UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA

DÁGILA ARAÚJO QUEIROZ

VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DA AGROVILA, TEFÉ-AM.

MANAUS/AM
2023

DÁGILA ARAÚJO QUEIROZ

VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DA AGROVILA, TEFÉ-AM.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEOG – da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, para obtenção do título de Mestra em Geografia, área de concentração: Domínios da Natureza da Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. João Cândido André da Silva Neto

MANAUS/AM
2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Q3v

Queiroz, Dágila Araújo
Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM / Dágila Araújo Queiroz . 2023
120 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: João Cândido André da Silva Neto
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Vulnerabilidade. 2. Paisagem. 3. Médio Solimões. 4. Bacia hidrográfica. I. Silva Neto, João Cândido André da. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

DÁGILA ARAÚJO QUEIROZ

VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DA AGROVILA, TEFÉ-AM.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEOG – da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, para obtenção do título de Mestra em Geografia, área de concentração: Domínios da Natureza da Amazônia.

Aprovada em 27 de novembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Cândido André da Silva Neto
Presidente (PPGEOG/UFAM)

Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo
Membro Titular Externo (UEA)

Prof. Dr. Tiago Maiká Müller Schwade
Membro Titular Interno (PPGEOG/UFAM)

Este trabalho é dedicado aos meus pais Dolores Araújo da Purificação e Francisco Aginaldo Queiroz Silva, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos, superando com força e fé todas essas etapas, encontradas ao longo da realização deste trabalho, e por mais difíceis que fossem contribuíram na minha formação no campo acadêmico e como ser humano, durante esse processo foram muitos aprendizados, tornando-se de grande relevância, para a realização do sonho de concluir o mestrado.

Agradeço aos meus pais, Dolores Araújo da Purificação e Francisco Aginaldo Queiroz Silva, que sempre me incentivaram aos estudos e mesmo nas dificuldades priorizaram minha educação e com amor, força e fé me apoiam a ir em busca dos meus sonhos.

Aos meus irmãos Daniel Agi e Fernando Agiel pela motivação e incentivo ao longo de toda pesquisa. Obrigada por tudo meus irmãos, amo vocês.

À minha cunhada Thayse Sandra, quero agradecer pelo apoio, amizade e incentivo no desenvolvimento da minha dissertação.

Aos meus padrinhos Edna Araújo e Edmilson Cortezão, que estiveram ao meu lado nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência em casa, agradeço pelo carinho, amor e incentivos na realização deste sonho.

Aos meus primos. Em especial, à Tereza, Thiago, Raphael, Gabriel, Juliane, Kellyanne e Pricila pelo amor, amizade e incentivos.

Aos meus sobrinhos João Miguel e Clara Louise pelo amor e carinho, titia ama vocês.

Aos meus tios Clycia, Juracy, Socorro e Antônio pelo apoio, amor e torcida durante a caminhada do mestrado. E aos demais familiares e amigos, que foram grandes companheiros ao longo dessa jornada, apoiando meus sonhos e projetos. A vocês a minha gratidão!

Aos meus amigos Raquel Freitas e Ivamir Renan Alves, pelo carinho, amizade, amor e incentivos ao longo desta caminhada do mestrado, que sempre esteve ao meu lado nos momentos alegres e difíceis. Minha eterna Gratidão.

Às minhas amigas Ana Cristhina e Alleck Gabriela, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, aconselhando e compartilhando palavras de motivação que me ajudaram nos momentos difíceis ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, Kelvin Stephano, Carlos Magno, Débora Batista, Raphael Oliveira, Ranes Batista e Cleide Egas pelos conselhos, apoio e momentos de alegria que compartilhamos, os meus sinceros agradecimentos. Gratidão a todos.

À família Campos Mar pelo apoio, carinho e torcida. Em especial a Thiago Mar pelo amor, carinho e companheirismo durante a finalização desta dissertação. Gratidão a todos vocês.

Ao meu orientador Professor Dr. João Cândido André da Silva Neto, que conheci na minha graduação no CEST-UEA, e no mestrado da PPGEOG/UFAM tive a honra de tê-lo como orientador novamente, agradeço pelos conhecimentos transmitidos durante esse período do mestrado e pelo apoio, compreensão, conselhos e ensinamentos que me guiaram, para realização desta dissertação. Obrigada professor, gratidão por tudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia PPGEOG/UFAM, pela oportunidade de fazer o curso, contribuindo para minha formação como profissional.

Aos amigos da turma do mestrado (2021), Rodrigo de Oliveira e Alexsandra Vieira. Em especial a minha amiga Catarina Gomes França, agradeço pela amizade, pelos momentos de alegrias, pelas tardes e noites de estudo e pela troca de conhecimento durante esses anos de mestrado. Gratidão por tudo.

Aos professores Professor Dr. Francisco Davy Braz Rabelo e Professor Dr. Geraldo Souza Alves, pelas orientações na banca da minha qualificação, que por meio de suas correções e incentivos possibilitou a realização desta pesquisa.

Aos professores do PPGEOG/UFAM pelas disciplinas ministradas que contribuíram para meu aprendizado, pesquisa e formação acadêmica.

Agradeço ao Bruno Sarkis e Catarina Gomes que me ajudaram na confecção dos mapas. Obrigada pela parceria neste trabalho.

Ao Laboratório de Hidrogeografia e Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia (HIDROGEO) da UFAM pelo apoio na construção desta dissertação.

Aos colegas da HIDROGEO, pelo companheirismo e pela troca de ideias durante esse tempo no mestrado.

A Prelazia de Tefé-AM pelo fornecimento de documentos que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas-FAPEAM pela disponibilização da bolsa para a construção desta pesquisa.

A pesquisa ambiental tem como objeto entender as relações das sociedades humanas como a natureza, dentro de uma perspectiva absolutamente dinâmica nos aspectos culturais, sociais, econômicos e naturais. Por essa razão, a pesquisa ambiental só pode atingir a visão holística da realidade da sociedade objeto de análise, dentro da perspectiva do seu passado (história), do seu presente (situação atual) e de sua tendência para o futuro

ROSS

RESUMO

O estudo de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos tem importância fundamental na identificação de áreas suscetíveis aos impactos ambientais advindos da apropriação da natureza pela sociedade, em que sua intensidade e probabilidade estão condicionadas às alterações da natureza. Deste modo, a pesquisa teve como objetivo analisar a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, procurando compreender os processos de uso da terra e transformações na paisagem, através da análise dos elementos físico-naturais, diagnosticando os diferentes graus de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos a partir das inter-relações das variáveis. Nessa perspectiva utilizou-se a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), adaptada para o presente estudo da vulnerabilidade das paisagens, esse método é baseado a partir dos princípios da Ecodinâmica proposta por Tricart (1977). Quanto aos procedimentos, o presente estudo fez o uso do método AHP (Analytic Hierarchy Process) para a hierarquização das variáveis, onde os pesos foram atribuídos a cada variável. Neste contexto, foram analisadas as seguintes variáveis: Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Declividade do terreno, Solo, Geologia e Erosividade das Chuvas, e realizada a identificação com base no grau de vulnerabilidade de cada variável classificadas como Muito Baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta. Nesta abordagem enfatiza-se o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o qual utilizou-se como uma ferramenta para compreender a relação dos meios físico-naturais, buscando entender como esses fatores influenciam na vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da área abordada. Os resultados demonstraram que a Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM apresenta-se 56,09%, correspondendo ao grau de vulnerabilidade baixa e 42,04% para o grau de vulnerabilidade moderada. Desse modo, destaca-se que seguindo esse modelo, facilita a localização e diagnósticos de áreas que se encontram vulneráveis na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM. A partir disso, considerando a utilização de técnicas e diagnósticos ambientais, são essenciais na identificação de áreas que se encontram em estado de vulnerabilidade ambiental, deve-se explicitar a importância de estabelecer um planejamento ambiental adequado, como para diretrizes para implementação de políticas públicas dessas áreas.

Palavras-chave: Vulnerabilidade, Paisagem, Médio Solimões, Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The study of landscape vulnerability to soil loss is of fundamental importance in identifying areas susceptible to environmental impacts arising from the appropriation of nature by society, in which its intensity and probability are conditioned by changes in nature. The aim of this research was to analyze the vulnerability of the landscape to soil loss in the Igarapé da Agrovila Tefé-AM watershed, seeking to understand the processes of land use and transformations in the landscape by analyzing the physical-natural elements, diagnosing the different degrees of vulnerability of the landscape to soil loss based on the interrelationships between the variables. From this perspective, the methodology proposed by Crepani et al. (2001) was used, adapted for this study of landscape vulnerability. This method is based on the principles of Ecodynamics proposed by Tricart (1977). As for the procedures, this study used the AHP (Analytic Hierarchy Process) method to prioritize the variables, where weights were assigned to each variable. In this context, the following variables were analyzed: Land Use and Vegetation Cover, Terrain Slope, Soil, Geology and Rainfall Erosivity, and identification was carried out based on the degree of vulnerability of each variable classified as Very Low, Low, Moderate, High and Very High. This approach emphasizes the use of Geographic Information Systems (GIS), which was used as a tool to understand the relationship between the physical and natural environments, seeking to understand how these factors influence the vulnerability of the landscape to soil loss in the area in question. The results showed that 56.09% of the Igarapé da Agrovila Tefé-AM watershed is low vulnerability and 42.04% is moderate vulnerability. This model makes it easier to locate and diagnose vulnerable areas in the Igarapé da Agrovila Tefé-AM watershed. Based on this, considering that the use of environmental techniques and diagnoses are essential in identifying areas that are in a state of environmental vulnerability, the importance of establishing appropriate environmental planning should be made explicit, as well as guidelines for implementing public policies in these areas.

Keywords: Vulnerability, Landscape, Middle Solimões, Watershed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Exemplo de valores de vulnerabilidade atribuídos a cada unidade de paisagem. 29
Figura 02: Operação Condicional CASE para a ponderação da variável Geologia…… 34
Figura 03: Reclassificação por tabela da variável Uso da Terra e Cobertura Vegetal 2020... 34
Figura 04 : Teste na Calculadora de Prioridade AHP……...36
Figura 05: Cálculo da união das cenas gerando a cena de vulnerabilidade da BHIA……. 37
Figura 06: Ponderação da cena da vulnerabilidade à perda de solos……38
Figura 07: R.Report do software Qgis - dados em extensão txt……39
Figura 08: Representação do processamento para a elaboração do mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos…….. 40
Figura 09: Representação esquemática de uma bacia hidrográfica……..45
Figura 10: Componentes que compõem a estrutura do SIG……53
Figura 11: Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica…… 54
Figura 12: Comunidade da Agrovila, Tefé-AM…… 64
Figura 13: Estrada da Agrovila em Tefé-AM……... 65
Figura 14: Residências da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM……67
Figura 15: Comunidade da Agrovila em Tefé-AM…….. 68
Figura 16: Processos erosivos na Estrada da Agrovila em Tefé-AM……..68
Figura 17: Floresta ombrófila densa nas proximidades da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM…….78
Figura 18: Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Densa na área de estudo…….. 78
Figura 19: Paisagem modificada nas proximidades da comunidade da Agrovila, Tefé-AM…79
Figura 20: Depósitos Aluvionares na Comunidade da Agrovila, Tefé-AM…… 81
Figura 21: Impacto da Erosão Hídrica Pluvial por salpicamento……97
Figura 22: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Baixa…… 104
Figura 23: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Moderada…… 105
Figura 24: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Alta…… 106
Figura 25: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Muito Alta…… 107

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 01: Etapas Metodológicas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa……... 22
Fluxograma 02: Fundamentação Teórica Conceitual para pesquisa……24
Fluxograma 03: Procedimentos técnicos elaborados para determinação do Fator R da EUPS……25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Média mensal da precipitação pluvial de Tefé-AM do período de (1993-2022)... 71
Gráfico 02: Precipitação total anual de Tefé- AM do período de (1993-2022).....72
Gráfico 03: Climograma com normais de precipitação, temperatura máxima, média compensada e mínima de Tefé- AM do período de 1993 a 2022……74
Gráfico 04: Porcentagem da variável do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM……85
Gráfico 05: Porcentagem da variável do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM……87
Gráfico 06: Porcentagem do Grau de Vulnerabilidade Solo……93
Gráfico 07: Porcentagem do Grau de Vulnerabilidade Geologia……96
Gráfico 08: Distribuição mensal do índice de erosividade de (1993-2022)..... 102
Gráfico 09: Classes de Erosividade mensal das chuvas no Município de Tefé-AM…….. 102
Gráfico 10: Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos…… 108

LISTA DE MAPAS

Mapa 01: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……63
Mapa 02: Localização da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM…… 66
Mapa 03: Pedologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……. 75
Mapa 04: Vegetação da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……. 77
Mapa 05: Geologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM…… 80
Mapa 06: Uso da Terra em 1985 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM….85
Mapa 07: Uso da Terra em 2020 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM…86
Mapa 08: Declividade da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……89
Mapa 09 : Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……..90
Mapa 10: Pedologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM…….. 92
Mapa 11: Geologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……95
Mapa 12: Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM……..109

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Fonte de dados para a elaboração dos mapas temáticos……..26
Quadro 02: Características analisadas para avaliar a Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM……29
Quadro 03: Escala de importância do método AHP……..31
Quadro 04: Revisão do método de processo de hierarquia analítica (AHP)..... 32
Quadro 05: Ponderação para as Variáveis…… 35
Quadro 06: Valor das variáveis da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM……37
Quadro 07: Diferentes conceituações de bacias hidrográficas encontradas na literatura….. 48
Quadro 08: Diferentes definições de bacias hidrográficas na Amazônia brasileira…… 49
Quadro 09: Conceitos de Fragilidade, Suscetibilidade e Vulnerabilidade Ambiental……. 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Avaliação da Estabilidade das Categorias Morfodinâmicas..... 27
Tabela 02: Escala de Vulnerabilidade à Perda de Solo das Unidades Territoriais Básicas (UTB)..... 28
Tabela 03: Média atribuída e identificação com base no grau de vulnerabilidade.....38
Tabela 04: Totais pluviométricos (mm) anuais entre 1993 a 2022..... 73
Tabela 05: Classificação em área e porcentagem do uso e cobertura da terra 1985 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 84
Tabela 06: Classificação em área e porcentagem do uso e cobertura da terra 2020 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 86
Tabela 07: Área, Percentual e o Grau de vulnerabilidade da variável do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 88
Tabela 08: Grau de vulnerabilidade da variável declividade da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 91
Tabela 09: Área, Percentual e o Grau de vulnerabilidade da variável Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 93
Tabela 10: Área, Percentual e o Grau de vulnerabilidade da variável Geologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 95
Tabela 11: Classes de erosividade da chuva média e anual e mensal..... 98
Tabela 12: Classes de Erosividade da Chuva Média Mensal e Anual..... 100
Tabela 13: Médias mensais da precipitação pluvial e médias mensais do índice de erosividade para Tefé-AM (30 anos de dados)..... 101
Tabela 14: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Muito Baixa..... 104
Tabela 15: Área e Porcentagem do Grau de Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Processo de Hierarquia Analítica
BDIA	Banco de Dados de Informações Ambientais
BHIA	Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé - AM
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos do INMET
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUPS	Equação Universal de Perdas de Solo
FAPEAM	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
OASISBR	Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto
SGB	Serviço Geológico do Brasil - CPRM
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil
UTB	Unidade Territorial Básica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....16
2. JUSTIFICATIVA..... 19
3. OBJETIVOS.....20
3.1. Objetivo geral.....20
3.2. Objetivos específicos..... 20
4. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS.....21
CAPÍTULO I - **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA CONCEITUAL**.....40
5.1. Paisagem e análise ambiental.....40
5.2. Bacias Hidrográficas Como Unidade Geoespacial..... 43
5.3. Geotecnologia Como Ferramenta Para Análise Ambiental..... 49
5.4. Apropriação da Natureza e as Transformações da Paisagem.....54
5.5. Uso e Ocupação da Terra..... 56
5.6. Fragilidade, Suscetibilidade e Vulnerabilidade Ambiental..... 59
CAPÍTULO II - **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**..... 62
6.1. Localização e descrição da área de estudo..... 62
6.1.1. Comunidade da Agrovila: Aspectos históricos e situação atual..... 63
6.2. Clima..... 69
6.3. Pedologia.....74
6.3.1. Argissolo Vermelho-Amarelo..... 74
6.3.2. Gleissolo Háplico.....75
6.3.3. Plintossolo Argilúvico..... 75
6.4.Vegetação..... 76
6.4.1. Floresta Ombrófila Densa..... 77
6.4.2. Floresta Ombrófila Densa Aluvial.....77
6.4.3. Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas..... 78
6.4.4. Floresta Vegetação Secundária..... 78
6.5. Geologia..... 79
6.5.1. Depósito Aluvionares..... 80
6.5.2. Formação Içá..... 80
CAPÍTULO III - **RESULTADOS E DISCUSSÕES**.....82
7.1. Uso da Terra e Cobertura Vegetal.....82
7.2. Declividade.....87
7.3. Solo..... 90
7.4. Geologia..... 93
7.5. Erosividade das Chuvas.....95
7.6. Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM..... 102
CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 109
REFERÊNCIAS..... 111

INTRODUÇÃO

Os impactos das atividades antrópicas aceleraram ao longo do tempo, contribuindo para a degradação da natureza, tendo em vista, que várias áreas da região amazônica, vem sendo transformadas em espaços de agricultura e pecuária e dentre outras atividades que afetam a floresta de formas significativa (ANDRADE, 1998).

Para Mendonça (1993), o processo de industrialização das sociedades no decorrer dos séculos, desencadeou desordem, entre os elementos relacionados à natureza, tendo em vista, que essa transformação resultou consideravelmente na degradação do meio ambiente, comprometendo a qualidade de vida das populações em diferentes cenários.

Em relação às mudanças no uso e ocupação do solo, são resultados da forma como o homem utiliza esses recursos naturais, seja com sua cobertura vegetal original remanescente ou natural, seja para produção econômica comercial ou de subsistência e até mesmo os usos urbanos, tendo em vista, que possuem especificidades diferentes do uso do solo rural (OLIVEIRA, 2004, p. 49).

No Brasil e particularmente na Amazônia brasileira, a agricultura e a pecuária são atividades importantes na introdução de estímulos externos, devido a seu caráter extensivo que envolve grandes áreas, que buscam sempre novas fronteiras para a expansão dessas atividades econômicas (CREPANI et al., 2001, p. 16). É possível entender que com os avanços no desenvolvimento econômico na região da Amazônia, acarretou no aumento das atividades produtivas, visto como principal condutor para o crescente aumento do processo de desflorestamento nesta região (COUTINHO et al., 2013).

Deste modo, destaca-se que as mudanças ambientais são referentes ao crescimento das indústrias, crescimento populacional e ao desmatamento das florestas, para fins de uso e exploração do solo, contribuindo para os primeiros indícios de impactos ambientais, afetando na diminuição da produtividade devido ao manejo incorreto do solo (CAMPOS et al., 2018).

Faz-se necessário entender que o uso e ocupações inadequadas do solo em bacias hidrográficas, apresentam ações negativas à paisagem, esse processo é decorrente da ausência de informações referentes ao meio físico-natural e aliados à

degeneração dos sistemas ambientais, que contribuem para o desenvolvimento da vulnerabilidade ambiental.

Nesta abordagem, enfatiza-se que a intensa exploração dos solos no Brasil, atrelados a falta de planos de conservação dos solos, colaboram para o avanço dos processos de degradação em determinadas áreas, visto que, considerando que essa problemática ocorre em diversas regiões brasileiras ocasionando danos à paisagem (GUERRA et al., 2020, p. 77).

Neste contexto, as danificações ocasionadas pelos efeitos da degradação de terras, são a princípio realizadas mediante as características físicas do ambiente tais como solo, relevo e clima; tendo em vista, o autor enfatiza que as ações antrópicas, são consideradas outro aspecto relevante no processo de degradação (BEZERRA, 2013).

Nesse sentido, a degradação da paisagem está relacionada aos fenômenos naturais e as interferências antropogênicas, que trazem problemas ao meio físico natural devido ao uso inadequado do solo e ocupações desordenadas; tendo em vista que as transformações ocorridas nas últimas décadas desencadearam diversos problemas ambientais e um deles é a degradação dos solos, causados pelo fenômeno da erosão, que afetam de forma nociva às populações das zonas rurais e urbanas (NASCIMENTO, 1998 apud REBELLO, 2010, p.41).

Considerando que, mediante essas modificações na natureza, podem acarretar a vulnerabilidade do ambiente, ou seja, isso significa que o meio físico se encontra vulnerável às pressões humanas, contribuindo para a perda da biodiversidade (SILVA NETO; ALEIXO, 2016).

Crepani et al. (2001) ressalta que:

> O tipo de atividade antrópica desenvolvida sobre uma determinada unidade de paisagem natural pode representar sua destruição devido a sua pequena capacidade de absorver os estímulos advindos desta atividade econômica [...] (CREPANI et al., 2001, p. 17).

Diante disso, a vulnerabilidade ambiental está vinculada ao risco ao qual o ambiente encontra-se exposto, sendo definida pelo meio físico está vulnerável às ações naturais ou antropogênicas, visto que essa consequência é vinculada às mudanças ambientais advindas da relação homem-natureza (AQUINO et al., 2017).

Para Tagliani (2003), a vulnerabilidade ambiental corresponde a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a sofre um determinado impacto potencial; nesse processo o autor salienta que são decorrentes das atuações antrópicas em

determinadas paisagem, tendo em vista que, essas ações são avaliadas conforme vários critérios de análise.

Nesse contexto, Silva Neto e Aleixo (2016) apontam que:

> Vulnerabilidade pode ser definida ainda pela ausência de condições que sustentam a integridade da estrutura e dinâmica de uma determinada paisagem, resultando em mudanças e transformações representativas no contexto da totalidade. Este conceito pode significar estar suscetível à transformação de um estado inicial a um estado atual transfigurado pela ação antrópica (SILVA NETO; ALEIXO, 2016, p. 255).

Desta forma, a pesquisa analisa a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM - (BHIA), situada no Município de Tefé, na região do Médio Solimões, no Estado do Amazonas. Diante disso, a pesquisa utiliza a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), adaptada para o presente estudo da vulnerabilidade das paisagens, realizando a análise das seguintes variáveis: uso da terra e cobertura vegetal, declividade do terreno, solo, geologia e erosividade das chuvas, apresentando o grau de vulnerabilidade de cada variável.

É importante destacar que a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, é um elemento significativo nos processos de tomada de decisão, permitindo o entendimento dos ambientes que se encontram em estado de vulnerabilidade ambiental, possibilitando o conhecimento das áreas que são apropriadas ou não para serem desenvolvidas a pecuária, agricultura, construções civis e outros tipos de uso da terra (COSTA et al., 2006).

Nessa percepção, a vulnerabilidade ambiental está associada a diversos fatores, como as formas inadequadas de uso e ocupação da terra, a falta de planejamento ambiental, a crescente exploração dos recursos naturais que ocorrem de forma predatória, à vista disso, todos esses fatores corroboram com o aumento dos impactos socioambientais em determinadas áreas.

Desse modo, enfatiza-se que vulnerabilidade ambiental vem se tornando apoio para as políticas relacionadas ao controle de risco, e no momento atual, mediante a estimativa da capacidade de suporte da paisagem, é de grande relevância para se evitar o uso excessivo dos recursos naturais e a intensificação do processo de morfogênese (ALMEIDA, 2020).

2. JUSTIFICATIVA

A vulnerabilidade da paisagem está relacionada à suscetibilidade do ambiente está suscetível às ações dos processos erosivos, tendo em vista que diversos fatores corroboram para o surgimento deste processo, como a degradação das propriedades do solo vinculadas a perda das capacidades produtivas, a partir disso, esses fatores, estão intrinsecamente ligados às ações antropogênicas, aliadas às práticas de uso inadequado da terra e aos demais fatores que corroboram para vulnerabilidade das paisagens.

Tendo em vista, que as mudanças ambientais advindas das interações do homem sobre o meio ambiente, sem respeitar os limites físico-naturais do sistema, acarretou inúmeros problemas ambientais, tendo em vista que, esses fatores são vinculados ao crescimento acelerado da sociedade, atrelados ao uso inadequado da terra, além do aumento do consumo de produtos, bens e serviços estabelecidos pela sociedade ao longo dos períodos; é possível entender que a causa desta evolução vem trazendo consigo a degradação ambiental dos recursos naturais da natureza (COBRA, 2019).

Para Acselrad (2006), a vulnerabilidade é uma noção relativa, em outros termos está relacionada à exposição aos riscos, representando a maior ou menor susceptibilidade de indivíduos, lugares, infraestruturas ou ecossistemas a sofrerem impactos de um determinado particular de agravo.

Nessa concepção, o estudo justifica-se para a compreensão através da análise dos componentes da paisagem, realizando a análise e diagnósticos de áreas que se encontram vulneráveis. Por esta razão, a vulnerabilidade da paisagem está associada à suscetibilidade do ambiente, considerando as suas condições físicas e como se encontram suscetíveis ou não a determinados impactos negativos, em outros termos, é quando o meio físico se encontra vulnerável às pressões humanas (REIS et al., 2020).

Desse modo, a utilização de técnicas e diagnósticos ambientais, são essenciais na identificação de áreas que se encontram em estado de vulnerabilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM; portanto, deve-se explicitar a importância de estabelecer um planejamento ambiental adequado, como apoio para o desenvolvimento sustentável dessas áreas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

➢ Analisar a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

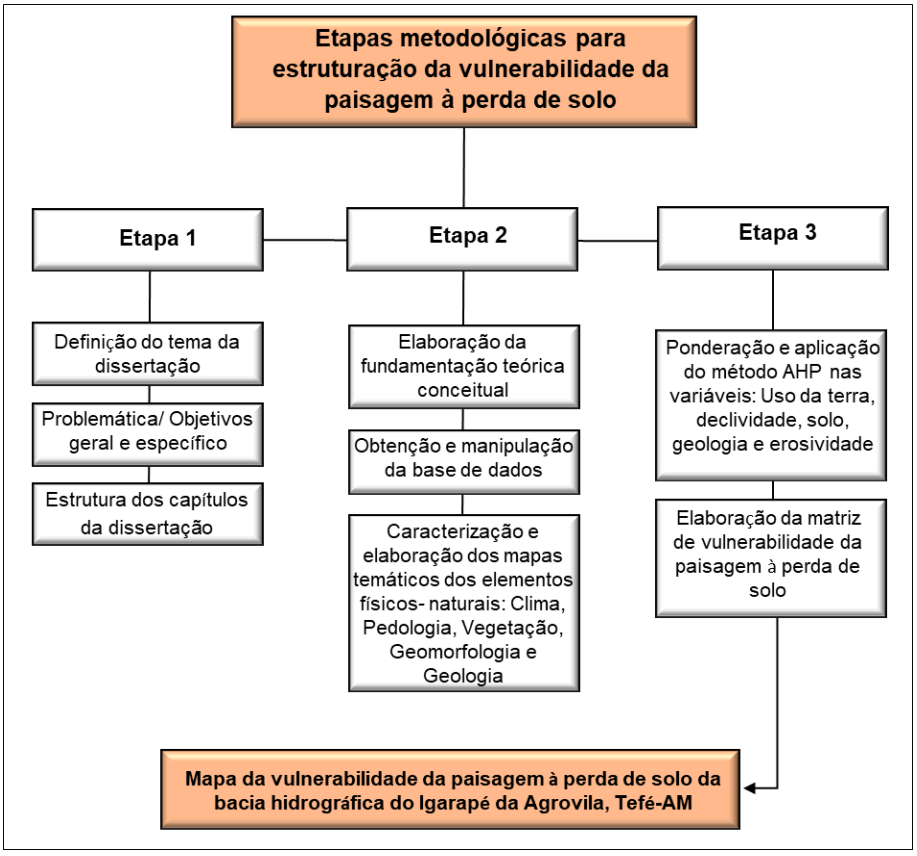
3.2. Objetivo específicos

➢ Compreender os processos de uso da terra e transformações na paisagem na área de estudo;
➢ Caracterizar os elementos físico-naturais como solo, relevo, geologia, clima e vegetação;
➢ Diagnosticar os diferentes graus de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, a partir das inter-relações das variáveis.

4. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo referem-se à vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, onde envolveu uma variedade de atividades que foram conduzidas, para proporcionar uma maior identificação das variáveis propostas nesta pesquisa, com intuito primordial de alcançar os objetivos dessa dissertação. Diante dessa abordagem, os procedimentos técnicos e metodológicos para o presente estudo são apresentados no Fluxograma 01 a seguir.

Fluxograma 01: Etapas Metodológicas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.



Elaboração: QUEIROZ, D.A., 2023.

➢ Levantamento Bibliográfico

É considerado uma etapa primordial para o pesquisador, nesse processo de estruturação da pesquisa, se busca identificar, analisar e verificar todos os dados coletados onde serão organizados para melhor compreensão do assunto em estudo. Desta forma, a primeira etapa desta pesquisa consistiu primeiramente nos levantamentos bibliográficos, para a construção da fundamentação teórica conceitual; as informações foram coletadas principalmente da biblioteca setorial

setor norte - UFAM, onde foram consultados na biblioteca livros, artigos científicos, dissertações e teses.

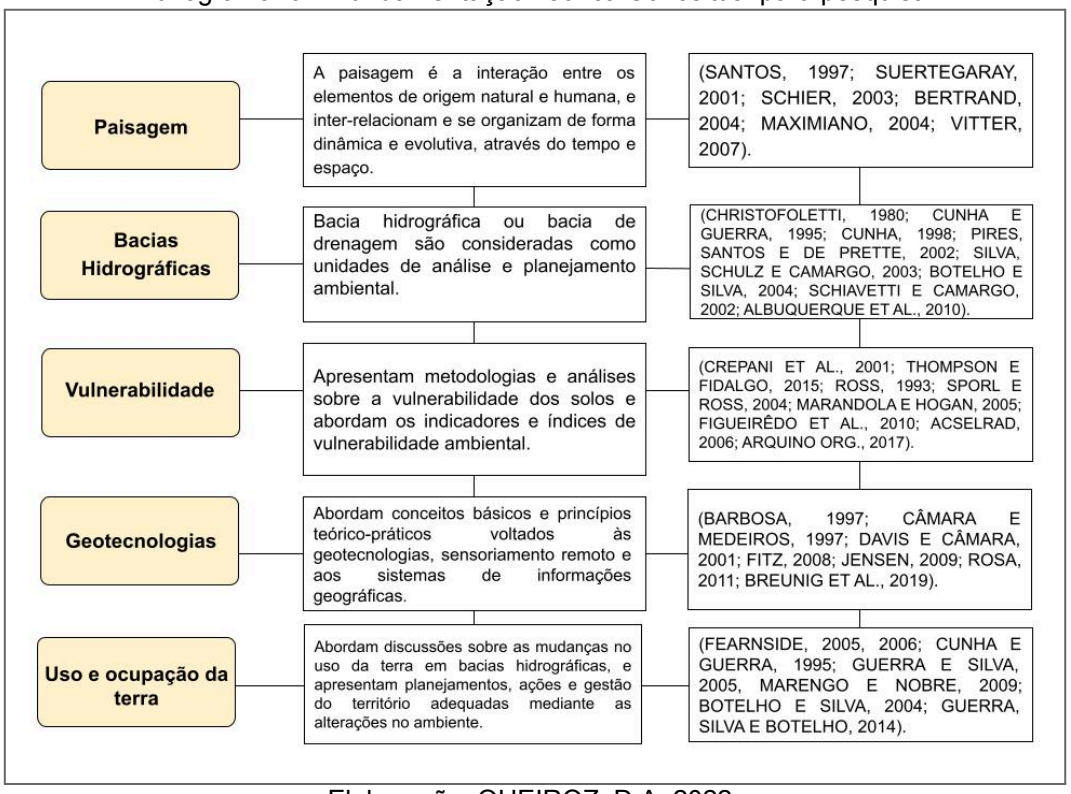
Desse modo, as demais informações para esse estudo, foram adquiridas de forma online pelo portal brasileiro de publicações e dados científicos em acesso aberto (Oasisbr), portal de periódicos da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) e pelo banco de dados do Google acadêmico e entre outros portais acadêmicos.

Nesta abordagem utilizou-se como referencial teórico as obras dos autores Acselrad (2006); Albuquerque (2010, 2012); Aquino et al. (2017); Alves (2001); Aleixo e Silva Neto (2016); Botelho e Silva (2004); Christofoletti (1980); Cunha e Guerra (1995); Duarte et al. (2020); Fearnside (2005); Folharini et al. (2017); Guerra, Silva e Botelho (2014); Guerra e Botelho (2017); Lepsch (2002); Silva e Schulz et al. (2003), onde abordam em suas temáticas, discussões sobre as mudanças da paisagem, o uso e ocupação da terra, conservação dos recursos naturais, planejamento e gestão dos recurso hídricos em bacias hidrográficas.

Além disso, foram utilizadas ainda as referências relacionadas sobre tempo e clima de Mendonça e Danni-Oliveira (2007); Marengo e Nobre (2009); Guerra e Oliveira (2014); Sant'Anna Neto (2001), Monteiro e Mendonça (2013) e Aleixo e Silva Neto (2015, 2019, 2020), onde analisam as dinâmicas atmosféricas e o modo como os agentes sociais agem sobre o meio, discutindo a relação clima e sociedade.

Deste modo, no fluxograma 02 apresenta obras relacionadas à temática deste estudo, que foram norteadas com intuito de compreender a vulnerabilidade das paisagens à perda do solo. Em função disto, este estudo foi estruturado de acordo com cada objetivos específicos, que foram alcançados e analisados conforme a fundamentação teórica conceitual.

Fluxograma 02: Fundamentação Teórica Conceitual para pesquisa.



Elaboração: QUEIROZ, D.A. 2022.

➢ **Obtenção e manipulação da base de dados**

Para aquisição dos dados elaborou-se um estudo de cada elemento da paisagem, conforme a proposta de Crepani et al. (2001), com o objetivo de analisar os elementos físico-naturais e suas inter-relações com as variáveis. Desta forma, para o levantamento da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé - AM, foram definidas cinco variáveis importantes para a construção desse estudo, sendo o Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Declividade, Solo, Geologia e Erosividade.

Para a caracterização dos elementos físico-naturais na área de estudo, foram utilizados os manuais técnicos de Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e para coleta dos dados de cada unidade da paisagem, foram obtidos do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA/IBGE).

Para a elaboração dos mapas temáticos de Geologia, Declividade e Hipsometria foram utilizados a base de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) do Serviço Geológico do Brasil (SGB); e para análise do relevo foram coletados os dados do Projeto SRTM-TOPODATA (Banco de Dados

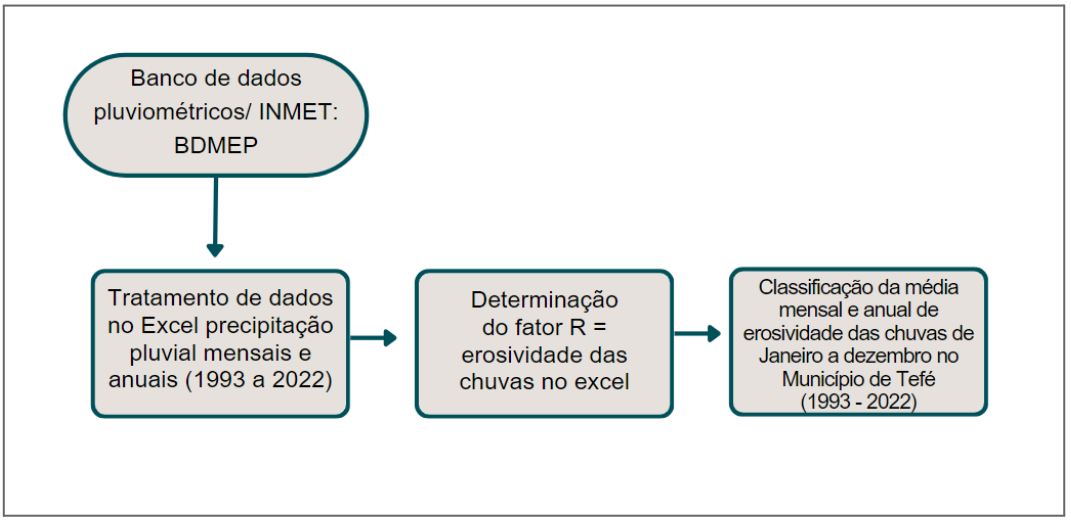
Geomorfométricos do Brasil), disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para caracterização e classificação dos tipos de solos foram utilizados os dados obtidos do BDIA/IBGE, o manual técnico de pedologia do IBGE (2007) e a obra do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006 e 2018).

Desta forma, para elaboração do mapa temático do Uso da Terra e Cobertura Vegetal, foram utilizados os dados disponibilizados pelo MapBiomas, o qual é considerado um projeto de mapeamento anual do uso e cobertura da terra do Brasil.

Para a análise do clima foram coletados dados de precipitação pluvial mensal e anual do período de (1993 a 2022), do Banco de Dados Meteorológicos do Brasil (INMET/BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); esses dados foram organizados em planilhas utilizando o software da Microsoft Excel versão (2016), onde foram produzidos gráficos e tabelas dos dados, onde foram analisados por intermédio de técnicas estatísticas, verificando os valores mínimos, máximos e a média da precipitação pluvial. Portanto, em relação à análise da variável da erosividade das chuvas, os procedimentos técnicos e metodológicos, podem ser observados no Fluxograma 03 a seguir.

Fluxograma 03: Procedimentos técnicos elaborados para determinação do Fator R da EUPS.



Fonte: Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

O Quadro 01 apresenta de maneira geral a obtenção da base de dados, para a elaboração dos mapas temáticos do meio físico e mapa base, utilizados neste estudo.

Quadro 01: Fonte de dados para a elaboração dos mapas temáticos.

DESCRIÇÃO	VARIÁVEIS	INSTITUIÇÕES	ESCALA	LINKS
MAPA BASE	Delimitação da bacia	SRTM/TOPODATA-INPE	1:250.000	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/
		VISUALIZADOR INDE	1:250.000	https://visualizador.inde.gov.br/
	Drenagem	SRTM-TOPODATA	1:250.000	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/
		ANA	1:50000 e 1:100000	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home
				https://visualizador.inde.gov.br/
	Limites: Municipal e Estadual	IBGE	1:250.000	https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html
	Rodovias/Estradas	Google Earth Pro	1:25.000	https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/
		Visualizador VGEO DNIT	1:250.000	https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/
	Plotagem dos pontos	Google Earth Pro	1:25.000	https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/
		GPS GARMIN 64 X		
MEIO FÍSICO	Geologia	BDIA/IBGE	1:250.000	https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home
	Geomorfologia		1:250.000	
	Pedologia		1:250.000	
	Vegetação		1:250.000	
	Declividade e Hipsometria	SRTM/TOPODATA-INPE	1:250.000	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/
	Clima (precipitação e erosividade)	INMET		https://bdmep.inmet.gov.br/
	Uso da Terra e Cobertura Vegetal	MAPBIOMAS LANDSAT COLEÇÕES 5 E 6	1:1.000.000	https://brasil.mapbiomas.org/
	Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos	Visualizador VGEO DNIT	1:250.000	
		BDIA/IBGE	1:250.000	https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home
		SRTM/TOPODATA-INPE	1:250.000	http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/

Fonte: Organização: FRANÇA, C. G., QUEIROZ, D. A., 2023.

➢ **Método de Crepani**

A metodologia Zoneamento Ecológico proposta por Crepani et al. (2001), considera a vulnerabilidade das unidades de paisagem, estabelecida por meio de uma escala de valores relativos e empíricos de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando individualmente cada elemento da paisagem: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso da terra e clima (CREPANI et al., 2001). Considerando que, a escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas é baseada na caracterização morfodinâmica, sendo atribuída com base nos critérios desenvolvidos, a partir dos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977).

A partir disso os critérios desenvolvidos por Crepani et al. (2001), busca analisar o estágio de evolução morfodinâmica da unidade da paisagem, que se denomina Unidade Territorial Básica (UTB), sendo estabelecidos valores de estabilidade atribuindo valor de 1,0 (Estável), 2,0 (Intermediária) e 3,0 (Instável) conforme se apresenta na Tabela 01.

Tabela 01: Avaliação da Estabilidade das Categorias Morfodinâmicas.

Categoria morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2001, p. 21).

Na Tabela 02 apresenta a escala de vulnerabilidade para as Unidades Territoriais Básicas (UTB), de acordo com a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), o autor estabelece 21 classes de vulnerabilidade à perda de solos, sendo distribuídas entre as situações, em que há o predomínio dos processos de pedogênese, que são identificados os valores com maior estabilidade atribuindo as classes de 1,0 a 2,0 considerada estável e medianamente estável/vulnerável, por outro lado, as classes de 2,0 a 3,0 são consideradas com maior graus de vulnerabilidade.

Tabela 02: Escala de Vulnerabilidade à Perda de Solo das Unidades Territoriais Básicas (UTB).

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERABILIDADE	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERMELHO	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑ VULNERABILIDADE	3	ESTABILIDADE	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		2,7			255	153	0	
U5		2,6		MODERADAMENTE VULNERÁVEL	255	204	0	
U6		2,5			255	255	0	
U7		2,4			204	255	0	
U8		2,3			153	255	0	
U9		2,2		MEDIANAMENTE ESTÁVEL VULNERÁVEL	102	255	0	
U10		2,1			51	255	0	
U11		2			0	255	0	
U12		1,9			0	255	51	
U13		1,8			0	255	102	
U14		1,7		MODERADAMENTE ESTÁVEL	0	255	153	
U15		1,6			0	255	204	
U16		1,5			0	255	255	
U17		1,4			0	204	255	
U18		1,3		ESTÁVEL	0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1	↓		0	51	255	
U21		1			0	0	255	

Fonte: Crepani et al. (2001).

A partir disso, esse modelo segue a média aritmética, entre os valores individuais dos temas a cada uma das unidades, permitindo representar na escala de estabilidade/vulnerabilidade à erosão às 21 classes; esse método relaciona-se com cada unidade da paisagem, e a interação dos dados disponíveis, seguindo um modelo que estabelece 21 classes de vulnerabilidade à erosão, aplicados em cada unidade individualmente, conforme cada elemento da paisagem natural desses temas (BERNARDES, 2004, p. 134).

Assim, cada unidade territorial básica receberá um valor final, resultado da média aritmética dos valores individuais de cada tema, conforme uma equação empírica (Equação 1), buscando apresentar a posição de cada unidade dentro da escala de vulnerabilidade e estabilidade. (Figura 01).

$$Vulnerabilidade = (G + R + S + Vg + C) / 5 \quad \textbf{(1)}$$

Sendo:

G = vulnerabilidade para o tema de Geologia

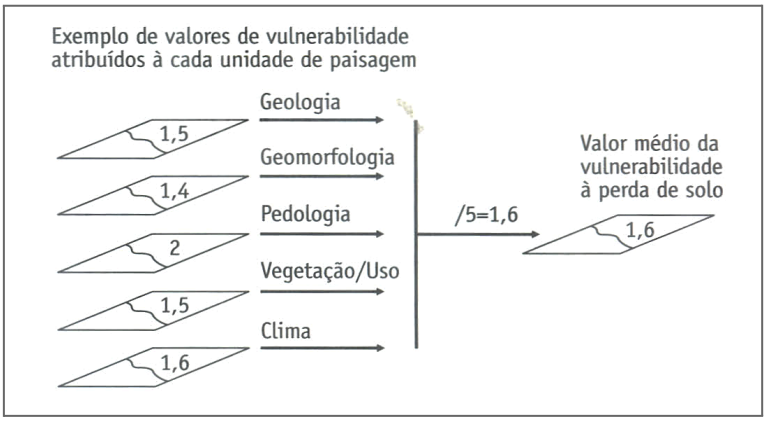
R = vulnerabilidade para o tema de Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema de Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema de Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema de Clima

Figura 01: Exemplo de valores de vulnerabilidade atribuídos a cada unidade de paisagem.



Fonte: Crepani *et al.* (2008).

Para elaboração do mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, utilizou-se como base a proposta de Crepani et al. (2001), adaptada para o presente estudo, esse método é baseado a partir dos princípios da Ecodinâmica proposta por Tricart (1977), onde foram definidas as seguintes variáveis: Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Declividade, Solo, Geologia e Erosividade das Chuvas, essas variáveis foram utilizadas para a confecção do mapa de vulnerabilidade à paisagem à perda de solos. (Quadro 02).

Quadro 02: Características analisadas para avaliar a Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

VARIÁVEIS	CARACTERÍSTICAS
Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Tipo de uso/Densidade da cobertura vegetal
Declividade do Terreno	Inclinação do relevo em relação ao horizonte
Solo	Características do solo/Maturidade do solo
Geologia	Características Geológicas / Grau de coesão da rocha
Erosividade das Chuvas	Perda de solo por erosão hídrica (Índice de erosividade anual e mensal)

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001, 2008). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

Nessa perspectiva, fizemos uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para a caracterização da vulnerabilidade na área da bacia, assim com a catalogação, organização dos dados e posterior interpretação e discussão. A partir disso, as técnicas e ferramentas que o SIG possibilita, são essenciais para compreensão das relações dos meios físicos de solo, declividade, clima e geologia,

fatores esses que influenciam na elaboração da carta de vulnerabilidade à perda de solos, contribuindo para uma melhor compreensão e gestão do território (NICOLAU, 2018).

➢ **Método Processo Analítico Hierárquico (AHP)**

Para a análise da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos, utilizou-se o método AHP, com intuito de determinar a importância de cada variável nos processos de vulnerabilidade ambiental. É um procedimento que visa à solução de problemas de escolha, esse método é aplicado em variadas situações onde apresentam sistemas complexos (PIMENTA et al., 2019).

O Processo Analítico Hierárquico ou em inglês Analytic Hierarchy Process (AHP), é considerada uma análise matemática e analítica referente a tomada de decisões complexas, trata-se de uma técnica baseada em uma lógica de comparação pareada; à vista disso, foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1980, nos Estados Unidos (PIMENTA et al., 2019).

Neste caso, o método AHP analisa de forma matemática as comparações que são pareadas entre os critérios, em conjunto as decisões e pesos de especialistas para classificar os fatores qualitativos ou intangíveis (PIMENTA et al., 2019, p. 409).

Em síntese, o processo de hierarquia analítica (AHP), está relacionado à hierarquização de variáveis, que instituem a análise mediante aos pesos que são estabelecidos, conforme grau de importância, com base nessa discussão, essa técnica é utilizada para simplificação de um complexo sistema em uma matriz de comparações pareadas das variáveis, em uma definição linear da hierarquia de importância, numa escala de 1 a 9 (WEISS e PIPPI, 2019, p. 279). Conforme descrito no Quadro 03 a seguir.

Quadro 03: Escala de importância do método AHP.

PESO	IMPORTÂNCIA
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que
2,4,6 e 8 valores intermediários	

Fonte: Weiss e Pippi, 2019, p. 279 adapt. de Saaty e Vargas, 1979.

É dentro desse contexto que o método AHP é considerado uma das técnicas mais utilizadas no mapeamento de matriz de vulnerabilidade de uma determinada área, sendo aplicado uma análise unificada do meio, expondo a área como um sistema complexo por inúmeros fatores que se inter-relacionam (MELO et al., 2011).

É importante ressaltar que o método AHP possibilita a realização das ponderações de variados critérios, que estão em processos de análises e tomadas de decisão, a partir dessa concepção, esse método contribui para a integração objetiva de dados indicadores (OLIVEIRA et al., 2009, p. 417).

Segundo Dias e Silva (2014), a utilização do método AHP para a análise espacial, apresenta-se grande êxito para tomada de decisões, mediante a classificação dos critérios da análise da paisagem, que são definidos na matriz de vulnerabilidade ambiental. Desta forma, foram selecionados diversos autores, que fizeram uso deste método em suas pesquisas, como Oliveira et al. (2009), Melo et al. (2011), Ribeiro et al. (2016), Weiss e Pippi (2019), Folharini et al. (2017), Silva et al. (2020), Santos e Nascimento (2020) e Silva et al. (2020), deste modo, a revisão sistemática referente ao método AHP se apresenta no Quadro 04 a seguir.

Quadro 04: Revisão do método de processo de hierarquia analítica (AHP).

Título do Artigo	Autores e Ano	Método	Processo de Hierarquia Analítica (AHP) - Resultados da pesquisa
Processo Analítico Hierárquico Aplicado a Vulnerabilidade Natural à Erosão	Oliveira *et al.* (2009)	Método de Analytic Hierarchy Process (AHP) e o método proposto por Crepani *et al.* (2001)	Os autores utilizaram o método de Analytic Hierarchy Process (AHP), para a matriz de vulnerabilidade natural à erosão (VNE) para bacias hidrográficas, onde tiveram como base o método proposto por Crepani et al. (2001), os critérios utilizados foram convertidos para a escala de 0 a 1 por meio de lógica Fuzzy. Em suas análises consideram a variável mais importante a vegetação e na atribuição dos pesos às variáveis corresponderam da seguinte forma, a vegetação 0.484; pedologia 0.296; geologia 0.149 e geomorfologia 0.071.
Utilização de Análise Multicriterial na elaboração de mapas de vulnerabilidade do estuário do Rio Formoso/PE	Melo *et al*. (2011)	Método de Analytic Hierarchy Process (AHP)	Este trabalho propôs a metodologia baseada no processo de decisão hierárquica (AHP) para identificar os níveis de vulnerabilidade natural e ambiental a que está sujeita a zona estuarina do Rio Formoso em Pernambuco. Desta forma utilizaram os seguintes critérios: geologia, geomorfologia, solo, vegetação e uso da terra. Para a análise da vulnerabilidade natural, o critério mais importante, verificado foi a unidade geoambiental, seguido da geologia, solo e vegetação. Correspondendo a UG a 0,36, geologia 0,34, solo 0,24 e vegetação 0,05. E para a vulnerabilidade ambiental, foi analisado que o critério considerado mais importante foi o uso da terra, e na atribuição dos pesos o uso correspondeu a 0,8333.
Vulnerabilidade à Perda de Solo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba: Contribuição Para Uma Proposta de Atribuição de Peso	Folharini *et al.* (2017)	Crepani *et al.* (2001)	A metodologia utilizada pelos autores foi a proposta por Crepani et al. (2001), onde foi considerada a incidência espacial das características ambientais; a partir disso, os critérios utilizados foram, formações geológicas, compartimentos do relevo, classes de solo, precipitação, declividade, modelo digital de terreno (MDT) e uso e cobertura. Portanto, cada característica ambiental, foi atribuído pesos que variaram de 0 a 1, desta forma, buscaram manter uma atribuição igualitária as variáveis, sendo as que correspondem às características ambientais receberam o peso de 0,14 e o maior peso atribuído foi ao uso e cobertura que recebeu 0,16.
Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico	Ribeiro *et al.* (2016)	Método de Analytic Hierarchy Process (AHP)	Os autores consideraram os componentes da paisagem: uso do solo, relevo, solo, geologia e clima, em ordem decrescente de importância, pelo Processo Analítico Hierárquico. Nessa perspectiva, após a classificação da vulnerabilidade dos componentes ambientais, foi feita a ponderação da importância relativa desses componentes utilizando uma matriz. Portanto, a cobertura do solo é o componente mais importante no controle da erosão hídrica, seguido pelo relevo, solo, geologia e clima. Mediante aos pesos de Importância calculados aos fatores, o uso do solo recebeu 0,4567, relevo 0,2390, solo 0,1602, geologia 0,0844 e clima 0,0597.

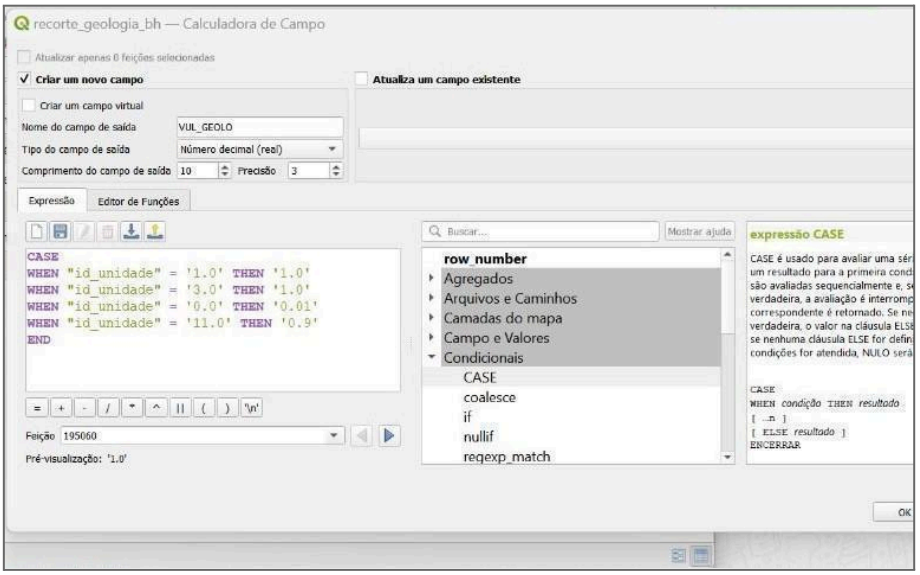
Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental	Weiss e Pippi (2019)	Uso de técnicas de sensoriamento remoto, SIG, geoprocessamentos e análise de decisão multicritério, além de serem aplicados álgebra de mapas e o método AHP	A proposta metodológica utilizada pelos autores para determinar o grau de vulnerabilidade, baseou-se no uso de técnicas de sensoriamento remoto, SIG, geoprocessamentos e análise de decisão multicritério. Portanto, a partir dos mapas de hipsometria, declividade, pedologia e uso do solo, as variáveis utilizadas, foram aplicados a operacionalização de álgebra de mapas e o método AHP. Seguindo os métodos utilizados pelos autores na atribuição de pesos das variáveis, foi considerada a mais importante o uso do solo, seguido pela declividade, pedologia e hipsométria. Correspondendo, o uso 0,5577, declividade 0,2787, pedologia 0,1216 e hipsometria 0,0420.
Análise da Suscetibilidade e Vulnerabilidade à Erosão Hídrica pelo Processo Analítico Hierárquico (AHP)	Santos e Nascimento (2020)	Utilizaram o Método de Analytic Hierarchy Process (AHP)	O principal procedimento empregado neste estudo foi o Processo Analítico Hierárquico (AHP), cujos critérios utilizados foram: erodibilidade, erosividade, hipsometria, declividade e cobertura do solo. De acordo com os autores, a partir do cálculo da matriz, geraram-se os pesos estatísticos de cada variável, que foram utilizados para a confecção do mapa de suscetibilidade erosiva. Desta forma, na atribuição dos pesos, verificou-se que a variável mais importante para matriz de vulnerabilidade é a declividade, seguido pela hipsometria, erodibilidade e erosividade. Correspondendo a declividade a 0,558, hipsometria 0,264, erodibilidade 0,122 e erosividade 0,057.
Análise da Vulnerabilidade Ambiental do município de São João da Ponta, Pará: O uso do Geoprocessamento na gestão de Unidades de Conservação	Silva *et al.* (2020)	Metodologias propostas por Ross (1994) e por Duarte e Carneiro (2017) e fizeram o uso do Método de Analytic Hierarchy Process (AHP)	A metodologia utilizada pelos autores, para mapear e evidenciar o grau de vulnerabilidade da área estudada, foram adotadas as metodologias propostas por Ross (1994) e por Duarte e Carneiro (2017). As variáveis utilizadas foram Altitude, Declividade, Geologia, Pedologia, Precipitação e Uso e Cobertura do solo, no qual foram atribuídos pesos para essas variáveis utilizando o método Analitic Hierarchy Process (AHP). Na atribuição de influência e pesos para as variáveis, considerou a variável mais importante o uso e cobertura do solo, para análise da vulnerabilidade ambiental, desta forma, correspondendo o uso a 39,1%, referente a matriz de vulnerabilidade ambiental, declividade 19,5%; pedologia 13,5%; cota altimétrica 12,2%; precipitação 8,3% e geologia 7,4%.

Organizado: QUEIROZ, D.A. 2023.

➢ **Ponderação das variáveis: Geologia, Declividade, Uso da Terra 2020, Solo e Erosividade**

Deste modo, utilizou o método operacional condicional CASE para a ponderação da variável da Geologia, referente a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos Figura 02; desta forma, com o resultado deste procedimento os Depósitos Aluvionares atribuiu-se o peso 1 e a Formação Içá atribuiu-se o peso 0,6.

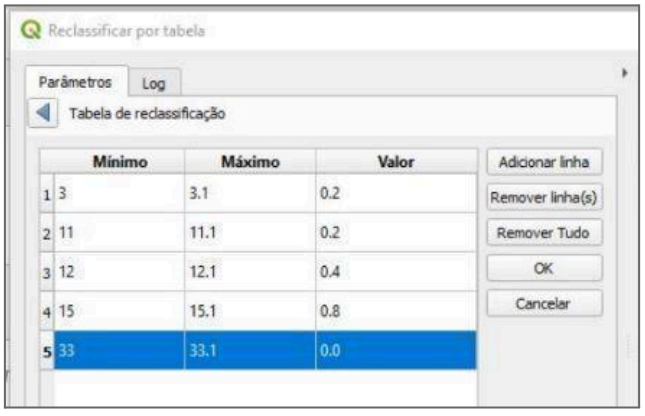
Figura 02: Operação Condicional CASE para a ponderação da variável Geologia.



Organização: Autora e Orientador, 2023.

Dessa maneira, para a variável Uso da Terra e Cobertura Vegetal 2020 e as demais variáveis, realizou-se o procedimento de Reclassificação por Tabela, após o uso desta técnica, foram constituídas as ponderações para as respectivas variáveis utilizadas neste estudo. (Figura 03).

Figura 03: Reclassificação por tabela da variável Uso da Terra e Cobertura Vegetal 2020.



Organização: Autora e Orientador, 2023.

Dessa maneira, foram realizadas as ponderações e análise do grau de vulnerabilidade de cada variável; deste modo, observou-se que quanto maior for o valor do peso equivalente a 1.00 maior será o grau de vulnerabilidade dessa variável, correspondendo a Muito Alta, visto que, são consideradas áreas instáveis prevalecendo a morfogênese. Conforme apresentado no Quadro 05 a seguir.

Quadro 05: Ponderação para as Variáveis.

Uso da Terra	**Ponderação**
Formação Florestal	0.2
Campo alagado e Área Pantanosa	0.2
Formação Campestre	0.4
Pastagem	0.8
Água	0.0
Declividade	
0 – 3%	0.1
3 – 8 %	0.2
8 – 20%	0.6
20 – 45%	0.8
45 – 53%	1.0
Pedologia	
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,67
Gleissolo Háplico	1
Plintossolo Argilúvico	1
Geologia	
Depósitos Aluvionares	1
Formação Içá	0,6
Erosividade	
9800,64 MJ mm ha-¹ h -¹ ano-¹	0,8

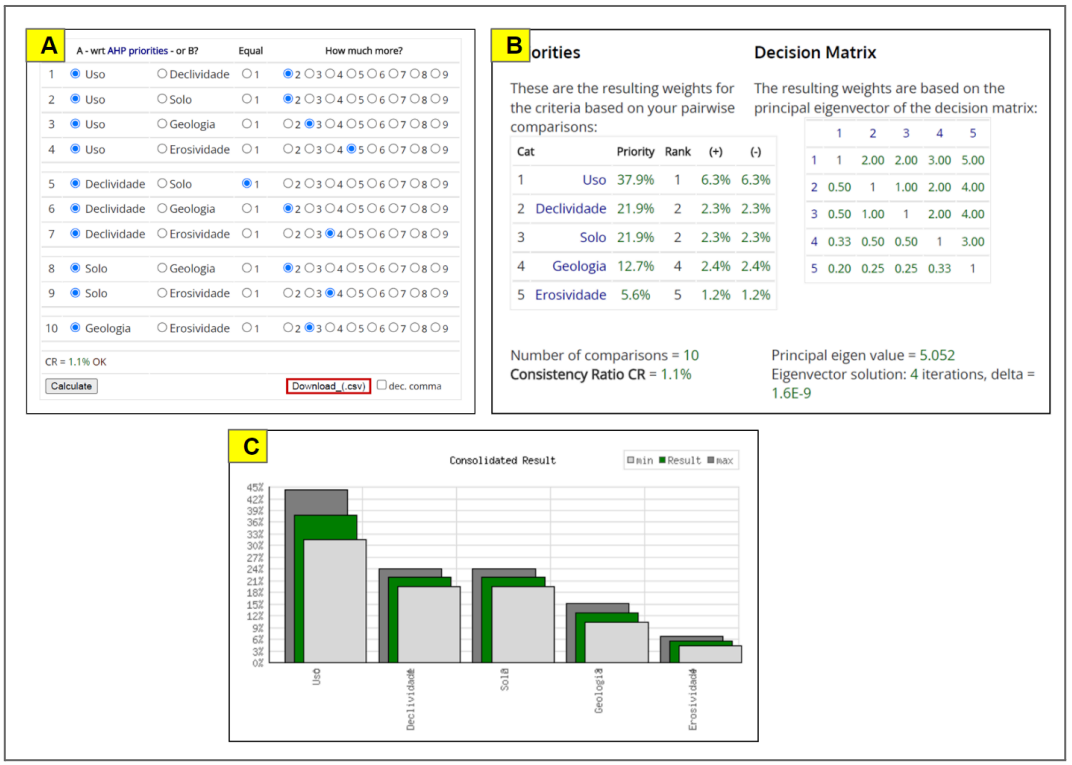
Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

➢ **Aplicação do método AHP na cena da vulnerabilidade à perda de solos**

A partir disso se fez o uso do método AHP para a hierarquização das variáveis, observa-se que para análise espacial, esse método apresentou eficácia nas tomadas de decisões. Com base nesta discussão, o método AHP é uma técnica de análise utilizada para ponderar a importância de cada componente da paisagem (RIBEIRO et al., 2016).

Desse modo, foram atribuídos pesos para cada variável utilizando a calculadora de prioridade AHP e no teste final o índice de consistência RC apresentou a porcentagem de 1.1% a partir disso, foram gerados os pesos para as variáveis com base nas comparações pareadas; deste modo, os critérios de prioridade receberam as seguintes porcentagens Uso 37.9%, Declividade 21.9%, Solo 21.9%, Geologia 12.7% e Erosividade 5.6%. (Figura 04).

Figura 04 : Teste na Calculadora de Prioridade AHP.



Fonte: Calculadora de prioridade AHP, 2023. Figura 04: (A) Teste AHP, (B) Ordem de importância das variáveis, (C) Gráfico da ordem de importância. Organização: Autora e Orientador, 2023.

Deste modo, após o teste de consistência do grau de importância das variáveis na calculadora AHP, foram definidos os valores aproximados, que foram aplicados nas respectivas variáveis do Quadro 06.

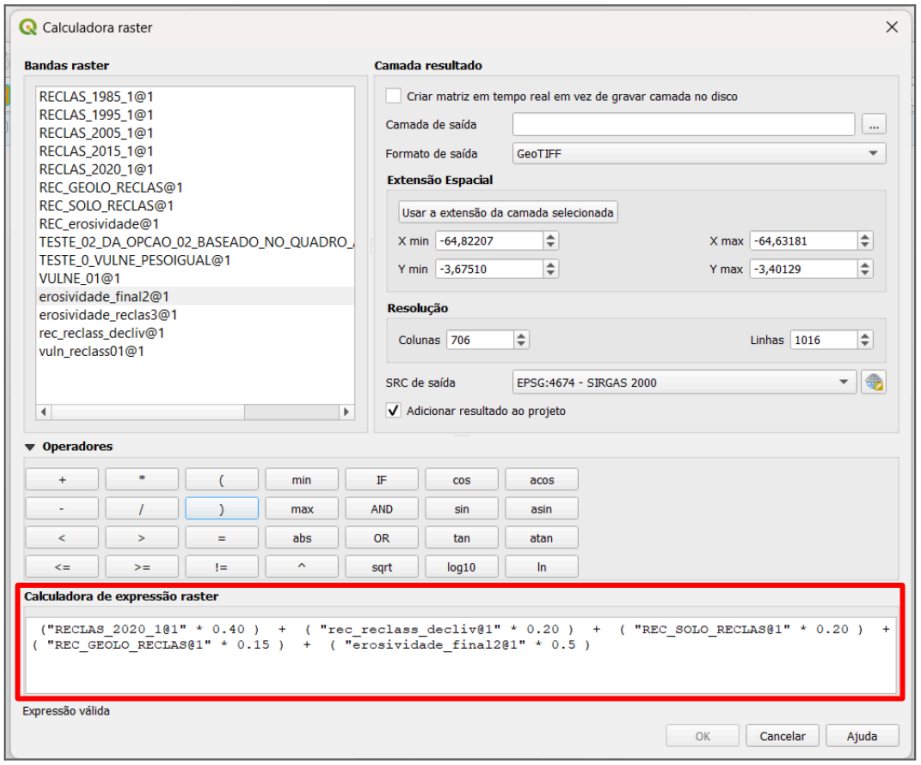
Quadro 06: Valor das variáveis da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.

Variáveis	Valor em (%)
Uso da Terra 2020	40%
Declividade do Terreno	20%
Solo	20%
Geologia	15%
Erosividade das chuvas	5%

Organização: Autora e Orientador, 2023.

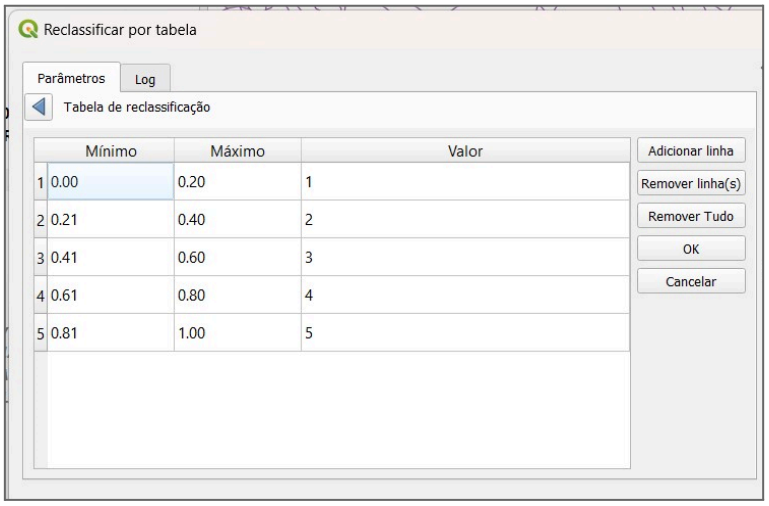
E com as cenas das variáveis ponderadas, elas foram unidas na Calculadora Raster (figura 05), com a expressão matemática (média ponderada), assim as particularidades dos dados rasters tornaram-se um só, gerando a cena da vulnerabilidade à perda de solos, cena esta que foi ponderada na Reclassificação por tabela (figura 06), utilizando a ponderação em relação aos graus de vulnerabilidades de 0 a 1 (do menor a mais vulnerável), agrupados assim os pixels da cena da vulnerabilidade à perda de solos.

Figura 05: Cálculo da união das cenas gerando a cena de vulnerabilidade da BHIA.



Organização: Autora e Orientador, 2023.

Figura 06: Ponderação da cena da vulnerabilidade à perda de solos.



Organização: Autora e Orientador, 2023.

Após a ponderação da cena da vulnerabilidade à perda de solos, a mesma foi aplicada e observada, utilizando a Tabela 03 que apresenta a média atribuída e identificação com base no grau de vulnerabilidade. A partir disso, os valores são apresentados de 0.00 a 1.00 verifica-se que os valores que correspondem maiores estabilidades são de 0.0 a 0.20 classificados como muito baixa e 0.21 a 0.40 como baixa, e as classes intermediárias segue os valores de 0.41 a 0.60 classificadas como moderada, as classes que apresentam maiores instabilidades na paisagem, receberam os valores de 0.61 a 0.80 como alta e 0.81 a 1.00 como muito alta, considerando que esses valores apresentam maior grau de vulnerabilidade.

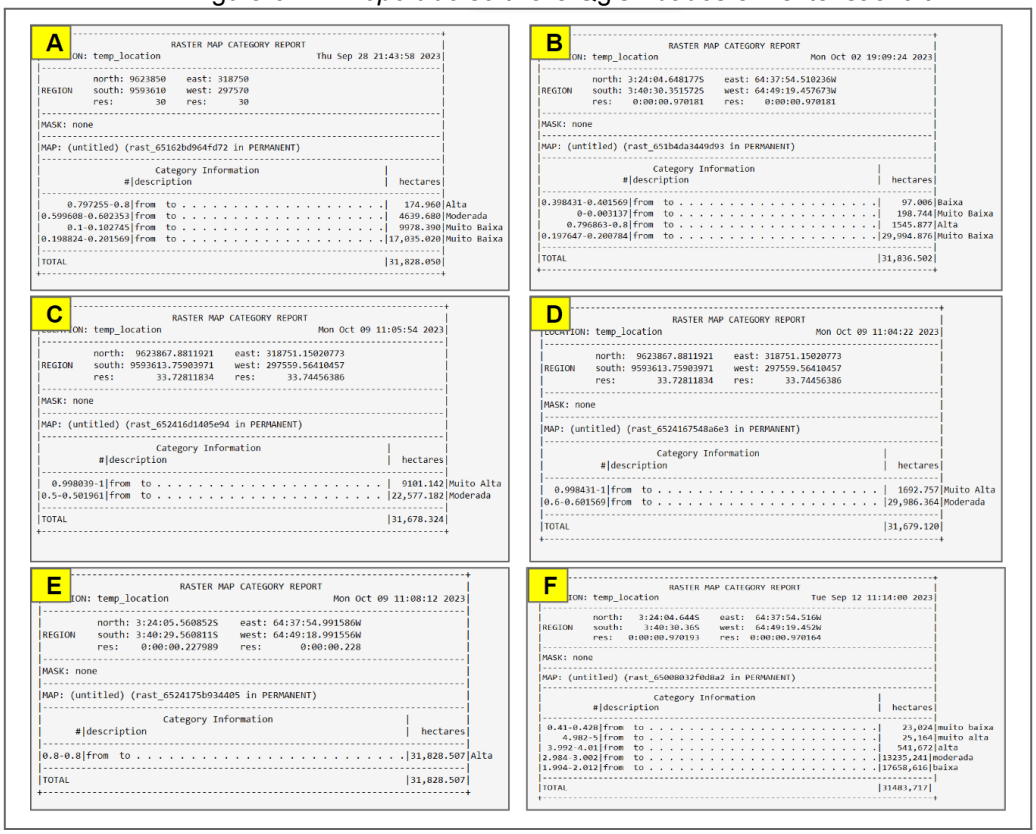
Tabela 03: Média atribuída e identificação com base no grau de vulnerabilidade.

Valores de vulnerabilidade			Grau de vulnerabilidade
VULNERABILIDADE ↑	0.0 – 0.20	ESTABILIDADE ↑	Muito Baixa
	0.21 – 0.40		Baixa
	0.41 – 0.60		Moderada
	0.61 – 0.80		Alta
↓	0.81 – 1.00		Muito Alta

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

Mediante o exposto, foi verificado por meio do procedimento R.Report do software Qgis 3.28 os dados em extensão txt, possibilitou a identificação e classificação do grau de vulnerabilidade, Muito baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta das variáveis ponderadas. (Figura 07).

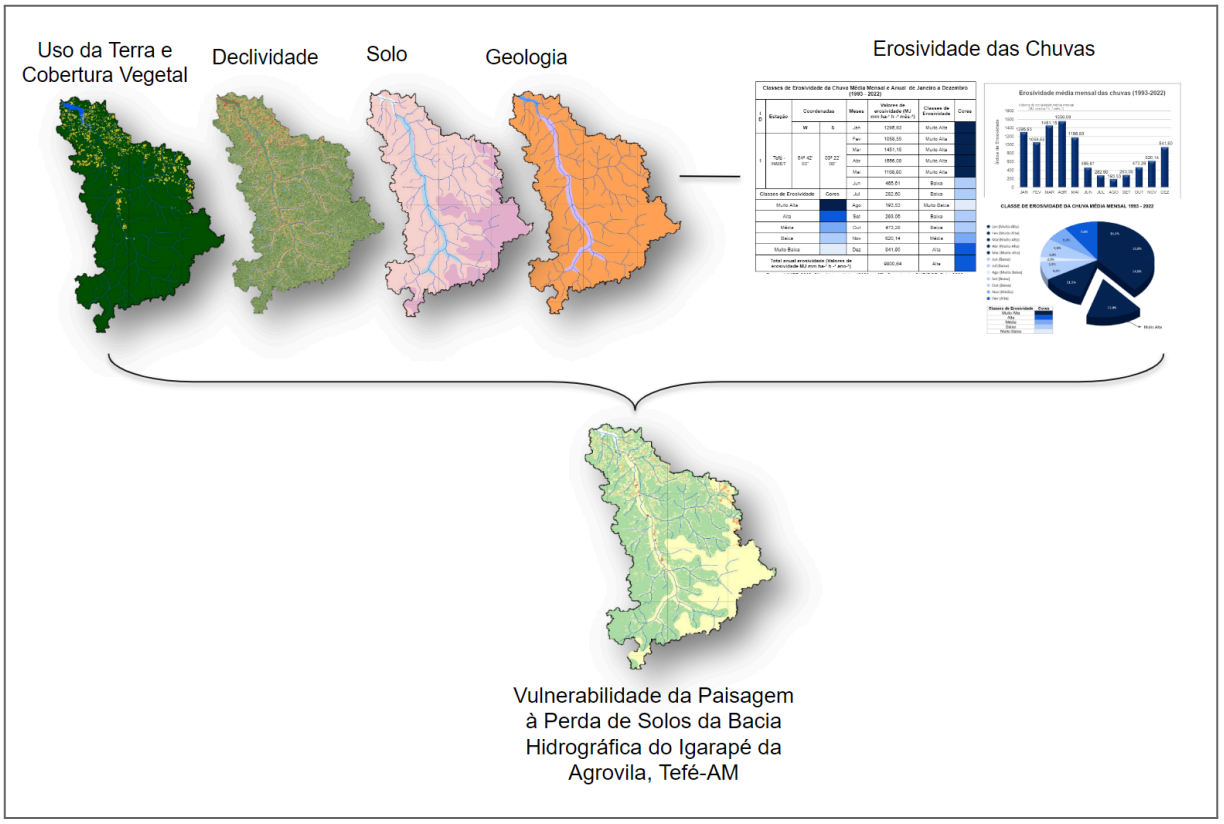
Figura 07: *R.Report* do software Qgis - dados em extensão txt.



Fonte: R.Report do software QGIS 3.28, 2023. Figura 07: (A) Declividade, (B) Uso da Terra, (C) Solo, (D) Geologia, (E) Erosividade e (F) Vulnerabilidade à Perda de Solos. Organização: Autora e Orientador, 2023.

Visto que estes procedimentos metodológicos partiram de dados vetoriais convertidos para dados matriciais, trabalhados no Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a aplicação da Calculadora AHP, para a classificação do grau de importância das variáveis, e depois a utilização da Calculadora Raster no software Qgis, unindo por meio da (média ponderada) as cenas, gerando a cena final de Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos (Figura 08), explanado no Capítulo III - Resultados e discussões, na qual essa identificação possibilita melhor compreensão dos graus de vulnerabilidades presentes na bacia hidrográfica.

Figura 08: Representação do processamento para a elaboração do mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos.



Organização: QUEIROZ, D.A. 2023.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA CONCEITUAL

Neste capítulo são apresentadas e discutidas as análises os conceitos e definições, acerca das principais considerações da fundamentação teórica conceitual consultadas na literatura, para a melhor compreensão deste estudo referente a Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.

5.1. Paisagem e análise ambiental

De uma abordagem clássica, a paisagem é descrita desde meados do século XVIII, visando a fisionomia de um espaço através da expressão do visível, essas análises deram início com as grandes viagens e expedições, que colaboraram para o primeiro estudo da categoria paisagem (SALGUEIRO, 2001).

Nessa perspectiva, na Alemanha no século XVIII de acordo com as análises realizadas por Alexander Von Humboldt, referiu-se à concepção de paisagem no meio científico, a partir das observações da cobertura vegetal, caracterizando um espaço e as diferenças paisagísticas da vegetação de cada lugar, o qual seria aplicado um método simultaneamente explicativo e comparativo da paisagem (MAXIMIANO, 2004).

Dessa forma, Vitte (2007), enfatiza que os trabalhos de Goethe e de Von Humboldt evidenciaram a existência de uma ordem natural dos fenômenos; e com base nessa discussão a natureza surge de forma caracterizada na superfície terrestre, onde cada elemento e sujeito se interage entre si.

É importante compreender que a paisagem ocorre através da interação dinâmica, porém instável entre os elementos físicos, biológicos e antrópicos, se interagindo dialeticamente uns sobre os outros; diante disso, para o autor a paisagem é um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p.141).

Diante desse contexto, a paisagem é a interação entre os elementos de origem natural e humana, trata-se, portanto, que esses elementos interagem e se organizam de forma dinâmica através do tempo-espaço (MAXIMIANO, 2004). Neste viés, em termos metodológicos é necessário observar a natureza e a paisagem, através de um estudo das

formas individuais, para compreender o princípio geral desses sistemas (GOETHE, 1963, apud VITTE, 2008, p. 114).

Para Ross (2021), as sociedades humanas não devem ser consideradas como elementos desconhecidos para a natureza, nem aos sistemas ambientais que se relacionam, devem ser classificados como agentes ativos do processo, o qual são fundamentais na dinâmica complexa, onde o sistema funciona como um todo.

De acordo com Schier (2003), para se compreender a paisagem é necessário considerar o seu contexto histórico, social e geográfico, incluindo os processos naturais e humanos, tendo em vista, que todos esses elementos são interligados e estruturam a paisagem como um todo.

Nesse sentido, a paisagem recebeu diversas formas e métodos de pesquisa, sendo conceituada por uma visão científica; à vista disso, no ramo dos estudos geográficos voltados à geografia física, a paisagem tornou-se uns dos mais antigos métodos de estudos do meio natural (MENDONÇA, 2001).

A partir dessa concepção, o conhecimento geográfico sempre busca em seus estudos compreender a relação entre sociedade e natureza, a partir das transformações ocorridas no espaço e tempo; de acordo com o autor, o estudo da paisagem vem sendo alvo de debates e discussões, para compreender as relações sociais e naturais de um espaço (SCHIER, 2003).

Segundo Salgueiro (2001), anteriormente, os estudos sobre a compreensão da paisagem eram realizados apenas com a descrição do ambiente, tendo em vista que conforme o homem apropria-se da natureza as transformações na sociedade são inseridas; com base nesta discussão, as paisagens culturais diante das paisagens naturais, têm uma ligação mútua entre esses elementos; desta forma, as ações antrópicas são os principais agentes transformadores desses espaços; assim diversos autores abordam em suas obras, que não existe paisagem verdadeiramente natural sem as interferências humanas, entende-se que existam apenas naturezas humanizadas.

Mendonça (2001) ressalta que:

> A paisagem, dentro da noção desenvolvida sobretudo pelos alemães (*landschaft*) não é entendida somente como meio natural ou os aspectos físicos do planeta, mas também incorpora o homem através de suas ações ao seu conjunto de elementos; compõe, assim a chamada “paisagem natural” e a “paisagem humanizada” (MENDONÇA, 2001, p. 47).

Nesse sentido, a característica de paisagem natural é inexistente, o autor enfatiza que se acaso o ambiente não é fisicamente tocado pela força do homem, ele, todavia, é objeto de preocupações e de intenções econômicas ou políticas, isto significa que na atualidade a paisagem se situa na área de interesse da história, se agregando de forma social (SANTOS, 1988, p. 23).

Para Vitte (2007), a discussão sobre a categoria paisagem, refere-se ao modo de institucionalização da geografia, e a partir desses fatores, essa ciência busca a compreensão da superfície terrestre, ligados aos aspectos físicos e humanos que compõem esse sistema, além de compreender o modo de apropriação da natureza e como a sociedade se produz/reproduz, transformando esses espaços em ambientes antropizados.

Diante dos resultados das ações humanas e as suas diversas formas de uso e ocupação dos espaços, contribuem para o desenvolvimento da sociedade, por meio das demandas impostas pela produção e consumo dos sujeitos; todavia, a relação homem-natureza através do tempo e espaço, ocasionaram mudanças significativas na paisagem, onde os resultados dessas interações, são atreladas ao uso excessivo dos recursos naturais, que afetam os limites físicos-naturais do meio ambiente; tendo em vista que, esse processo acarreta graves impactos no equilíbrio dinâmico da natureza, além de afetar as populações que se encontram em estado de vulnerabilidade social (ACSELRAD, 2006).

De acordo com Zanella et al. (2013), às diversas formas de produção do espaço geográfico, produz uma forte influência na alteração dos espaços naturais, ocasionando em muitos casos a vulnerabilidade dos grupos sociais e aos sistemas naturais, afetando o equilíbrio dinâmico entre homem e natureza.

Para Folharini et al. (2017) as modificações na paisagem resultantes das ações antrópicas, faz com que o processo de vulnerabilidade ambiental se intensifique; a partir disso, as análises e definições associadas à vulnerabilidade ambiental, deve-se considerar as suas propriedades físicas, o fator histórico de formação e ocupação, relacionados às transformações do ambiente.

Desta forma, os espaços naturais estão em constante transição, todos esses fatores ocorrem devido às influências do homem sobre o meio ambiente e o resultado dessa relação é o uso dos territórios e apropriação dos recursos naturais de forma inadequada (SANTOS et al., 2018).

A partir dessa discussão, é necessário analisar as constantes interferências dos agentes antropogênicos modificadores desses espaços, que corroboram para inúmeras alterações no funcionamento e estrutura das paisagens (FOLHARINI et al., 2017).

Assim, percebe-se que os processos de apropriação dos recursos naturais podem levar à vulnerabilidade ambiental; esse processo é devido ao uso inadequado da terra, sem respeitar os limites físico-naturais do ambiente. Nessa perspectiva, a pesquisa ambiental tem por intuito analisar as sociedades humanas, os meios de produção/consumo, padrões socioculturais e a forma como esses recursos naturais são apropriados e utilizados pela sociedade humanas (ROSS, 2021).

Partindo desse pressuposto destaca-se que no Brasil as discussões sobre a questão ambiental e principalmente aos temas vinculados aos recursos hídricos, apontam uma notável importância das práticas de políticas de conservação ou a apropriação nacional desse recurso (QUEIROZ, 2010, p. 14).

Portanto, as modificações na paisagem resultantes das ações antrópicas, faz com que o processo de vulnerabilidade ambiental se intensifique, desta forma os estudos referentes à vulnerabilidade das paisagens, em parcerias com as ferramentas geotecnológicas e geoprocessamento, são relevantes para as tomadas de decisão, referente ao zoneamento ambiental das paisagens, contribuindo para o planejamento e gerenciamento ambiental dessas áreas (LEAL et al., 2019).

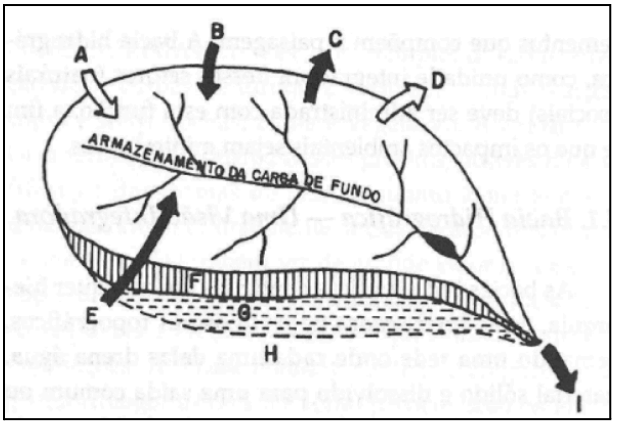
5.2. Bacias Hidrográficas Como Unidade Geoespacial

A bacia hidrográfica é considerada um espaço geográfico delimitado, associado a várias informações hidrológicas e geomorfológicas de um ambiente natural ou antropizado. Com base nessa discussão, as bacias hidrográficas são consideradas sistemas integrados, que por sua vez, são associados a vários elementos de um determinado espaço ligados aos aspectos sociais, econômicos e físicos (COCHEV et al., 2018).

Para Silva e Schulz et al. (2003, p. 93), a bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. É importante destacar que às bacias hidrográficas ou de drenagem, correspondem a área da superfície terrestre que é drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos

divisores de água (BOTELHO, 2014, p. 269). Em outras palavras, as bacias de drenagem são consideradas sistemas abertos, onde os elementos que compõem esse sistema se interligam, e nesse sistema ocorre a entrada e saída de energia. Conforme se apresenta na (Figura 09).

Figura 09: Representação esquemática de uma bacia hidrográfica.



Fonte: GUERRA e CUNHA (1995).

Desta forma, a figura 09 ilustra a bacia de drenagem, os fluxos e transformações de energia e sedimentos, (A) representa a energia radiante, (B) precipitação, (C) evapotranspiração, (D) energia latente, (E) material intemperizado, (F) armazenamento de umidade de solo, (G) armazenamento de água subterrânea, (H) material fonte, e (I) descarga, transporte de sedimentos em suspensão, dissolvido e de fundo.

Diante desta discussão, Christofoletti (1980) ressalta que a drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que compõem a bacia de drenagem, sendo definida como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. Nessa perspectiva, os autores Cunha e Guerra (2017), ressaltam que as bacias hidrográficas possuem um papel fundamental na estruturação do relevo, visto que os fluxos de água modelam a paisagem terrestre.

Sob essa ótica, “a bacia hidrográfica é uma unidade fundamental da paisagem, onde os elementos físicos e sociais interagem para organizar o espaço geográfico” (MENDONÇA, 1993, apud FORTES, 2010, p. 200).

Para os autores Silva e Schulz et al. (2003), em conformidade com os aspectos naturais das bacias hidrográficas, tornou-se uma importante unidade espacial, sendo utilizada para gerenciamento das práticas de uso e conservação dos

recursos naturais, mediante as alterações nos ambientes naturais e devido ao crescimento desordenado das sociedades populacionais.

Para Serrano (2009), as bacias hidrográficas são caracterizadas por suas diversas formas de uso e ocupação do solo, o qual na maioria dos casos essas práticas são realizadas de formas intensas e desordenadas, afetando os solos e os recursos hídricos, alterando o ciclo hidrológico desses ambientes.

É importante salientar que as bacias hidrográficas brasileiras sofrem diversas pressões em seu ambiente, atreladas ao crescimento de áreas urbanas e agrícolas; desta forma, as consequência desse desenvolvimento na superfície das bacias hidrográficas é vinculada ao uso e ocupação de terra de formas inadequadas, que associados ao regime hidrológico e sedimentológico desses espaços, contribuem para o surgimento do processo de degradação do solo, acarretando na vulnerabilidade desses ambientes (PEREIRA, 2015).

Segundo Nascimento (2011), às análises ambientais dos recursos hídricos, são compreendidos apenas como recurso natural a serem explorados para o uso humano, no entanto, verifica-se o aumento nos índices de degradação que afetam de formas nocivas a segurança hídrica de diversas bacias hidrográficas.

A partir disso, considerando as alterações sucedidas no interior das bacias de drenagem são muitas das vezes oriundas de eventos inteiramente naturais, todavia, nas últimas décadas as interferências humanas têm contribuído no aceleramento dos processos modificadores, acarretando no desequilíbrio desses espaços, em consequência à alta susceptibilidade à erosão, que certas paisagens possivelmente podem apresentar (ALBUQUERQUE, 2010, p. 25)

Nesse sentido, a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem são utilizadas como recorte espacial para vários estudos realizados nos últimos tempos, sobre o tema recursos hídricos o qual a bacia hidrográfica é considerada como unidade de análise e planejamento ambiental.

Para Botelho e Silva (2004), a partir da década de 1990 houve avanços significativos nas análises das bacias hidrográficas como unidades de análises e planejamento ambiental e entre outras variáveis que compõem esse sistema.

Cunha (1998) ressalta que:

> [...] Atualmente, no Brasil, importantes esforços estão sendo realizados para a organização e gestão do setor, visando o desenvolvimento de uma política de recursos hídricos auto-sustentáveis. Esse gerenciamento deve levar em conta os usos múltiplos da água e a desigual distribuição dos recursos hídricos no espaço brasileiro e no tempo. (CUNHA, 1998, p. 260).

Neste contexto, as bacias hidrográficas vêm se tornando mais abordadas e discutidas como unidade de gestão da paisagem em áreas de planejamento ambiental, isto significa que nesse sistema pode-se realizar avaliações desses espaços de forma integrada.

Segundo Fortes (2010), no momento atual no Brasil o gerenciamento ambiental nas bacias hidrográficas torna-se de total importância, devido às transformações nos ambientes físicos ocasionados pelos efeitos da degradação.

No Brasil, foi criada a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que institui a bacia hidrográfica, considerada como uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo em vista que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Botelho e Silva (2004) consideram que:

> O objetivo da gestão é preservar e recuperar os recursos hídricos. Esta gestão é feita por um conjunto de órgãos e instituições, que assumem, cada um, responsabilidades e funções, entre as quais: coordenar, arbitrar os conflitos, implementar a política, planejar, regular, controlar o uso, preservar e recuperar os recursos hídricos. (BOTELHO; SILVA, 2004, p. 184).

Nesse sentido, o autor corrobora que a integração dos aspectos físicos do ambiente natural é um importante mecanismo, que possibilita um melhor planejamento e gestão territorial por parte do poder público para uso e ocupação da paisagem (NICOLAU, 2018, p. 285).

Considerando que na construção das sociedades os recursos hídricos desempenham um papel fundamental nos fatores econômicos e ambientais. Nesse sentido, no desenvolvimento socioeconômico-ambiental, verifica-se que o planejamento e a gestão de recursos hídricos, propõe-se a serem abordados e discutidos (LACERDA; CÂNDIDO, 2013).

Em vista disso, deve haver um planejamento para o uso dos recursos hídricos, tendo em vista, sustentabilidade o qual envolve diversos elementos que fazem parte desse sistema, visando as limitações e suas atividades. Por essa razão, através da análise das bacias hidrográficas devem se buscar sempre a melhoria da qualidade de vida e ambiental dos ecossistemas (LACERDA; CÂNDIDO, 2013).

Dessa forma, as bacias de drenagem ou bacias hidrográficas são abordadas em diversos trabalhos clássicos como de Christofoletti (1980), Cunha e Guerra

(1995), Cunha (1998), Pires; Santos e De Prette (2002), Silva; Schulz e Camargo (2003), Botelho e Silva (2004), Schiavetti e Camargo (2002). Esses conceitos são apresentados no Quadro 07 a seguir.

Quadro 07: Diferentes conceituações de bacias hidrográficas encontradas na literatura.

CONCEITOS E ASPECTOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS		
Título da Pesquisa	**Autores/Ano**	**Noções sobre Bacias Hidrográficas**
Geomorfologia	Christofoletti (1980, p.102)	“A drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a *bacia de drenagem*, definida como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devido à evapotranspiração e à infiltração”.
Geomorfologia do Brasil.	Cunha e Guerra (2017., p.353)	"As bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano".
Bacias e divisões hidrográficas do Brasil	IBGE (2021, p. 07)	“A superfície terrestre que capta a água da chuva e sobre a qual a água escoa, formando rios e córregos que drenam para uma saída comum, em um ponto mais baixo do relevo, chama-se bacia hidrográfica”.
A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais	Pires; Santos e De Prette (2002, p.17)	A Bacia hidrográfica conceitua-se como “conjunto de terras drenadas por um corpo d’água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes”.
Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas	Silva; Schulz e Camargo (2003, p. 93)	É “uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”.
Bacia hidrográfica e qualidade ambiental	Botelho e Silva (2004, p. 155)	"A bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambientais. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem.
Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física.	LENCASTRE; FRANCO (1984) *Apud* REBELLO (2010, p.11).	"A princípio, bacia hidrográfica pode ser definida como uma área topograficamente drenada por um curso de água, ou por um sistema interligado de cursos de água, de tal forma que todos os caudais efluentes sejam descarregados através de uma única saída, a seção de referência da bacia".

Elaboração: QUEIROZ, D.A.; 2022.

Quadro 08: Diferentes definições de bacias hidrográficas na Amazônia brasileira.

CONCEITOS E ASPECTOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA		
Título da Pesquisa	**Autores/Ano**	**Noções sobre Bacias Hidrográficas**
Análise geoecológica da paisagem de várzea na Amazônia Central: um estudo estrutural e funcional no Paraná de Parintins-AM.	Albuquerque (2010, 2012)	Refere-se às bacias hidrográficas como células de planejamento ambiental, além de destacar a importância da utilização e aplicação desta unidade, associando a três parâmetros de análise como os “aspectos físicos, as formas de uso múltiplo dos recursos hídricos e os critérios legais”. Esses parâmetros têm o intuito de estabelecer gestão e controle ambiental, de acordo com as formas de uso e conservação dos recursos.
Bacia Hidrográfica: Unidade de Planejamento Ambiental	Albuquerque (2012, p. 82)	Acentuou que a “bacia de drenagem constitui uma unidade funcional importantíssima para o ciclo da água no planeta, por ser um espaço integrador privilegiado do balanço hídrico mundial, devido à capacidade de captar e drenar o maior volume de água doce para o oceano”.
Relatório de Situação Bacia Hidrográfica do Tarumã - Açu: Transformações Antrópicas e Qualidade de Água	Costa (2020, p. 11)	Considerou a bacia hidrográfica como “unidade de referência para o planejamento e gestão das águas". Neste espaço geográfico, estabelecem-se relações socioeconômicas e ambientais particulares e interdependentes. Isso facilita a participação social no estabelecimento de prioridades, metas, estratégias e ações de enfrentamento dos problemas e conflitos existentes”.
Caracterização dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do Espírito Santo/Coari (AM) no período de 1990 a 2010.	Oliveira (2012, p. 08)	As bacias hidrográficas são utilizadas como uma unidade espacial, este conceito é atrelado ao planejamento ambiental, que inter-relaciona com as características físicas do ambiente, associadas aos fatores econômicos e sociais. Neste ponto, ressalta a importância de compreender a temática socioambiental no sistema hidrográfico das Bacias, por essas razões os impactos nas BH são acelerados ou induzidos pelas ações humanas, visto que essa problemática está cada vez mais frequente.
Os desafios na gestão dos recursos hídricos e os comitês de bacias hidrográficas no Estado do Amazonas	Quadros (2015, p. 23)	Ressalta os Comitês de Bacia Hidrográfica e o desafio da implementação das suas atribuições legais. Considerando enquanto instrumentos fundamentais para a gestão dos recursos hídricos, venham a cumprir com as suas atribuições legais no Estado do Amazonas, visando a construção de proposições a partir das dificuldades encontradas na implementação das suas gestões.
Processo de ocupação na bacia hidrográfica da comunidade Boa União (Presidente Figueiredo-AM): uso da terra e conflitos ambientais.	Wachholz (2017, p.7851)	As bacias hidrográficas são consideradas, como uma unidade natural, onde é possível realizar estudos das relações existentes entre os elementos da paisagem, relevo, hidrografia, clima e vegetação e seus processos. Nesse contexto, significa que a delimitação de uma bacia de drenagem é considerada importante, para o planejamento do uso do solo. Portanto, diante desses fatores é possível analisar ações negativas, que podem ser inseridas em uma BH como a degradação ambiental, poluição e contaminação dos corpos hídricos que influenciam na qualidade da água e entre outras variáveis que podem alterar esse sistema.

Elaboração: QUEIROZ, D.A.; 2022.

A partir dessa concepção, a temática das bacias hidrográficas na Amazônia brasileira, são discutidas por diversos autores, como Albuquerque (2010, 2012), Albuquerque (2012), Costa (2020), Oliveira (2012), Quadros (2015) e Wachholz (2017), conforme foram apresentados no Quadro 08, onde desenvolvem em suas linhas de pesquisas e análises, discussões sobre esse conceito, sobretudo ao planejamento ambiental, gestão dos recursos hídricos e as formas de uso e a preservação do meio ambiente.

5.3. Geotecnologia Como Ferramenta Para Análise Ambiental

As geotecnologias são consideradas novas tecnologias ligadas à geociência, é relacionada primordialmente aos avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, nas ações de planejamentos, no processo de gestão e manejo; a partir disso, esses aspectos estão intrinsecamente relacionados no estruturamento do espaço geográfico (FITZ, 2008, p. 11).

A partir da relação do meio científico, aos avanços tecnológicos, aprimoramentos de novas técnicas e ferramentas, têm contribuído para a análise na dinâmica ambiental; entende-se que no decorrer das décadas, houve um grande progresso no campo das geotecnologias, onde vários trabalhos que anteriormente eram executados de forma manual, atualmente com o uso dessas novas ferramentas tecnológicas, são realizados com apoio de software e hardwares, sendo assim, diversas pesquisas voltadas para execução de mapeamento de diversas áreas da ciência fazem o uso dessas tecnologias (CREPANI et al., 2001).

Bolfe et al. (2011) ressalta que:

> As aplicações e a utilização dessa tecnologia tendem a crescer nas mais diversas nações, principalmente pela gama de atividades em que intuitivamente percebe-se em seus fundamentos e aplicações, as quais subsidiam a melhor compreensão do espaço geográfico.

Desta maneira, com os avanços tecnológicos ocorridos no século 20, diversos benefícios para à ciência geográfica e as demais ciências, foram desenvolvidos e com as transformações na sociedade e o desenvolvimento da globalização, abriram-se portas para um leque de técnicas e ferramentas, que facilitaram a compreensão da construção do espaço geograficamente produzido, desta forma, as geotecnologias são de grande importância para os estudos e pesquisas no campo da Geografia.

Desta maneira, a forma como o espaço geográfico é organizado e estruturado pela sociedade através do tempo/espaço, tornou-se um campo de interesse do geógrafo como pesquisador; tendo em vista que, os geógrafos têm por objetivo compreender a relação entre sociedade e natureza atribuídas pelas ações dos agentes sociais nesses espaços antropizados (FITZ, 2008).

Para Fitz (2008), a geografia preocupa-se em compreender a relação homem-natureza, analisando esse espaço geograficamente construído, ou seja, essas tecnologias servem como uma ferramenta de apoio, para compreender esses espaços alterados. Com base nesse pensamento, sobre as mudanças que são constituídas pela sociedade e seu modo de organização.

Ferreira (2001) afirma que:

> As transformações na sociedade levaram a mudanças e especializações da ciência. A complexibilidade das relações estabelecidas pelo homem e suas diferentes formas de ação sobre o espaço geraram uma busca de respostas, que não poderiam ser genéricas, mas próprias a cada campo de interesse científico. (FERREIRA, 2001, p. 40).

Assim, devido às demandas dos geógrafos pela busca da compreensão do espaço geográfico, o uso dessas técnicas e ferramentas resultado do aprimoramento das geotecnologias são de uso primordial, pois possibilita no apoio no desenvolvimento de soluções e compreensão mediante as necessidades da sociedade (BREUNIG *et al.*, 2019).

Diante disso, as geotecnologias exercem um papel importante como mediador entre a academia e a população, assim como desenvolvimento de novos modelos, além de métodos e técnicas de análise e representação, servindo como ferramentas interdisciplinares (BREUNIG *et al*., 2019, p. 196).

Para Rosa (2011), as geotecnologias são um conjunto de instrumentos tecnológicos utilizados para coleta, processamentos, análise e disponibilização de informações com coordenadas geográficas. Assim, utiliza-se essas tecnologias para representações cartográficas e localização geográfica de objetos e fenômenos.

Desta forma, as geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões (ROSA, 2005, p. 81).

Segundo Breunig *et al.* (2019) salienta que:

> As geotecnologias dispõem de ferramentas e demais recursos efetivos para a integração de dados de diferentes esferas do conhecimento, fato intrínseco à atuação do geógrafo (BREUNIG et al., 2019, p.187).

Para Conceição (2021), as geotecnologias são consideradas ferramentas que servem para atingir determinadas metas, associado aos avanços das pesquisas desenvolvidas, além das ações, planejamentos, técnicas de gestão e manejo o qual envolvem a construção do espaço geográfico, entende-se que, as geotecnologias são as novas tecnologias no campo das geociências e das demais ciências relacionadas.

Em vista dos argumentos apresentados, o uso das Geotecnologias tornara-se essenciais para as análises ambientais e demais pesquisas no campo das ciências, proporcionando um melhor entendimento no planejamento e gestão de territórios. Portanto, diversificados programas computacionais e ferramentas foram desenvolvidos para facilitar a compreensão de determinados fenômenos.

Para Fitz (2008) ressalta que:

> É importante ser destacada a estreita ligação entre as geotecnologias e as concepções científicas relacionadas à ciência geográfica. Tal condição vai direcionar entendimentos dos processos, procedimentos, análises etc. vinculados ao SIG e às técnicas do geoprocessamento (FITZ, 2008, p. 13).

Diante do exposto, o Sistemas de Informação Geográfica SIGs são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, os dados obtidos por esse sistema retratam os objetos e fenômenos, tendo em vista que, a localização geográfica é essencial para coleta de informação e compreensão dos aspectos físicos de determinadas áreas analisadas (CÂMARA; MEDEIROS, 1997).

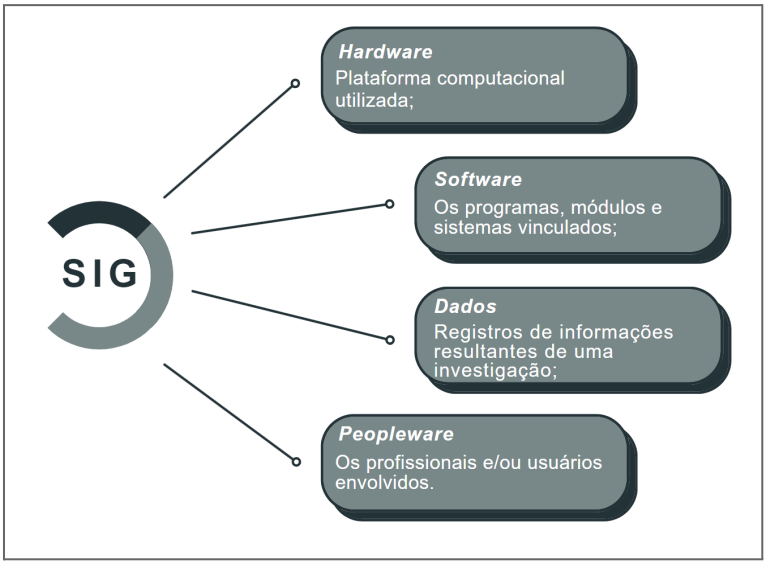
A partir disso, o SIG é um conjunto de ferramentas computacionais, ligados por equipamentos e programas, que mediante a técnicas e a integração de dados, e juntamente com o apoio de pessoas e organizações, possibilitar a contribuição, acumulação, processamento, a análise, a modelagem a simulação e a disponibilização de informações georreferenciadas; tendo em vista, que esse sistema possibilita diferentes estratégias, além de uma maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas, voltadas ao controle, planejamento e a tomada de decisão pertinentes à compreensão do espaço geográfico (ROSA, 2011, p. 277).

Para Fitz (2008), o SIG é constituído pelos seguintes componentes que compõem sua estrutura: o hardware, software, dados e peopleware (Figura 10). Neste viés, o autor destaca as diversas funções associadas ao SIG tais como a aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica

de dados e representação de dados, sendo assim a estrutura de cada sistema é associada às suas características conceptivas (FITZ, 2008).

A partir disso, o autor corrobora que o SIG é uma grande ferramenta de apoio para tomadas de decisão por parte do utilizador, por exemplo sua estrutura deve ser planejada e a inter-relação máquina e homem ocorra de forma eficiente, para que assim atenda as expectativas do usuário (FITZ, 2008).

Figura 10: Componentes que compõem a estrutura do SIG.



Fonte: Fitz, 2008, p. 79. Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

Dessa forma, o SIG é utilizado para análise computacional de dados geográficos, recuperando informações não apenas com base em suas alfanuméricas, mas através da localização espacial de determinados fenômenos; a partir disso, os autores abordam que essa tecnologia, atreladas a suas técnicas e ferramentas, possibilita ao gestor um maior entendimento da área pesquisada, viabilizando compreensão dos fenômenos que envolvem esse sistema em análise (DAVIS e CÂMARA, 2001, p. 31).

Nesse sentido, o uso do SIG está sendo cada vez mais utilizado no decorrer dessas últimas décadas, como uma ferramenta de grande importância para compreender a relação dos meios físicos de solo, declividade, clima e geologia, esses fatores que influenciam para a elaboração da carta de vulnerabilidade à perda de solos, levando para uma melhor compreensão e gestão do território (NICOLAU, 2018, p. 285).

Davis e Câmara (2001), afirmam que o SIG possui uma ordem em sua estrutura que são atribuídos em: interface com o usuário; entrada e integração de

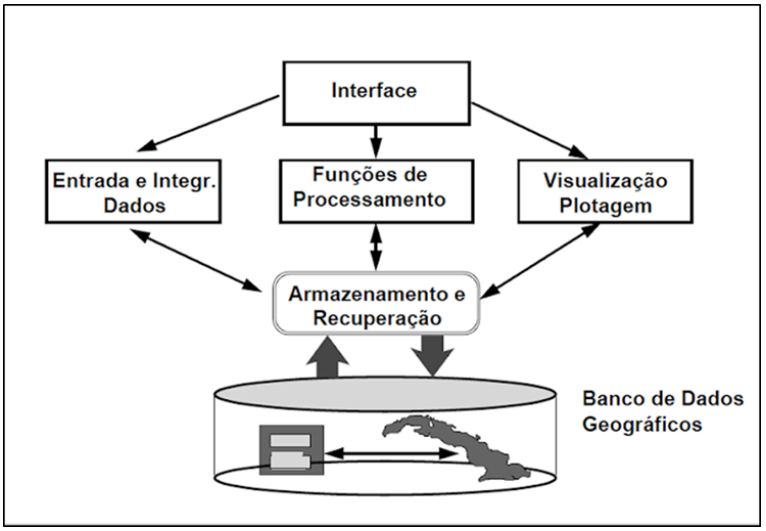
dados; funções de consulta e análise espacial; visualização e plotagem e armazenamento e recuperação de dados, sendo organizados como forma de um banco de dados.

Para Silva e Schulz *et al.* (2003), o uso do SIGs e recursos informatizados, reduzem consideravelmente o tempo e custo nas análises dos eventos geográficos, visto que esses sistemas fornecem resultados primordiais para compreensão das mudanças da paisagem que varia no tempo, podendo prever eventos ou não mediante algum impacto ambiental.

De acordo com essa concepção Costa e Lira (2010), ressaltar, que o estudo sobre planejamento ambiental agrega singularidades tais como econômicas, ambientais, sociais e institucionais, tendo em vista que, deve haver respeito mediante esses conjuntos, ou seja, devido às mudanças ocasionadas pelas ações antropogênicas nesses espaços, cada ambiente possui aspectos distintos

Na figura 11 apresenta-se a interação entre esses elementos, o qual cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos estão usualmente presentes num SIG (CÂMARA; MEDEIROS, 1997, p. 22).

Figura 11: Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte: Davis e Câmara, 2001, p. 22.

De acordo com Cobra *et al.* (2019), o uso do SIG possibilita uma análise rápida de determinados fenômenos e a junção de diferentes critérios de informações para elaboração de mapas, tendo em vista que esse procedimento serve para a compreensão de determinados territórios.

Com essa finalidade, o uso do SIG é essencial para o planejamento de técnicas agindo como agente facilitador para tomadas de decisões, o seu uso torna-se necessários, permitindo compreender em um curto espaço de tempo a estrutura de uma paisagem, analisando as características e as diferenças em seu espaço ao longo do tempo, desta forma, servido para produzir estratégias de manejo de paisagem.

5.4. Apropriação da Natureza e as Transformações da Paisagem

O processo de apropriação da natureza e a exploração desordenada dos recursos naturais vem se expandindo, acarretando na diminuição em escala local, regional, nacional e global; neste sentido, se faz necessário um planejamento ambiental para que esses recursos sejam utilizados de forma sustentável, tendo em vista que, as mudanças no uso e ocupação da terra sem um planejamento ambiental adequado, acarreta em vários problemas ambientais, os quais podem afetar gradativamente a qualidade de vida do homem e dos demais seres vivos (RIBEIRO; CAMPOS, 2007).

Para Cunha e Guerra (2017), o crescente processo de apropriação da natureza e exploração dos recursos naturais ocorrem de forma desordenada; a partir disso, várias áreas da Amazônia brasileira estão sendo desenvolvidas atividades de agricultura, pecuária, e entre outras variáveis que afetam a floresta de formas significativas, causando a degradação da natureza trazendo desequilíbrios ao meio ambiente.

Segundo Medeiros *et al.* (2014), os problemas ambientais aumentaram no decorrer dos anos, trazendo mudanças negativas para as paisagens naturais, sendo assim é importante levar em consideração, que o homem tem se tornado o agente principal nas modificações desses espaços.

Desta forma, o autor corrobora que o crescimento desordenado desses sistemas de produção, teve como resultado um avanço significativo na exploração dos recursos naturais, pode-se dizer que, as interferências ocasionadas pelos agentes sociais, geram grandes impactos ambientais negativos sobre os espaços.

Diante desse contexto, as paisagens naturais da floresta Amazônica ao longo do tempo, sofrem intensas modificações em seus espaços, esses episódios são resultantes da intervenção humana que influenciam nas transformações da paisagem. Nota-se que, essas interferências negativas nesses ambientes,

contribuem para inúmeros impactos ambientais, tais como o aumento do desmatamento e substituição das áreas de florestas para as práticas de atividades agropecuárias e entre outros problemas ambientais (SILVA *et al*., 2015).

Para Medeiros *et al.* (2014), ocorreu um crescimento significativo no processo de apropriação da natureza, sem respeitar os limites físico-naturais do ambiente, acarretando em impactos negativos ao solo; a partir disso, considera-se que solo é um dos principais elementos que compõem as paisagens naturais e sociais, sendo um elemento essencial para o equilíbrio ambiental. Neste cenário, é possível entender, que o processo de desenvolvimento desses espaços, trazem consigo a degradação ambiental dos recursos naturais.

Segundo Guerra e Jorge (2014), a degradação ambiental é decorrente das alterações no uso da terra sem respeitar os limites físico-naturais. Considera-se que, dentre as formas de degradação está vinculada a perda de solo por erosão, visto que esse processo acarreta nas transformações da paisagem, causando grandes impactos no equilíbrio da natureza. Deste modo, houve um avanço significativo na intensificação dos processos erosivos, visto que, esse problema está vinculado ao uso inadequado da terra.

Para Furtado *et al.* (2020), as transformações na paisagem são resultado da inter-relação dos elementos naturais e antrópicos. Entende-se, que as modificações no ambiente realizadas no passado de forma inadequada, refletem-se na atualidade, tendo em vista, que o resultado negativo dessa interação é a degradação do meio ambiente.

Nesse viés, essas modificações na paisagem são atreladas às influências advindas dos agentes sociais, que transformam as características físicas do ambiente, deixando-o suscetível às alterações externas, tendo em vista que na maioria dos casos essas alterações são irreversíveis e interferem no equilíbrio dinâmico da natureza, afetando de formas nocivas o meio ambiente e comprometendo os recursos naturais, fazendo com que suas áreas verdes sejam substituídas por espaços antropizados.

Em síntese, é importante destacar que é uma relação produzida devido ao modo de organização desses espaços estabelecido pelo homem, visto que, essa interação entre sociedade e natureza estão atreladas às relações sociais e as modificações impostas na paisagem.

Silva Neto e Aleixo (2016) consideram que:

> “o processo de apropriação da natureza, de uma maneira em que esta é concebida apenas como uma mercadoria. Logo, passível de uma superexploração, de forma inconsequente e sem planejamento adequado”. (SILVA NETO; ALEIXO, 2016, p. 254).

Para Suertegaray e Nunes (2001), com os avanços na formação de novos equipamentos tecnológicos, têm influenciado na dinâmica da natureza, considerando a valorização dos recursos naturais, o qual são vistos como mercadorias para a sociedade; apesar disso, com uso excessivo dos elementos da natureza, prejudicam de formas nocivas o meio ambiente, ocasionando transformações e a vulnerabilidade da paisagem, essas alterações nesses espaços, encontram-se em áreas com maiores concentrações populacionais, onde a busca pela lucratividade é maior.

Para Ross (1994) considera que:

> [...] é cada vez mais significativa a ação do humana, que ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causam grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente a natureza imprime. (ROSS, 1994, p. 64).

Assim, para os autores a natureza é vista pelo homem como mercadoria do qual podem usufruir de suas fontes de recursos naturais, sem respeitar seus limites físico-naturais, proporcionando desta forma, o desencadeamento dos problemas socioambientais (SILVA NETO; ALEIXO, 2016).

Diante disso, a sociedade atualmente vive em uma crise ambiental, resultados das interferências antrópicas sobre o meio; com base nessa discussão, é possível entender que todos esses impactos negativos sobre o espaço, contribuem para a degradação do solo.

Deste modo, verifica-se que nas últimas décadas houve um aumento significativo na substituição da cobertura vegetal natural, com a utilização e ocupação do solo sem respeitar os limites físico-naturais, influenciando no surgimento de ocupações desordenadas que acarretam um desequilíbrio ecológico do meio ambiente.

5.5. Uso e Ocupação da Terra

Na Amazônia brasileira ao longo das décadas o processo de desflorestamento desencadeou inúmeros impactos, vinculados principalmente ao desmatamento e queimadas, transformando diversos hectares de florestas em áreas de pastagens ou agrícolas, essas mudanças no uso da terra contribuíram para a

perda da biodiversidade, afetando o ciclo hidrológico, a fertilidade do solo e entre outros impactos que são oriundos do desmatamento (ALVES, 2001).

Consequentemente as alterações no ambiente afetam de forma nociva a cobertura vegetal, considerando que as mudanças no uso e cobertura da terra, são resultados do crescente aumento no desmatamento produzido em grandes escalas, o qual pode afetar o clima global e regional (MARENGO; NOBRE *et al.*, 2009, p. 02).

Considerando que o processo de ocupação intensa na Amazônia teve início a partir da década de 1970, neste período ocorreu um avanço significativo no desmatamento na Amazônia brasileira (ALVES, 2001; FEARNSIDE, 2005; DUARTE *et al.* 2020). Com base nesta discussão, o processo do desmatamento desencadeia diversos problemas ambientais como a perda da biodiversidade, e os impactos climáticos são considerados motivos de preocupação; nesse caso, as extensas florestas remanescentes são o resultado dos impactos em potencial, produzidos pelo desmatamento em grandes escalas, esse processo é considerado como um dos mais graves impactos ambientais que ocorreram atualmente (FEARNSIDE, 2005, p. 114).

Nesses termos, entende-se que é importante mencionar que no Brasil e particularmente na Amazônia brasileira, várias áreas dessa região, estão sendo desenvolvidas atividades de agricultura e pecuária, os quais afetam a floresta de formas significativas, causando a degradação da natureza; desse modo, o crescente desenvolvimento econômico na região da Amazônia se deu devido ao aumento das atividades produtivas, visto como principal condutor para o crescente aumento no desflorestamento nesta região (COUTINHO, 2013).

Fearnside (2006), considera que o processo do desmatamento se modifica de acordo com cada região, se alterando no decorrer do tempo. De forma geral, a grande maioria das atividades de desmatamento desenvolvidas nessas localidades, são provenientes dos grandes e médios fazendeiros, e dos pequenos agricultores que podem contribuir com esse processo nas áreas onde estão centralizados.

Para Mafra (2014) salienta que:

> Com a finalidade de usufruir de condições ambientais propícias ao uso agrário, o homem tem buscado meios consonantes com seu nível tecnológico, para transformar cada vez mais as terras em espaços produtivos, o que nem sempre o tem levado a considerar seu potencial e suas limitações (MAFRA, 2014, p. 304).

Nesse sentido, condições não adequadas às condições naturais de uso e cobertura da terra, associadas à falta de conservação e proteção dos recursos naturais, desencadeiam inúmeros problemas de degradação ambiental (LOLLO *et al*., 2018, p. 15).

Diante desse contexto, sem planejamento adequado às mudanças inseridas nesses ambientes podem acarretar em danos futuros, desta maneira, compreender as formas de uso e ocupação da terra e os impactos gerados nesses ambientes, requer uma ação estratégica, principalmente para a gestão dos recursos hídricos (DUARTE *et al.*, 2022).

Para Vidal e Silva Neto (2020), as mudanças no uso da terra em bacias hidrográficas, referem-se a perda da biodiversidade e em termos gerais afetam de forma nociva a ordem socioambiental de uma área; entende-se que a modificação e utilização de forma intensa dos solos é vinculada sobretudo devido às intervenções humanas, aliados aos fatores naturais que influenciam no desenvolvimento dos processos erosivos, isto está vinculado ao tipo de uso e às práticas do manejo do solo.

Considerando que esses fatores contribuem para ser construído um ambiente antropizados, aliados à falta de planejamento e controle ambiental; diante disso essas modificações de forma intensiva na paisagem, sem se importar com os danos causados sobre o meio ambiente, acarretam danos aos solos, deixando-o desprotegido e propício a processos erosivos.

De acordo com Lima (2005) é importante compreender as mudanças ocorridas nas bacias hidrográficas, tendo em vistas que essas transformações são atreladas aos processos naturais, todavia, são intensificadas pelas ações antropogênicas, que resultam no desequilíbrio desses elementos.

É necessário observar que as transformações no espaço geográfico, referente ao meio urbano e rural têm apresentado inúmeras discussões desde as últimas décadas do século XX, acerca dos problemas referentes ao uso inadequado dos recursos naturais e a forma como os recursos vêm sendo utilizados atualmente, tornando-se um tema considerado bastante complexo e desafiante, sendo alvo de debates referentes ao desenvolvimento econômico e à sustentabilidade ambiental (CRISPIM; SOUZA, 2016).

Considerando que diversos estudos referentes à relação entre a dinâmica de uso e cobertura na bacia hidrográfica e degradação ambiental, são produzidos

servindo como um recurso para subsidiar nas ações do poder público acerca do planejamento e gestão; a partir disso, tem como propósito primordial em amenizar os impactos das degradações ambientais em bacias hidrográficas resultantes do uso intensivo dos recursos naturais (LOLLO *et al.*, 2018, p. 16).

Nesses termos, o levantamento sobre a cobertura e o uso da terra, possibilita análises e mapeamentos para a compreensão das formas de uso e de ocupação do espaço, sendo considerada uma grande ferramenta de planejamento e de orientação para possíveis tomadas de decisão (IBGE, 2013).

Diante do exposto, nota-se a importância de estabelecer um planejamento ambiental adequado, com intuito de auxiliar no desenvolvimento dessas áreas; a partir dessa percepção é essencial compreender o modo de organização dos agentes sociais e as mudanças ocorridas na paisagem analisando os seus elementos e sistemas ao longo do tempo e espaço;

Conclui-se que essas ações são resultantes do crescimento desordenado de ocupação e uso inadequado do solo, uma vez que, a expansão territorial das áreas urbanas e rurais, foram estabelecidas de formas desiguais, e suas transformações na organização desses espaços e nos meios de produção acarreta diversos danos ao meio ambiente.

5.6. Fragilidade, Suscetibilidade e Vulnerabilidade Ambiental

A fragilidade, suscetibilidade e vulnerabilidade ambiental, são definições que estão associadas à potencialidade do ambiente à suporta determinados impactos, vinculados à perda de solos por erosão. Neste viés, a fragilidade acerca da vulnerabilidade à perda de solo, está relacionada à suscetibilidade de um ambiente a sofrer possíveis processo de erosão no solo, diante aos aspectos naturais ou antropogênicos; a partir dessa análise a fragilidade está vinculada aos fatores que corroboram para um ambiente, a serem mais propícios à erosão do solo, contribuindo para o desenvolvimento de áreas com vulnerabilidade à perda de solos. O quadro 09 a seguir apresenta os conceitos referentes aos temas abordados neste tópico.

Quadro 09: Conceitos de Fragilidade, Suscetibilidade e Vulnerabilidade Ambiental

CONCEITOS DE FRAGILIDADE, SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE AMBIENTAL
FRAGILIDADE
Condições ou características naturais que determinam exposição de um meio físico-natural ao risco.
SUSCETIBILIDADE
Probabilidade do quanto um sujeito ou fator biótico/ abiótico está exposto ao risco
VULNERABILIDADE AMBIENTAL
Condições ou características sociais que determinam a exposição de um sujeito ao risco.

Fonte: Girão, Rabelo e Zanella, 2018, p. 79. Org.: QUEIROZ, D.A. 2023

Deste modo, a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. Sob essa perspectiva, anteriormente os ambientes naturais encontravam-se em um equilíbrio dinâmico, mas com as crescentes interferências humanas ao longo do tempo, acarretou no aumento da exploração dos recursos naturais, afetando de forma gradativa o equilíbrio no meio ambiente (ROSS, 1994, p. 63).

Para Monteiro e Falcão (2022), a análise da fragilidade ambiental de um ecossistema é uma importante ferramenta de apoio para um planejamento de uso de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, os estudos referentes às fragilidades dos ambientes são considerados importantes para formação do planejamento ambiental; à vista disso, tem como objetivo principal a identificação dos ambientes naturais e as suas fragilidades potenciais e emergentes, proporcionando uma favorável definição das diretrizes e ações a serem realizadas no espaço físico-territorial, atuando de base para o zoneamento e fornecendo subsídios para a gestão territorial (SPÖRL; ROSS, 2004, p. 40).

Campos et al. (2018), enfatizam que os estudos sobre a fragilidade ambiental são considerados uma ferramenta primordial no diagnóstico e na análise de um ambiente em estado de vulnerabilidade, esses danos são oriundos de fenômenos naturais ou induzidos pelas ações humanas; o autor corrobora que, a análise da fragilidade ambiental, auxilia na tomada de decisões para a construção de

um planejamento ambiental adequado, permitindo a identificação de possíveis áreas instáveis, a partir disso, auxiliando na formulação de planos de manejo em áreas naturais e unidades de conservação da natureza.

Nesta abordagem, o mapa de fragilidade ambiental é uma ferramenta essencial, sendo utilizada por órgãos e entidades governamentais na construção de um planejamento ambiental, permitindo analisar as capacidades do meio ambiente mediante aos aspectos naturais desse sistema (CAMPOS et al., 2018).

Portanto, prováveis variações nas unidades de paisagem, geologia, geomorfologia, solos, clima e vegetação, podem desencadear inúmeros problemas para esse sistema, alterando o seu equilíbrio natural. Em outras palavras, analisando essas variáveis de forma integrada, proporciona a identificação de variadas categorias, referentes a fragilidades dos ambientes naturais (SPÖRL e ROSS, 2004, p. 40).

Diante disso, em relação à suscetibilidade e a vulnerabilidade à perda de solos estão intrinsecamente interligadas, a suscetibilidade à perda de solos é referente a capacidade de um ambiente a ser atingido pelas ocorrências dos processos erosivos no solo. Considerando, portanto, que a suscetibilidade é o quão provável um determinado fenômeno pode ocorrer independente dos fatores sociais, mas tendo a sociedade como elemento de interferência que acelera ou retarda (GIRÃO; RABELO; ZANELLA, 2018, p. 73).

Seguindo esse pensamento a vulnerabilidade ambiental à perda de solos, está relacionada à suscetibilidade de uma paisagem a sofrer possíveis alterações no ambiente, sendo influenciadas pelas ações do clima, solo, relevo e vegetação e demais componentes da paisagem. A partir disso, a vulnerabilidade ambiental é como o ambiente está suscetível a determinados fenômenos, podendo ser naturais ou gerados por fatores antrópicos. Essa abordagem associa a vulnerabilidade ambiental ao risco de degradação do ambiente natural, ligados à erosão do solo, a perda da biodiversidade, assoreamento e a contaminação dos recursos do solo, água, etc. (COSTA et al., 2007, p. 2493).

CAPÍTULO II

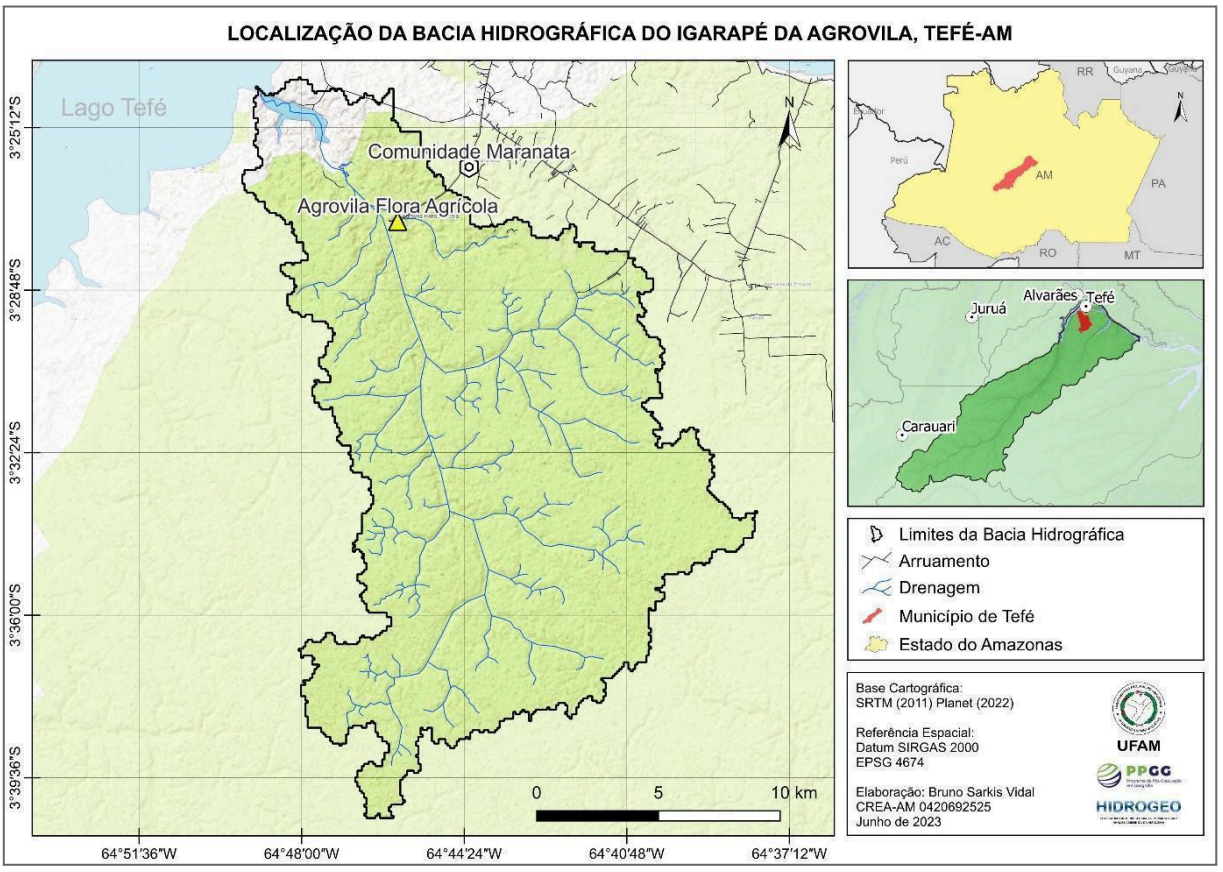
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste item são apresentados os aspectos fisiográficos, como solo, relevo, geologia, clima e vegetação, que caracterizam a área da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM, esses elementos da paisagem são considerados importantes para o estudo desta dissertação.

6.1. Localização e descrição da área de estudo

A área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM, localiza-se no Estado do Amazonas na Região do Médio Solimões, tem sua localização compreendida nas coordenadas 3º40’0’’ e 3º26’0’’ Sul e 64º33’30’’ e 64º51’0’’ Oeste, conforme o Mapa 01. Está localizada na parte rural da cidade de Tefé-AM e abrange uma área com aproximadamente 314.8372km², e o seu rio principal é o Rio Tefé.

Mapa 01: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: TOPODATA-SRTM, 2011, Planet (2022).

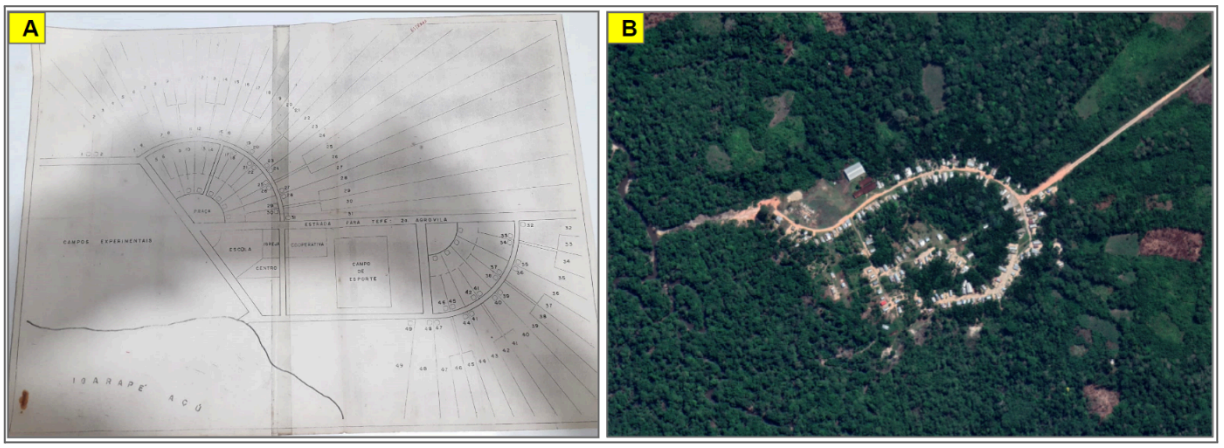
6.1.1. Comunidade da Agrovila: Aspectos históricos e situação atual

É importante destacar que na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, encontra-se a Comunidade da Agrovila, uma das comunidades antigas da cidade de Tefé-AM. No âmbito dessa discussão, a Comunidade da Agrovila surge através do loteamento das terras da Prelazia de Tefé, que se tornaram improdutivas, visto que eram utilizadas somente para o extrativismo da castanha e da seringa e se encontravam produzindo impostos e despesas (NEVES, 2005; PESSOA, 2005).

De certo modo, por influência dos agentes eclesiásticos foi constituído em Tefé, em 1974 o Projeto Agrovila, que por meio do Bispo da Prelazia de Tefé o Dom Joaquim de Lange, realizou o loteamento dessas terras, onde foram destinadas às famílias ribeirinhas que foram vítimas das enchentes do Solimões naquele período (NEVES, 2005; PESSOA, 2005; QUEIROZ, 2015).

Neste viés, com a criação deste projeto, se formou a Agrovila na propriedade Flora Amazonas, no centro do Igarapé Açu, a 8 km da área urbana da cidade de Tefé, se instalaram no primeiro momento vinte famílias e com o apoio e amparo técnico da Prelazia de Tefé as famílias produziram mandioca e demais culturas (PESSOA, 2005, p. 123). Na Figura 12 a seguir apresenta o mapa ilustrativo da demarcação da área da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM.

Figura 12: Comunidade da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: Arquivos da Prelazia de Tefé-AM e Google satélite, 2023. Figura 12: (A) Planta da comunidade da Agrovila, Tefé-AM, (B) Comunidade da Agrovila atualmente.

A partir dessa discussão, Neves (2005) ressalta que:

> Alguns agricultores foram então orientados para o desenvolvimento de culturas perenes e criação de animais de pequeno porte. Deslocando-se para a terra firme, mantiveram-se referenciados a um modo de vida organizado pelo ideário do contrato entre os comuns, reificado na idéia de comunidade ou vida comunitária. (NEVES, 2005, p. 126).

Conforme Pessoa (2005), o Bispo Dom Joaquim de Lange organizou a comunidade em um ponto central da floresta com difícil acesso; a partir disso o prefeito da época Raimundo Ramos Coelho, planejou construir uma estrada o qual ajudasse no transporte dos produtores rurais e de seus produtos agrícolas.

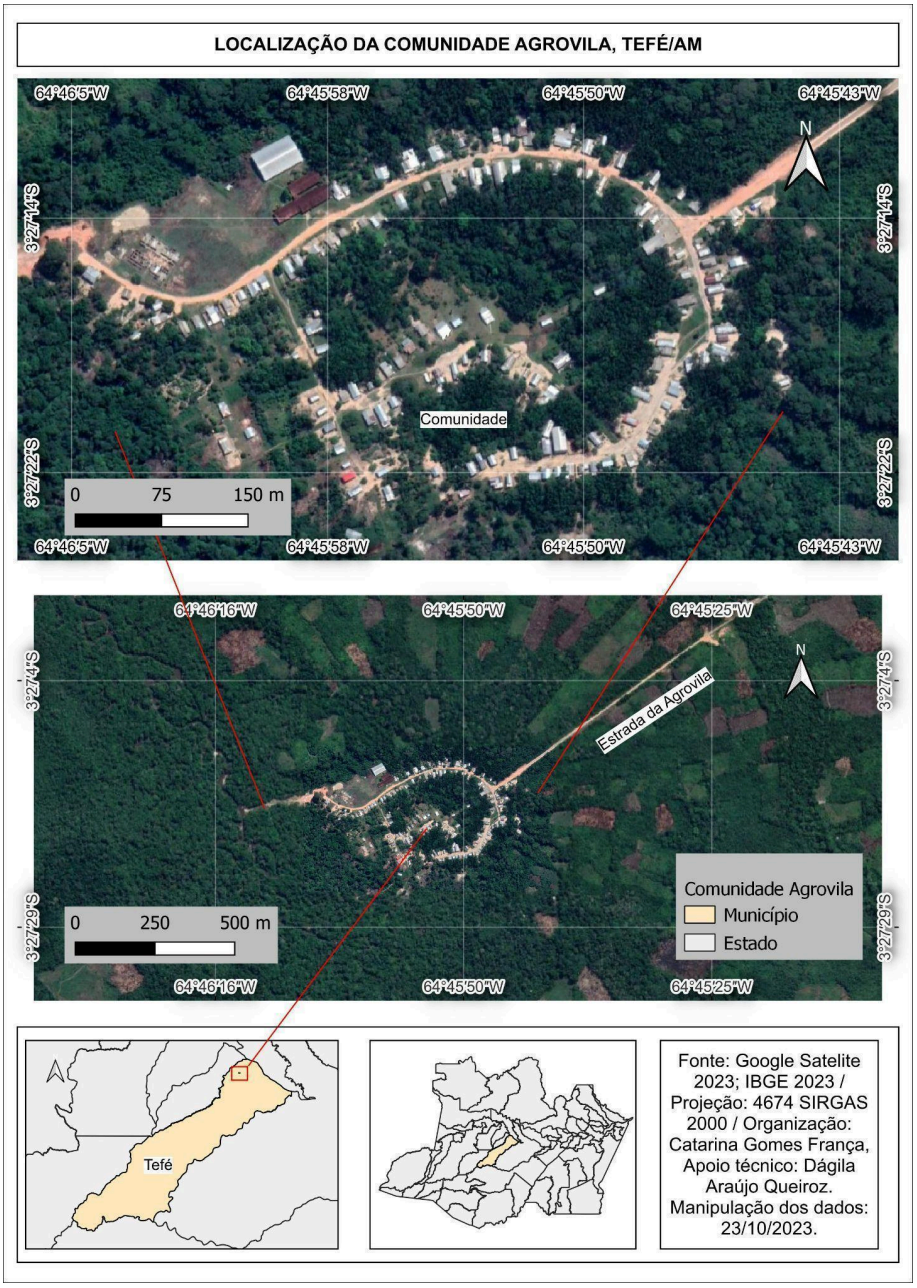
Deste modo, com apoio da Câmara dos vereadores, a estrada foi autorizada pela pela Lei nº 398 de 21 de maio de 1965, onde houve a desapropriação de uma faixa de terras de 4.500 metros de extensão e com 60 metros de largura. Posteriormente, houve o desmatamento da área, o qual foi aberta, porém não houve o asfaltamento da estrada (PESSOA, 2005).

Atualmente a Comunidade da Agrovila, está localizada aproximadamente 13km de distância da zona urbana da cidade de Tefé nas coordenadas 3º27’18,48’’ de latitude Sul e 64º45’56,60’’ Oeste, como pode ser observado no (Mapa 02) a seguir, tendo acesso apenas pela estrada da Agrovila, conforme se apresenta na (Figura 13).

Figura 13: Estrada da Agrovila em Tefé-AM.

Fonte: QUEIROZ, D.A., 2023.

Mapa 02: Localização da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: Google satélite, 2023, IBGE -2023.
Organizado: FRANÇA, C. G., QUEIROZ, D. A., 2023.

Segundo os autores Costa e Aleixo (2022), no último relatório realizado pela Defesa Civil do Município de Tefé no ano 2017, foi constatado que a comunidade da Agrovila é constituída por 150 famílias com um total de 582 habitantes.

Nesta perspectiva, na comunidade da Agrovila a maior parte de suas residências, são feitas de madeira e suas ruas apresentam uma carência de pavimentação asfáltica (Figura 14). Verificou-se que a maior parte dos moradores da comunidade da Agrovila, desenvolvem em suas terras a agricultura familiar, com as

práticas do cultivo de diversos alimentos, como legumes, frutas, hortaliças, além da realização da criação animais de pequeno porte, além de ser produzido e comercializado a farinha de mandioca.

De acordo com Lima (2016) a autora ressalta que:

> [...] a comunidade Agrovila está localizada em meio à Floresta Amazônica, sendo que seus moradores estão essencialmente ligados à floresta e à vida no campo. O viver de cada morador está entrelaçado ao modo de vida amazonense, sendo que um deles é caçar, pescar e trabalhar na roça, no qual todos esses modos de vida refletem na vida e no cotidiano dos moradores da Agrovila (LIMA, 2016, p. 25).

Figura 14: Residências da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM.

Fonte: QUEIROZ, D.A., 2023.

Nesse contexto, é importante ressaltar que os moradores desta comunidade trafegam quase todos os dias para a área urbana da cidade de Tefé-AM, para ter acesso às agências bancárias, universidades, hospitais e demais órgãos e instituições. Este local dispõe ainda de uma unidade básica de saúde, igrejas, escola municipal e alguns pequenos comércios locais, conforme se apresenta na Figura 15 a seguir.

Figura 15: Comunidade da Agrovila em Tefé-AM.

Fonte: QUEIROZ, D.A., 2023.

Diante desta abordagem, destaca-se que mesmo com o crescimento da comunidade da Agrovila ao longo dos anos, esse espaço rural necessita de um apoio maior do poder público, para proporcionar uma melhor infraestrutura aos cidadãos que residem nesses espaços.

Diante dessa discussão, observou-se ainda que a estrada da Agrovila se encontra com problemas vinculados à erosão laminar. Nesse contexto, a erosão laminar ocorre mediante a ausência de cobertura vegetal na superfície da estrada; a partir desta problemática as águas pluviais têm potencial em ocasionar danos significativos à infraestrutura implantada e a natureza nas suas proximidades. Diante disto, podemos observar esse processo na Figura 16 a seguir.

Figura 16: Processos erosivos na Estrada da Agrovila em Tefé-AM.

Fonte: QUEIROZ, D.A., 2023.

Guerra (2014) salienta que:

> O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta (GUERRA, 2014, p. 17).

É nessa perspectiva, que as modificações do solo e a alteração do processo de pedogênese, é produzida principalmente por variados fatores como, desflorestamento, a grande intensidade de chuvas que ocorrem na região amazônica, tipo de solo e ao relevo, tendo em vista que com o solo desnudo pelo desmatamento, os grandes indícios destes problemas são vistos com o processo de erosão do solo.

É importante destacar que a erosão é um fenômeno natural aliado a outros fenômenos que influenciam na estruturação do relevo, além do desenvolvimento dos solos e da rede hidrográfica do ambiente. Esse tal enfoque, aponta que é necessário frisar que a paisagem está em contínua transformação, em uma relação entre sociedade e natureza (SANTANA e SILVA, 2006).

Esse processo erosivo ocorre devido à falta de manutenção da estrada que interliga essa comunidade rural do município, atrelados à carência dos serviços de manutenção dos órgãos competentes, desencadeando diversos problemas, como a dificuldade na trafegabilidade de veículos, a impossibilidade dos transportes dos produtos agrícolas e o ir e vir dos moradores da zona rural da Agrovila.

O processo de uso e cobertura da terra, estão relacionados às alterações impostas pelos agentes sociais, essas alterações no meio ambiente resultam na exploração dos recursos naturais; à vista disso, embora o processo de erosão seja um fenômeno natural, podem ocorrer diversas interferências externas, que associadas ao uso e ocupação do solo, aliadas às interferências antrópicas, influenciam na alteração da estrutura da paisagem.

Nessa percepção, a erosão proporciona assoreamento dos leitos das rodovias e a obstrução dos sistemas de drenagem, resultando na instabilização de taludes, condicionando movimentos de massa, considerando que, esses fatores contribuem para a degradação da paisagem (SILVA; SCHULZ et al., 2003, p. 56).

Salomão (2014) salienta que:

> “A imprecisão dos projetos de drenagem, principalmente por não levarem em conta a natureza dos terrenos quanto à suscetibilidade à erosão, o desinteresse pelos investimentos em obras complementares ao projeto da estrada propriamente dita, e a falta de manutenção são as principais causas da grande incidência de erosão por ravinas e boçorocas encontradas nas áreas rurais” (SALOMÃO, 2014, p. 263).

Para Duarte *et al.* (2022), sem o planejamento adequado às mudanças inseridas nesses ambientes podem acarretar em danos futuros; a partir disso, compreender as formas de uso e ocupação da terra e os impactos gerados nesses ambientes, requer uma ação estratégica, principalmente para a gestão dos recursos hídricos. Neste caso o meio ambiente é visto então como um recurso a ser utilizado e como tal deve ser analisado e protegido, de acordo com suas diferentes condições, numa atitude de respeito, conservação e preservação (MENDONÇA, 1993, p. 66).

Nesse sentido, a erosão laminar nas estradas é considerada um problema comum, onde pode ser controlado e reduzido, através de aplicação de medidas relacionadas à gestão ambiental. Portanto, é importante destacar que a preservação e o controle da erosão laminar, não é apenas associado à proteção das estradas, todavia está atrelado a preservação do meio ambiente na prevenção da poluição dos corpos hídricos e a perda de fertilidade dos solos das bacias hidrográficas.

6.2. Clima

O clima de Tefé é classificado como equatorial e durante o ano todo apresenta temperaturas elevadas e altos índices pluviométricos. Na Amazônia brasileira, parte da sua extensa área territorial é pertencente ao tipo climático equatorial (elevada temperaturas e umidade) e o conhecimento da dinâmica climática perpassa por saberes vernaculares, que possuem relação estreita com as condições do tempo e sazonalidade (GUERRA; OLIVEIRA, 2014).

Segundo Marengo e Nobre (2009), a floresta amazônica é caracterizada por um clima equatorial chuvoso quase sem estação de seca; a partir disso, a Amazônia apresenta uma significativa heterogeneidade espacial e sazonal da pluviosidade, considerada uma região com maior total pluviométrico anual.

Para Guerra e Oliveira (2014), a vegetação da floresta amazônica é em grande parte dependente de altas temperaturas e precipitações abundantes ao longo de todo ano. Entende-se que o clima da Amazônia tem uma influência direta

nos fatores na configuração da maior biodiversidade do planeta e de sua densa e exuberante floresta; pode-se entender que, a vegetação absorver a radiação solar, deixando o ar úmido, ocorrendo o processo evapotranspiração das plantas e a evaporação de rios, lagos, igarapés e os animais que vivem neste ambiente equatorial, fazendo com que obtenha níveis pluviométricos elevados.

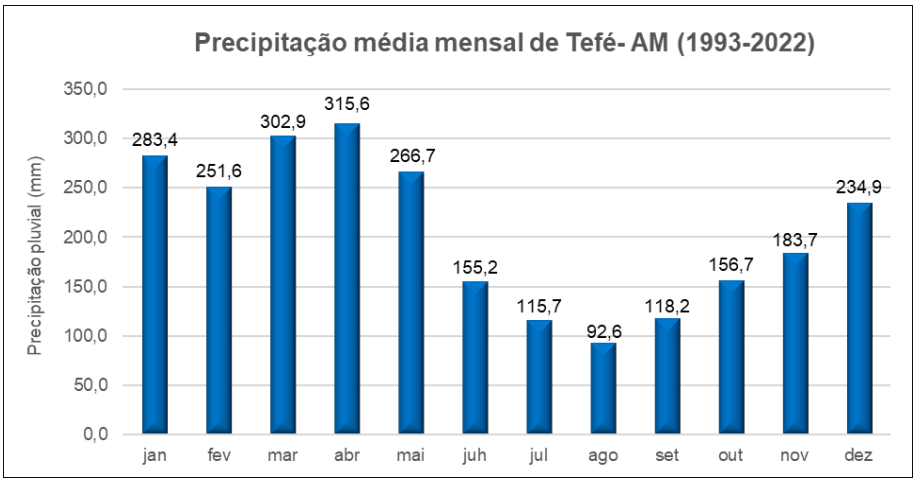
Neste contexto, a região norte possui uma precipitação atmosférica média anual superior a 2.800 mm, podendo ultrapassar em algumas localidades dessa região (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Para Aleixo e Silva Neto (2019) consideram que:

> A precipitação na região Amazônica é elevada com totais pluviométricos superiores a 3500 mm anuais em algumas localidades e apresenta pouca amplitude térmica. Por localizar-se próxima à faixa equatorial, recebe durante todo ano elevada insolação, que se reflete em temperaturas elevadas independentemente das estações do ano, com exceção dos dias com a presença de friagens. (ALEIXO; SILVA NETO, 2019, p. 03).

A partir dessa análise, ocorrem nesta região o período das cheias (período chuvoso), onde a pluviosidade fica em alta e o período da seca (período com diminuição dos totais de chuva), entende-se que essa sazonalidade ocorre em todo território amazonense, considerado na região da Amazônia o período da seca e cheia (ALEIXO; SILVA NETO, 2015, 2019, 2020).

Esses fenômenos estariam interligados com os eventos do El Niño e La Niña no clima do território amazonense, sabe-se que esses fenômenos são inteiramente naturais, e que ocorrem em determinados anos. Considerando que durante a Lá Niña, a Amazônia tende a ser mais úmida, no entanto, esse comportamento pode mudar durante alguns anos de El Niño (MARENGO e NOBRE, 2009, p. 208).

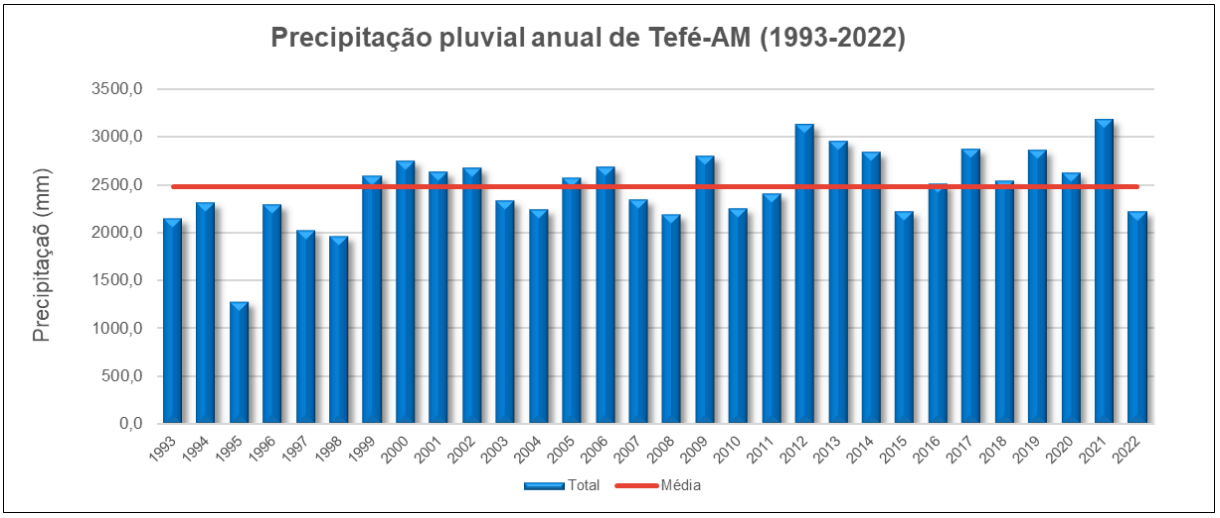
Gráfico 01: Média mensal da precipitação pluvial de Tefé-AM do período de (1993-2022).



Fonte: INMET, 2023. Organizado: QUEIROZ, D.A.; 2023.

O gráfico 01, compreende o resultado da média mensal de 1993 a 2022 em Tefé; diante das análises verificou-se que nos meses de janeiro ocorreu os maiores totais pluviais com precipitação que ultrapassaram 300 mm mensais; nos meses de junho a outubro ocorreu a diminuição dos totais pluviais com precipitação pluvial que variaram entre 92 mm a 150 mm; a partir disso, foi possível verificar que no mês de abril se destacou com o maior total pluvial 315,6 mm.

Gráfico 02: Precipitação total anual de Tefé- AM do período de (1993-2022).



Fonte: INMET, 2023. Organizador: QUEIROZ, D.A.; 2023.

Pela análise do gráfico 02, está associado ao total anual da precipitação pluvial em Tefé-AM no período de 30 anos de 1993 a 2022, onde foi possível verificar variações nos totais anuais de precipitação pluvial entre 1273,1 mm a 3182,8 mm destaca-se que os anos de 2012 e 2021 apresentaram os maiores totais pluviais com chuvas acima de 3.000 mm. Na Tabela 04 apresenta os totais pluviométricos (mm) anuais dos anos analisados.

Tabela 04: Totais pluviométricos (mm) anuais entre 1993 a 2022.

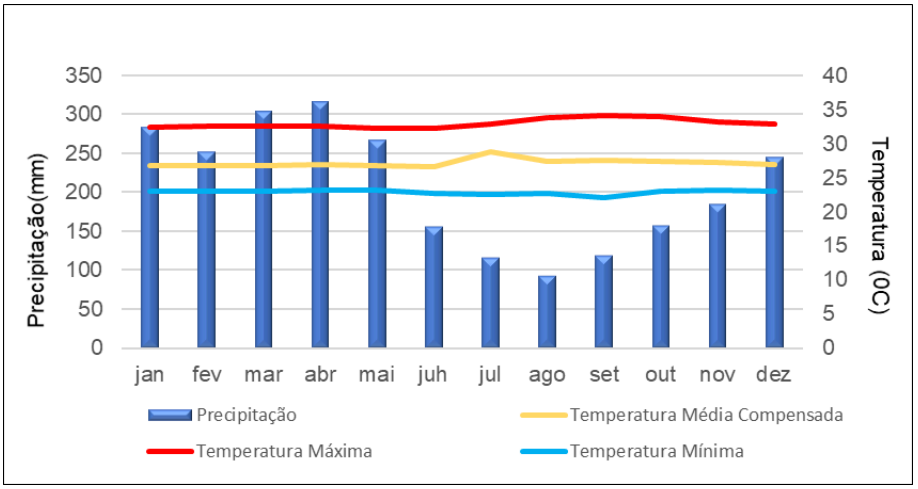
Totais pluviométricos (mm) anuais entre 1993 a 2022.	
Ano	**Tefé-AM**
1993	2140,4
1994	2312,3
1995	1273,1
1996	2291,9
1997	2019,8
1998	1958
1999	2590,6
2000	2748,1
2001	2627,4
2002	2670,9
2003	2327,5
2004	2233,9
2005	2563,7
2006	2686,3
2007	2338,7
2008	2182,2
2009	2791,8
2010	2242,7
2011	2405,1
2012	3124,6
2013	2950,2
2014	2836,3
2015	2216,7
2016	2505,2
2017	2869,1
2018	2534,4
2019	2859,9
2020	2617,4
2021	3182,8
2022	2213,9
Média	2477,2

Fonte: INMET, 2023. Organizador: QUEIROZ, D.A.; 2023.

Desta forma, como o clima equatorial desta região é caracterizado por apresentar altas temperaturas e precipitação pluvial abundante e bem distribuída durante todo o ano, a sua temperatura média anual pode ultrapassar de 26º- 28 ºC (MARENGO; NOBRE, 2009).

De acordo com Aleixo e Silva Neto (2019), na cidade de Tefé-AM as normais climatológicas provisórias do período de 1981 a 2010, apresentaram uma temperatura máxima anual de 32,4°C a média anual de 26,8°C e a mínima de 22,5°C, com baixa amplitude térmica sazonal, sua precipitação média anual desse período foi de 2445,7 mm.

Gráfico 03: Climograma com normais de precipitação, temperatura máxima, média compensada e mínima de Tefé- AM do período de 1993 a 2022.



Fonte: INMET, 2023. Org: QUEIROZ, D.A.;2023.

Deste modo, no gráfico 03 verificou-se que o período com maiores índices precipitação pluvial correspondem aos meses de dezembro a maio, variando entre 93 mm a 316 mm e nos meses de junho a outubro ocorre uma diminuição no percentual mensal de precipitação pluvial e o mês de novembro é considerado de transição. Desta forma, conforme se apresenta no gráfico 03 na cidade de Tefé-AM, a temperatura máxima varia entre 32ºC a 34ºC e entre os meses de junho a outubro a temperatura pode chegar à máxima de 34ºC. Portanto, em relação ao clima da região amazônica os autores Marengo e Nobre (2009), corroboram que:

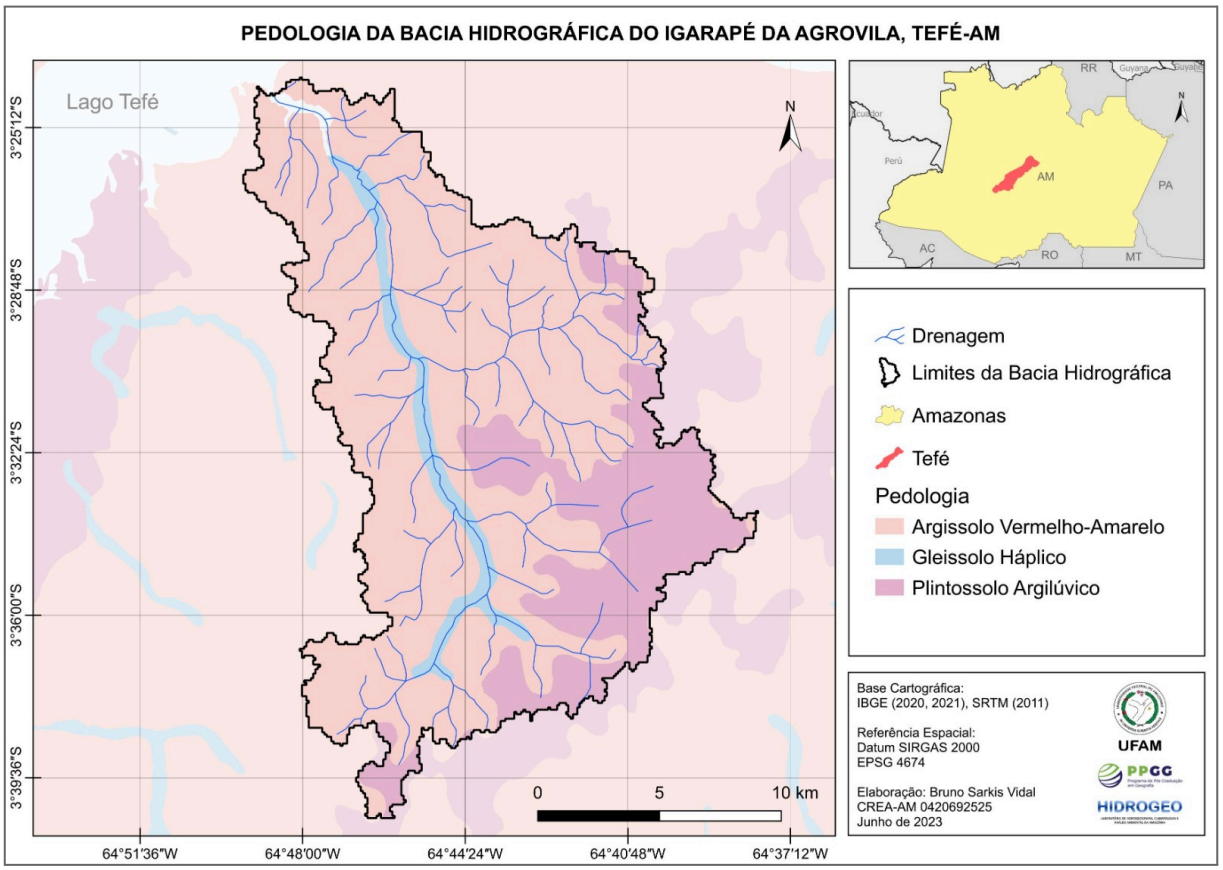
> A precipitação pluviométrica, a vazão dos rios e a temperatura do ar são elementos do clima largamente estudados, em razão de recortes meteorológicos e hidrológicos que, em algumas áreas, existem desde o início do século XX (MARENGO; NOBRE, p. 2009 198).

É importante destacar que os estudos e discussões voltados aos eventos climáticos, é pautado com enfoque principal em compreender as causas e efeitos dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre e o modo como os agentes sociais agem sobre o meio (SANT' ANNA NETO, 2001, p. 59).

6.3. Pedologia

Dentre os principais tipos de solos na região amazônica, destaca-se na área de estudo os solos pertencentes às classes dos Argissolo Vermelho-amarelo, Gleissolo háplico e Plintossolo argilúvico (EMBRAPA, 2006). Conforme se apresenta no Mapa 03.

Mapa 03: Pedologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: IBGE, 2020, 2021, SRTM, 2011.

6.3.1. Argissolo Vermelho-Amarelo

Esse solo pode ocorrer em áreas de relevos mais acidentados e dissecados do que os relevos nas áreas de ocorrência dos latossolos (EMBRAPA, 2006). Desta forma, o argissolo vermelho-amarelo, pode ser classificado na classe do 3º nível categórico (grande - grupos) e suas principais restrições estão relacionadas à fertilidade, em alguns casos, e susceptibilidade à erosão (EMBRAPA, 2018).

6.3.2. Gleissolo Háplico

São solos desenvolvidos em materiais inconsolidados (sedimentos ou saprolitos), e muito influenciados por ocorrências de encharcamento prolongado. Considera-se que esses solos ocorrem normalmente em regiões com o clima permanentemente úmido tanto em planícies ribeirinhas como na parte inferior das encostas adjacentes (LEPSCH, 2002).

De modo geral, esses solos podem ser classificados na classe do 3º nível categórico (grande - grupos). Diante do exposto, esses solos ocupam planícies aluviais, várzeas e áreas deprimidas, são solos hidromórficos, mal drenados, pouco profundos, com ou sem mosqueado, distróficos ou eutróficos, dependendo da natureza do material sobre qual desenvolvem (GUERRA; BOTELHO, 2021, p. 188).

Para Guerra e Botelho (2021) consideram que:

> Os eutróficos estão, normalmente relacionados a solos férteis localizados nas encostas circunvizinhas, as quais fornecem o material que é transportado e posteriormente depositado pelos agentes fluviais. Quando distróficos, são fortemente ácidos. A textura é, geralmente, argilosa, podendo ser de siltosa a média. (GUERRA; BOTELHO, 2021, p. 188).

Considerando, portanto, que estas paisagens compreendem extensos domínios das planícies fluviais e fluviolacustres e distribuem-se por todo Brasil, sob diversas condições de clima. A vegetação natural pode ser constituída por florestas e/ ou campos de várzea com espécies tolerantes a excesso de água (hidrófilas e higrófilas) e com fitofisionomia de aspecto perenifólio (PALMIERI; LARACH, 2017, p. 109). Deste modo, referente a suscetibilidade à erosão, esses solos, por situarem -se em áreas planas, que não favorecem o escoamento, não apresentam limitações relevantes (GUERRA; BOTELHO, 2021, p. 189).

6.3.3. Plintossolo Argilúvico

São solos encontrados em ambientes específicos, onde há condições de escoamento lento ou encharcamento periódico. São consideradas áreas de relevo plano a suavemente ondulado, depressões, terraços e várzea, são os locais de maior incidência desses solos (GUERRA; BOTELHO, 2021). Esses ambientes são caracterizados principalmente pela presença de expressiva plintitização com ou sem petroplintita (concreções de ferro ou cangas).

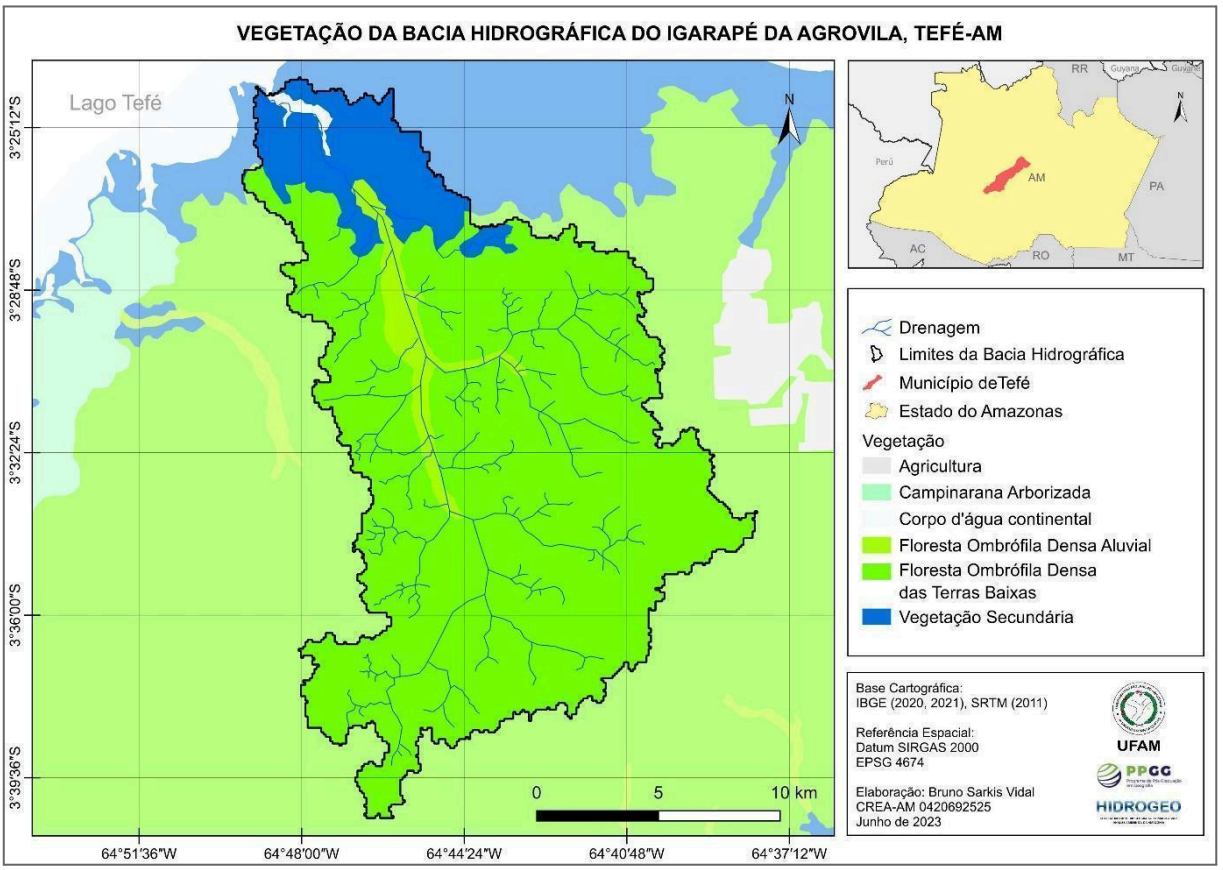
O plintossolo argilúvico apresenta drenagem restrita, têm como característica diagnóstica a presença do horizonte plíntico que é identificado principalmente por cores mosqueadas ou variegadas, compostas de tons desde

vermelhos a acinzentados (IBGE, 2007). Portanto, podem ser classificados na classe do 3º nível categórico (grandes grupos) sendo assim são solos com caráter alumínico na maior parte do horizonte B ou C (EMBRAPA, 1986a, v., p.424, perfil 90) (EMBRAPA, 2006).

6.4. Vegetação

Na área de estudo se apresenta uma vegetação predominante na tipologia florestal a Floresta ombrófila densa aluvial, Floresta ombrófila densa das terras baixas e Vegetação secundária. Conforme ilustra no Mapa 04.

Mapa 04: Vegetação da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: IBGE, 2020, 2021, SRTM, 2011.

6.4.1. Floresta Ombrófila Densa

É conhecida como floresta equatorial ou floresta tropical pluvial; a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25 ºC) e de alta precipitação, bem-distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco;

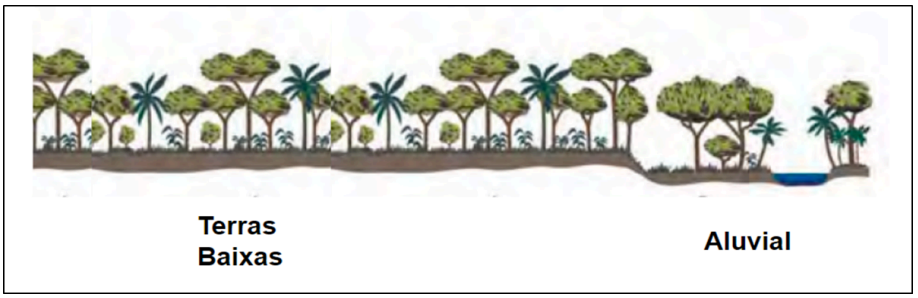
considera-se que, este tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos - subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância, que o diferenciam das outras classes de formações (IBGE, 2012). Conforme se ilustra na Figura 17 a seguir.

Figura 17: Floresta ombrófila densa nas proximidades da Comunidade da Agrovila, Tefé-AM.

Fonte: QUEIROZ, D.A., 2023.

Desse modo, dentro da categoria do tipo vegetacional da Floresta Ombrófila Densa conforme suas formações, verifica-se que na área de estudo encontra-se a Floresta Ombrófila Densa Aluvial e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18: Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Densa na área de estudo.



Fonte: IBGE, 2012.

6.4.2. Floresta Ombrófila Densa Aluvial

Não condicionada topograficamente e apresenta sempre os ambientes repetitivos, dentro dos terraços aluviais dos flúvios, é a formação ribeirinha ou “floresta ciliar” que ocorre ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias (IBGE, 2012).

6.4.3. Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas

Situada em áreas de terrenos sedimentares do terciário/ quaternário – terraços, planícies e depressões aplanadas não susceptíveis a inundações (IBGE, 2012).

6.4.4. Floresta Vegetação Secundária

São aquelas áreas onde houve intervenção antrópica para o uso da terra, considerando que inicialmente esse processo acontece quando é inserido o desmatamento da floresta, transformando florestas primárias em florestas secundárias ou capoeira, acarretando na exploração florestal dos recursos, para fins agrícolas ou pecuária, madeireira, usufruindo do que o ambiente disponibiliza (IBGE, 2012). (Figura 19).

Figura 19: Paisagem modificada nas proximidades da comunidade da Agrovila, Tefé-AM.

Fonte: QUEIROZ, D.A., 2023.

Para Corsini (2018), a dinâmica das florestas secundárias está associada aos agentes econômicos, que fazem uso da terra e de variados processos produtivos. Diante desses fatores, a vegetação secundária surge com o abandono da terra, quando ocorre a perda da produtividade dessas áreas, após o uso agricultura, pecuária ou reflorestamento, tendo em vista, que esses espaços reagem diferencialmente conforme as suas formas de uso da terra (IBGE, 2012).

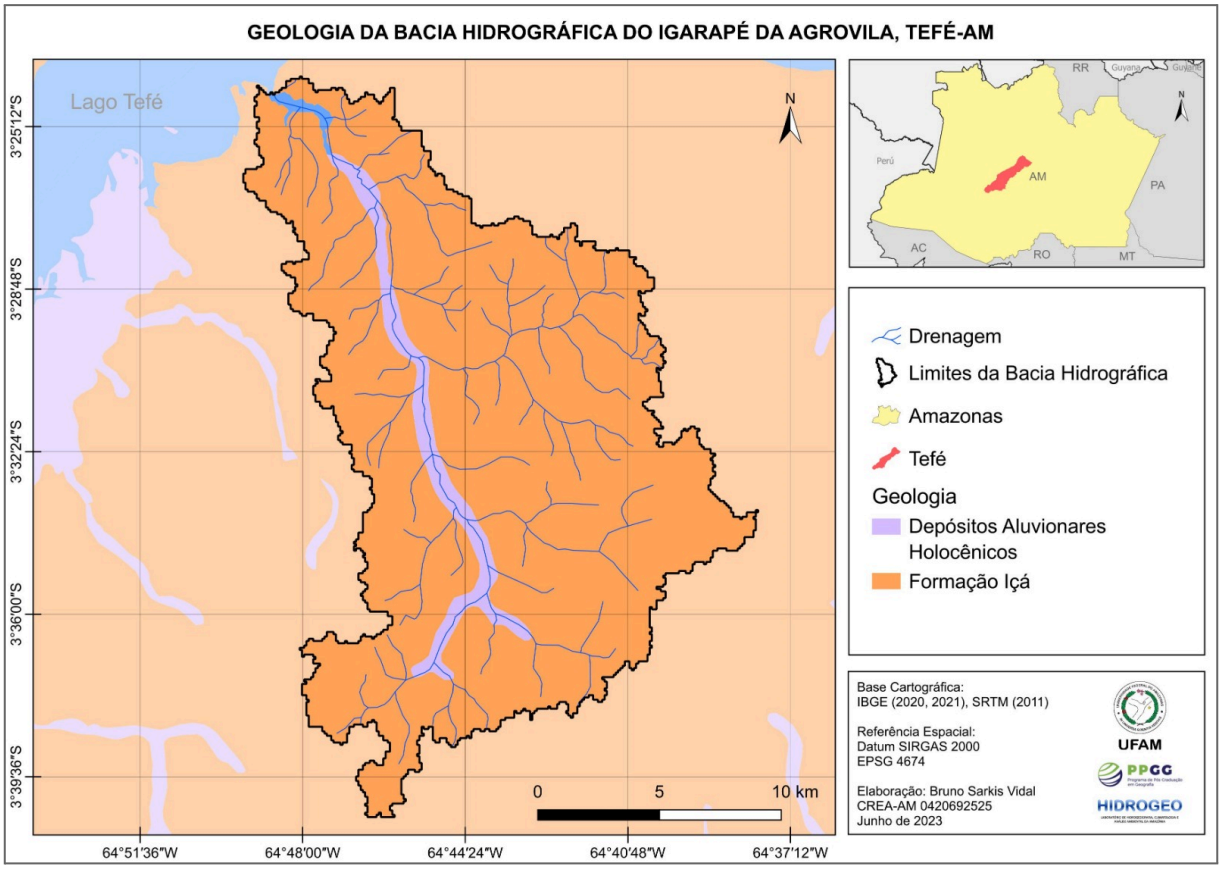
> A sucessão vegetal obedece ao ritmo de recuperação do solo degradado pela ação predatória do homem. A perda da matéria orgânica pelas queimadas e da parte química pelas culturas ou lixiviada pelas águas da chuva empobrece rapidamente os solos tropicais álicos ou distróficos e excepcionalmente eutróficos, que levam anos para se recuperarem naturalmente (IBGE, 2012, p. 149).

Para Almeida *et al.* (2010, p. 290), os efeitos do desmatamento na Amazônia acarretam em diversos problemas ambientais tais como a redução de fertilidade do solo, erosão, alterações nos regimes hidrológico local e global e emissão de gases de efeito estufa. Considerando que essas problemáticas podem ser possivelmente reduzidas, ocorrendo o crescimento da vegetação secundária nas áreas desflorestadas.

6.5. Geologia

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), foi possível verificar a existência de duas unidades geológicas na área de estudo, correspondentes aos Depósitos aluvionares e a Formação Içá, conforme são descritas e apresentadas no Mapa 05 a seguir.

Mapa 05: Geologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



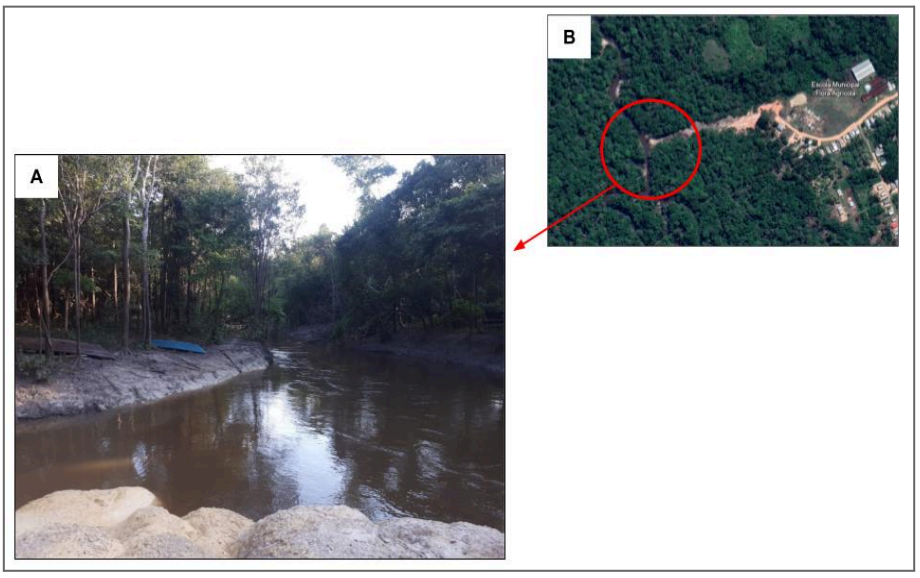
Fonte: IBGE, 2020, 2021, SRTM, 2011.

6.5.1. Depósito Aluvionares

São formados por sedimentos arenosos e argilosos em um sistema complexo de formas aluviais, podem ser encontrados ao longo do rio Solimões e seus afluentes (CARMO, 2010, p. 26). Nessa percepção, os depósitos aluvionares são de idade holocênica e recentes, podem apresentar em sua estrutura cascalhos, siltes, argilas e são arenosos (GAMBARINI, 2016).

Para Guerra e Guerra (2008, p. 188), os depósitos aluviais correspondem ao conjunto de materiais sólidos acumulados que são carregados pelas águas dos rios, sendo que a estratificação dos depósitos aluviais de um delta é bem diferente da encontrada em um terraço. Esses ambientes geralmente apresentam restos de vegetais de troncos e folhas relativamente carbonizados e apresentam cores avermelhadas e amareladas (CAVALCANTE, 2005, p. 13). (Figura 20)

Figura 20: Depósitos Aluvionares na Comunidade da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: QUEIROZ, D.A.; 2023/ Earth.google, 2020. Figura 20: (A) Depósitos aluvionares, (B) Localização espacial dos depósitos aluvionares.

6.5.2. Formação Içá

A formação Içá é caracterizada por apresentar um padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico bem definido, evidenciando uma constância de frequência e densidade em toda área de sua ocorrência (MAIA *et al.* 1977, p. 101).

É representada por colinas muito suaves, por densidade de drenagem, é exposta a leste do alinhamento do Arco do Jutaí, possuindo um relevo preservado e

basicamente plano, sobretudo pode ser identificada na margem direita do rio Solimões no trecho de Tefé-Coari (CARMO, 2010, p. 26).

Para Dantas e Maia (2010, p. 35), a Formação Içá é correspondente a idade pleistocênica, consistindo de arenitos pouco consolidados a inconsolidados, além disso, a sua origem é fluvial. Considera-se que são mais antigas que as planícies e terraços aluvionares e ocorrem de forma expressiva na porção central do estado (MAIA *et al.*, 2010, p. 166).

CAPÍTULO III
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados alcançados no decorrer desta pesquisa, a partir disso foi realizada a análise de cada componente da paisagem como o uso da terra e cobertura vegetal, declividade do terreno, solo, geologia e erosividade das chuvas, apresentado cada grau de vulnerabilidade que correspondem às variáveis e como produto final deste trabalho consiste na obtenção de um mapa matriz de Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, desta forma esses resultados estão descritos nos tópicos a seguir.

7.1. Uso da Terra e Cobertura Vegetal

As mudanças no uso da terra e cobertura vegetal têm potencial em ocasionar impactos nos fluxos de serviços ambientais, que são relacionados aos recursos de energias utilizadas, para fins da subsistência humana que usufruem de forma direta ou indiretamente dos ambientes (IBGE, 2022).

Neste viés, é importante compreender que a cobertura vegetal é fundamental na proteção do solo aos eventos dos processos erosivos, a degradação e a perda da paisagem. Tendo em vista, que a degradação da cobertura vegetal está associada a vários fatores como o desmatamento das florestas, ao crescimento urbano e as ações intensivas da produção agropecuária.

Desta forma, essas ações negativas em determinadas áreas corroboram com a alteração dos graus da vulnerabilidade da paisagem e aos demais impactos ambientais. Tendo em vista que, o uso da terra e a cobertura vegetal são componentes da paisagem que estão intrinsecamente interligados.

Diante desse contexto, Coutinho *et al. (*2013) salienta que no decorrer das décadas o aumento da substituição da cobertura florestal natural na Amazônia Legal, vem sendo alvo de preocupações e discussões na comunidade científica e pela sociedade como um todo, entende-se que essas ações negativas afetam gravemente o meio ambiente e os agentes sociais que compõem esses espaços.

A partir disso as transformações na paisagem são de extrema relevância para o uso e ocupação da terra, considerando que essas mudanças ocorrem mediante as intervenções humanas; a partir disso no processo de apropriação da

natureza, os recursos do meio ambiente são explorados, sejam para práticas agropecuárias, mineradoras ou de expansão urbana. Portanto, a importância de conhecer a forma como essas atividades serão desenvolvidas, em determinados ambientes, devem ser levadas em consideração, sobretudo em áreas classificadas prioritárias à conservação ou preservação nos sistemas amazônicos (SILVA e LIMA, 2019, p. 202).

Nesses termos, o levantamento sobre a cobertura e o uso da terra, possibilita análises e mapeamentos para a compreensão das formas de uso e de ocupação do espaço, sendo classificada como uma grande ferramenta de planejamento e de orientação para possíveis tomadas de decisão (IBGE, 2013).

Neste sentido, foram analisadas a variável do uso e cobertura da terra da área da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM dos anos de 1985 e 2020 e estabelecendo-se a classificação do seu grau de vulnerabilidade para essa variável. Desta forma, na Tabela 05 apresenta a análise do uso e cobertura da terra do ano de 1985 a partir disso, nota-se que a variável formação florestal apresenta um percentual de 98,73% na área da bacia.

Tabela 05: Classificação em área e porcentagem do uso e cobertura da terra 1985 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL 1985		
Variáveis	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**
Formação Florestal	31430,992	98,73%
Formação Campestre	14,903	0,05%
Pastagem	390,607	1,23%
Água	0	0%
Total	31836,502	100,00%

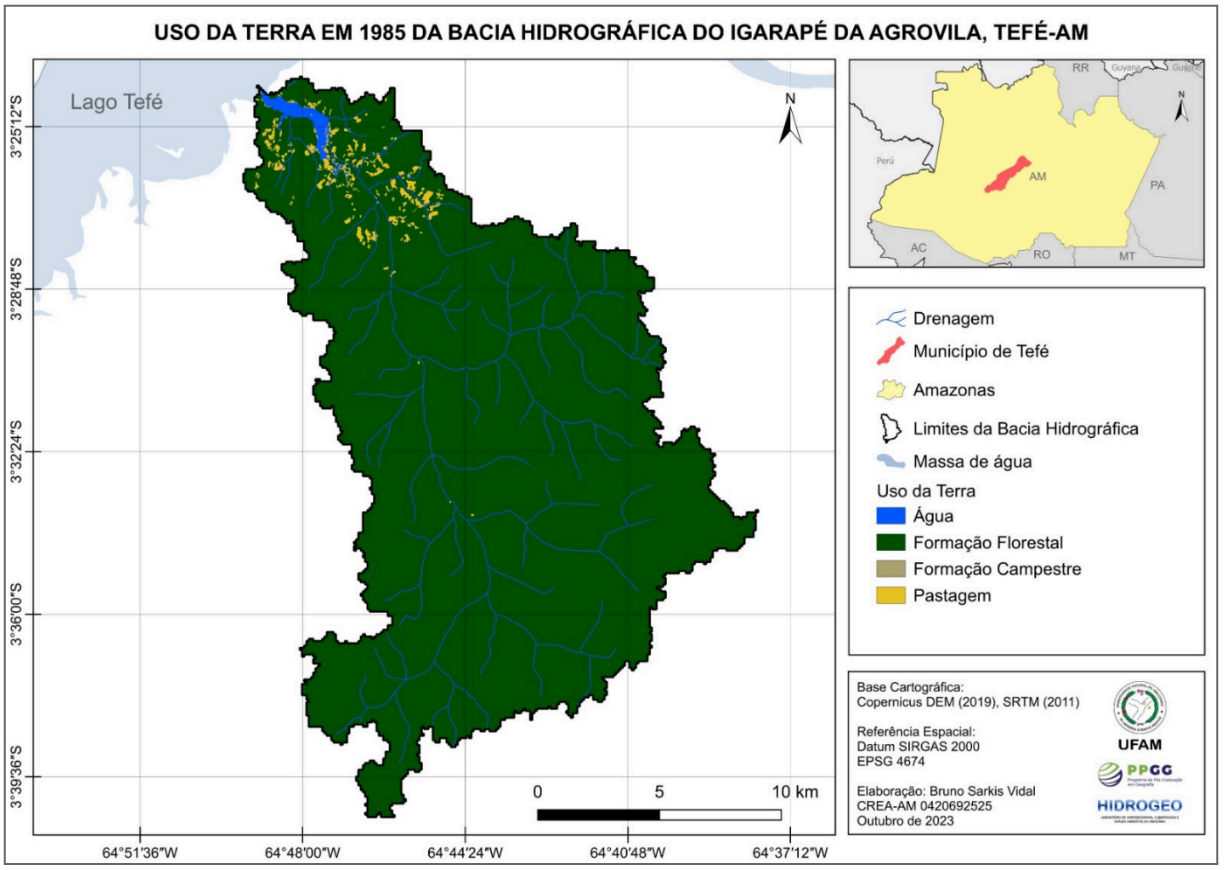
Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

Pela análise do Mapa 06 observa-se no Uso da Terra e Cobertura Vegetal em 1985 da área da bacia, identificou-se áreas de formação florestal de forma predominante, que correspondem a áreas de cobertura arbórea natural, ocupando uma área 31836,502 hectares; diante disso apresentou-se ainda áreas de pastagem.

Silva Neto e Aleixo (2019) consideram que:

> As áreas de floresta correspondem às áreas de vegetação preservada, por sua vez a classe desflorestada agrupam as áreas com vegetação secundária de porte herbáceo e arbustivo, ou áreas utilizadas para outros fins com loteamentos irregulares e pastagem (SILVA NETO; ALEIXO, 2019, p. 73).

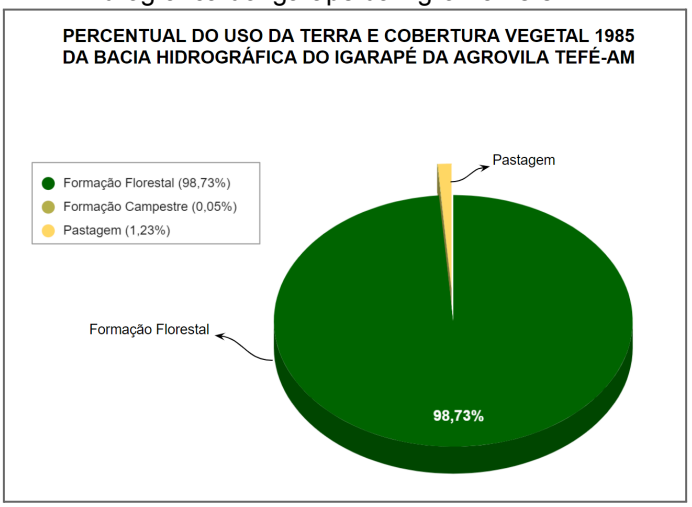
Mapa 06: Uso da Terra em 1985 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: Copernicus DEM (2019), SRTM (2011).

No Gráfico 04 da área da bacia referente ao ano de 1985, demonstra-se que 98,73% correspondem a áreas de florestas e para área a variável pastagem apresentou um percentual de 1,23%.

Gráfico 04: Porcentagem da variável do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.



Organização: QUEIROZ, D.A.,2023.

Nesse contexto, a partir do processamento de dados foram identificadas as seguintes classes do uso da terra e cobertura vegetal em 2020, como podem ser observadas na Tabela 06. Nota-se que a variável formação florestal ocupa um percentual de 94,84% na área da bacia.

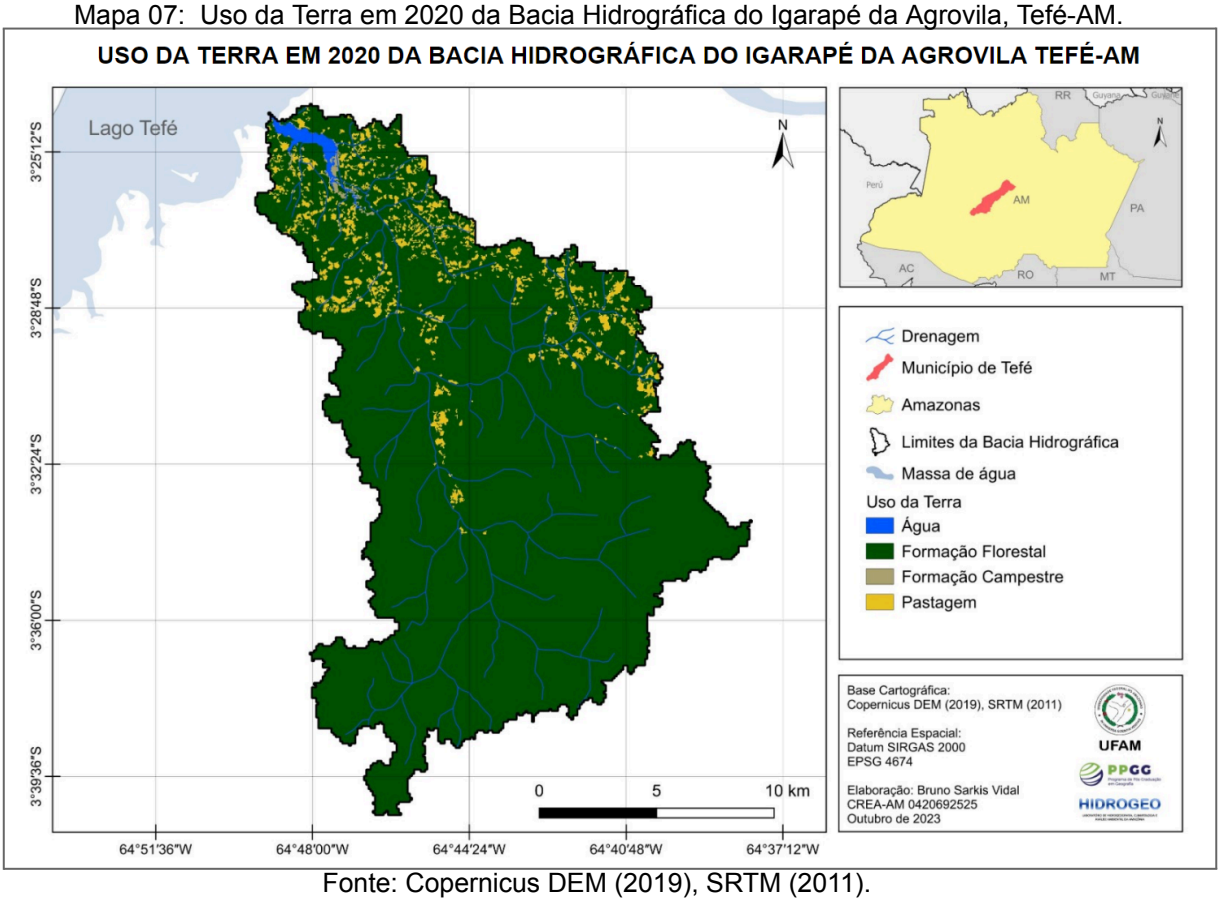
Tabela 06: Classificação em área e porcentagem do uso e cobertura da terra 2020 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL 2020		
Variáveis	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**
Formação Florestal	30193,62	94,84%
Formação Campestre	97,006	0,30%
Pastagem	1545,877	4,86%
Água	0	0,00%
Total	**31836,502**	**100,00%**

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

No mapa 07 observa-se no Uso da Terra e Cobertura Vegetal em 2020 da área da bacia, apresentou de forma acentuada as formações florestais naturais, percebe-se que nas proximidades da foz da bacia encontra-se ambientes de uso antrópico da terra, ocupando uma área 1545,877 hectares.

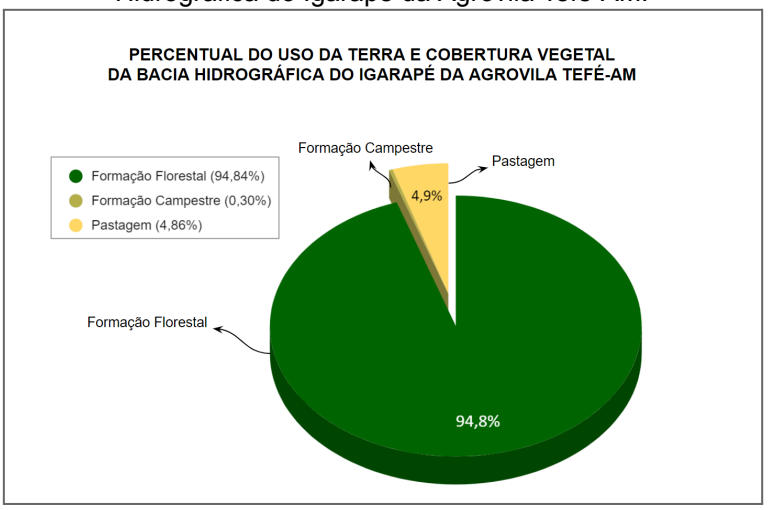
Mapa 07: Uso da Terra em 2020 da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: Copernicus DEM (2019), SRTM (2011).

No Gráfico 05, nota-se que a Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, apresenta em maior proporção as áreas de florestas, considerando o total de 30193,62 hectares, correspondendo à 94,84% da área da bacia. Desta forma, as áreas que correspondem a variável da Pastagem apresentaram em porcentagem os valores de 4,86%.

Gráfico 05: Porcentagem da variável do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.



Organização: QUEIROZ, D.A.,2023.

Considera-se que a área de pastagem é associada a ambientes de uso antrópico da terra, seja plantada ou natural, ligada à atividade pecuária (MAPBIOMAS AMAZÔNIA, 2022, p. 02); observa-se ainda que, as áreas de formação campestre correspondem a menores valores em porcentagem cerca de 0,30% da área total analisada. (Gráfico 05).

De acordo com Crepani et al. (2001) para a análise da vulnerabilidade do uso da terra e cobertura vegetal são analisados o tipo de vegetação e as intervenções humanas introduzidas nesses ambientes; portanto o autor considera que quanto maior a cobertura vegetal no solo, menos são os riscos de vulnerabilidade à perda de solo.

Em relação análise da vulnerabilidade do uso da terra e cobertura vegetal, observou-se que a área da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, compreende a classe Muito Baixa totalizando um percentual de 94,84% de Formação Florestal e no grau de vulnerabilidade da paisagem foram atribuídos em sua ponderação o valor 0.2 apresentando na área da bacia ambientes estáveis. (Tabela 07).

Tabela 07: Área, Percentual e o Grau de vulnerabilidade da variável do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

GRAU DE VULNERABILIDADE PARA O USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL				
Variáveis	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**	**Valores de Vulnerabilidade**	**Grau de vulnerabilidade**
Formação Florestal	30193,62	94,84%	0.2	Muito Baixa
Formação Campestre	97,006	0,30%	0.4	Baixa
-	0	0,00%	-	Moderada
Pastagem	1545,877	4,86%	0.8	Alta
Água	0	0,00%	-	Muito Alta
Total	31836,502	100,00%	-	-

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

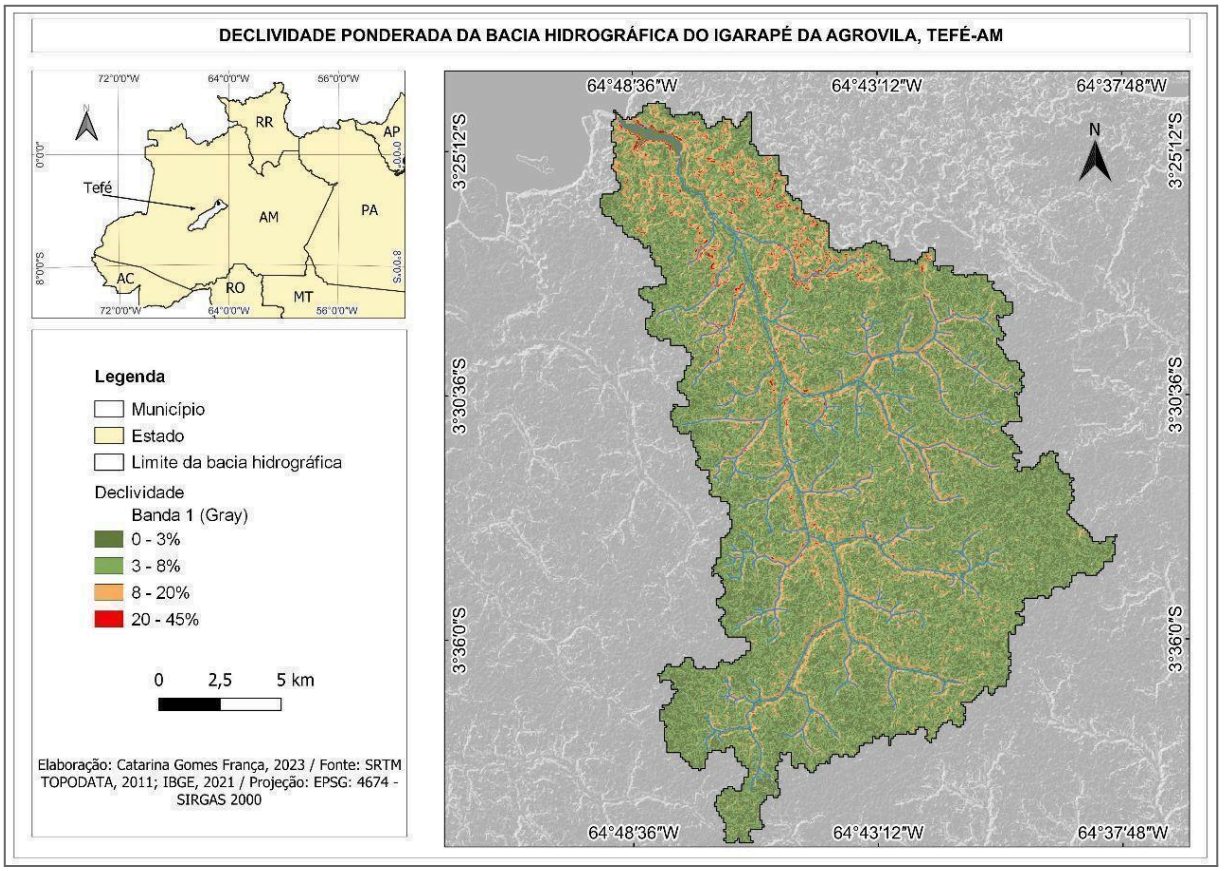
Na análise das demais variáveis a área da bacia corresponde ainda a áreas de formação campestre onde foram classificadas no grau de vulnerabilidade Baixa recebendo 0.4 no valor de vulnerabilidade; apresentaram ainda áreas antropizadas como a pastagem, para essa variável foram atribuídas em sua ponderação o valor 0.8 correspondendo ao grau de vulnerabilidade Alta, à vista disso, esses ambientes indicam fatores de instabilidade. (Tabela 07).

7.2. Declividade

A princípio a declividade do terreno refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte (CREPANI *et al.*, 2001,); desta forma, está relacionada com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética, deste modo, mediante a velocidade das massas de água em movimento é responsável pelos escoamentos superficiais de água (CREPANI *et al.*, 2001, 2008, p. 300).

Nessa perspectiva, considera-se que áreas que são mais íngremes são mais suscetíveis aos efeitos da erosão, tendo em vista que, a declividade está associada principalmente aos processos de erosão do solo, desempenhando um papel importante na velocidade e intensidade da erosão dos solos; a partir disso a declividade do terreno é importante na análise da vulnerabilidade à perda de solos em razão dos processos da erosão.

Mapa 08: Declividade da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: SRTM/TOPODATA, 2011; IBGE, 2021. Organizado: FRANÇA e QUEIROZ, 2023.

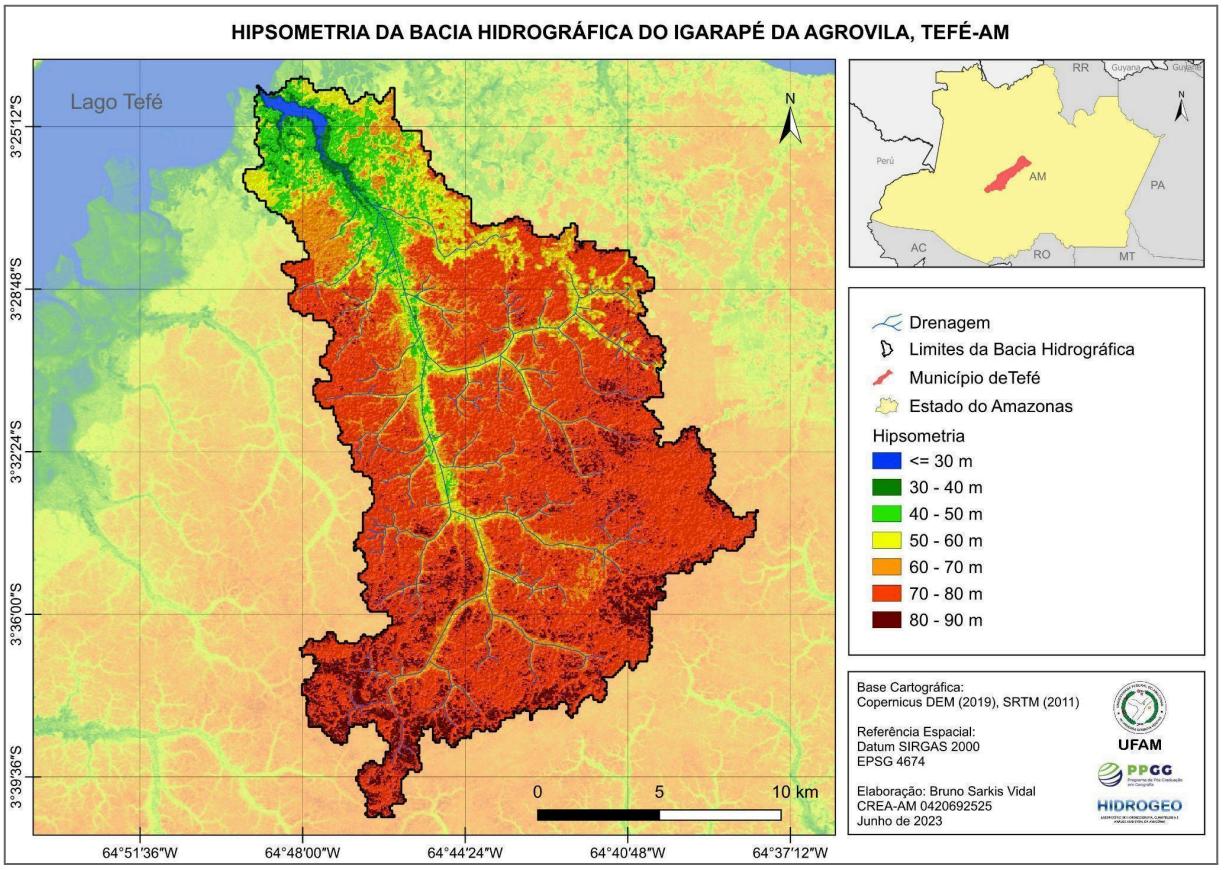
No Mapa 08 observa-se a declividade do terreno da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, predomina relevo planos e suave e ondulado, apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 - 8% na área da bacia.

Desta forma, em relação à Hipsometria é considerada importante na análise da vulnerabilidade à perda de solos, à vista disso, proporciona informações a respeito da altitude da área analisada.

Desta forma, o autor Silva Neto (2013) considera que:

> A análise da hipsometria em bacias hidrográficas possibilita a observação da variação de altitude do relevo da área. Esta análise torna-se relevante na abordagem da dinâmica de uso e ocupação do solo e ainda representando melhor a configuração topográfica do vale e a relação com a dinâmica de escoamento superficial e a erosão hídrica (SILVA NETO, 2013, p. 204).

Mapa 09 : Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: Copernicus DEM (2019), SRTM (2011).

E com base no Mapa 09 a hipsometria máxima da bacia hidrográfica corresponde a 80 a 90 metros, e as áreas com 40 a 60 metros se encontram próximo das linhas de drenagens, enquanto em outras áreas apresentam a predominância de 70 a 80 metros identificadas na parte intermediária e superior da bacia; a partir disso, as áreas que apresentam a hipsometria mínima de até 30 metros, encontra-se próximo à foz da bacia.

E na análise da declividade do terreno na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, verificou-se que esta variável está classificada em maior predominância no grau de vulnerabilidade Muito Baixa, correspondendo um percentual de 84,87%, na área total da bacia, a partir disso, foram atribuídos 0.2 nos valores de vulnerabilidade, onde apresentou relevos Suave Ondulado 3 - 8% (Tabela 08).

Tabela 08: Grau de vulnerabilidade da variável declividade da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

GRAU DE VULNERABILIDADE DECLIVIDADE				
Variáveis	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**	**Valores de Vulnerabilidade**	**Grau de vulnerabilidade**
0 – 8%	27013,41	84,87%	0.2	Muito Baixa
-	0	0%	-	Baixa
8 – 20%	4639,680	14,58%	0.6	Moderada
20 – 45%	174,960	0,55%	0.8	Alta
-	0	0%	-	Muito Alta
Total	31828,05	100,00%	-	-

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

Na Tabela 08, verificou-se que a área da bacia apresentou ainda relevo Ondulado 8 - 20%, sendo classificado no grau de vulnerabilidade Moderada, onde foram atribuídos 0.6 no valor de vulnerabilidade e relevo Forte Ondulado 20 - 45% classificados no grau de vulnerabilidade Alta correspondendo 0.8 nos valores de vulnerabilidade.

Observa-se que na área da bacia predomina-se a vulnerabilidade Muito Baixa correspondendo a ambientes estáveis, todavia apresenta em menor percentual a classe moderada com 14,58% e a classe Alta com 0,55% conforme apresentado na (Tabela 08).

A partir disso, embora a bacia apresente um grau de vulnerabilidade Muito Baixa para a variável da declividade do terreno, é importante destacar que, com base nesses fatores é primordial estabelecer práticas de conservação do solo, para prevenir posteriormente possíveis impactos prejudiciais ocasionados pelas ações erosivas nesses ambientes.

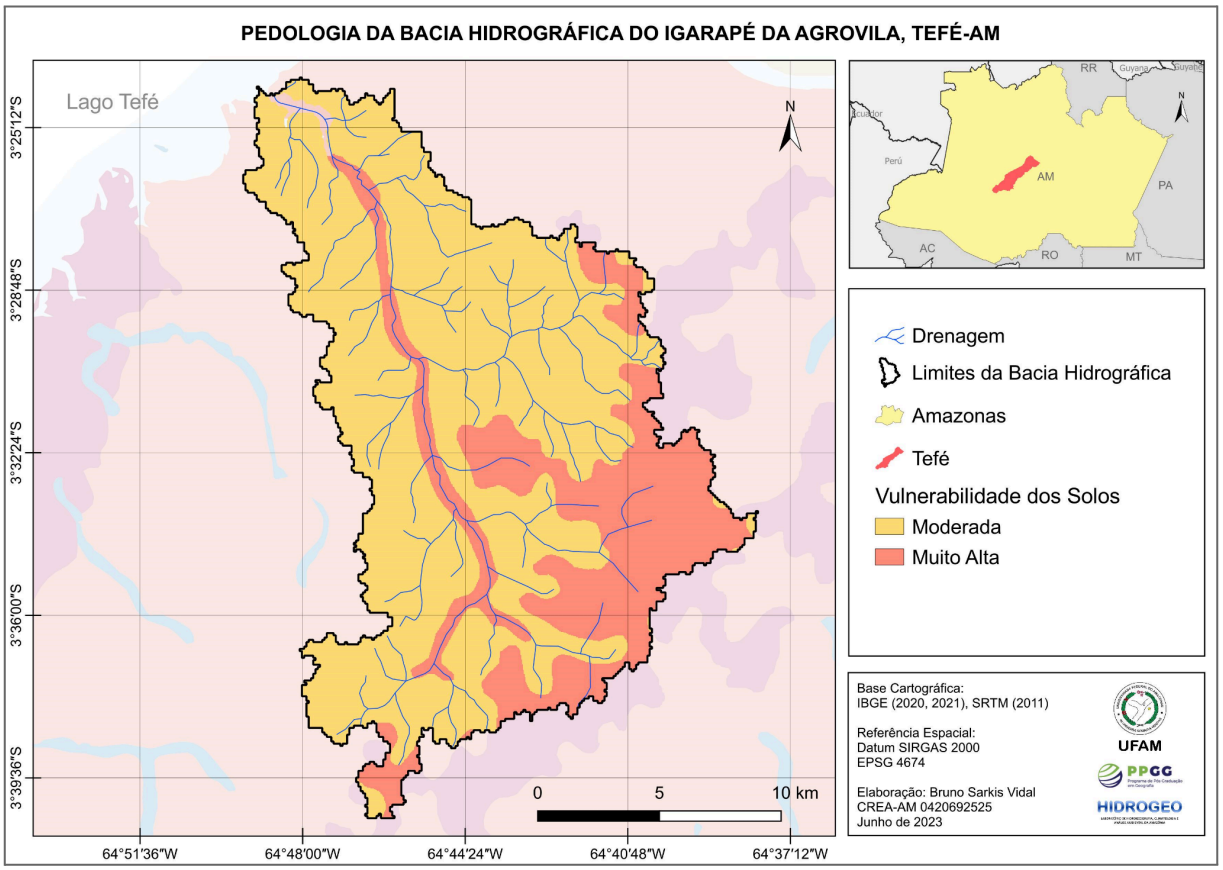
7.3. Solo

A vulnerabilidade do solo está relacionada à susceptibilidade do solo a possíveis danos, como a degradação ou perda de uma determinada paisagem, em consequência de fatores naturais ou antropogênicos. À vista disso, considera-se que o solo é um recurso natural de grande importância atuando em diferentes finalidades como na parte ambiental e no manejo da terra.

A partir disso, a vulnerabilidade do solo considera o grau de maturidade com base nas interações dos processos da morfogênese/pedogênese; deste modo, os processos erosivos da morfogênese, ocasionam solos jovens, pouco desenvolvidos, em vista disso, condições que proporcionem o equilíbrio na pedogênese, acarretam em solos maduros, profundos lixiviados e bem desenvolvidos (CREPANI *et al.,* 2008, p. 302). Dessa forma, a maior ou menor suscetibilidade de um solo a sofrer os processos erosivos, é mediante a diversos fatores que são considerados importantes na formação da vulnerabilidade do solo, como a sua estrutura, tipo e quantidade das argilas, permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis (CREPANI *et al.,* 2001, p. 82).

No Mapa 10 observa-se a Pedologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, a partir disso, na análise do grau de vulnerabilidade desta variável, apresentou a vulnerabilidade Moderada e Muito Alta.

Mapa 10: Pedologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: IBGE (2020, 2021), SRTM (2011).

Neste contexto, na análise da variável do solo na área da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, observou-se de modo predominante os solos Argissolos Vermelho-Amarelo, considerando uma área de 22577,182 hectares,

correspondendo um percentual de 71,27% na área da bacia; a partir disso na ponderação desta variável foram atribuídos 0.5 correspondendo ao grau de vulnerabilidade Moderada. (Tabela 09).

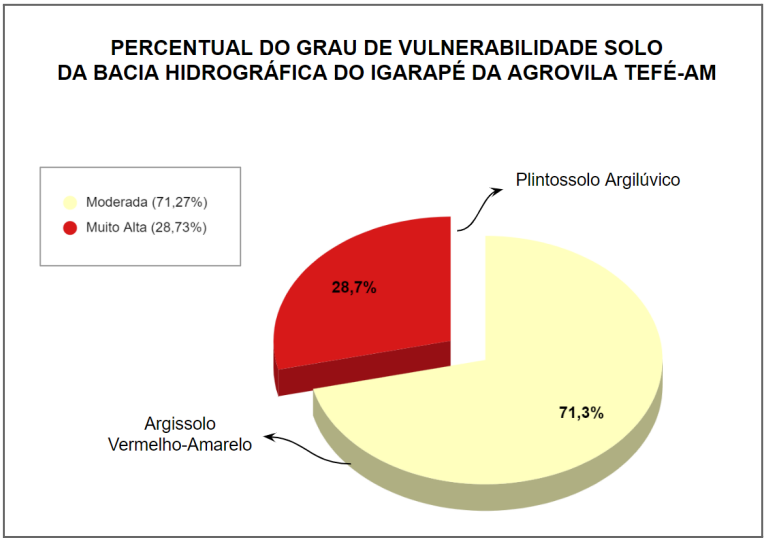
Tabela 09: Área, Percentual e o Grau de vulnerabilidade da variável Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

GRAU DE VULNERABILIDADE SOLO				
Variáveis	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**	**Valores de Vulnerabilidade**	**Grau de vulnerabilidade**
-	0	0%	-	Muito Baixa
-	0	0%	-	Baixa
(PVAva) Argissolo Vermelho-Amarelo	22577,182	71,27%	0.5	Moderada
-	0	0%	-	Alta
(FTva) Plintossolo Argilúvico	9101,142	28,73%	1	Muito Alta
Total	31678,324	100,00%	-	-

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023.

Dessa forma, conforme apresentado na Tabela 09, observa-se que o solo Plintossolo Argilúvico está associado ao grau de vulnerabilidade Muito Alta, essa variável apresentou em ponderação o valor 1 correspondendo a ambientes instáveis.

Gráfico 06: Porcentagem do Grau de Vulnerabilidade Solo.



Organização: QUEIROZ, D.A.,2023.

De acordo com o Gráfico 06 verificou-se que o solo está classificado no grau de vulnerabilidade Moderada, com um percentual de 71,27%, seguido pela vulnerabilidade Muito Alta com percentual de 28,73% da área total da bacia.

7.4. Geologia

Neste viés, a vulnerabilidade da geologia está associada à resistência e coesão das unidades litológicas distintas, onde os eventos ou fenômenos naturais têm potencial em ocasionar possíveis danos ou desastres; a partir disso entende-se que, essa variável está atrelada à possibilidade das formações geológicas de suportar ou adaptar-se a esses determinados eventos.

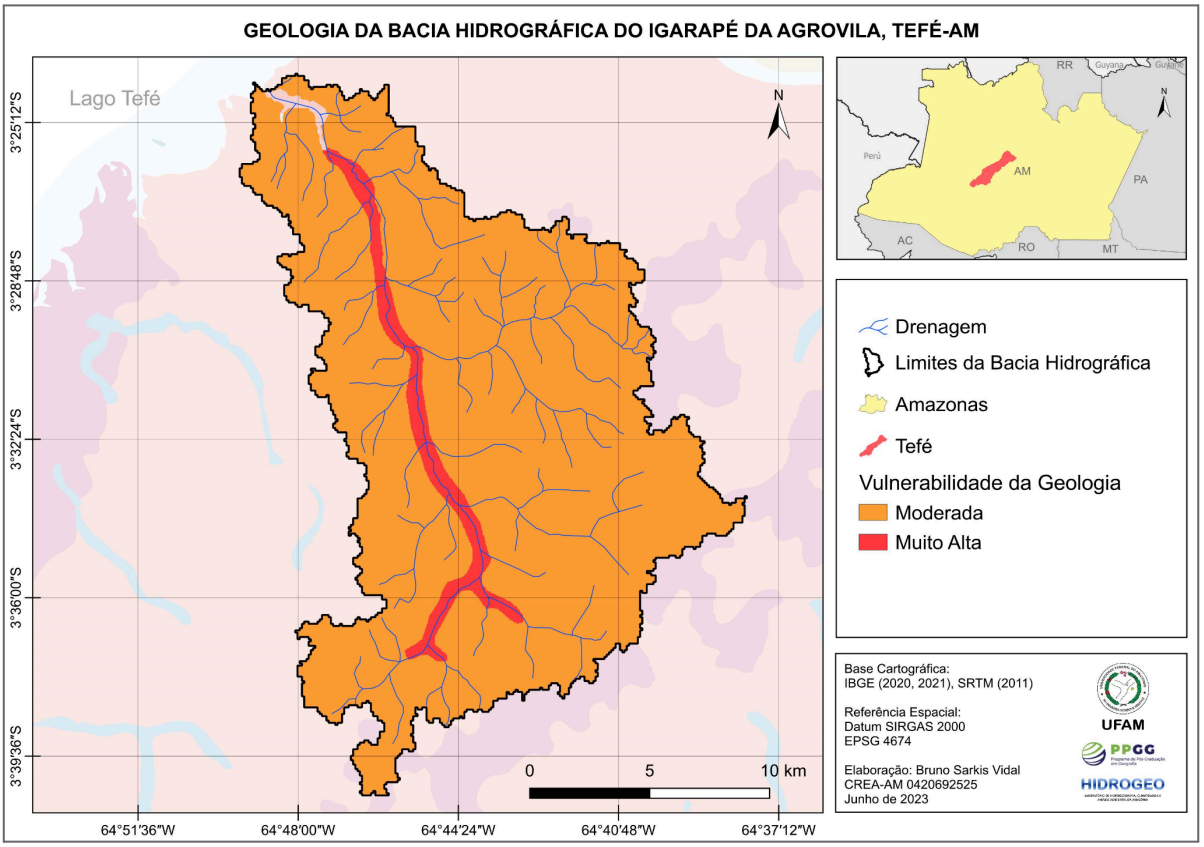
Crepani *et al.* (2001) considera que:

> A contribuição da Geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. Por grau de coesão das rochas entende-se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem (CREPANI *et al.,* 2001, p. 32).

Com base no exposto, o grau apresentado pelo autor está associado a informação básica da Geologia a ser integrada mediante a Ecodinâmica, visto que as rochas pouco coesas, predominam os processos modificadores das formas do relevo, a partir disso, as rochas bastante coesas prevalecem os processos de formação de solos (CREPANI *et al.,* 2008, p. 300).

Desta forma, a Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, apresenta duas unidades geológicas, correspondentes aos Depósitos aluvionares e a Formação Içá, a partir disso, foi realizada a análise do grau de vulnerabilidade destas variáveis, onde apresentaram vulnerabilidade Moderada e Muito Alta, conforme se apresenta no Mapa 11 a seguir.

Mapa 11: Geologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila, Tefé-AM.



Fonte: IBGE (2020, 2021), SRTM (2011).

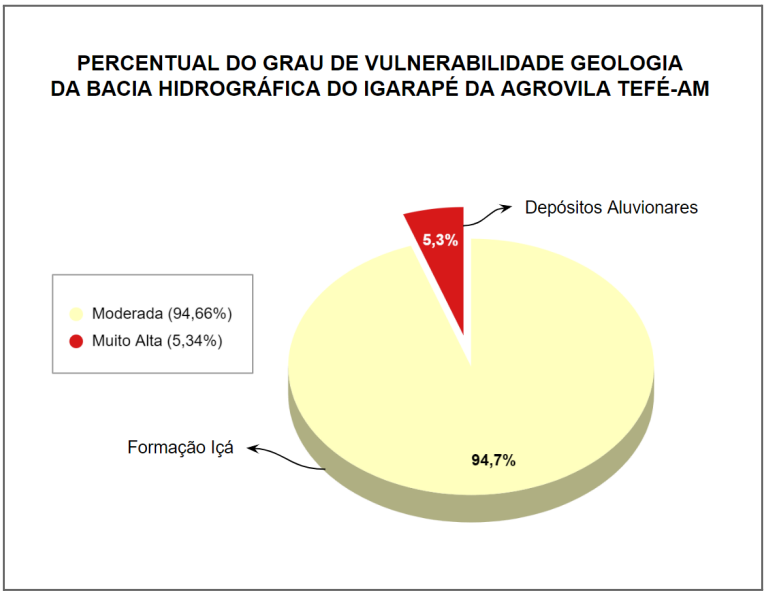
Sendo assim, verifica-se na Tabela 10 que a Formação Içá corresponde ao percentual 94,66% da área da bacia, sendo classificada no grau de vulnerabilidade Moderada, esta classe recebeu em sua ponderação o valor 0.6, e encontra-se de forma predominante na área da bacia; a partir disso, os Depósitos Aluvionares foram classificados no grau de vulnerabilidade Muito Alta e nos valores de vulnerabilidade foram atribuídos o valor 1.

Tabela 10: Área, Percentual e o Grau de vulnerabilidade da variável Geologia da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

GRAU DE VULNERABILIDADE GEOLOGIA				
Variáveis	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**	**Valores de Vulnerabilidade**	**Grau de vulnerabilidade**
-	0	0%	-	Muito Baixa
-	0	0%	-	Baixa
Formação Içá	29986,364	94,66%	0.6	Moderada
-	0	0%	-	Alta
Depósitos Aluvionares	1692,757	5,34%	1	Muito Alta
Total	31679,12	100,00%	-	-

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001). Org.: QUEIROZ, D.A. 2023

Gráfico 07: Porcentagem do Grau de Vulnerabilidade Geologia.



Organização: QUEIROZ, D.A.,2023.

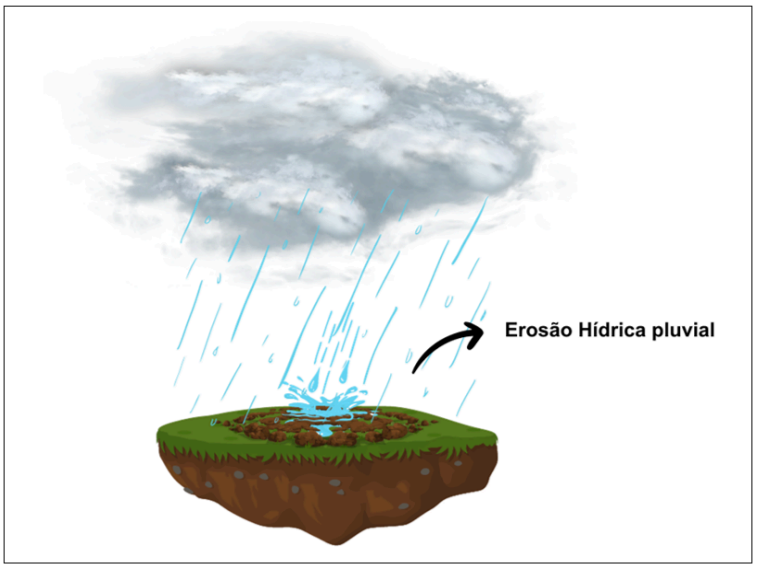
Com base na discussão o Grau de vulnerabilidade Moderada foi atribuídos a unidade geológica da Formação Içá com um percentual de 94,66% e os Depósitos Aluvionares corresponderam ao grau de vulnerabilidade Muito Alta com 5,34% da área da bacia, conforme explicitado no Gráfico 07.

7.5. Erosividade das Chuvas

Os processos erosivos ocasionados pela ação hídrica pluvial, ocorrem em quase todo o globo terrestre, esse fenômeno acontece principalmente em áreas com clima tropical, entende-se que esses ambientes se destacam de outras localidades do planeta, por apresentarem altos índices pluviométricos ao longo do ano (GUERRA, 2014, p. 17).

Para Carvalho (1994), a erosão hídrica pluvial ocorre a partir do impacto das gotas de chuvas no solo desprovido de cobertura vegetal, compreende-se que, as áreas que são mais afetadas por esse processo, são ambientes pertencentes a terrenos planos, taludes, terrenos com prática da agricultura ou matas, visto que a erosão causada pelas chuvas em grandes proporções, podem acarretar a alterações mais intensas no solo exposto.

Figura 21: Impacto da Erosão Hídrica Pluvial por salpicamento.



Elaborado: QUEIROZ, D.A., 2023.

Assim, destaca-se que, um dos resultados da erosividade das chuvas no solo é o efeito *"Splash"*, que seria uma ruptura no solo que se expande primeiramente a partir da velocidade das partículas de água que atinge o solo desprovido de vegetação. Este processo ocorre principalmente em áreas em que as ocorrências de chuvas são de alta proporção, com isto, fica suscetível à erosão hídrica. (Figura 21).

Segundo Silva e Schulz et al. (2003) afirmam que:

> As gotas podem ser consideradas bombas em miniaturas que golpeiam a superfície desprotegida do solo, rompendo os grânulos e torrões, reduzindo-os a partículas menores e, em consequência, aumentando a proporção de partículas pequenas na superfície. Uma gota golpeando um solo úmido forma uma minicratera, compactando a área imediatamente sob o centro da gota e movimentando as partículas soltas para fora num círculo em volta de sua área. (BEASLEY, 1972; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990, p.18 *apud* SILVA e SCHULZ et al. 2003).

Diante desses fatores, no Brasil a erosão hídrica pluvial é considerada a mais importante forma de erosão. Compreende-se que se efetua em duas etapas distintas, pela desagregação e transporte, desta forma, a desagregação é causada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva no solo e pelas águas que filtram pela superfície do ambiente impactado (LEPSCH, 2002, p. 154).

Em síntese, os ambientes com solos expostos, ou seja, áreas desprovidas de vegetação, são mais propícias a serem atingidas pela ação da erosão hídrica pluvial, desta forma, a cobertura do solo é de suma importância na prevenção e

controle das degradações dos processos erosivos, causadas pelos impactos das águas pluviais (SILVA e SCHULZ *et al*., 2003).

Diante desse panorama, a erosividade das chuvas pode ocorrer em uma paisagem natural atuando de forma natural no solo, todavia esse fenômeno têm a possibilidade de se intensificar, com as influências advindas das relações entre sociedade e natureza, que acabam alterando esse sistema natural.

Neste contexto, para a análise dos processos de erosividade das chuvas, foi determinado por meios dos dados pluviométricos e tratamento estatístico, e realizado uma análise do índice anual e mensal da erosividade das chuvas para Tefé-AM com série histórica de 30 anos de dados de 1993 a 2022.

Tabela 11: Classes de erosividade da chuva média e anual e mensal.

Classe de erosividade	**Valores de erosividade**	
	MJ mm ha^{-1} h $^{-1}$ ano^{-1}	**MJ mm ha^{-1} h $^{-1}$ mês^{-1}**
Muito baixa	R < 2.500	R< 250
Baixa	2.500< R < 5.000	250< R< 500
Média	5.000< R < 7.000	500< R <750
Alta	7.000< R < 10.000	750< R < 1000
Muito Alta	R > 10.000	R> 1000

Fonte: Silva Neto e Aleixo (2020, p. 06), adaptado de Carvalho 1994.

Desse modo utilizou-se como base para análise da variável Erosividade, o trabalho intitulado "*Erosividade da chuva na região do médio Solimões, Amazonas, Brasil*" de Silva Neto e Aleixo (2020), que analisaram a erosividade da chuva na região do médio Solimões no estado do Amazonas, Brasil, considerando uma série histórica de dados (1992-2012), obtidos de 32 estações meteorológicas distribuídas na região do amazonas, e para determinação do valor médio do índice de erosividade utilizaram a proposta de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) , e também a proposta de Carvalho (1994), que estabelece valores em MJ mm ha^{-1} h $^{-1}$ ano^{-1} e MJ mm ha^{-1} h $^{-1}$ mês^{-1}, classificando os índices de erosividade em Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito baixa, conforme apresentado no (Tabela 11).

A partir desta discussão, para compreender a perda de solo por erosão hídrica, utilizou-se a variáveis da EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo), estabelecida por Wischmeier e Smith (1978). Diante disso, de acordo os autores Silva e Schulz et al., (2003) a EUPS se apresenta da seguinte forma:

$$A = R. K. L. S. C. P.$$

Em que:

***A* =** é a perda de solo calculada por unidade de área, em t ha-¹.

***R* =** fator erosividade da chuva, representa o índice de erosão pela chuva em tm mm ha-¹ ou MJ mm ha-¹ h.

***K* =** fator erodibilidade do solo, é a relação entre a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva. No sistema métrico é expresso em t ha ano tm-¹ ha-¹ mm-¹.

***L* =** fator comprimento do declive

***S* =** fator grau de declive

***C* =** fator que retrata o uso e manejo

***P* =** fator que representa as práticas conservacionistas

Desta forma, utilizou-se a variável (*R* = erosividade das chuvas) e para a determinação do valor médio do índice de erosividade através da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação, foi elaborada segundo a equação (1) proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

Equação 1: $$EI = 67{,}355 * \left(\frac{r^2}{P}\right)^{0{,}85}$$

Em que:

EI= média mensal do índice de erosividade, em MJ/ha.mm;

r = média mensal de precipitação, em mm;

P = média anual de precipitação, em mm

Em seguida para a determinação de erosividade anual (fator R da EUPS) realizou-se as somas dos valores mensais do índice de erosividade, referente aos anos selecionados (2).

Equação 2: $R = \Sigma EI$

Em que:

R = erosividade da chuva (MJ/ha.mm/ano)

EI = média mensal do índice de erosividade

Inicialmente para análise da erosividade da chuva, foram utilizados os dados pluviométrico e realizado as médias mensais e o total anual da precipitação pluvial. Por sua vez, após a coleta e organização dos dados das chuvas, foi aplicada a equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), onde estabelece a classificação da média mensal e anual de erosividade das chuvas de janeiro a dezembro no Município de Tefé (Tabela 12).

Tabela 12: Classes de Erosividade da Chuva Média Mensal e Anual.

Classes de Erosividade da Chuva Média Mensal e Anual de Janeiro a Dezembro (1993 - 2022)							
ID	**Estação**	**Coordenadas**		**Meses**	**Valores de erosividade (MJ mm ha-¹ h -¹ mês-¹)**	**Classes de Erosividade**	**Cores**
		W	**S**	Jan	1295,93	Muito Alta	
1	Tefé - INMET	64º 42’ 00”	03º 22’ 00”	Fev	1058,55	Muito Alta	
				Mar	1451,15	Muito Alta	
				Abr	1556,09	Muito Alta	
				Mai	1168,80	Muito Alta	
				Jun	465,61	Baixa	
Classes de Erosividade			**Cores**	Jul	282,60	Baixa	
Muito Alta				Ago	193,53	Muito Baixa	
Alta				Set	293,06	Baixa	
Média				Out	473,28	Baixa	
Baixa				Nov	620,14	Média	
Muito Baixa				Dez	941,90	Alta	
Total anual erosividade (Valores de erosividade MJ mm ha-¹ h -¹ ano-¹)					9800,64	Alta	

Fonte - INMET, 2023; Silva Neto e Aleixo (2020, p. 07). Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

Desta forma, observou-se que os meses de dezembro a maio apresentaram os maiores índices de erosividade, onde seus valores variam entre 900 a 1500 MJ mm ha-¹ h -¹ mês-¹; seguindo esta análise, considerou-se que o mês de abril apresentou os valores de erosividade muito alta com 1556,09 MJ mm ha-¹ h -¹ mês-¹.

Neste sentido, nos meses de junho a novembro os índices de erosividade variam entre 600 a 190 MJ mm ha-¹ h -¹ mês-¹, deste modo, observa-se que os meses de julho a setembro se classificaram como erosividade muito baixa e baixa, onde o mês de agosto apresentou o menor índice de erosividade com 193,53 MJ mm ha-¹ h -¹ mês-¹.

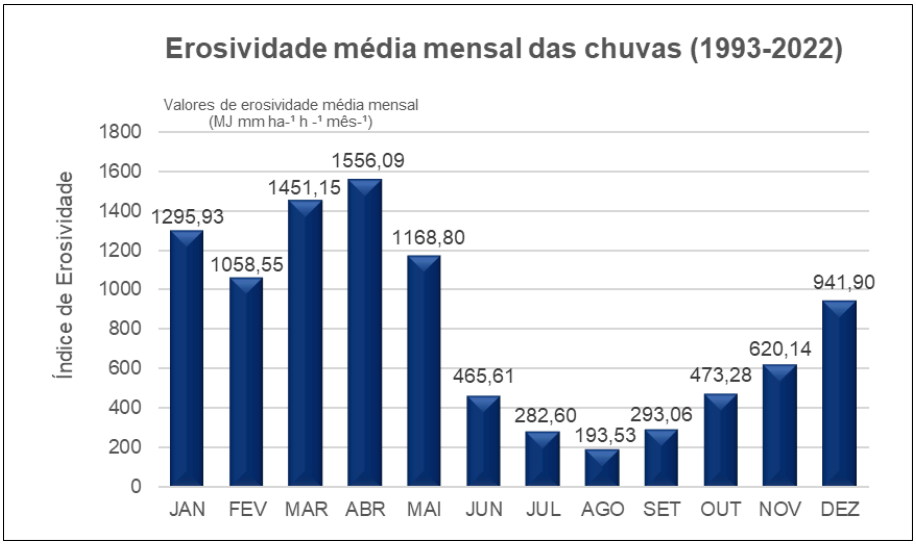
Tabela 13: Médias mensais da precipitação pluvial e médias mensais do índice de erosividade para Tefé-AM (30 anos de dados).

Meses	Média Mensal Precipitação	Média Mensal Erosividade
Jan	283,4	1295,93
Fev	251,6	1058,55
Mar	302,9	1451,15
Abr	315,6	1556,09
Mai	266,7	1168,80
Jun	155,2	465,61
Jul	115,7	282,60
Ago	92,6	193,53
Set	118,2	293,06
Out	156,7	473,28
Nov	183,7	620,14
Dez	234,9	941,90
Totais Anuais	2477,2	9800,64

Fonte - INMET, 2023. Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

A tabela 13 demonstra as médias mensais da precipitação pluvial e médias mensais do índice de erosividade para o município de Tefé dos 30 anos de dados 1993 a 2022, compreende-se que o índice de erosividade depende do índice pluviométrico, que se apresenta em um determinado ano, e isto pode ser observado nas análises dos dados referente à erosividade.

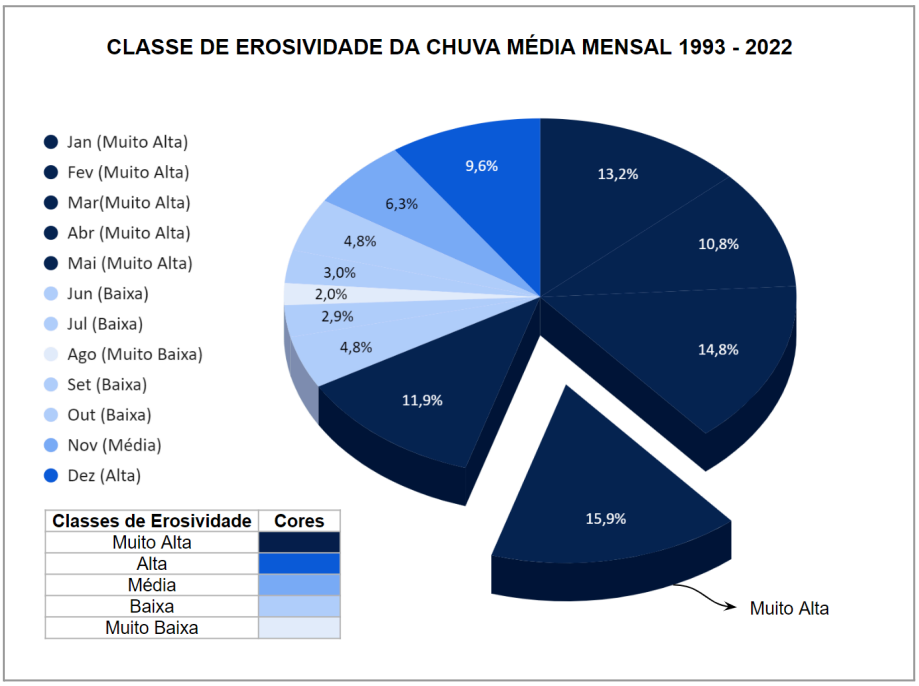
Gráfico 08: Distribuição mensal do índice de erosividade de (1993-2022).



Fonte - INMET, 2023. Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

O gráfico 08 apresenta a distribuição mensal do índice de erosividade para o Município de Tefé dos 30 anos de dados, é possível observar que os maiores índices de erosividade se encontram nos meses de dezembro e maio e variam entre 900 e 1500 MJ mm ha-¹ h-¹mês-¹, verificou-se que o total anual de erosividade referente aos anos determinados foi de 9800,64 MJ mm ha-¹ h -¹ mês-¹.

Gráfico 09: Classes de Erosividade mensal das chuvas no Município de Tefé-AM.



Fonte - INMET, 2023. Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

Nesse contexto, verificou-se na área analisada que a classe de erosividade Muito Alta apresentou-se em maior percentagem no mês de abril, com cerca de 15,09% e a classe Muito Baixa apresenta no mês de agosto com 2,0% desta forma as demais porcentagens estão apresentadas no (Gráfico 09).

Desta forma, seguindo a proposta de Carvalho (1994), o Município de Tefé foi classificado com Erosividade Alta, onde os valores variaram em 7.000< R < 10.000 MJ mm ha-¹ h -¹ ano-¹. Contudo, observou-se que os menores índices de erosividade corresponderam aos meses de julho e setembro variando entre 200 e 190 MJ mm ha-¹ h-¹ mês-¹.

De acordo com Pereira e Rodrigues (2018), a distribuição dos valores das médias mensais de erosividade está diretamente relacionada à precipitação, onde os cálculos consistem nas médias anuais e mensais dos totais pluviométricos. Portanto, entende-se que as maiores perdas do solo estão vinculadas aos meses em que o índice de erosividade está em alta.

7.6. Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM

A realização do mapeamento da vulnerabilidade das paisagens aos processos erosivos, permite fazer um diagnóstico de uma área, verificando se esse ambiente possui maior ou menor suscetibilidade aos eventos desse processo e possíveis ocorrências de problemas ambientais, essa análise possibilita a localização e diagnósticos de áreas vulneráveis (RODRIGUES, 2018, p. 69).

Nesse contexto, para a análise das seguintes variáveis da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, foram analisados os cinco graus de vulnerabilidade classificadas Muito Baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta, conforme são descritas nos tópicos a seguir.

➢ **Vulnerabilidade Muito Baixa**

Na análise dessa classe observou-se que na Vulnerabilidade Muito Baixa correspondeu a 0,07% da área total da BHIA, esta classe apresenta ambientes estáveis prevalecendo a sua pedogênese, além disso, essa classe é caracterizada por apresentar relevos Planos 0 a 3% e uma cobertura vegetal densa, verifica-se que na análise geral da vulnerabilidade o valor atribuído foi 0.41 sendo classificada no grau geral de vulnerabilidade muito baixa. (Tabela 14).

Tabela 14: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Muito Baixa.

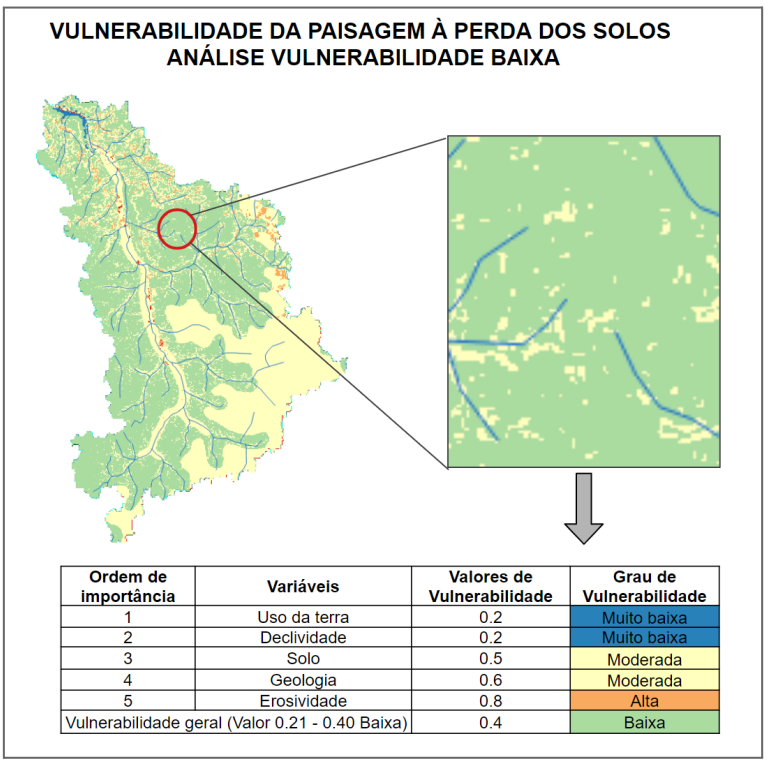
VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DOS SOLOS - ANÁLISE VULNERABILIDADE MUITO BAIXA			
Ordem de importância	**Variáveis**	**Valores de Vulnerabilidade**	**Grau de Vulnerabilidade**
1	Uso da terra	0.4	Baixa
2	Declividade	0.1	Muito baixa
3	Solo	0.5	Moderada
4	Geologia	0.6	Moderada
5	Erosividade	0.8	Alta
Vulnerabilidade geral (Valor 0.00 - 0.20 - Muito Baixa)		0.2	Muito baixa

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

➢ **Vulnerabilidade Baixa**

Esta classe é caracterizada por apresentar ambientes estáveis, observa-se também, assim como a vulnerabilidade Muito Baixa a Vulnerabilidade Baixa corresponde a uma cobertura vegetal densa, observa-se que área da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, encontra-se de forma predominante a classe de vulnerabilidade Baixa, ocupando em área com percentual de 56,09% da área total da bacia; esta classe apresenta relevo Suave Ondulado 3 a 8% e obteve o valor de 0.4 classificada no grau geral de vulnerabilidade baixa. (Figura 22).

Figura 22: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Baixa.



Ordem de importância	Variáveis	Valores de Vulnerabilidade	Grau de Vulnerabilidade
1	Uso da terra	0.2	Muito baixa
2	Declividade	0.2	Muito baixa
3	Solo	0.5	Moderada
4	Geologia	0.6	Moderada
5	Erosividade	0.8	Alta
Vulnerabilidade geral (Valor 0.21 - 0.40 Baixa)		0.4	Baixa

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

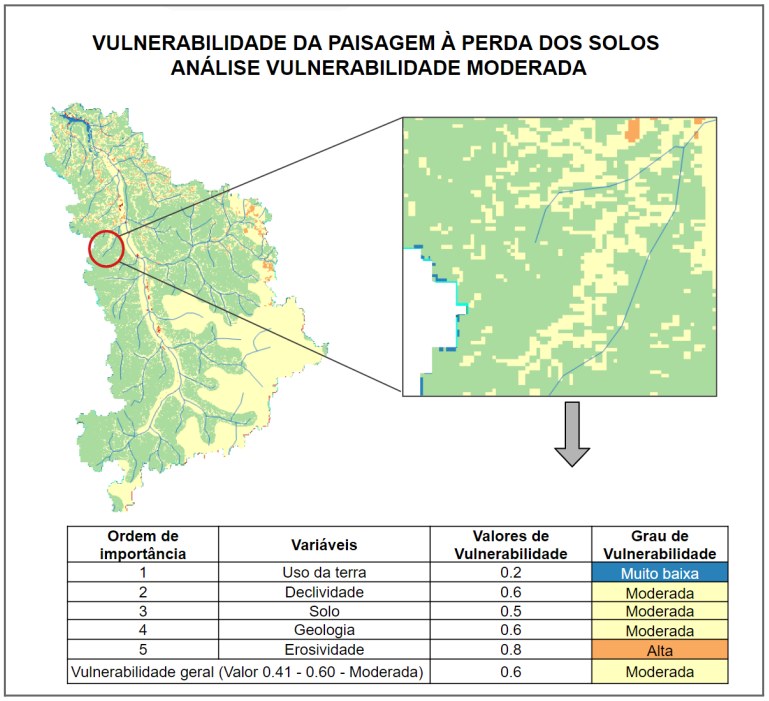
➢ **Vulnerabilidade Moderada**

Esta classe é classificada como Intermediária e conforme Tricart (1977) é caracterizada pelo equilíbrio da pedogênese e morfogênese, atuando de maneira simultânea sobre um mesmo ambiente. Neste viés, observa-se que área da bacia se encontra a classe de vulnerabilidade moderada com o percentual de 42,04% da área total da bacia, conforme apresentado no (Gráfico 10).

Observa-se que esta classe se caracteriza por apresentar um relevo Ondulado 8 a 20% nesta classe apresenta-se a formação campestre, onde corresponde com o total de 97,006 hectares, constituído à 0,30% na área da bacia, conforme apresentado na variável do uso da terra e cobertura vegetal 2020.

Nesse sentido, a formação campestre, é uma vegetação caracterizada como formação natural não florestal, apresentando uma cobertura natural composta maioritariamente por vegetação herbácea (gramíneas) com presença de elementos arbóreos e/ou arbustivos dispersos (MAPBIOMAS AMAZÔNIA, 2022, p. 02). Além disso, encontra-se predominante os solos argissolos vermelho-amarelo sendo relevos mais acidentados e dissecados possuindo susceptibilidade à erosão (SANTOS *et al.,* EMBRAPA, 2018).

Figura 23: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Moderada.



Ordem de importância	Variáveis	Valores de Vulnerabilidade	Grau de Vulnerabilidade
1	Uso da terra	0.2	Muito baixa
2	Declividade	0.6	Moderada
3	Solo	0.5	Moderada
4	Geologia	0.6	Moderada
5	Erosividade	0.8	Alta
Vulnerabilidade geral (Valor 0.41 - 0.60 - Moderada)		0.6	Moderada

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

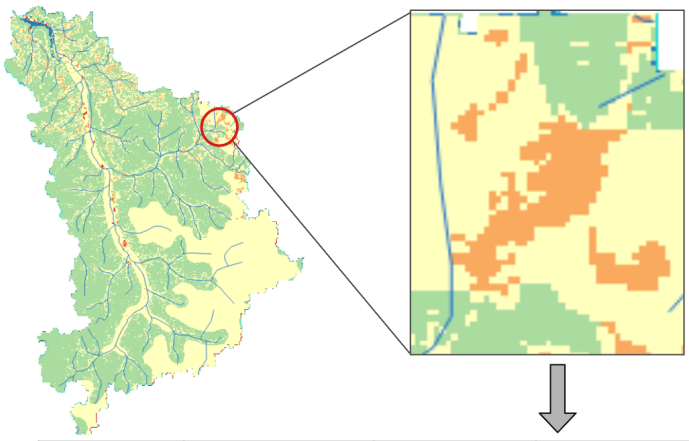
Nota-se que na área da bacia a geologia foi classificada na vulnerabilidade com o valor 0.6 indicando grau de vulnerabilidade moderada (Figura 23); com base nisso, encontra-se predominante a Formação Içá de idade pleistocênica que consiste de arenitos pouco consolidados a inconsolidados, de origem fluvial (DANTAS e MAIA, CPRM, 2010, p. 35). Portanto, na análise da vulnerabilidade geral da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, obteve o valor de 0.6 classificada no grau geral de vulnerabilidade Moderada. (Figura 23).

➢ **Vulnerabilidade Alta**

Essa classe é considerada por apresentar ambientes instáveis onde prevalece a morfogênese, verificou-se que essa classe ocupa apenas 1,72% da área da BHIA; na análise desta classe a bacia apresenta relevo Forte Ondulado 20 a 45% áreas de pastagem e solos de plintossolo argilúvico, observou-se ainda que no índice de erosividade apresentou 9800,64 MJ mm ha-¹ h -¹ ano-¹, sendo classificada no grau de vulnerabilidade Alta; desta forma, verificou-se que ambos esses fatores são classificados no grau de vulnerabilidade alta, segundo o estudo. (Figura 24).

Figura 24: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Alta.

VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DOS SOLOS
ANÁLISE VULNERABILIDADE ALTA



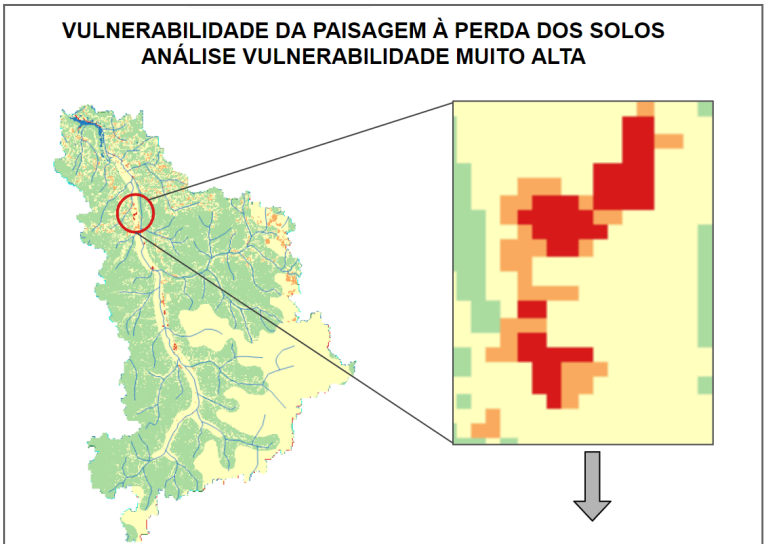
Ordem de importância	Variáveis	Valores de Vulnerabilidade	Grau de Vulnerabilidade
1	Uso da terra	0.8	Alta
2	Declividade	0.6	Moderada
3	Solo	0.5	Moderada
4	Geologia	0.6	Moderada
5	Erosividade	0.8	Alta
Vulnerabilidade geral (Valor 0.61 - 0.80 - Alta)		0.8	Alta

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

➢ **Vulnerabilidade Muito Alta**

Esta classe pode ser definida como ambientes que se encontram com maior grau de vulnerabilidade; esta classe se assemelha a vulnerabilidade Alta onde os ambientes se apresentam intensamente instáveis. Nesta classe observou-se que a vulnerabilidade Muito Alta correspondeu ao percentual de 0,08% da área total da BHIA (Tabela 15).

Figura 25: Vulnerabilidade à Perda de Solos - Vulnerabilidade Muito Alta.



Ordem de importância	Variáveis	Valores de Vulnerabilidade	Grau de Vulnerabilidade
1	Uso da terra	0.8	Alta
2	Declividade	0.6	Moderada
3	Solo	1	Muito alta
4	Geologia	1	Muito alta
5	Erosividade	0.8	Alta
Vulnerabilidade geral (Valor 0.81 - 1.00 - Muito Alta)		1	Muito alta

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

Nessa perspectiva, observou-se a presença de depósitos de sedimentos inconsolidados, de espessura variável, periodicamente inundáveis, essa unidade geológica corresponde aos depósitos aluvionares (MAIA *et al*., 2010, p. 166); essa classe se caracteriza ainda por apresentar solos com argilas de baixa atividade e de baixa fertilidade como o gleissolos háplico (SANTOS *et al.,* EMBRAPA, 2018); e na análise da vulnerabilidade geral da BHIA, recebeu o valor de (1) classificada no grau geral de vulnerabilidade Muito Alta. (Figura 25).

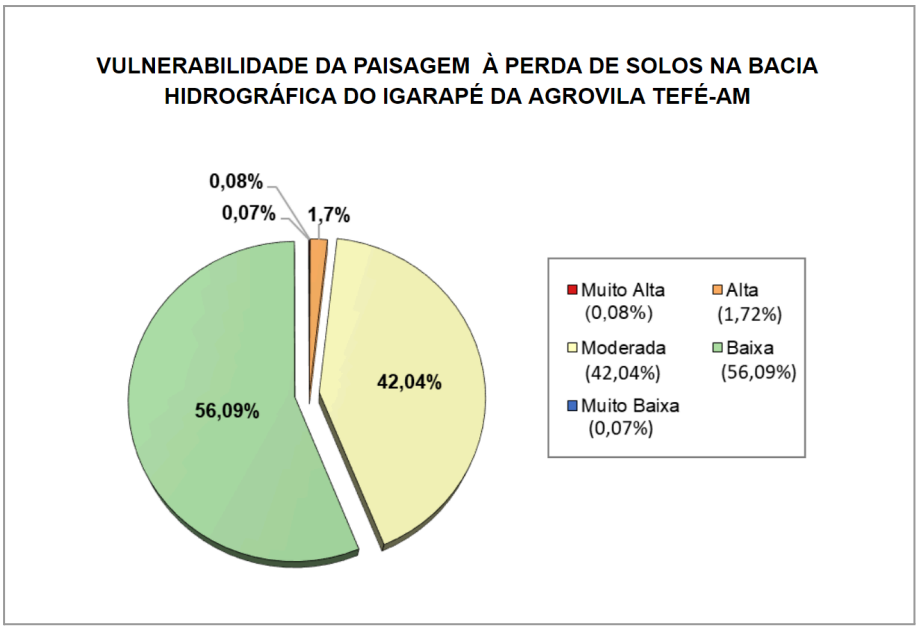
Tabela 15: Área e Porcentagem do Grau de Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.

VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS		
Grau de Vulnerabilidade	**Área em (ha)**	**Porcentagem (%)**
Muito Baixa	23,024	0,07%
Baixa	17658,616	56,09%
Moderada	13235,241	42,04%
Alta	541,672	1,72%
Muito Alta	25,164	0,08%
Total	31483,717	100,00%

Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

A Tabela 15 apresenta os valores da área da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM e a porcentagem das classes conforme o grau de vulnerabilidade; com base nessa relação observou se que o maior valor em porcentagem foi atribuída a classe baixa com percentual de 56,09%.

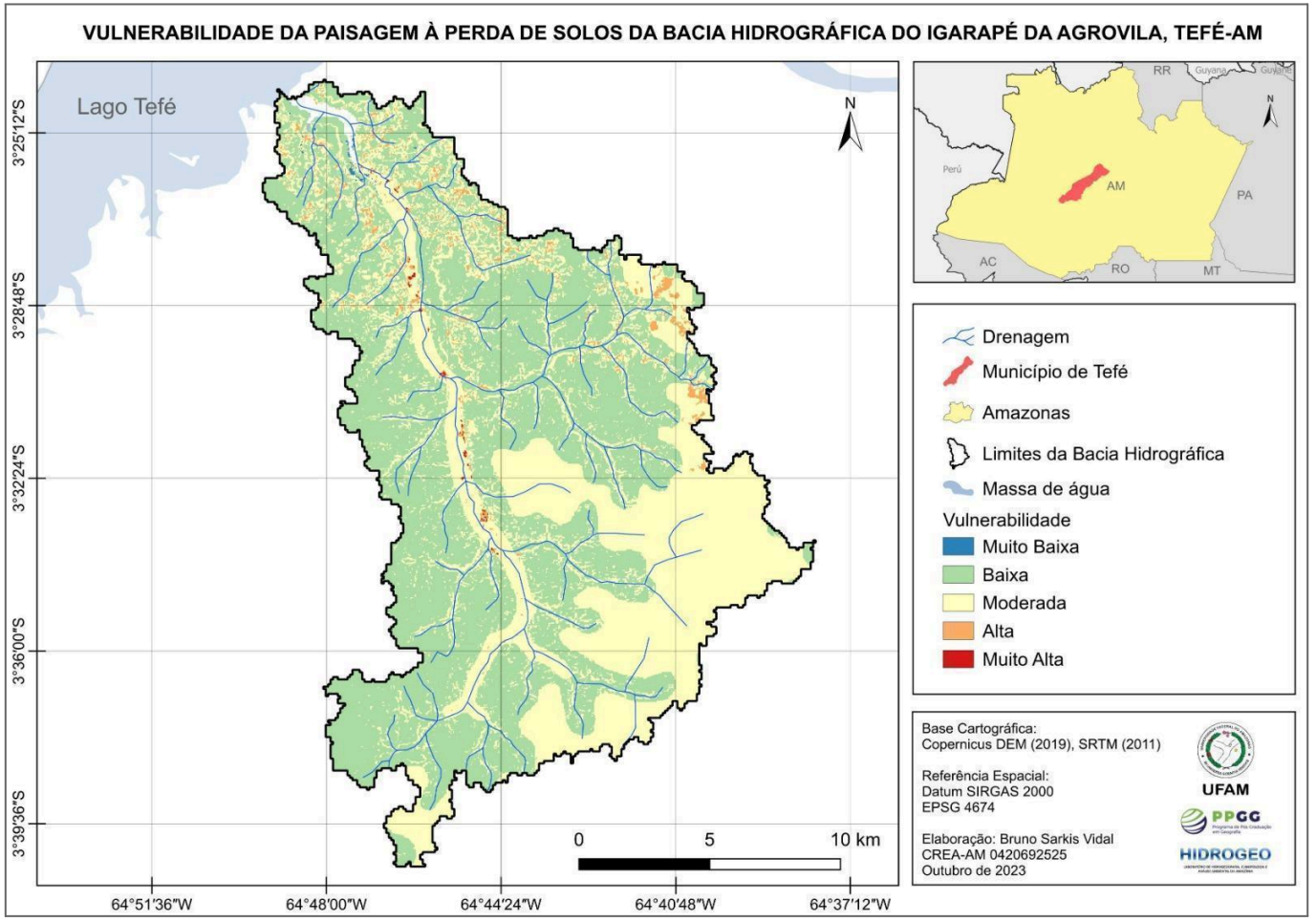
Gráfico 10: Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos.



Organizado: QUEIROZ, D.A., 2023.

Com base no Gráfico 10 na área da BHIA foram atribuídas as porcentagens pelo grau de vulnerabilidade a cada unidade da paisagem, verificou-se que na área analisada apresenta cerca de 56,09 do grau de vulnerabilidade pertencente à classe baixa e 42,04% para o grau de vulnerabilidade moderada.

Mapa 12: Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM.



Fonte: Copernicus DEM (2019); SRTM/TOPODATA, 2011; Datum SIRGAS, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, foram selecionados cinco variáveis fundamentais para o estudo das paisagens, o Uso da Terra, Declividade, Solo, Geologia e Erosividade, com base nisso, realizou-se a identificação do grau de vulnerabilidade de cada variável, e partir da análise e discussão dos dados da área abordada, obteve como resultado a definição de Vulnerabilidade Baixa para maior parte da Bacia Hidrográfica do Igarapé da Agrovila Tefé-AM, cerca de 56,09% a bacia também apresentou a Vulnerabilidade Moderada com 42,04% e para as demais classes observou-se Vulnerabilidade Alta com 1,72% e Vulnerabilidade Muito Alta com 0,08%.

De acordo o estudo realizado por Silva Neto e Aleixo (2016, p. 268), as paisagens que apresentam Vulnerabilidade Forte ou Muito Forte estão condicionadas à intensificação no uso da terra, a partir disso, consideraram que as paisagens que sofrem interferências das ações humanas estão propícias ao aumento do grau da vulnerabilidade, esses eventos podem acarretar a danos irreversíveis na estrutura da paisagem levando a degradação desses ambientes.

De forma geral, as atividades antrópicas são causadoras de diversas modificações na paisagem, deste modo, requer controle e atenção em relação ao seu potencial de impacto, assim, para a redução dos impactos oriundos dessas ações negativas ao ambiente, principalmente em áreas com maior potencial de degradação dos solos, propõe-se as ações de avaliação e mitigação ambiental, tendo em vista que a degradação ambiental é uns dos grandes problemas ambientais que se enfrenta na atualidade, mediante as alterações inseridas no espaço físico-natural (GIRÃO; RABELO; ZANELLA, 2018, p. 71).

A partir disso, o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em conjunto com a metodologia utilizada, foi possível realizar a análise do grau de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na área da bacia, tendo em vista, que este estudo possibilitou o entendimento dos processos de uso da terra e transformações na paisagem, através da análise dos elementos físico-naturais, por meio dos diagnósticos e verificação dos diferentes graus de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos a partir das inter-relações das variáveis.

Com base nesta discussão, nota-se que a bacia ainda se encontra com ambientes estáveis, todavia, conforme a análise realizada, constatou-se alterações

significativas nas proximidades da foz da bacia, pois, encontra-se ambientes de usos da terra mais intensos, o que requer atenção para ordenamento desta área.

Sobre as técnicas e métodos voltados à análise ambiental, considerou-se que foram essenciais na identificação das paisagens que se encontram com alto grau de Vulnerabilidade Ambiental, ou seja, áreas que apresentam maior possibilidade de manifestarem diversos impactos ambientais. Assim é necessário a realização de planos e programas integrados para planejamento e gestão ambiental, com intuito de identificar e recuperar áreas degradadas, buscando mitigar os efeitos dos impactos gerados pelas atividades econômicas no processo de apropriação da natureza.

Portanto, considera-se essencial estabelecer um planejamento adequado para se repensar o uso da terra em áreas mais Vulneráveis e refletir sobre a conservação dos recursos naturais como o solo, além do monitoramento dessas áreas com altos graus de Vulnerabilidade.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Adoréa Rebello da C. **BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.4, N.4, p. 201–209, 2012.

ALBUQUERQUE, Carlossandro Carvalho de. **Análise geoecológica da paisagem de várzea na Amazônia Central: um estudo estrutural e funcional no Paraná de Parintins-AM**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2012.

ACSELRAD, Henri. **Vulnerabilidade ambiental, processos e relações**. In: Comunicação ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006.

ALMEIDA, Cláudio Aparecido; VALERIANO, Dalton Morisson; ESCADA, Maria Isabel Sobral; RENNÓ, Camilo Daleles. **Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira.** VOL. 40(2) 2010: 289 - 302.

ALVES, Diógenes S. **O processo de desmatamento na Amazônia**. Parcerias Estratégicas - Número 12 - Setembro 2001.

AQUINO, Afonso Rodrigues de; PALETTA, Francisco Carlos; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de (Orgs). **Vulnerabilidade Ambiental**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo: Blucher, 2017.

ANDRADE, Nilo Sergio de Oliveira; ARAUJO, Luciana Spinelli; NUMATA, Izaya. **Estudo da Dinâmica da Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Região de Ji-Paraná/RO**. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998.

ALMEIDA, Priscila Félix. **Vulnerabilidade ambiental à erosão do município de Teixeira de Freitas - BA**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Sul da Bahia. Campus Sosígenes Costa. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais. Porto Seguro, 2020.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global**. R. RA´E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

BOLFE, Édson Luis; VICENTE, Luiz Eduardo; ANDRADE, Ricardo Guimarães; VICTORIA, Daniel de Castro; BATISTELLA, Mateus. **A evolução histórica dos Sistemas de Informações Geográficas**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

BOTELHO, R. G. M.; DA SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL. Lei nº 9.433. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, Brasília, Janeiro de 1997.

BEZERRA, P. E. **Compartimentação morfotectônica do interflúvio Solimões-Negro**. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 2003.

BREUNIG, F. M.; HAYAKAWA, E. H.; BACANI, V. M.; TRENTIN, R.; PEREIRA FILHO, W.; SILVA, A. **Reflexões sobre as Geotecnologias no Contexto da Geografia do Brasil.** R. Ra'e Ga Curitiba, v.46, N. 2, p. 185-198, Jun/2019.

CARVALHO, Newton de Oliveira. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 373 p.il

CARMO, Maria Rosária do. **Análise Morfotectônica da região entre Tefé e Coari, Amazonas - Manaus, AM:** UFAM, 2010. 109 f. Dissertação (Mestre em Geociências). Universidade Federal do Amazonas.

CAMPOS, Sérgio; CAMPOS, Marcelo; SOUZA, Thyellenn Lopes de; LEME, Mateus de Campos; CURY, Letícia Duron. FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA BACIA VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. In: AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; BENINI, Sandra Medina (orgs). **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1 ed. – Tupã: ANAP, 2018.

COUTINHO, Alexandre Camargo [et. al.]. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal : TerraClass 2008**. – Brasília, DF : Embrapa ; Belém : INPE, 2013. 108 p.

COSTA, Jamerson Souza da. Relatório de Situação Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu [Livro Eletrônico]: Transformações Antrópicas e Qualidade de Água. 1. Ed. Manaus, AM: Ed. do Autor, 2020.

CORSINI, Christianne Riquetti. **Análise multitemporal das mudanças de biomassa da vegetação secundária na Amazônia brasileira.** Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

CRISPIM, Andrea Bezerra; SOUZA, Marcos Nogueira. Degradação, Impacto Ambiental e Uso da Terra em Bacias Hidrográficas: O Contexto da Bacia do Pacoti/CE. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.10, n.22, jan./abr. de 2016. pp.17-33.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.

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.** São José dos Campos, SP: INPE, jun. 2001.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de; PALMEIRA, Alessandro Perraz, SILVA, Enio Fraga da. **ZONEAMENTO ECOLÓGICO- ECONÔMICO**. 2008.

COSTA, F.H.S. et al. **Determinação da vulnerabilidade ambiental na Bacia Potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas**. Revista Brasileira de Cartografia Nº 58/02, Agosto, 2006.

COBRA, R. L.; SILVA, R. C.; OLIVEIRA, G. F. A. D.; MIRANDA, D. L.; LEONARDI, F. A. Silva, M. L. **Geoprocessamento aplicado ao levantamento e avaliação de**

solos: Proposta de avaliação de terras para fins agrícolas no Município de Inconfidentes – MG. Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.02 (2019) 397-411.

COSTA, E. J. M.; LIRA, S. R. B. O Planejamento Territorial Participativo no Estado do Pará: A Avaliação de uma Experiência de Planejamento Público. In: **VIII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**. Juiz de Fora: 08 a 10 de setembro de 2010.

COCHEV, Jakeline Santos; NEVES, Ronaldo José; NEVES, Sandra Mara Alves da Silva. **O ensino de geografia e as bacias hidrográficas: Estudo de caso na Bacia hidrográfica Paraguai - Jauquara/MT.** Bol. geogr., Maringá, v. 36, n. 2, p. 45-60, 2018.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. - 9ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

DAVIS, C. & CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação. In: CÂMARA, G.,DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 41- 76.

DANTAS, Marcelo Eduardo; MAIA, Maria Adelaide Mansini. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA. In: MAIA, Maria Adelaide Mansini; MARMOS, José Luiz (orgs). **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**. Manaus: CPRM, 2010.

DUARTE, M.L.; BRITO, W.B.M.; SILVA, T.A.; CASTRO, A.L. **Padrões e causas do desmatamento no Baixo Acre, região oeste da Amazônia brasileira**. Journal of Environmental Analysis and Progress V. 05 N. 01 (2020) 117-127.

DUARTE, Miqueias Lima; SILVA, Tatiana Acácio da; COSTA, Heron Salazar. **Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra, e Previsão de Cenários Futuros em Uma Bacia Hidrográfica na Região Sul do Estado do Amazonas.** Caderno de Geografia (2022) v. 32, n.71.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, 2006.

FEARNSIDE, Philip M. **Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências**. MEGADIVERSIDADE | Volume 1 | Nº 1 | Julho 2005.

FERNANDES, Raphael de Oliveira; COSTA, Vivian Castilho da. **Vulnerabilidade Natural à Erosão no Município de Angra dos Reis (RJ) Através de SIG Pelo Método Analystic Hierarchy Process (AHP) e Análise Multicritério**. Anais do III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos – SIAAR v. 3, Uberlândia, Junho de 2019.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FURTADO, L.G.; MORALES, G.P.; SILVA, D.F.; PONTES, A.N.**Transformações do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena, Pará**. Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.05 (2020) 2340-2354.

FERREIRA, Darlene A. de Oliveira. **Geografia Agrária no Brasil: conceituação e periodização**. Terra Livre, São Paulo, n. 16, p. 39-70, 1º- semestre/2001.

FOLHARINI, Saulo de Oliveira; OLIVEIRA, Regina Célia de; FURTADO, André Luiz dos Santos. **Vulnerabilidade à Perda de Solo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba: Contribuição Para Uma Proposta de Atribuição de Peso**. ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 37, n. 2, p. 343-362, maio/ago. 2017.

GAMBARINI, Adriano. **Plano de Manejo do Parque Nacional dos Campos Amazônicos**. Brasília, 2016.

GUERRA, Antonio José Teixeira; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Erosão dos Solos**. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. 10ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. 13ª ed - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (Org.). **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 320 p.

GUERRA, Antonio José Teixeira. O início do processo erosivo. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. - 9ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 340p.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. **Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade**. REGNE, Vol. 4, Nº Especial (2018).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia** - 2ª edição, Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** - 2ª edição, Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais técnicos em geociências** - 3ª edição, Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2018/2020/IBGE, Coordenação de Meio Ambiente**. - Rio de Janeiro : IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil/IBGE**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro : IBGE, 2021.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEAL, J. M.; AQUINO, C. M. S. de.; AQUINO, R. P. de.; VALLADARES, G. S. **Vulnerabilidade ambiental no município de São Miguel do Tapuio, Piauí: Bases para o ordenamento territorial**. Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.02 (2019) 608-621.

LIMA, Mara dos Santos de. **COMUNIDADE AGROVILA HISTÓRIA(S) DE MUDANÇAS, SONHOS, ORGANIZAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE (1997-2007)**. 2016. Monografia de conclusão de graduação em História. Universidade do Estado do Amazonas. Centro de Estudos Superiores de Tefé.

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

LOLLO, José Augusto de; NEVES, Monique de Paula; ARANTES, Leticia Tondato; LIMA, César Gustavo da Rocha; LORANDI, Reinaldo. MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. In: AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; BENINI, Sandra Medina (orgs). **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1 ed. – Tupã: ANAP, 2018.

LACERDA Cícero de Sousa; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde, LIRA Waleska Silveira (Organizadores) [et al.]. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa.** – Campina Grande: EDUEPB, 2013. 326 p. : il.

MAIA, R. G. N.; GODOY, H. de O.; YAMAGUTI, H. S.; MOURA, P. A.; COSTA, F. S. F.da; HOLANDA, M. A.; COSTA, J. A. **Projeto Carvão do Alto Solimões.** Relatório Final, CPRM/DNPM, Manaus.1977.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. **Clima da região Amazônica**. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia Física: ciência humana?**. 7. ed. - São Paulo: Contexto. 2001 - Repensando a Geografia.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MEDEIROS, Rafael Brugnolli; PINTO, André Luiz; SÃO MIGUEL, Angélica Estigarribia; OLIVEIRA, Gustavo Henrique de. **Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental na Área do Assentamento São Joaquim, Selvíria/Ms.** Caminhos de Geografia Uberlândia v. 15, n. 49 Mar/2014 p. 126–137.

MEDEIROS, José Simeão de; CÂMARA, Gilberto. **Geoprocessamento em Projetos Ambientais.** 2a. Edição - Revisada e Ampliada SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP MAIO, 1998.

MELO, Rosangela Maria de; MELO, Ivan Dornelas Falcone de; DUARTE, Cristiana Coutinho; ALBUQUERQUE JUNIOR, Eden Cavalcanti de. **Utilização de Análise Multicriterial na elaboração de mapas de vulnerabilidade do estuário do Rio**

Formoso/PE. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.6027.

MapBiomas Amazônia (2022). Coleção 4.0 de mapas anuais de cobertura e uso da terra na Amazônia. Acessado em [DATA], através do link: [LINK]

MAXIMIANO, Liz Abad. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. R. RA´E GA, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR.

MONTEIRO, Felipe das Neves; FALCÃO, Karina dos Santos. **Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio São Miguel-MS associada à mudança de cobertura e uso da terra.** Revista Geoaraguaia – ISSN: 2236-9716 – V.12. n.2. Dez-2022.

NEVES, Delma Pessanha. OS AGRICULTORES DE VÁRZEA NO MÉDIO RIO SOLIMÕES: CONDIÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS DE VIDA. In: LIMA, Deborah, organizadora. **Diversidade socioambiental nas várzeas dos rios Amazonas e Solimões: perspectivas para o desenvolvimento da sustentabilidade**. Manaus: Ibama, ProVárzea, 2005.

NICOLAU, Ricardo de Faria. **Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da bacia hidrográfica do Rio do Peixe - Goias.** Caminhos de Geografia Uberlândia - MG v. 19, n. 66 Junho/2018 p. 285–296.

OLIVEIRA, Ercivan Gomes de. **Caracterização dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do Espírito Santo/Coari (AM) no período de 1990 a 2010.** Dissertação (Mestre em Geografia). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM: UFAM, 2012.

OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de; RODRIGUES, Dulce Buchala Bicca; ALVES SOBRINHO, Teodorico; PANACHUKI, Elói. **Processo Analítico Hierárquico Aplicado à Vulnerabilidade Natural à Erosão**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

QUADROS, Jefferson Rodrigues de. **Os desafios na gestão dos recursos hídricos e os comitês de bacias hidrográficas no Estado do Amazonas**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Direito Ambiental da Universidade do Estado do Amazonas – UEA. 2015.

PESSOA, P.L. **História da Missão de Santa Tereza D'Ávila dos Tupebas**. 1. Ed. Editora Novo tempo, 2005.

Projeto RADAM BRASIL. FOLHA S.A 20 MANAUS. E folha S.B 20 PURUS **Geologia, Geomorfologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da terra**. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Rio de Janeiro, 1978.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. - Ilhéus, Ba : Editus, 2002. 293p. : il.

PIMENTA, Lianne Borja; BELTRÃO, Norma Ely Santos; GEMAQUE, Amanda Madalena da Silva; TAVARES, Paulo Amador. **Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais.** INTERAÇÕES, Campo Grande, MS, v. 20, n. 2, p. 407-420, abr./jun. 2019.

QUEIROZ, Pedro Henrique Balduino de. **Planejamento Ambiental aplicado a um setor do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Pacoti-Ce**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará – Centro de Ciências). Fortaleza-Ceará, 2010.

QUEIROZ, Kristian Oliveira de. **Centralidade Periférica e Integração Relativizada - uma Leitura de Tefé no Amazonas.** Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

REIS, Gabriela de Azevedo; RIBEIRO, Antonio Júnior Alves; SILVA, Carlos Augusto Uchôa da. **Diagnóstico de Vulnerabilidade Socioambiental em Áreas Urbanas Utilizando Inteligência Geográfica**. Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.02 (2020) 767-781.

REBELLO, Adoréa (org.). **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010.

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na Geografia Aplicada.** Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005) 81-90.

ROSA, Roberto. **Análise Espacial em Geografia**. Revista da ANPEGE, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out. 2011.

ROSS, Jurandyr L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 63-74, São Paulo, USP, 1994.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia Ambiental**. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. 10ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021.

RIBEIRO, Fernanda L.; CAMPOS, Sérgio. **Vulnerabilidade à Erosão do Solo da Região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.11, n.6, p.628–636, 2007.

RIBEIRO, A. S., MINCATO, R. L., CURI, N., KAWAKUBO, F. S. **Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico**. Revista Brasileira de Geografia Física V. 09 N. 01 (2016) 016-031.

SANTOS, Milton. **Metamorfose do Espaço Habitado, fundamentos Teórico e metodológico da geografia.** Hucitec.São Paulo 1988.

SANTOS, Marianne Silva; NASCIMENTO, Paulo Sérgio de Rezende. **Análise da Suscetibilidade e Vulnerabilidade à Erosão Hídrica Pelo Processo Analítico**

Hierárquico (AHP). Gesta, v. 9, n. 1 – Santos e Nascimento, p. 1-19, 2020 – ISSN: 2317-563X.

SANTOS, Bruna Felix dos; TREVISAN, Diego Peruchi; MOSCHINI, Luiz Eduardo. **Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental do Município De Itirapina – SP**. GEOTemas, ISSN: 2236-255X - Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 8, n. 1, p. 42-59, jan../jun. 2018.

SALGUEIRO, Teresa Barata. **Paisagem e Geografia**. Finisterra, XXXVI, 72, 2001, pp. 37-53.

SPORL, C. & ROSS, J.L.S. **Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos.** GEOUSP Espaço e Tempo, São Paulo, N° 15, pp.39-49, 2004.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **A natureza da Geografia Física na Geografia**. Terra Livre, São Paulo, n.17, p. 11-24, 2º Semestre/2001.

SCHIER, Raul Alfredo.**Trajetórias do conceito de paisagem na geografia**. R. RA'E GA, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003. Editora UFPR.

SILVA, M. V. S.; SILVA, B. C. S.; LIMA, I. F. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental do município de São João da Ponta, Pará: O uso do Geoprocessamento na gestão de Unidades de Conservação**. Revista Cerrados, Montes Claros/MG, v. 18, n. 1, p. 159-188, jan./jun.-2020.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos: RiMa, 2003.

SILVA NETO, J. C.; ALEIXO, N. C. R. **Anos-padrão e tendências da precipitação pluvial na região do Médio Solimões, Amazonas, Brasil**. Revista franco-brasilera de geografia. Número 43, Dossiê Amazonas, 2019. Disponível em: < https://journals.openedition.org/confins/25065>. Acesso em: 04/04/2023, 15:35.

SILVA NETO, J. C.; ALEIXO, N. C. R. **Erosividade da chuva na região do médio Solimões, Amazonas, Brasil.** Revista Caminhos de Geografia. Uberlândia-MG v. 21, n. 77, Out/2020 p. 01–17. Disponível em: < http://doi.org/10.14393/RCG217747117>.

SILVA NETO, João Cândido André da; NUNES, João Osvaldo Rodrigues**. Potencial à erosão laminar utilizando Sistema de Informações Geográficas: aplicações na bacia hidrográfica do Rio Salobra-MS**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

SILVA NETO, João Cândido André. **Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena - MS**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. - Presidente Prudente : [s.n], 2013 xxii. 291 f. : il.

SILVA NETO, J. C.; ALEIXO, N. C. R. **Análise temporal da incompatibilidade das Áreas de Preservação Permanentes fluviais e uso da terra na cidade Manaus-Amazonas- Brasil**. GC Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades. INSS 2318-84 v. 07, n. 45, 2019.

SILVA NETO, J. C.; ALEIXO, N. C. R. **Análise Temporal da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda dos Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra - Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul**. Revista Formação (Online) Vol. 2; n. 23, jul/ 2016. 252-270p.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos [*et al*.]. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – 5. ed., rev. e ampl. − Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

TAGLIANI, Carlos Roney Armanini. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1657 - 1664.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro IBGE/SUPREN, 1977.p. 91.

VITTE, Antonio Carlos. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 06, número 11, 2007.

VITTE, Antonio Carlos. **DA CIÊNCIA DA MORFOLOGIA À GEOMORFOLOGIA GEOGRÁFICA: uma contribuição à história do pensamento geográfico.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 07, número 13, 2008

VIDAL, B. S; SILVA NETO, J. C. A. **ANÁLISE DO POTENCIAL EROSIVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ CACAU PIRÊRA, IRANDUBA, AMAZONAS, BRASIL.** Geosaberes, Fortaleza, v. 11, p. 711-727, 2020.

WACHHOLZ, Flavio; SANTANA, Raquel Souza; SOUSA, Isaque dos Santos; JÚNIOR FERREIRA, João Carlos. **Processo de ocupação na bacia hidrográfica da comunidade Boa União (Presidente Figueiredo-AM): uso da terra e conflitos ambientais.** Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE Santos -SP, Brasil. 2017.

WEISS, Raquel; PIPPI, Luis Guilherme Aita. **Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental**. Terr@Plural, Ponta Grossa, v.13, n.3, p. 272-295, set./dez. 2019.

Sites consultados:

BDIA - Banco de Informações Ambientais. Dados vetoriais e documentos de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação. Vinculado ao IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2021. Disponível em: < https://bdiaweb.ibge.gov.br/>. Acesso em: 21 janeiro de 2022.

MapBiomas - Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. © 2023 MapBiomas. All rights reserved. Disponível em: < https://brasil.mapbiomas.org/>.

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos do INMET. Disponível em: < https://bdmep.inmet.gov.br/>.

SRTM-TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: < http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php

Apoio técnico

FRANÇA, Catarina Gomes. Apoio técnico na elaboração de quadros e mapas temáticos. Edição 2023.

VIDAL, Bruno Sarkis. Apoio técnico na elaboração de mapas temáticos. Edição 2023.