p. Tese (Doutorado em Geografia).

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação** – 3ª Edição Brasileira, livro, 167 páginas, sem data.

MORADA NOVA - MARABÁ. **Acervo Fotográfico das inundações ocorridas no bairro Morada Nova**. Marabá, PA. 2018. Facebook: Morada Nova - Marabá. Disponível em: <<https://www.facebook.com/moradanova.maraba/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

O ECO. **O que é uma Bacia Hidrográfica**. ((o))eco Jornalismo Ambiental. 2015. Disponível em:<<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/29097-o-que-e-uma-bacia-hidrografica/>> Acesso em: 16 nov. 2018.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. **A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais.** (2002). In- Shiavetti, A.; Camargo, A (Orgs). *Conceito de Bacia Hidrográfica: Teorias e Aplicações.* ed. Editus/UESC, Ilhéus, pp. 1-13

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antrópicos.** Revista Departamento de Geografia, São Paulo – SP, nº 8. FFLCHUSP, 1994. p. 63-74.

SANTANA, R. M. de. **Uso de geotecnologias na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ariranha - Jataí (GO).** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Abi - Geografia) - Universidade Federal de Goiás. Jataí, GO, 2017.

SIGMINE. 2018. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração.** DNPM. Disponível em: <<http://sigmine.dnrm.gov.br/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** In.: GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

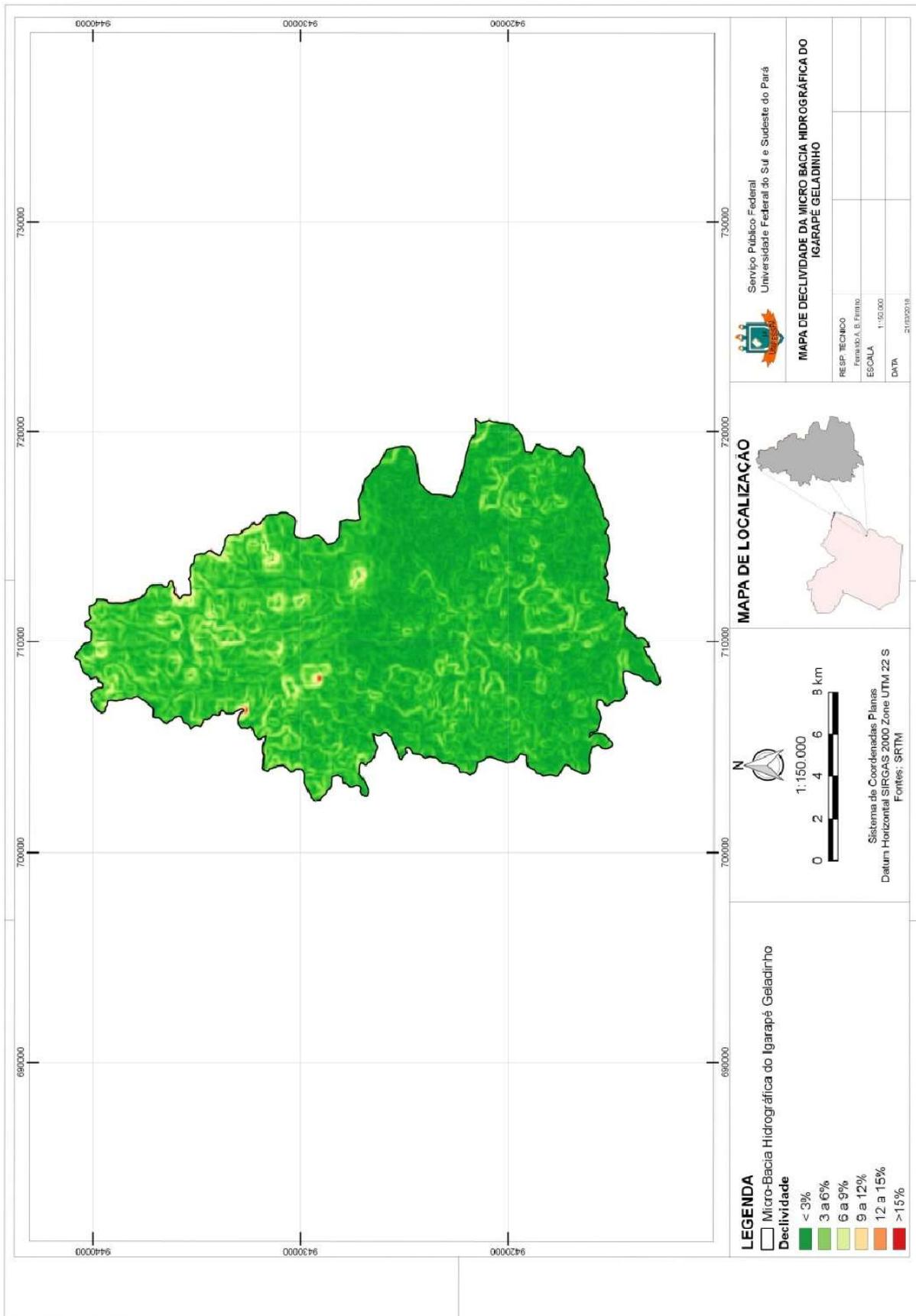
TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista UNIARA, n. 20, p. 137-157, 2007.

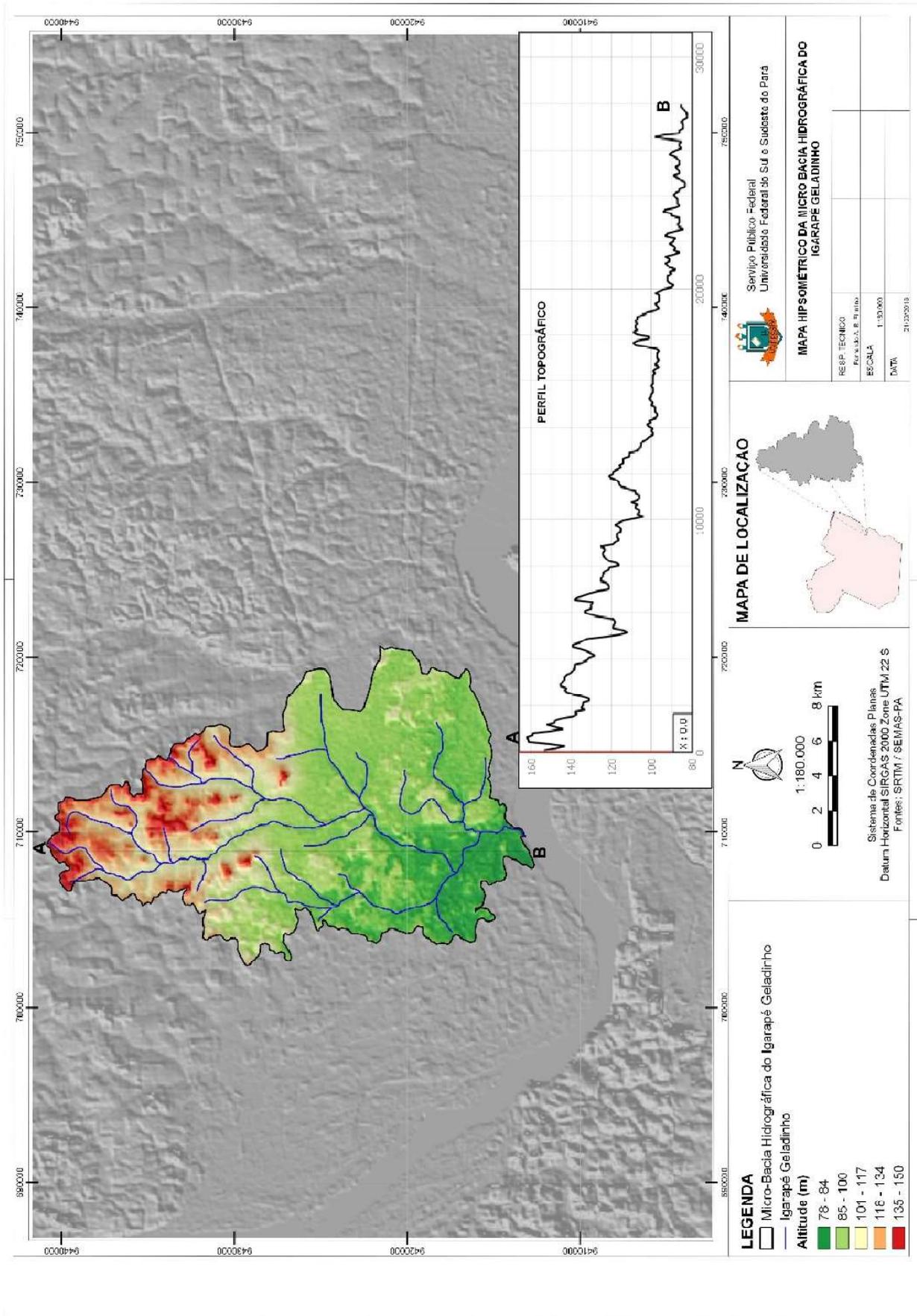
TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977.

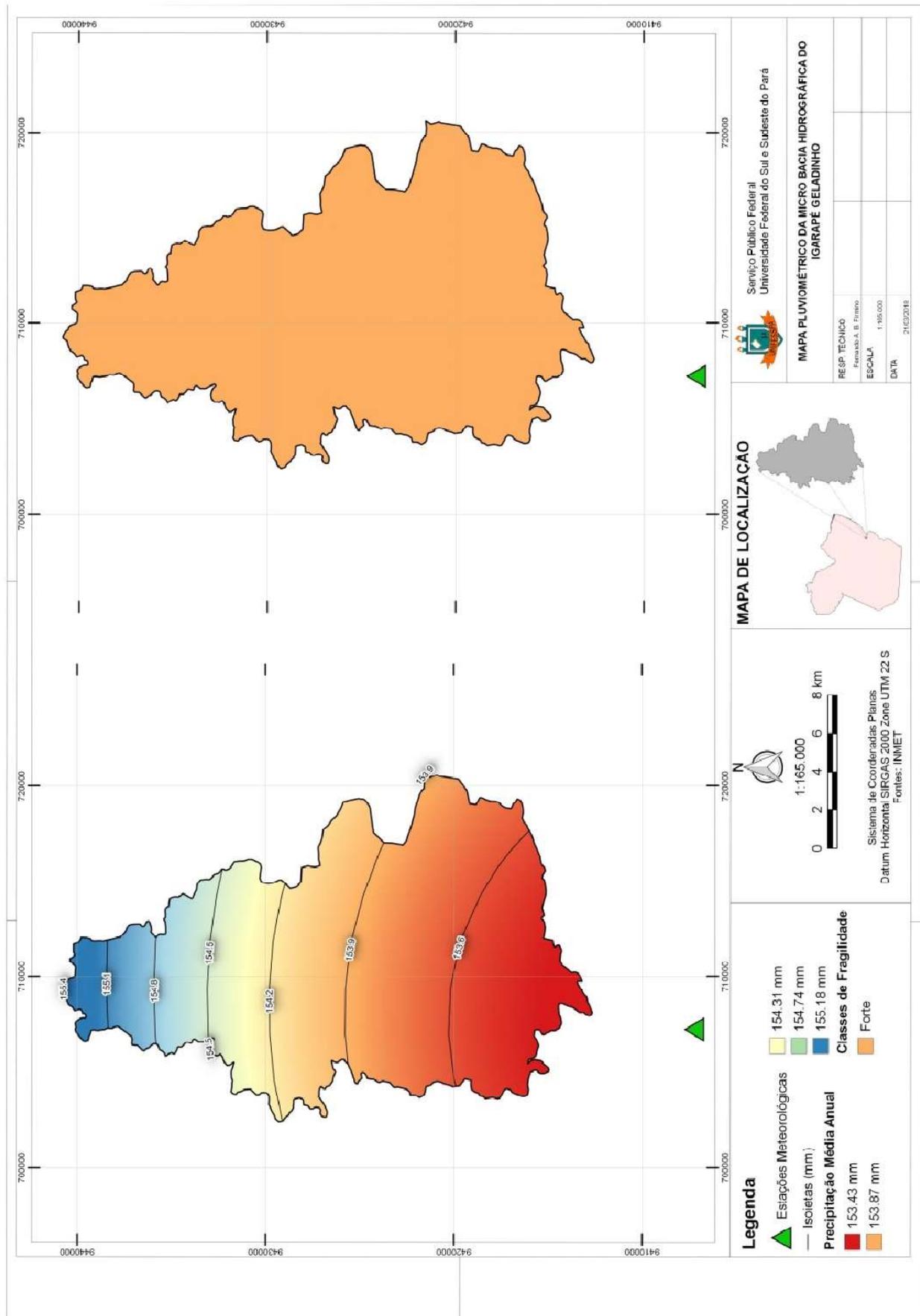
VILELA FILHO, L. R. **Urbanização e fragilidade ambiental na Bacia do Corrego Proença, Município de Campinas (SP).** 2006. 214p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287336>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

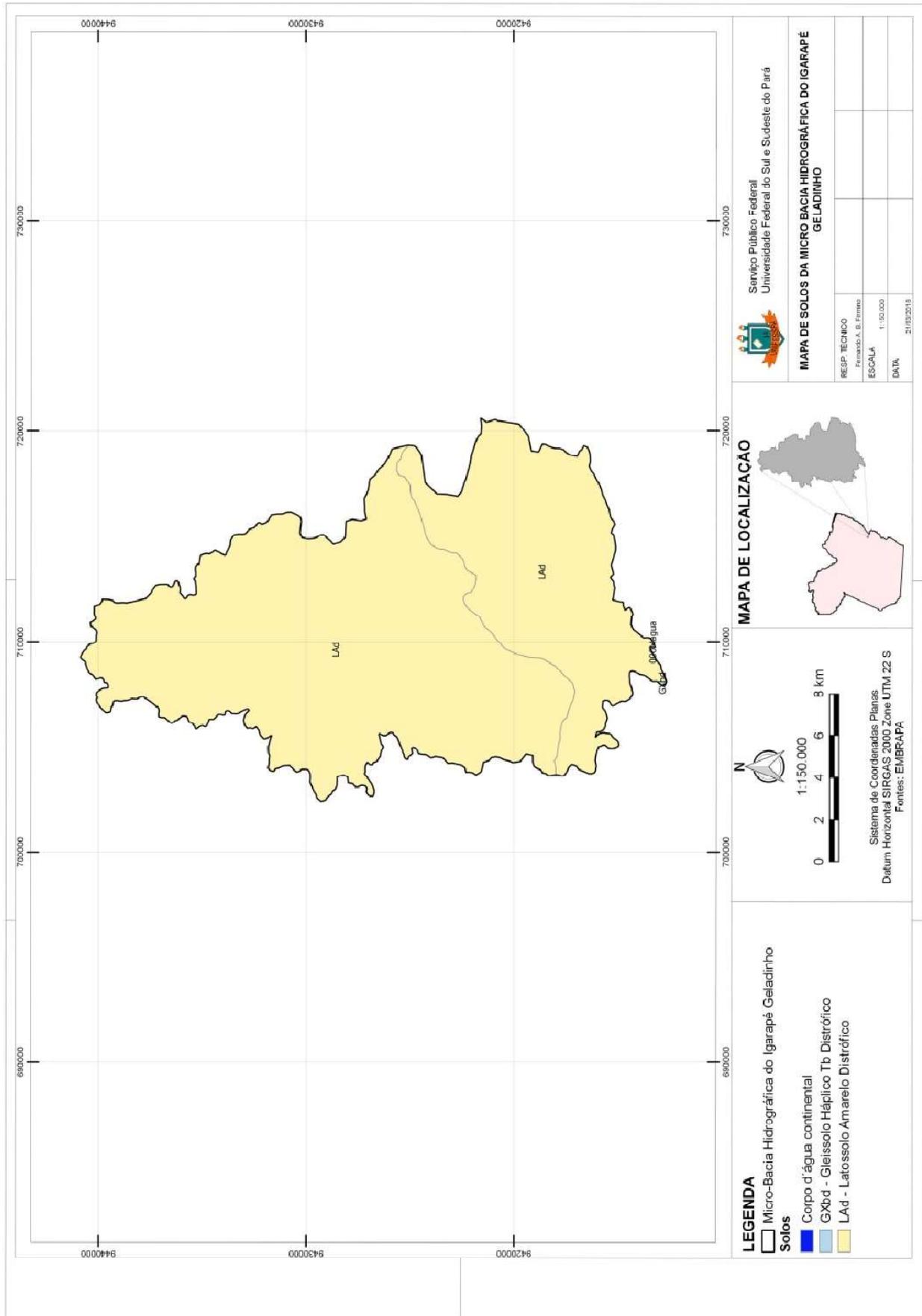
WALKER, R.; DEFRIES, R.; VERA-DIAZ, M. C.; SHIMABUKURO, Y.; VENTURIERI, A. **A Expansão da Agricultura Intensiva e Pecuária na Amazônia Brasileira.** American Geophysical Union, Washington, D.C., USA. 2010.

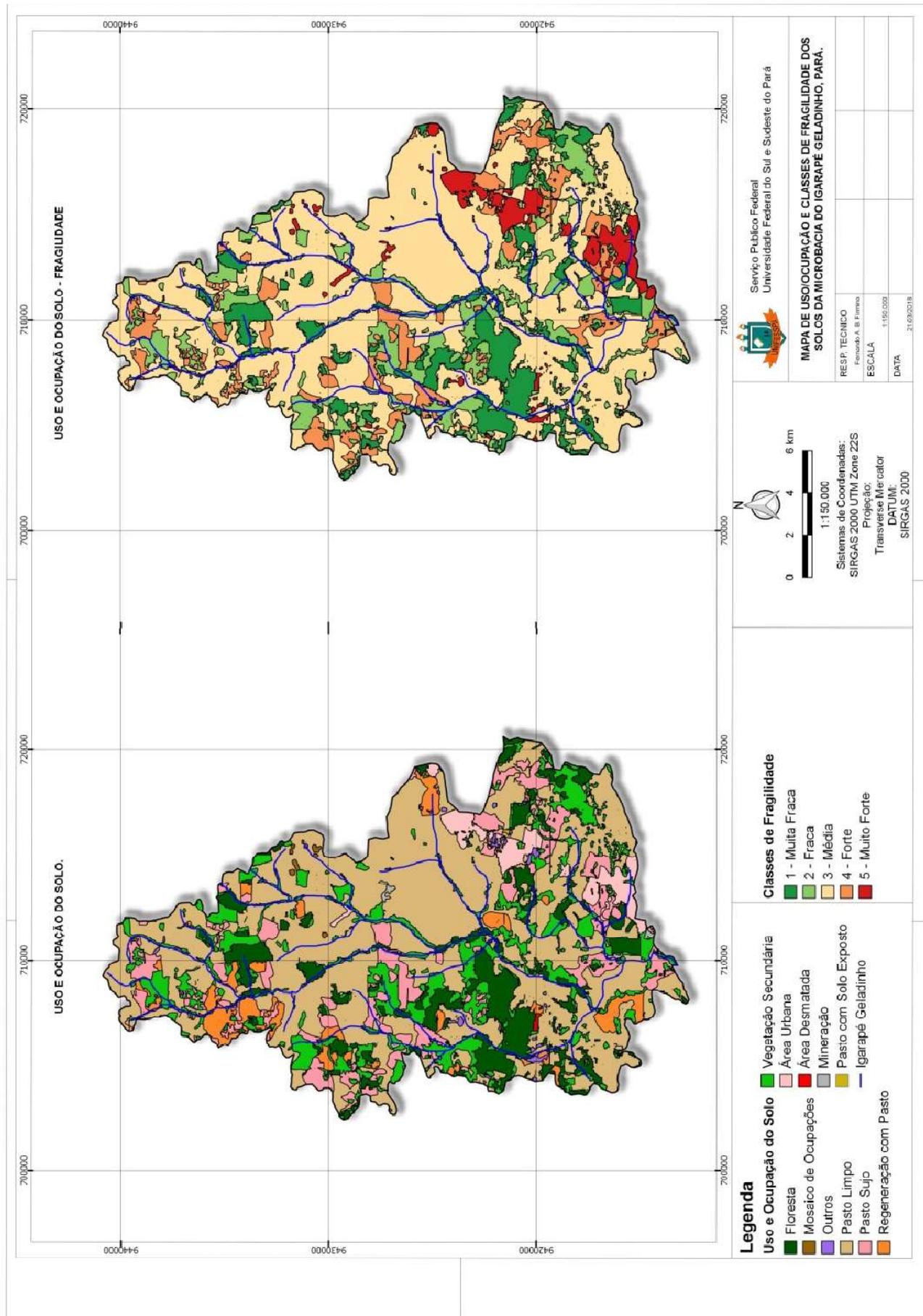
# ANEXOS

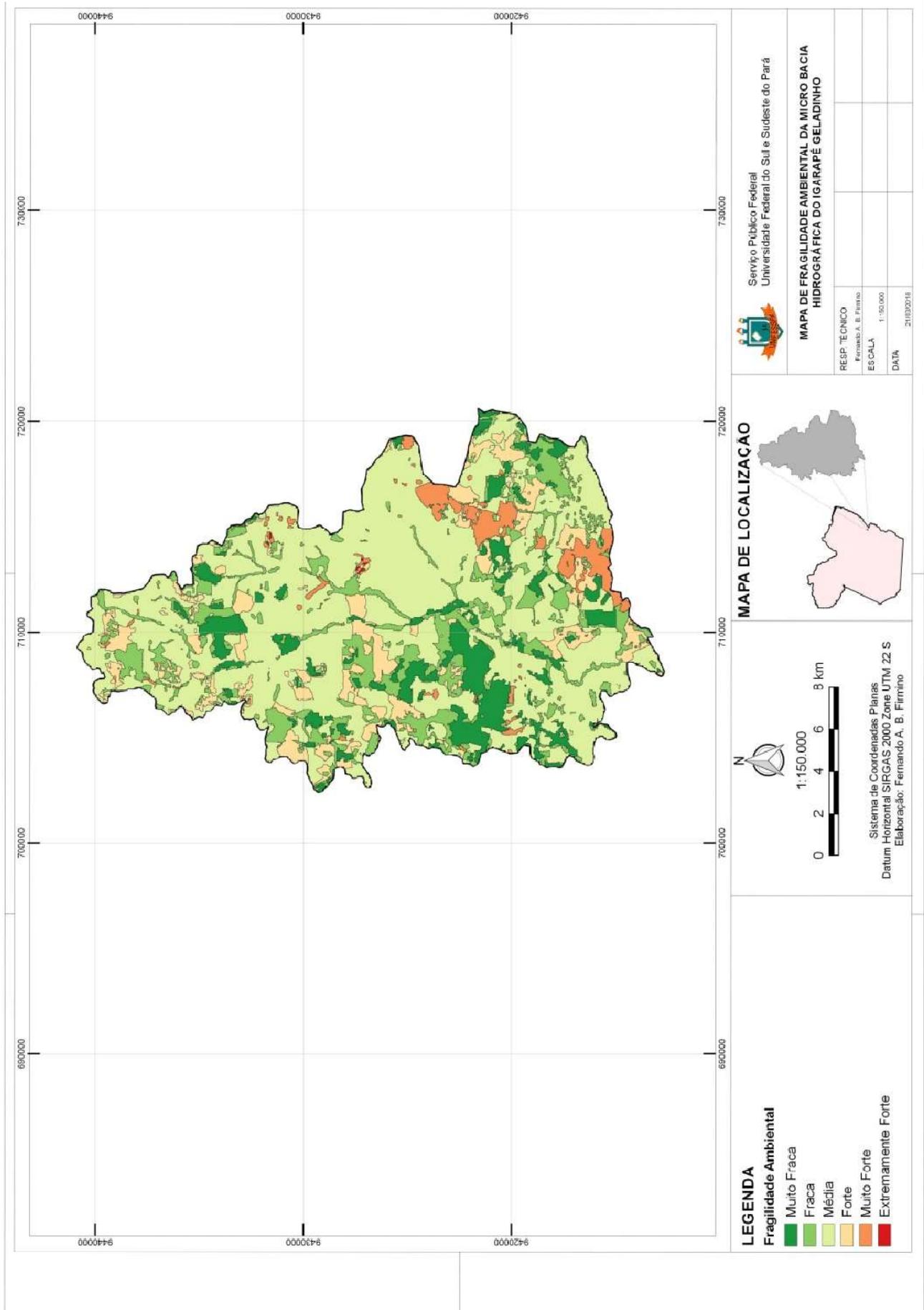


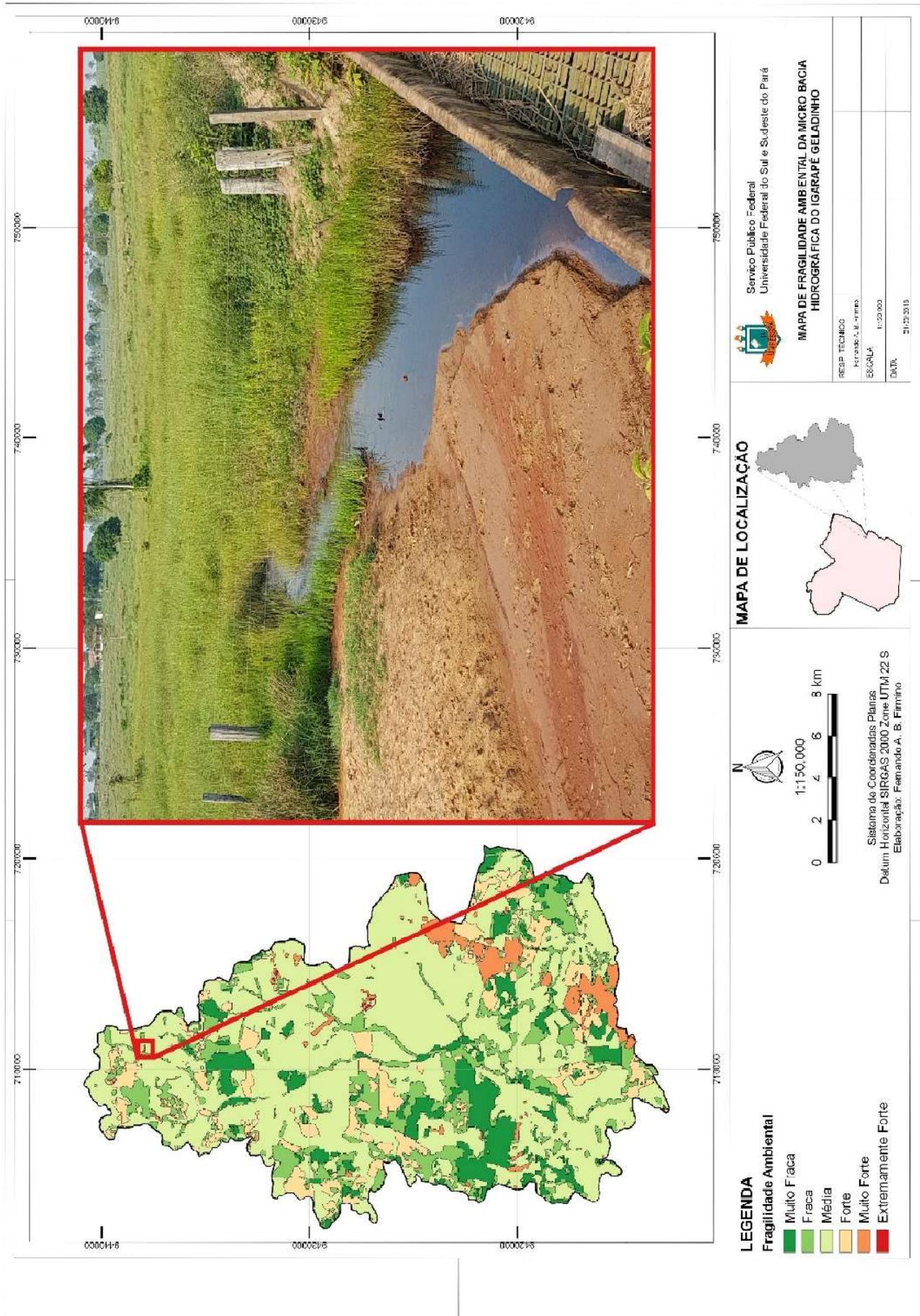


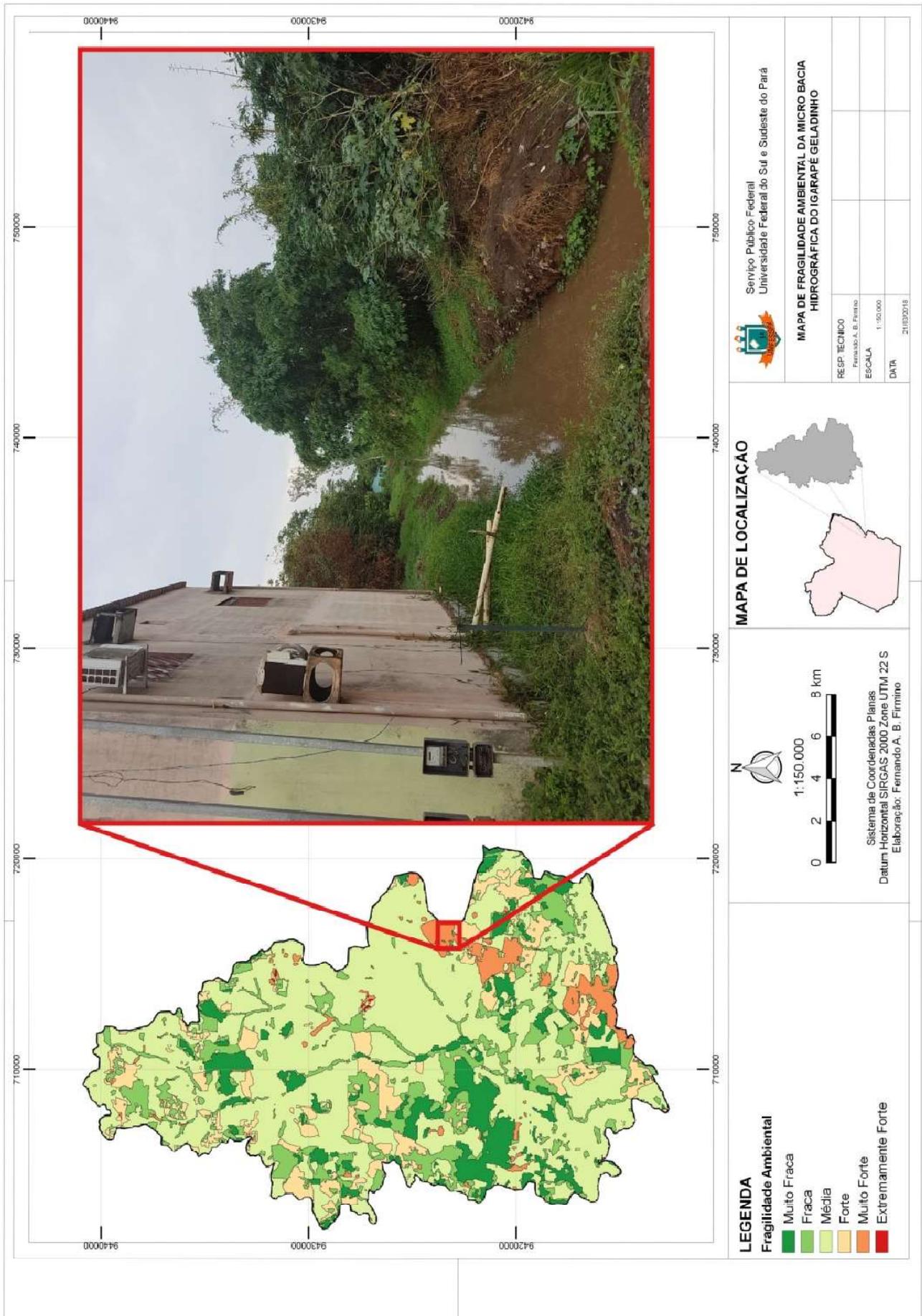


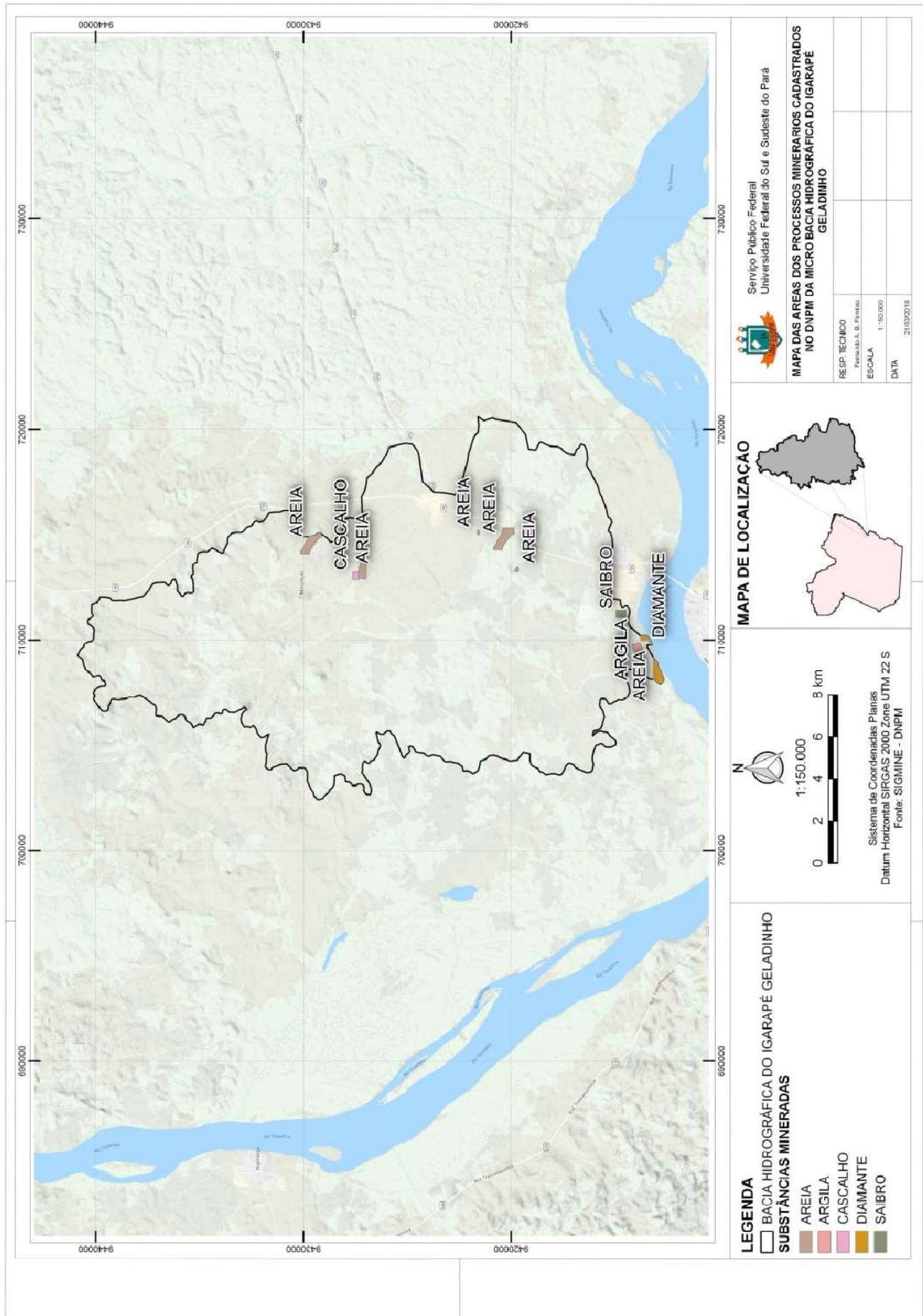


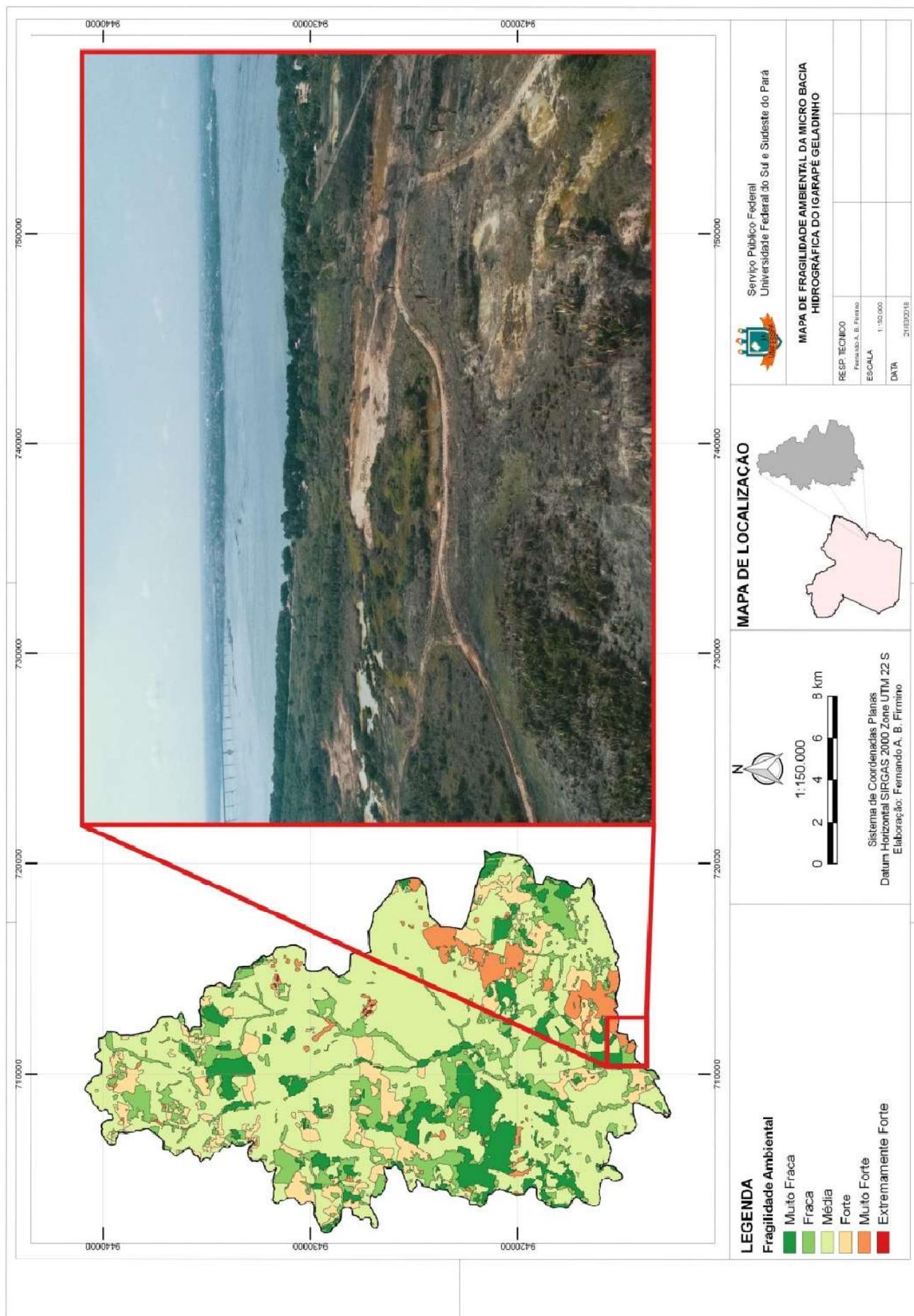


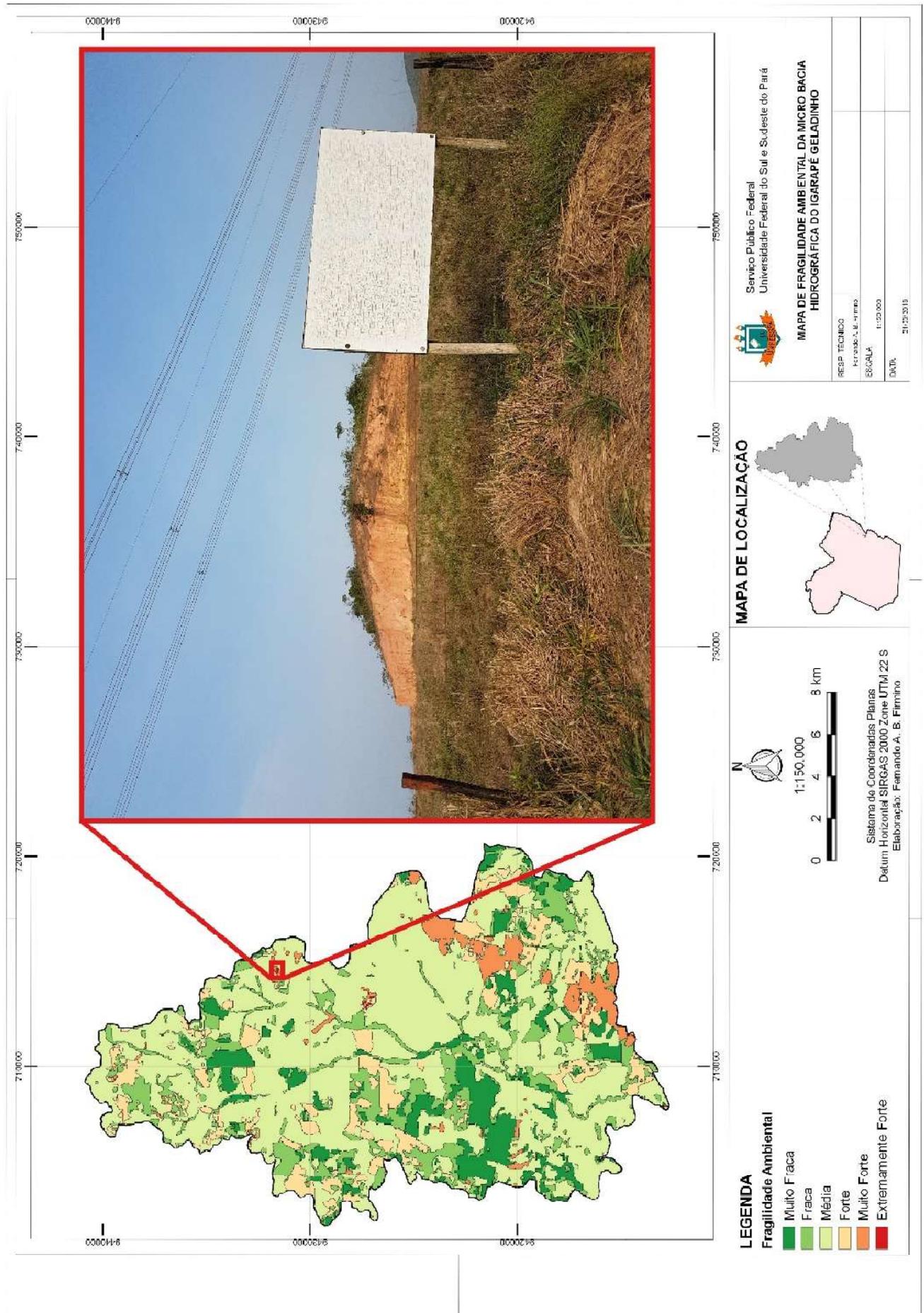












# CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ GELADINHO, PA

Este estudo explora a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Igarapé Geladinho, situada no sudeste do Pará, Brasil, com uma área de 29.062,759 hectares. A região, que é um tributário do Rio Tocantins, sofreu intensa ocupação humana e exploração depredadora, típicas dos grandes projetos na Amazônia. As atividades antropogênicas, incluindo urbanização, pecuária extensiva e mineração, levaram a problemas socioambientais significativos, como impermeabilização dos solos, aumento de enchentes urbanas e intensificação dos processos erosivos. Utilizando a metodologia desenvolvida por Jurandyr Ross em 1994, que combina sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, este trabalho classifica as áreas da bacia em diferentes níveis de fragilidade ambiental, de Muito Baixo a Muito Alto. Os resultados indicam uma predominância de fragilidade média, associada principalmente às pastagens que oferecem proteção moderada ao solo.

RFB Editora  
CNPJ: 39.242.488/0001-07  
91985661194

[www.rfbeditora.com](http://www.rfbeditora.com)  
[adm@rfbeditora.com](mailto:adm@rfbeditora.com)

Tv. Quintino Bocaiúva, 2301, Sala 713, Batista Campos,  
Belém - PA, CEP: 66045-315

