



Autor(a): Marcos Costa Castro

Afiliação do autor(a): Faculdade de Geografia - FACGEO

Instituição de vínculo empregatício da autoria

CPF: 049.693.552-66

Matrícula: 202102540004

Telefone: (93)98811-4554

E-mail: marcos.cst022@gmail.com

Curso/Programa: Geografia

Orientador(a): Livânia Norberta de Oliveira

Coorientador(a):

Outros:

Título e Subtítulo: Índice de Resiliência Natural na Amazônia

Aplicação no município de Altamira - PA

Data da Defesa: 10/03/2025

Tipo de Documento: TC¹ x TCCE² Dissertação Tese Livro

Capítulo de Livro Artigo Científico Trabalho Apresentado em Evento

Outro:

TERMOS DE DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente dos Artigos 297 a 299 do Código Penal ([Decreto-Lei n. 2.848](#) de 7 de dezembro de 1940), da [Lei n. 9.610](#) de 19 de fevereiro de 1998 sobre Direitos Autorais, do [Regimento Geral da Universidade Federal do Pará](#), da [Lei n. 12.527](#) de novembro de 2011 que trata da Lei de Acesso à Informação, da utilização da licença pública internacional *Creative Commons* 4.0, e que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão desta como trabalho próprio, ou na inclusão, em trabalho próprio, de ideias, textos, tabelas ou ilustrações transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação referencial.

TERMO DE ACEITE E CONSENTIMENTO DE TRATAMENTO DE DADOS PESSOAIS

Autorizo a Universidade Federal do Pará, na condição de Controladora de dados e a Biblioteca Central da UFPA na condição de operadora, a recolher, utilizar, registrar, tratar, processar, armazenar e avaliar meus dados pessoais fornecidos ao submeter a Declaração de Autoria, nos termos da [Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais \(LGPD\)](#) e [Política de Privacidade e Proteção de Dados Pessoais da UFPA](#), com a finalidade de verificar a titularidades da obra, de elaborar estudos estatísticos e armazenar os registros.



Documento assinado digitalmente
MARCOS COSTA CASTRO
Data: 31/03/2025 17:16:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ASSINATURA DO(A) AUTOR(A) VIA SOU.GOV

1 Trabalho de Curso de Graduação

2 Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização



TERMO DE AUTORIZAÇÃO E DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO EXCLUSIVA PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NO PORTAL INSTITUCIONAL DE ACESSO ABERTO DA UFPA

1. Tipo de Documento TC¹ TCCE² Dissertação Tese Livro
 Capítulo de Livro Artigo Científico Trabalho Apresentado em Evento
Outro:

2. Informações sobre a obra

Autor(a): Marcos Costa Castro

CPF: 049.693.552-66

E-mail: marcos.cst022@gmail.com

Telefone: (93)98811-4554

Curso/Programa: Geografia

Título do Documento: Índice de Resiliência Natural na Amazônia:

Aplicação no Município de Altamira - PA

Orientador(a): Livânia Norberta de Oliveira

Coorientador(a):

Outros:

Data da Defesa: 10/03/2025

Área do Conhecimento CNPq: Ciências Humanas

Área de Concentração:

Se Tese ou Dissertação

Linha de Pesquisa:

Se Tese ou Dissertação

Agência de Fomento:

Se houver

3. Informação de disponibilização do documento

Restrição para Publicação: Com restrição³ Sem restrição

Justificativa para Restrição:

A partir de qual data o documento poderá ser disponibilizado na íntegra?

1 Trabalho de Curso de Graduação

2 Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização

3 Não será disponibilizado, somente após a data informada neste termo, se houver.

4. Permissões⁴

Permite uso comercial da obra? Sim Não

Permite modificações na obra? Sim Não

O documento está sujeito a patentes? Sim Não

5. Teses e Dissertações defendidas fora da Instituição


É Tese ou Dissertação defendida fora da UFPA? Sim Não

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO

Como titular dos direitos autorais da publicação mencionada, de acordo com a [Lei nº 9.610/98](#), autorizo a Universidade Federal do Pará (UFPA) a disponibilizar, sem ressarcimento de direitos autorais e conforme as permissões assinaladas acima, o documento em formato eletrônico e digital na internet e nas redes sociais. Essa autorização é dada para fins de leitura, impressão e download, com o objetivo de divulgar a produção científica gerada pela UFPA, a partir desta data.

TERMO DE ACEITE E CONSENTIMENTO DE TRATAMENTO DE DADOS PESSOAIS

Autorizo a Universidade Federal do Pará, na condição de Controladora de dados e a Biblioteca Central da UFPA na condição de operadora, a recolher, utilizar, registrar, tratar, processar, armazenar e avaliar meus dados pessoais fornecidos ao submeter a Declaração de Autoria, nos termos da [Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais \(LGPD\)](#) e [Política de Privacidade e Proteção de Dados Pessoais da UFPA](#), com a finalidade de verificar a titularidades da obra, de elaborar estudos estatísticos e armazenar os registros.

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS COSTA CASTRO**
Data: 31/03/2025 17:24:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ASSINATURA DO(A) AUTOR(A) VIA SOU.GOV

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C837i Costa Castro, Marcos.
Índice de Resiliência Natural na Amazônia: : Aplicação no
município de Altamira / Marcos Costa Castro. — 2025.
33 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Livânia Norberta de Oliveira
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Campus Universitário de Altamira, Faculdade de Geografia ,
Altamira, 2025.

1. Índice de Resiliência Natural. 2. Altamira. 3.
Ecossistema. 4. Recuperação. 5. Amazônia. I. Título.

CDD 910.7



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA

FACULDADE DE GEOGRAFIA – FACGEO

MARCOS COSTA CASTRO

**ÍNDICE DE RESILIÊNCIA NATURAL NA AMAZÔNIA: APLICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE ALTAMIRA – PA**

MARCOS COSTA CASTRO

**ÍNDICE DE RESILIÊNCIA NATURAL NA AMAZÔNIA: APLICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE ALTAMIRA – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geografia, do Campus Universitário de Altamira, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de licenciado em Geografia.

Orientadora: Profa. Dr^a. Livânia Norberta de Oliveira

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francílio de Amorim dos Santos

Prof. Dr. Wellington de Pinho Alvarez

MARCOS COSTA CASTRO

**ÍNDICE DE RESILIÊNCIA NATURAL NA AMAZÔNIA: APLICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE ALTAMIRA – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geografia, do Campus Universitário de Altamira, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de licenciado em Geografia.

Data de aprovação: ___/___/___

Conceito:

Banca Examinadora:

Orientadora

Dr.^a Livânia Norberta de Oliveira

Universidade Federal do Pará

Examinador Externo

Dr. Francílio de Amorim dos Santos

Instituto Federal do Piauí

Examinador Interno

Dr. Wellington de Pinho Alvarez

Universidade Federal do Pará

SUMÁRIO

1	Introdução.....	05
2	Procedimentos Metodológicos.....	08
3	Resultados e Discussões.....	15
3.1	Caracterização Geoambiental.....	15
3.1.1	Localização.....	15
3.1.2	Geologia, Geomorfologia e Altimetria.....	15
3.1.3	Pedologia.....	17
3.1.4	Uso e Cobertura do solo e Vegetação.....	18
3.1.5	Hidrografia.....	21
3.1.6	Clima.....	21
3.2	Índice de Resiliência Natural.....	22
4	Considerações Finais.....	27
5	Referências.....	28

ÍNDICE DE RESILIÊNCIA NATURAL NA AMAZÔNIA: APLICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA – PA

Resumo

O município de Altamira – PA nas últimas décadas vem sofrendo constantes alterações ambientais diante das fortes intervenções antrópicas. O trabalho busca analisar a capacidade de resiliência natural do município através do Índice de Resiliência Natural (IRN) que tem como parâmetros diferentes elementos da natureza assim como as formas de uso e ocupação da terra. Utilizou-se a lógica fuzzy para atribuir os pesos de resiliência para cada parâmetro utilizado, bem como, o Analytic Hierarchy Process (AHP) para o cálculo de resiliência no Software Qgis. Os resultados demonstram que o IRN em 2023 apresentou baixa capacidade de resiliência natural, enquanto os anos anteriores apresentavam resiliência moderada. Esse resultado é consequência da expansão do agronegócio e de grandes empreendimentos, como a usina hidrelétrica de Belo Monte, que afetou negativamente a cobertura vegetal e a qualidade dos solos. Parte das áreas que apresentaram resiliência alta e muito alta, estão localizadas em Terras Indígenas e Unidades de Conservação, evidenciando a importância dessas reservas na preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Diante dos resultados, sugere-se estratégias de manejo sustentável e recuperação ambiental, assim como a proteção de áreas nativas, sendo de extrema importância a colaboração entre comunidades e o governo, através de políticas e práticas sustentáveis para garantir a resiliência natural dos ecossistemas garantindo a preservação dos recursos naturais.

Palavras – Chave: Índice de Resiliência Natural; Altamira; Ecossistema; Recuperação; Amazônia.

1. Introdução

A degradação de ambientes ao longo das últimas décadas, tornou-se um debate relevante no que tange as relações sociedade e natureza no contexto global. Nessa perspectiva, é fundamental analisar e tratar a resiliência natural de ambientes como fenômeno de equilíbrio ou até mesmo reparação de ecossistemas.

A amazônia brasileira vem enfrentando uma série de modificações e degradações ambientais nos últimos anos. Diversos municípios desta vasta região têm sofrido com as atividades antrópicas em excesso, como é o caso de Altamira, localizado no sudoeste do Pará que passou por diferentes intervenções antrópicas, como a abertura da Transamazônica na década de 1970, a instalação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte em 2010 e a forte atuação do agronegócio. Esses fatores afetam diretamente a resiliência natural do ambiente.

O conceito de resiliência tem origem na análise de sistemas complexos em ecologia para descrever a permanência dos ecossistemas em se manterem em condições particulares diante de perturbações sofridas em seus ambientes (Núñez-Rodríguez; Carvajal-Rodríguez, 2021). Naime (2015) ressalta que, quando o limite de resiliência (auto-recuperação) ou limite de elasticidade do sistema é atingido, o ecossistema não se recupera mais sozinho, nem com o tempo, sendo necessário a ajuda antrópica, ou seja, quanto maior a degradação, menor a capacidade de resiliência natural. Ressalta-se que a resiliência ambiental não permitirá que os ambientes retornem a sua forma original, mas apresentará condições de se recompor e adaptar-se as novas condições diante das perturbações sofridas. Nesse âmbito, torna-se altamente relevante a aplicação da resiliência no aspecto ambiental, tendo em vista a emergência do uso e manejo sustentável dos recursos naturais para a manutenção dos sistemas ambientais e, conseqüentemente, da sociedade (Oliveira e Aquino, 2022).

Rodríguez e Silva (2018), argumenta que, o enfoque sistêmico é uma abordagem interdisciplinar geral que origina uma abordagem metodológica e um meio para o estudo de objetos integrados e das independências de interações integras, destinados à compreensão de mecanismos de integração de sistemas, ou formações integradas, que são unidades integras, todos constituídos por elemento inter-relacionados. Tal abordagem desempenha um papel importante na descoberta e construção do mundo multidimensional, e de seus vários níveis de realidade em um sistema científico, sendo muito necessário no estudo de fenômenos complexos como as paisagens, as interações entre a biota e o ambiente, sociedade e natureza, da humanidade com o seu meio ambiente, dentre outros, formando um conjunto de ferramentas formais, como gráficos, matemática e informática, aplicados na ciência e engenharia que possam representar e tornar inteligível sistemas reais que a realidade oferece (Rodríguez e Silva, 2018).

Christofolletti (1990) ressalta que, eventos com ocorrência em qualquer parte da superfície terrestre, cujas conseqüências não se apresentam de forma igual possuem o mesmo risco, ou seja, cada área ou região possui suas próprias vulnerabilidades e características únicas. Os desastres naturais são produzidos a partir da interação entre sociedade e natureza, cujas conseqüências devem levar em consideração os elementos econômicos, sociais e culturais (Campos-Vargas et al., 2015).

Bertrand (1972) e Tricart (1977), apresentaram o conceito de paisagem como o produto de uma articulação dinâmica e instável dos elementos físicos, biológicos e humanos que, interagindo dialeticamente e mutuamente uns com os outros, resultam numa paisagem única,

indissociável e que se encontra em constante evolução. Tais premissas foram cruciais para a abordagem sistêmica na geografia.

Tricart (1977), trabalhou com o termo ecossistema, indicando-o como o estudo das relações entre seres vivos e destes com o meio ambiente. Para ele, o sistema é o melhor instrumento para estudar os problemas ambientais, pois aplica a ele uma visão dialética, necessitando-se de uma análise em uma visão de conjunto. Desse modo, Christofolletti (1979), reforça que os sistemas podem ser classificados a partir de vários critérios, no entanto, para a análise geográfica, deve ser levado em consideração a complexidade estrutural e o critério de funcionamento deles.

Trazendo a abordagem sistêmica para o contexto da geografia, Sotchava propôs a teoria do Geossistema ou Sistemas Geográficos, sendo definido como o espaço em todas as dimensões, em que os componentes individuais da natureza estão em uma relação sistêmica entre si e com uma certa integridade, interagem como as esferas cósmica e a sociedade humana, ou seja, o geossistema é um todo dialético, com multiplicidade de relações e contradições, diferenciando-se de acordo com suas dimensões (Rodríguez e Silva, 2018).

A resiliência ambiental tem se tornado fundamental nas discussões de gestão ambiental, ecossistemas e recursos naturais. Aplicando os conceitos centrais de análises integradas de autores renomados como Bertrand (1972); Christofolletti (1979); Mendonça (1989); Tricart (1977) e estudos recentes sobre a resiliência ambiental como Oliveira et al., (2022) e Santos (2020), reforça que a intensa ação antrópica reduz a capacidade de resiliência natural, sendo necessário estratégias e medidas que possam colaborar com a capacidade de recuperação diante das alterações da paisagem, tornando-se relevante a aplicação de métodos como o índice de resiliência natural (IRN), para que possam avaliar as perturbações sofridas em determinados ambientes.

Os índices desempenham um papel fundamental para quantificar, analisar e interpretar fenômenos sociais, culturais e ambientais. Os índices são representações que utilizam coeficientes numéricos, enquanto os indicadores permeiam modelagens quantitativas e qualitativas envolvendo um conjunto de variáveis muito específicas em que a operação do cálculo contempla obrigatoriamente a uma temporalidade bem definida, caracterizando uma abstração da complexidade envolvida, reduzindo a informação descritiva com algarismos que são utilizados para expressar uma medida correspondente a um diagnóstico situacional (Prado e Castanha, 2020).

A partir do exposto, objetiva-se avaliar a capacidade de resiliência natural no município de Altamira entre os anos de 2001, 2011 e 2023, utilizando a análise comparativa dos elementos naturais como parâmetros para o desenvolvimento do Índice de Resiliência Natural (IRN), como: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, altimetria e uso e cobertura do solo, associando-os com as atividades presentes no município, por se considerar, fator determinante na progressão ou redução da resiliência natural.

2. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa tem como base o método exploratório, com fins de demonstrar e explicar o fenômeno da resiliência ambiental, bem como, os métodos utilizados para o desenvolvimento do IRN. Realizou-se pesquisas bibliográficas para o entendimento da temática proposta e o desenvolvimento cartográfico necessário para a avaliação do índice na área de pesquisa.

Foram fundamentais as abordagens dos conceitos de paisagem (Tricart, 1977; Bertrand, 1975; Christofoletti, 1979), resiliência (Oliveira et al, 2022) e índice (Prado e Castanha, 2020), sendo estes, conceitos centrais na proposta e discussão do artigo, considerando as características físicas e as ações antrópicas vigentes no município.

Para o mapa de localização, utilizou-se dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados coletados para o desenvolvimento do IRN estão apresentados no quadro 1. O manuseio desses dados deu-se através do Software *Qgis Desktop 3.34.4*.

Quadro 1: Parâmetros para o Índice de Resiliência Natural

Parâmetros	Tipo de arquivo	Fonte
Altimetria	Raster	Open Topography
Geologia	Vetor	Serviço Geológico do Brasil/ CPRM
Geomorfologia	Vetor	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE
Pedologia	Vetor	Banco de Dados Ambientais/BDIA
Uso e cobertura do solo	Raster	Google Earth Engine/ Mapbiomas
Vegetação	Vetor	Banco de Dados Ambientais/BDIA

Fonte: Autores, 2025.

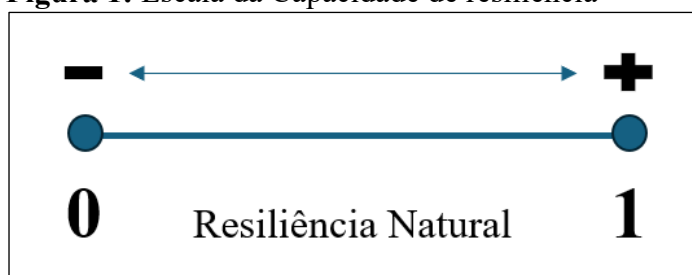
Os dados *shapefile* das unidades de conservação e terras Indígenas foram coletados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e Ministério dos Povos Indígenas.

A metodologia de aplicação, baseiam-se nos trabalhos de Oliveira et al., (2020; 2022), utilizando a análise integrada dos parâmetros naturais e socioeconômicos, assim como na teoria Geossistêmica de Bertrand (1972) e Sotchava (1977), e as contribuições dos estudos e dinâmicas da paisagem de Tricart (1977).

O Índice de Resiliência Natural foi realizado a partir da caracterização dos componentes ambientais, definidos como parâmetros e definindo o grau de importância do IRN, com o auxílio da *lógica Fuzzy* e o *Método Analytical Hierarchy Process* (AHP).

A *lógica fuzzy* é uma técnica matemática que permite modelar problemas de forma aproximada, considerando valores intermediários podendo assumir qualquer valor em um intervalo contínuo entre 0 e 1 (Kalatec, 2023). A atribuição dos pesos segue essa escala de 0 a 1 (figura 1), sendo que, quanto mais próximo de zero menor a capacidade de resiliência e quando próximo ou igual a 1 maior a capacidade de resiliência.

Figura 1: Escala da Capacidade de resiliência



Fonte: Autores, 2025

O AHP refere-se ao Processo Analítico Hierárquico. É um método para apoiar tomada de decisão segundo critérios múltiplos, e foi originalmente desenvolvido pelo Professor Thomas L. Saaty, derivando de escalas de comparação de comparações emparelhadas de critérios, permitindo algumas pequenas inconsistências em julgamentos, resultando em cálculos de níveis de prioridade e razão de consistência (Klaus, 2024).

Após a definição dos parâmetros, converteu-se as camadas *rasters* de uso e cobertura do solo e altimetria para vetor para atribuir os pesos da escala da Lógica Fuzzy. As demais camadas vetoriais (geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação) também foram reclassificadas com os pesos atribuídos a resiliência. Oliveira et al., (2022), propôs a caracterização dos componentes ambientais seguindo os níveis de resiliência (0 a 1), atribuindo

pesos para cada classe dos parâmetros utilizados (Tabela 1) aplicando a lógica Fuzzy. A atribuição de pesos dos componentes ambientais segue a metodologia de Crepani (2001).

Tabela 1: Classes dos Componentes Ambientais e seus Respectivos Pesos de CR, do município de Altamira.

Componentes Ambientais de Comparação (Parâmetros)	Classes	Pesos de CR
Altimetria	40 m - 210 m	0,4
	210 m - 370 m	0,4
	370 m - 530 m	0,6
	530 m - 700 m	0,8
Geologia	Complexo Enderbito Cajazeiras	0,4
	Complexo Xingu	0,2
	Corpo Diabásio Penatecaua	0,4
	Corpo Granito Porquinho	0,4
	Corpo Paragnaisse Ipiaçava	0,4
	Depósitos Aluvionares	0,5
	Depósitos Coluvionares	0,4
	Formação Alter do Chão	0,1
	Formação Aruri	0,4
	Formação Buiucu	0,4
	Formação Capoeiras	0,2
	Formação Castelo dos Sonhos	0,4
	Formação Ererê	0,4
	Formação Goritire	0,2
	Formação Itatá	0,4
	Formação Salustiano	0,4
	Grupo Beneficente	0,5
Grupo Colíder	0,5	
Grupo Curuá	0,4	
Grupo Iriri	0,2	
Grupo Trombetas	0,4	

	Membro Lontra	0,4
	Sequência Rochas Supracrustais 1	0,1
	Sequência Rochas Supracrustais 2	0,1
	Suíte Creporizão	0,4
	Suíte Inguarana	0,2
	Suíte Intrusiva João Jorge	0,4
	Suíte Intrusiva Teles Pires	0,2
	Suíte Maloquinha	0,2
	Suíte Parauari	0,2
Geomorfologia	Baixos Planaltos da Amazônia Oriental	0,4
	Depressões da Amazônia Meridional	0,4
	Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas	0,7
	Planalto do Cachimbo	0,6
	Planaltos Residuais da Amazônia Meridional	0,6
	Planaltos Cuestiformes das Bordas da Bacia Sedimentar do Amazonas	0,6
	Serras Residuais da Amazônia Meridional	0,4
Pedologia	Afloramento de rochas	0,4
	Gleissolo Háptico Tb Eutrófico	0,7
	Neossolo Litólico Distrófico	1
	Latosso Amarelo Distrófico	0,4
	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	1
	Gleissolo Háptico Tb Distrófico	0,7
	Nitossolo Vermelho Eutrófico	0,8
	Cambiossolo Háptico Tb Distrófico	0,5
	Neossolo Quartzarênico Órtico	1
	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico	0,7
	Argissolo Vermelho Distrófico	0,6
	Neossolo Flúvico Tb Distrófico	1
	Neossolo Flúvico Tb Eutrófico	1
Argissolo Amarelo Distrófico	0,4	

	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,4
Vegetação	Contato (Ecótono e Enclave)	0,6
	Floresta Estacional Semidecidual	0,4
	Floresta Ombrófila Densa	0,8
	Floresta Estacional Decidual	0,2
	Floresta Ombrófila Aberta	0,2
	Campinarama	0,8
Uso e Cobertura do Solo	Formação Florestal	0,8
	Formações Naturais não Florestais	0,6
	Pastagem	0,4
	Áreas não vegetadas	0,4

Fonte: Autores, 2025, adaptado de Oliveira et al., (2022) e Crepani (2001).

Após a atribuição dos valores de resiliência dos parâmetros, foi gerada a matriz de comparação pareada para cada componente ambiental através do método AHP (Tabela 2). A matriz de comparação consiste em comparar par a par dos diferentes critérios e alternativas de decisão, permitindo a determinação de suas importâncias relativas e desempenhos. O decisor representará a partir de uma escala predefinida de comparações binárias entre elementos comparados, sob enfoque de um elemento do nível imediatamente superior. Após o obtido, o vector de prioridades ou de impacto das alternativas sob cada critério, continua-se com o nível dos critérios, resultando em um vector que contém a média das preferências de cada critério (Pimenta et al., 2019).

Tabela 2: Matriz de comparação

Parâmetros	Pedologia	Uso e Cobertura do Solo	Vegetação	Geomorfologia	Geologia	Altimetria
Pedologia	1	2	5	3	7	9
Uso e cobertura do solo	0,5	1	3	6	6	8
Vegetação	0,2	0,33	1	2	3	4
Geomorfologia	0,33	0,17	0,5	1	5	3
Geologia	0,14	0,17	0,33	0,2	1	2
Altimetria	0,11	0,13	0,25	0,33	0,5	1

Fonte: Autores, 2025.

Com o resultado da matriz de comparação, foi definido um grau de importância hierárquica para cada componente, sendo a pedologia fator preponderante, conforme demonstra a tabela 3. Nessa etapa, os valores de cada componente serão utilizados para o cálculo de

resiliência através da calculadora raster no *Software Qgis*, respeitando a mesma ordem que foi definida pelas matrizes.

Tabela 3: Peso dos Componentes Ambientais Resultante da Calculadora AHP.

Pesos dos Critérios	Valores
Pedologia	0,39
Uso e Cobertura do solo	0,31
Vegetação	0,12
Geomorfologia	0,10
Geologia	0,04
Altimetria	0,03

Fonte: Autores, 2025.

Com os pesos definidos para cada componente ambiental através da calculadora AHP, iniciou-se o cálculo de resiliência. Para calcular a resiliência foi necessário que todas as camadas Vetoriais fossem convertidas em arquivos Rasters, utilizando a seguinte fórmula para fazer o cálculo de resiliência.

$$CR = (PED * GI) + (UC * GI) + (VEG * GI) + (GEOM * GI) + (GEO * GI) + (ALT * GI)$$

Sendo GI = Grau de Importância

PED= Pedologia

UC= Uso e Cobertura do Solo

VEG= Vegetação

GEOM= Geomorfologia

GEO= Geologia

ALT= Altimetria

O nível de consistência para as matrizes (Altimetria, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Uso e Cobertura do Solo e Vegetação) foi de 6.0%, dando maior qualidade no resultado da resiliência natural do município de Altamira.

As classes geradas pelo cálculo de resiliência foram subdivididas em cinco categorias, sendo elas: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta. Conforme a metodologia de Cunha et al., (2011) e Mendes et al., (2011) fez-se uma combinação numérica dos resultados do Índice de Resiliência Natural.

Tabela 4: Comparação numérica dos valores do IRN

	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

	Muito Baixa
	Baixa
	Moderada
	Alta
	Muito Alta

Fonte: Autores, 2025

Após os cruzamentos de dados, gerou-se o mapa do IRN com as cinco classes apresentadas na tabela 4. Seguindo a metodologia de Oliveira et al., (2022) para a interpretação da resiliência ambiental, considerou as classes Alta e Muito Alta como progressiva, enquanto as classes de Muito Baixa e Baixa como regressiva, conforme o quadro 2.

Quadro 2: Classificação do Índice de Resiliência Ambiental

Classificação da Resiliência Ambiental	Interpretação	Observação do Ambiente
Muito Alta Alta ↑	Progressiva	Quando há condição do ambiente se recompor, diante das pressões sofridas pelo ser humano ou não no decorrer do tempo analisado.
Moderada		Quando os processos morfogenéticos e pedogenéticos encontram-se conservados no decorrer do tempo analisado.
Baixa Muito Baixa ↓	Regressiva	Quando há pouca ou nenhuma condição do ambiente se recompor, em consequência das pressões sofridas no decorrer do tempo.

Fonte: Autores, 2025, adaptado de Oliveira et al., (2022).

Por fim, realizou-se os cálculos percentuais de uso e cobertura do solo e das classes de resiliência natural. Neste processo, as camadas foram novamente convertidas em vetores para fazer o cálculo de área através da ferramenta *Calculate Geometry*. O cálculo foi realizado por hectares e exportado em formato XLSX para manuseio no *software Excel* utilizando a seguinte fórmula: $\text{Área/Total} * 100 = \%$.

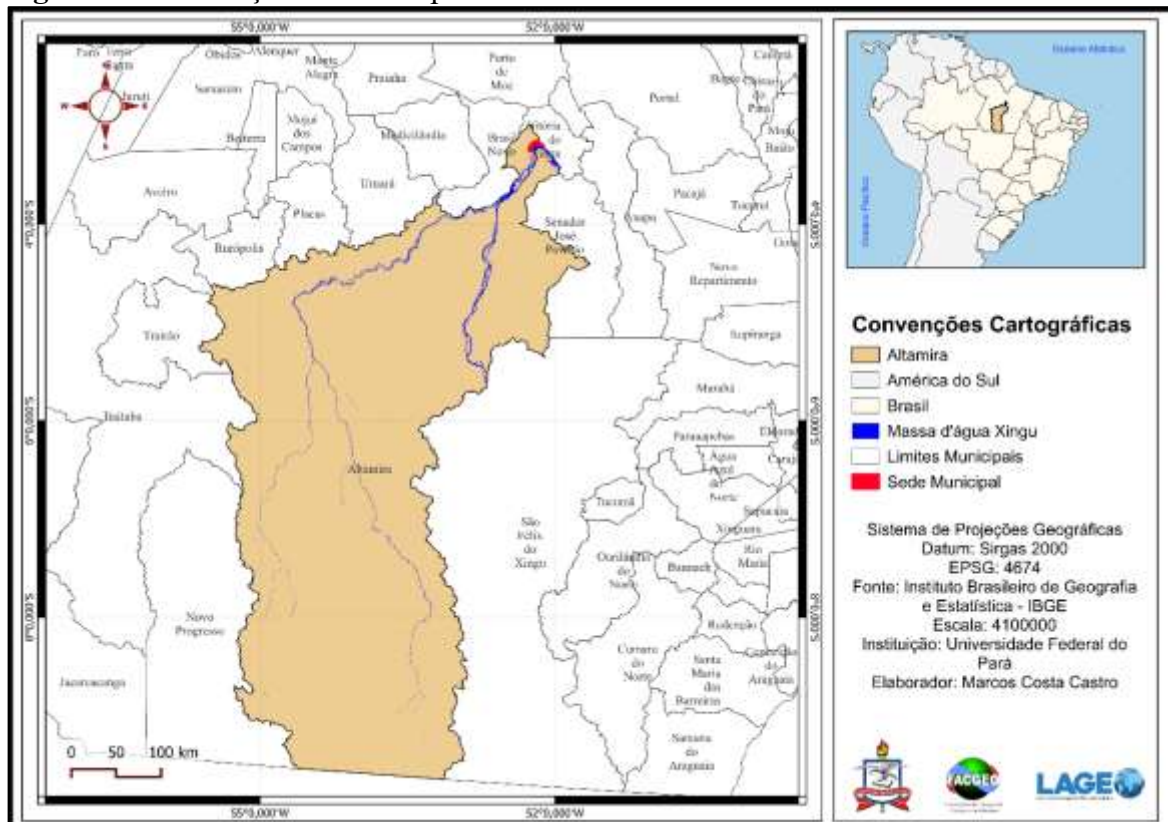
3. Resultados e Discussões

3.1 Caracterização Geoambiental

3.1.1 Localização

Altamira está localizada na região fisiográfica do rio Xingu, principal rio que atravessa o município e um dos principais afluentes do rio Amazonas em sua margem direita (Altamira, 2023), fazendo divisa com onze municípios no Pará, além do estado de Mato Grosso (Figura 2). O município destaca-se como o maior município brasileiro em extensão territorial, com aproximadamente 159.533 km² (Altamira, 2021), possuindo características geoambientais diversificadas, como formações geológicas, geomorfológicas e pedológicas, vegetação nativa, clima equatorial, e uma rica hidrografia que desempenha um papel fundamental para a região.

Figura 2: Localização do município de Altamira - PA



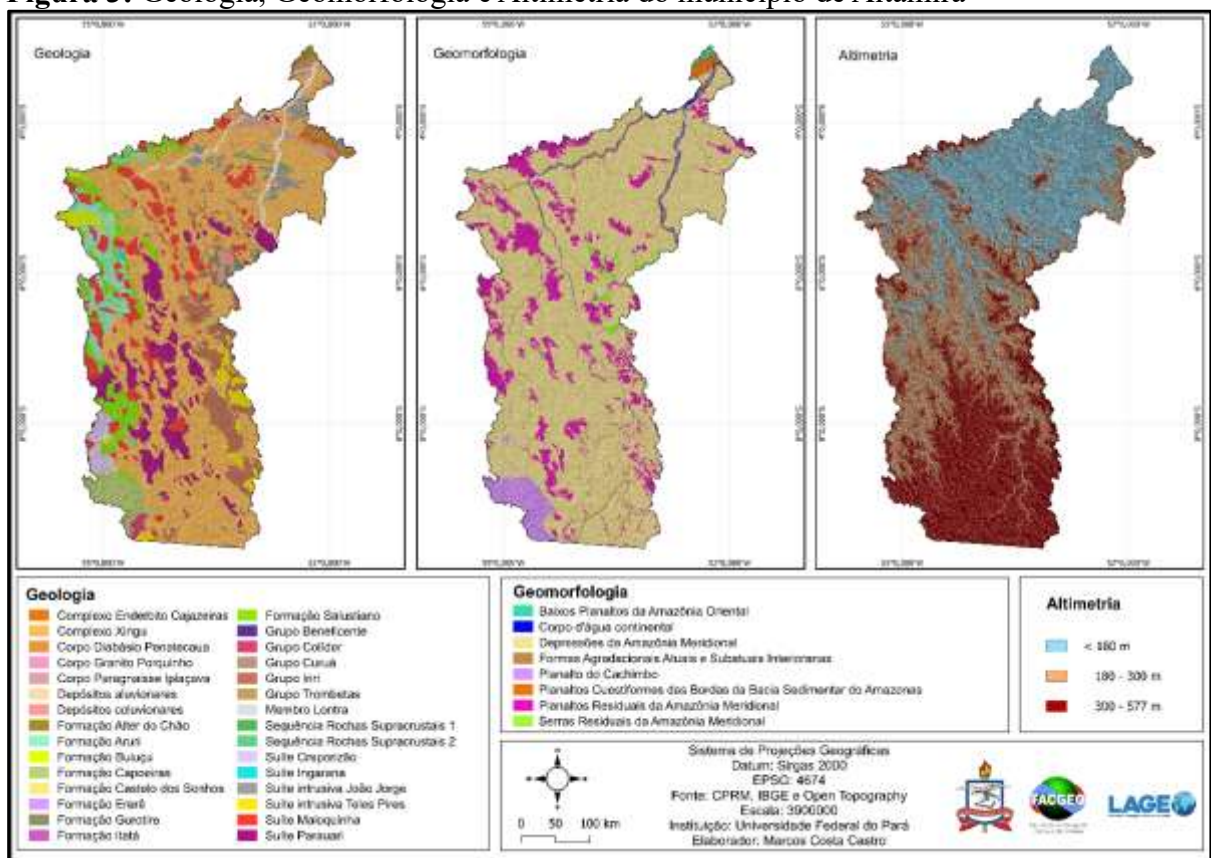
Fonte: Autores, 2025

3.1.2 Geologia, Geomorfologia e Altimetria

A estrutura geológica de Altamira é composta por sedimentos argilosos, arenosos e cascalhos, terrenos arenosos e folhelhos metamorizados e retrabalhados no paleoproterozóico, gnaisses de origem de origem magmática e/ou sedimentar de médio e alto grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo, rochas magmáticas, associações de rochas de origem vulcânica e plutônica e composição félsica até máfica (posicionadas no final

ou após o tectonismo), seqüências sedimentares, principalmente psamíticas, podendo incluir piroclásticas e rochas gnáissicas de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas, também desenvolvidas durante o tectonismo (Figura 3). Conforme o levantamento técnico da Fapespa (2024), no extremo norte do município é encontrada a bacia sedimentar do Amazonas e na porção sudoeste a bacia sedimentar do Alto Tapajós, cuja escala de tempo é datada do período Pré – Cambriano Arqueano, Arqueano/Paleoproterozóico, Paleoproterozóico, Mesoproterozóico e da era Paleozóico e Mesozóico.

Figura 3: Geologia, Geomorfologia e Altimetria do município de Altamira



Fonte: Autores, 2025

De acordo com a classificação da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), a litologia do município é distribuída em oito categorias principais: complexos, corpos, depósitos, formações, grupos, membros, seqüências rochas e suítes (figura 3). Os litotipos mais antigos são representados por catametamorfitos de composição dominante sódica e potássica (Granolito Bacajaí), que na maioria são constituídos de granolitos enderbíticos e charnokíticos com acentuada catáclase superposta, no Arqueano Médio (Companhia, 2021). O relevo varia de 100 e 500 metros de altitude em relação ao nível do mar (figura 3), com

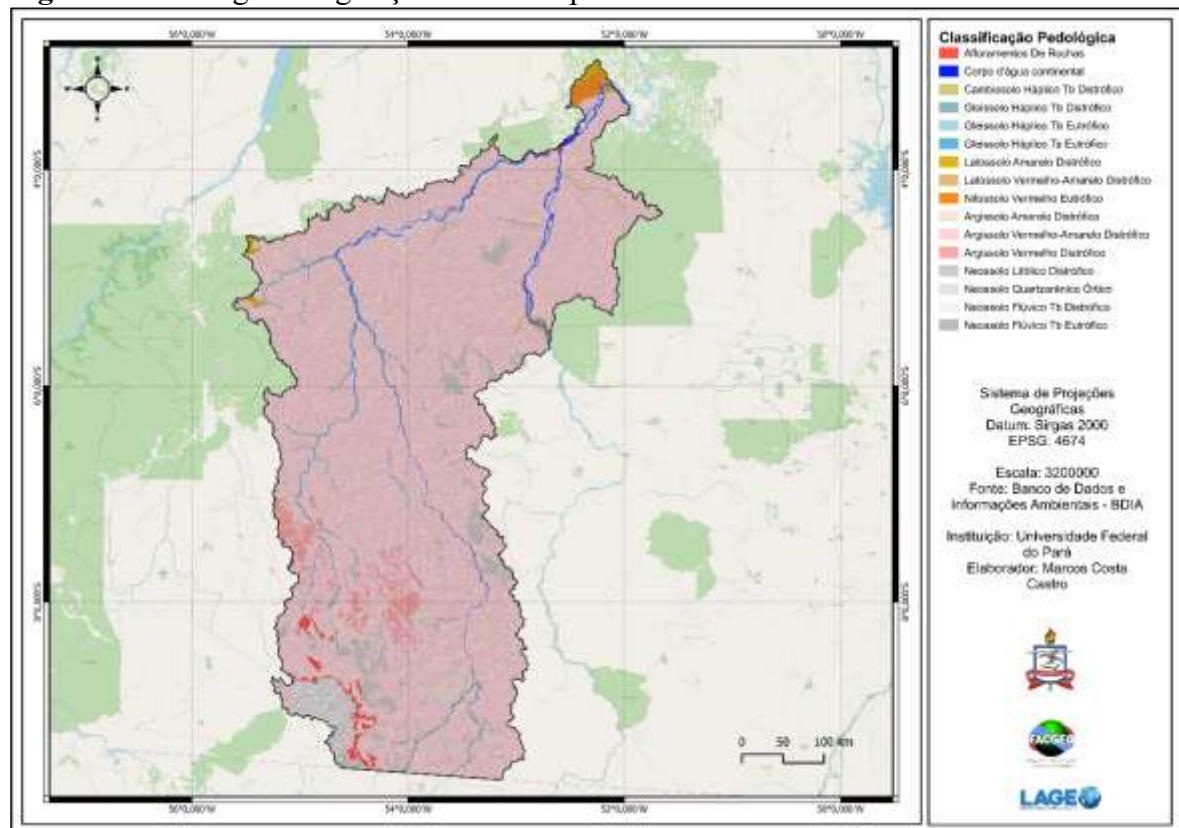
predominância do Complexo Xingu, Formação Capoeiras e Suítes Parauari. O complexo Xingu é a formação geológica mais extensa de Altamira, abrangendo quase todo o município. Ele representa parte do embasamento do mesoarqueano do Domínio Carajás e é composto por uma série de rochas metamórficas, incluindo diopsídio – hornblenda – plagioclásio gnaisee e quartzo – anfibolito (Silva et al., 2015).

Os aspectos geomorfológicos de Altamira são definidos em três regiões morfoestruturais, sendo eles: Crátons Neoproterozóicos, Bacias e coberturas sedimentares e os Depósitos sedimentares quaternários, alternando em áreas de chapadas, depressões, planaltos e serras (Aguiar et al., 2019). As depressões da Amazônia Meridional representam a maior unidade geomorfológica, caracterizada por uma vasta planície rebaixada, dissecada e formas predominantemente convexas com drenagem detrítica (Portal, 2020).

3. 1.3 Pedologia

A classificação pedológica do município alterna entre Cambissolos, Gleissolos, Latossolos, Argissolos e Neossolos (figura 4), sendo o Argissolo Vermelho – Amarelo Distrófico predominante.

Figura 4: Pedologia e Vegetação do município de Altamira - Pará



Fonte: Autores, 2025

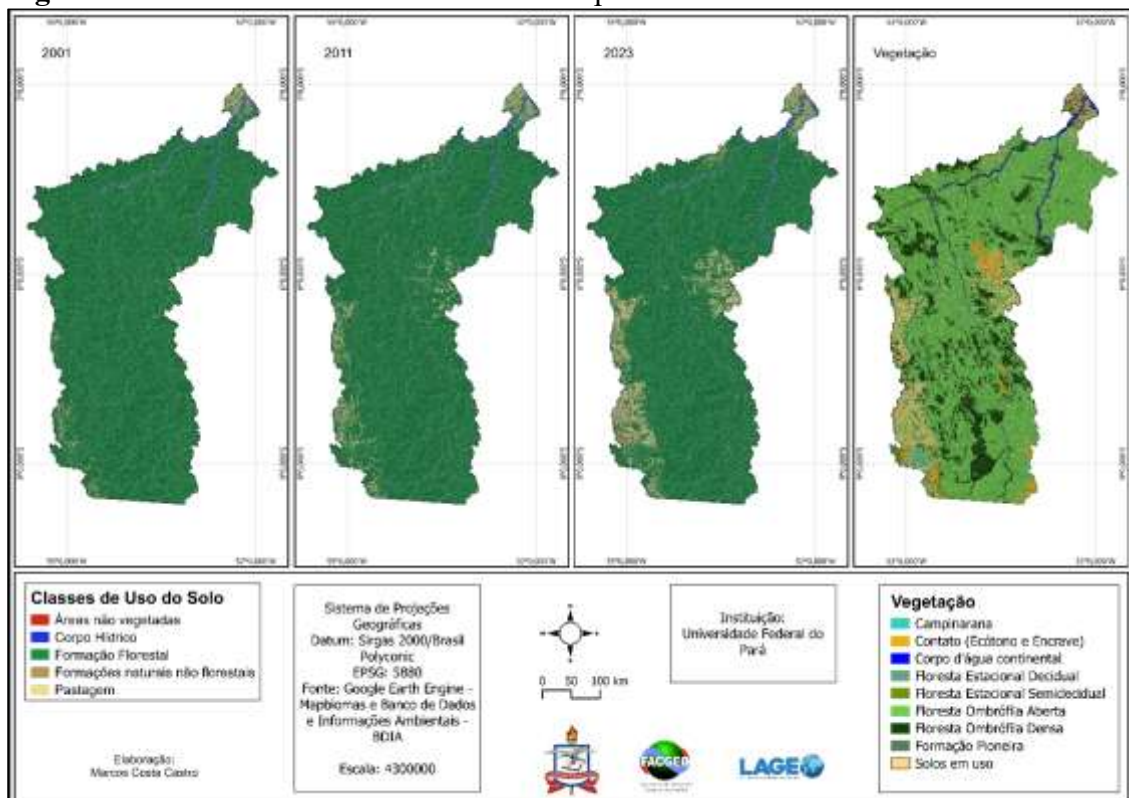
Conforme o estudo de Silva e Oliveira (2021), esse tipo de solo se desenvolve em algumas áreas com a presença de óxidos de ferro, hematita e o goethita, possuindo baixa fertilidade. No geral os solos presentes nessa região possuem em sua maioria textura argilosa e arenosa, influenciando diretamente na dinâmica do uso e ocupação do solo nessa região.

3.1.4 Uso e Cobertura do solo e Vegetação

O processo de desmatamento no município de Altamira começa por volta da década de 1970, período este que marca a abertura de uma das principais rodovias federais e da região amazônica, a Transamazônica. Com um discurso pautado em desenvolver a região norte as demais regiões do país durante a ditadura militar, começou uma verdadeira onda de desmatamento em determinados trechos da região amazônica, fragmentando a floresta e dividindo os ecossistemas (Veiga, 2022).

O desmatamento continuou a crescer, impulsionado principalmente pela expansão do agronegócio. Conforme a figura 5, a retirada da cobertura vegetal aumentou no decorrer das últimas décadas, correspondendo a 95,25% em 2011, caindo para 91,31% em 2023, enquanto a pastagem avançou para 3,35% em 2011 e 7,10% em 2023.

Figura 5: Uso e Cobertura do Solo no município de Altamira - Pará



Fonte: Autores, 2025

As porcentagens das classes da tabela 5 mostra o ritmo de perda da cobertura vegetal para a abertura de campos de pastagem. Destaca – se a vegetação predominante do tipo floresta ombrófila aberta e floresta ombrófila densa como segunda formação florestal mais extensa. O município também contém outras formações florestais, como as florestas estacionais e vegetações pioneiras, assim como, áreas de contato (ecótono e enclave).

Em 2001, 97% de todo o território correspondia as áreas vegetadas, enquanto a pastagem aparecia timidamente com uma pequena porcentagem de 1,21%. Comparando com 2011, percebe-se um aumento de 2,14% das áreas de pastagem em relação ao ano de 2001, enquanto as áreas de formações florestais reduziram para 95,25%.

Tabela 5: Porcentagem das classes de Uso do solo

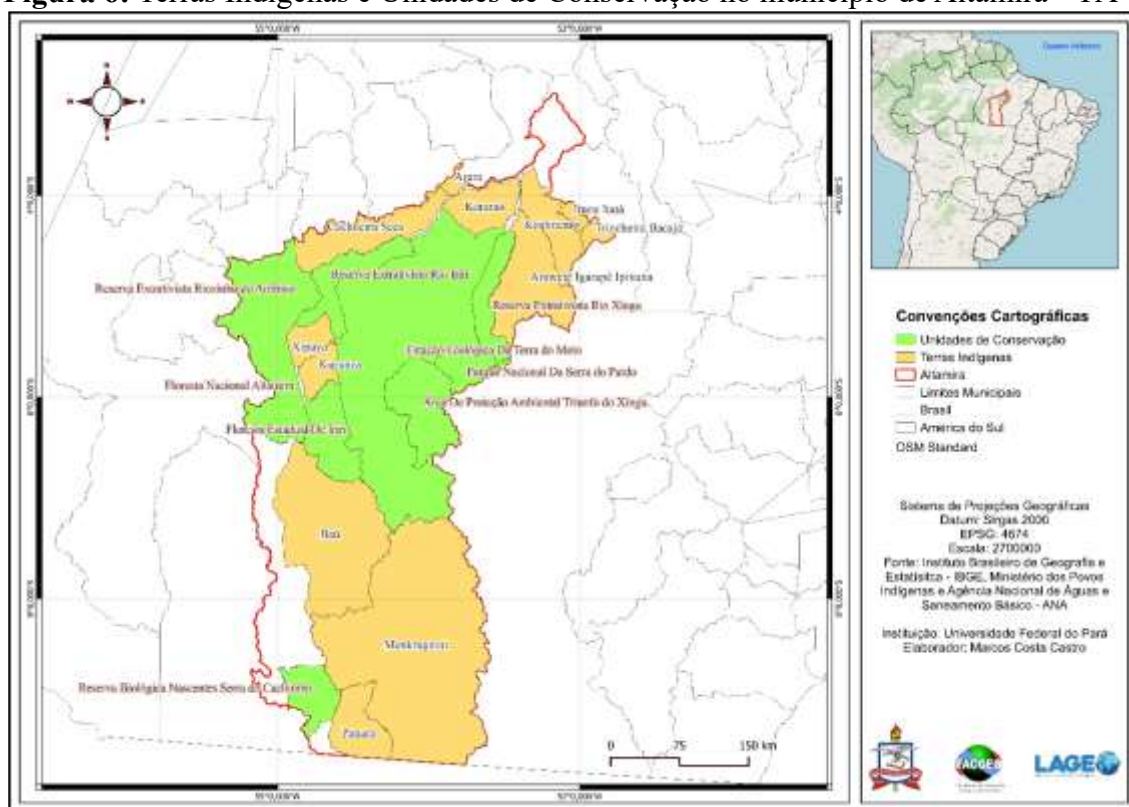
Porcentagem das classes de uso e cobertura do solo			
Classes	2001	2011	2023
Áreas não vegetadas	0,04%	0,05%	0,18%
Corpo Hídrico	1,04%	1,03%	1,11%
Formação Florestal	97,38%	95,25%	91,32%
Formações naturais não florestais	0,33%	0,32%	0,30%
Pastagem	1,21%	3,35%	7,10%
Total	100%	100%	100%

Fonte: Autores, 2025

Em 2023 se comparado com o ano de 2001, a classe de pastagem tem um salto para 7,10%, um aumento de 5,89%, enquanto a classe de formação florestal tem redução de 6,06%, correspondendo a 91,32% de todo o território. Romão et al., (2017), ressalta que a pecuária é uma atividade extensiva no município de Altamira, principalmente no entorno da rodovia Transamazônica, planejada inicialmente para desenvolver a região norte com a implantação de projetos agrícolas. No caso específico de Altamira, esse planejamento inicial não vigorou devido as condições de baixa fertilidade do solo, impedindo a implantação de algumas práticas agrícolas, tendo como alternativa, a inserção da pastagem (Romão et., al 2017).

Em termos percentuais pode parecer pouco o aumento ou perda das classes, mas neste caso, deve-se colocar em consideração a extensão territorial do município, que chega ser maior que muitos estados brasileiros, e, por se tratar de uma região com baixa densidade demográfica, característica da região norte em geral, favorece a conservação dos recursos naturais, mesmo com o avanço do agronegócio. Outro ponto a ser considerado, é que o município possui um total de 12 Terras Indígenas, e 09 Unidades de Conservação (Figura 6) o que proporciona ainda parte de seu território com vegetação primária embora em constante intervenções antrópicas.

Figura 6: Terras Indígenas e Unidades de Conservação no município de Altamira – PA



Fonte: Autores, 2025

Fazendo o cruzamento das áreas desmatadas do mapa de uso do solo (figura 5) com o mapa das Terras Indígenas e Unidades de conservação é possível observar que o desmatamento vem penetrando gradativamente essas áreas protegidas. De acordo com o levantamento do Infoamazonia (2022), as Terras Indígenas Menkragnoti e Baú, foram as que mais sofreram com o desmatamento nos últimos anos, juntamente com a Reserva Biológica Nascentes Serra do Cachimbo. Nessas Terras Indígenas vivem os Kayapós e alguns povos isolados, de pouco ou quase nenhum contato com outros indígenas ou com a população urbana.

Ainda de acordo com Infoamazonia (2022), essas áreas protegidas vêm sendo invadidas ilegalmente para exploração de recursos naturais, principalmente a madeira. No ano de 2019, a Polícia Federal realizou uma operação em algumas Terras Indígenas (TI's) do município para o combate ao desmatamento ilegal. Foi constatado que algumas TI's estavam sendo invadidas para exploração madeireira e o movimento de grilagem, como foi o caso das TI's Ituna Itatá, Arara e Cachoeira Seca (Polícia Federal, 2019).

As Unidades de Conservação (UC's) também estão nesses índices de desmatamento. As UC's que mais sofreram intervenções nas últimas décadas foram a Floresta Nacional de Altamira, a Reserva Extrativista Riozinho do Anfrísio e a Reserva Biológica Nascentes Serra

do Cachimbo. O Imazon (2019) realizou um monitoramento através de imagens de satélites nas UC's do município, sendo a Floresta Nacional de Altamira que mais registrou desmatamento ilegal, com uma área derrubada de aproximadamente 17 km².

3. 1.5 Hidrografia

O rio Xingu é o maior rio que atravessa o município de Altamira, sendo também, um dos principais tributários do rio Amazonas, com aproximadamente 2500 km de extensão e vazão de 131.947 m³/s, segundo os dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2009). A nascente do Xingu está localizada na Chapada do Roncador no estado de Mato Grosso, atravessando o município de Altamira até a sua foz no município de Porto de Moz – Pará, tendo como principais afluentes na margem esquerda os rios Iriri (seu maior afluente), Tamitatoala ou Batovi, Curisevo, Manissauá – miçu, Ronuro, Acaraí e Jarauaçu, e pela margem direita os rios Sete de Setembro, Comandante Fontoura, Fresco e Suiá – miçu ou Suizão (Barbosa, 2009).

Nas proximidades da sede municipal encontra-se a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, maior empreendimento da região Xinguana. A usina comporta um volume impressionante de água do rio Xingu, destacando-se como um marco de infraestrutura na área (Aguilar et al., 2019). De acordo com Fontes (2017), alguns trechos do rio sofreram alterações após a instalação da UHE Belo Monte, como por exemplo, um estudo realizado em 2016, percebeu-se que após o barramento do rio, especificamente na região da Volta Grande do Xingu, houve uma redução considerável na vazão do rio Xingu. Em novembro de 2016 a vazão era em torno de 800 m³/s (depois do barramento), enquanto a média era de 1.800 m³/s (antes do barramento) (Fontes, 2017).

A área da Volta Grande do Xingu foi a área que o rio mais sofreu impactos com relação a diminuição da vazão de água, trazendo muitos impactos negativos, principalmente as populações ribeirinhas e Indígenas, com as mudanças constantes com volume de água do rio, além das mudanças no equilíbrio do Rio Xingu e seus afluentes afetando diretamente na biodiversidade local (Aguilar et al., 2019).

3. 1.6 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o município de Altamira apresenta clima equatorial Am e Aw e vegetação predominante do tipo Floresta Aberta Latifoliada e Floresta Aberta Mista (IBGE, 2016; IDESP, 2014), com variação sazonal na umidade relativa média do ar,

apresentando um comportamento inverso ao das temperaturas média, máxima e mínima. Além da alta umidade característica da região, devido à forte atuação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) durante os meses de janeiro a abril devido muita umidade do oceano que é transportada para o continente pelos alísios, fazendo com que os valores máximos ocorram nos meses de fevereiro, março e abril com 85% de umidade (Abreu et al., 2007).

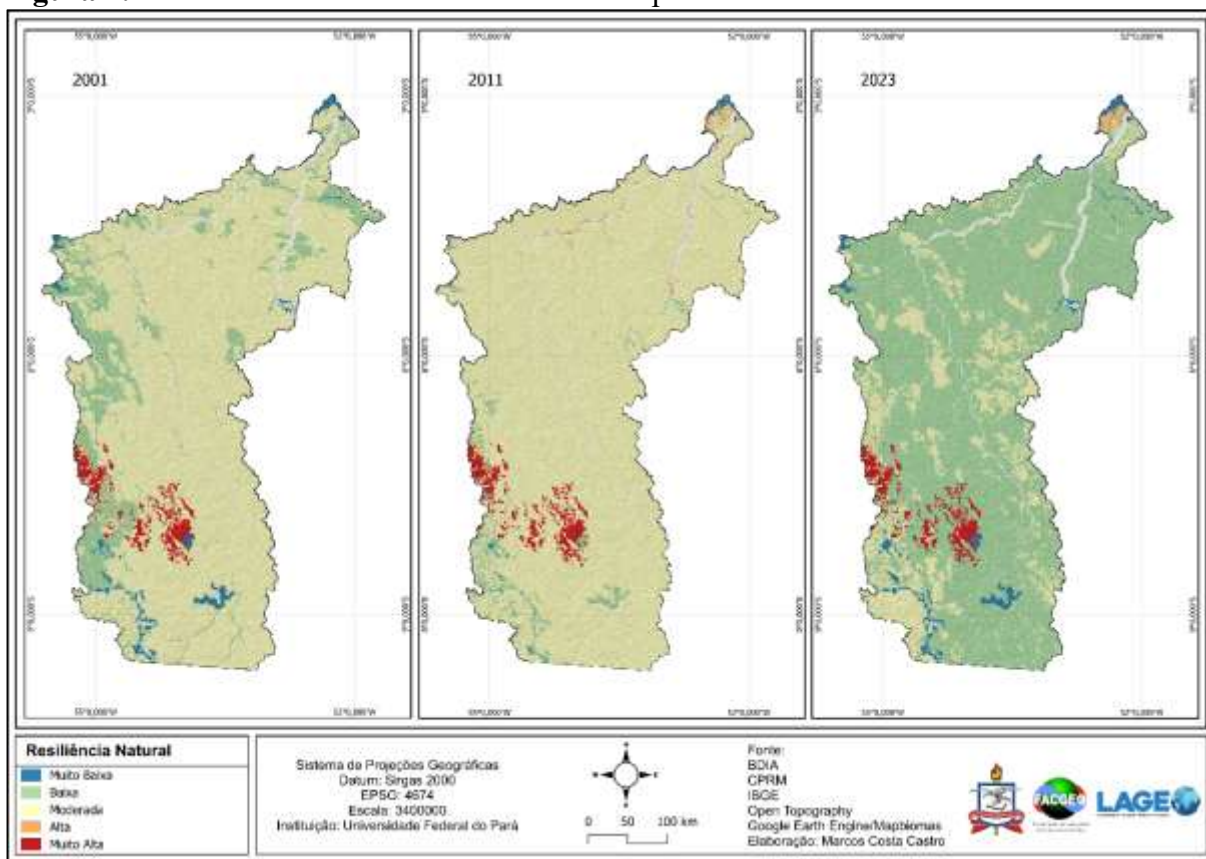
O clima exerce forte influência sobre o solo e a vegetação. Os diferentes tipos de climas são responsáveis pelas diversas formações vegetais, como as Florestas Equatoriais, Tropicais, Estepes, Desertos etc., sendo resultados da ação do clima aliado ao material pedológico existente. Sendo assim, os tipos de vegetação e cultivos encontrados nas paisagens resultam dos elementos clima e solo, bem como da história de ocupação e de atividades econômicas no espaço natural pelo homem (Silva e Jatobá, 2017).

Nos últimos anos, a Amazônia vem enfrentando diversos eventos climáticos extremos que são intensificados pela ação humana. Em 2023, presenciou-se uma seca histórica pela forte atuação do El Niño no município de Altamira, enfraquecendo a capacidade dos parâmetros pedológicos e vegetação suportar tais extremidades, influenciando diretamente no declínio da resiliência natural.

3.2 Índice de Resiliência Natural

Para discutir e analisar o IRN do município de Altamira, fez-se o cruzamento dos aspectos pedológicos, uso do solo, vegetação, geomorfologia, geologia e altimetria, visando identificar a resiliência natural do município entre os anos de 2001, 2011 e 2023, para melhor compreender a dinâmica natural do ambiente através dos parâmetros definidos para esta análise. Conforme o mapa da figura 7, consegue-se observar as variações da resiliência natural nos respectivos anos de análise.

Figura 7: Índice de Resiliência Natural do Município de Altamira



Fonte: Autores, 2025

Conforme os resultados dos cálculos percentuais (tabela 6), em 2001, 80,40% de toda área do município correspondia a resiliência moderada, e 15,29% resiliência baixa, enquanto 2011, a classe de resiliência moderada correspondia a 92,03% de todo o território, considerado estável.

Tabela 6: Porcentagem das classes de resiliência

Porcentagem das Classes de Resiliência Natural			
Classes de Resiliência Natural	2001	2011	2023
Muito Baixa	1,82%	1,02%	1,90%
Baixa	15,29%	3,54%	75,72%
Moderada	80,40%	92,03%	19,45%
Alta	0,02%	0,95%	0,46%
Muito Alta	2,47%	2,47%	2,47%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Autores, 2025

O ano de 2023 apresentou um quadro regressivo de resiliência natural, ou seja, pouca capacidade de recuperação diante das perturbações sofridas. Em comparação aos dois anos anteriores que apresentavam em sua maioria resiliência moderada, 2023 regrediu para

resiliência baixa, correspondendo 75,72%, enquanto a moderada teve declínio significativo para 19,45%. Esse declínio em comparação ao ano de 2001 representa uma queda de 60,95%, sendo ainda maior se comparado a 2011, com uma queda 72,58%.

Na área da sede municipal, caracteriza-se resiliência muito baixa e baixa condizendo com as formações geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Essa área está sob a unidade geológica formação alter do chão, sendo a unidade de maior extensão aflorante na bacia do Amazonas, datada do período Neocretáceo, caracterizada por depósitos flúvio – lacustres originados a partir de um sistema fluvial de alta energia (Cunha et al., 1994), composta por conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos, muitas vezes com bioturbações, brechas intra – formacionais e fácies mais silicificado (Silva Filho, 2009). A geomorfologia dessa área municipal corresponde aos baixos planaltos da Amazônia Oriental, atravessando a bacia amazônica. Essa unidade geomorfológica apresenta topos arredondados, onde se encontram alguns morros residuais de topo plano, com altitude média de 400 metros (Aureslino, 2017), influenciando na formação pedológica, cujo solo neste trecho é o latossolo amarelo distrófico.

De acordo com Santos et al., (2021), o latossolo amarelo distrófico é um solo bastante modificado pela ação do homem, possuindo um horizonte superficial e uma camada rica em matéria orgânica, e quando se trata de solos arenosos, possui dificuldades de reter umidade. Conforme o mapa de uso do solo (figura 5) essa é uma área bastante modificada, devido a ocupação urbana e as áreas de pastagem, o que favorece a degradação do solo. A baixa fertilidade desse tipo de solo impossibilita a inserção de algumas atividades, e como alternativa, os moradores locais plantam o capim para a criação de bovinos. Pequenas frações a leste e oeste do município também estão caracterizados como resiliência muito baixa, estando relacionadas a esse tipo de solo.

Na parte sul do município existe dois fatores pedológicos preponderantes para a classificação de resiliência muito baixa, sendo os afloramentos rochosos e o argissolo amarelo distrófico. Os afloramentos rochosos encontram-se em uma altitude que pode variar dos 300 a 500 metros, em uma área de planalto. De acordo com Cunha (1995), nessas partes mais altas do relevo predominam as rochas cristalinas e metamórficas, constituindo os afloramentos rochosos e solos muito rasos, com ou sem vegetação arbustiva e mata baixa, apresentando muitas vezes pedregosidade e vegetações invasoras, geralmente de baixa qualidade.

O argissolo amarelo distrófico são originados principalmente de materiais argilosos ou arenosos – argilosos, sendo bastante limitados para o uso devido à baixa fertilidade e riscos de erosão causada pelas diferentes texturas superficiais e subsuperficiais (Santos et al., 2021).

As áreas que apresentam IRN moderada também estão relacionadas aos aspectos geológicos – geomorfológicos, bem como a pedologia. O complexo Xingu, é a maior unidade geológica de Altamira, definido e composto por granulitos, gnaisses, migmatitos, granitoides diversos, faixas de *greenstone belts* (cinturão de rochas verdes) e complexos básicos e ultrabásicos (rochas ígneas) (Silva et al., 1974), definindo a geomorfologia (figura 3) e a pedologia (figura 4).

O solo também influencia nessas áreas de IRN moderada, no entanto, o uso da terra mediante as ações antrópicas é um dos principais condicionantes para o desgaste do solo e afetando diretamente a resiliência natural dos ambientes. Destaca-se que o argissolo vermelho – amarelo distrófico é a classe de solo mais comum e extensa do país, distribuídos em áreas de relevos mais acidentados e dissecados, possuindo baixa fertilidade (Santos; Zaroni; Almeida, 2021). Com o predomínio deste tipo de solo no município e por não possuir condições naturais favoráveis a resiliência natural, mantém – se moderado, sendo mais vulnerável e propício as atividades antrópicas, como é o caso da pastagem que se tornou em poucas décadas a principal atividade econômica do município.

Conforme dados do IBGE (2023), Altamira tornou-se um forte produtor de bovinos. A tabela a seguir, mostra o avanço deste rebanho desde o ano de 2004, e atualmente, ultrapassando mais 1.000.000 de cabeças.

Tabela 7: Número de cabeças de Bovinos em Altamira.

Ano	Número de Cabeças	Porcentagem
2004	314.217	15,09%
2011	688.901	33,08%
2023	1.079.168	51,83%

Fonte: IBGE, 2023

A criação de bovinos em 2004 correspondia a 15,09%, com um total de 314.217 cabeças, subindo para 688.901 no ano de 2011, um aumento de 17,99%. Em 2023 o número de cabeças de gado aumentou para 1.079.168, um salto de 18,75% em comparação a 2011, sendo ainda maior se comparado com 2004, com um aumento significativo de 36,74%.

Veschi et al., (2010), ressalta que os solos ocupados por pastagem podem apresentar limitações quanto à fertilidade química natural, acidez, topografia, pedregosidade ou restrições

para drenagem. A compactação do solo pelo pisoteio animal, agravada pela remoção da vegetação pelo pastejo, pode diminuir a taxa de infiltração, aumentar a erosão e reduzir o crescimento radicular das plantas (Marchão et al., 2009). Como consequência do superpastejo sobre a pastagem, tem-se uma perda da cobertura do solo que, devido ao impacto do pisoteio excessivo sob altas taxas de lotação, pode provocar compactação (Marchão et al., 2007). Tais fatores influenciaram na capacidade de resiliência natural do município, cujo ano de 2023 apresentou um quadro regressivo do IRN, passando de moderada para baixa. Com o aumento das atividades antrópicas, ocasionando a retirada da cobertura vegetal, o solo fica mais vulnerável ao desgaste e conseqüentemente infértil para a prática de outras culturas. O baixo desempenho de recuperação natural passa a diminuir com o passar dos anos (figura 7), sendo necessário intervenções ambientais que promovam a recuperação desses ambientes, antes que atinja o limite máximo de elasticidade, ou seja, regredindo para baixa resiliência até não conseguir se recuperar naturalmente.

Algumas áreas apresentaram resiliência progressiva, com IRN alta e muito alta. Em 2011 a classe de resiliência alta correspondia a 0,92% diminuindo para 0,46% no ano de 2023, estando associadas a geologia, geomorfologia e pedologia. Já a redução da resiliência alta ocorreu devido as formas de uso do solo neste trecho.

Próximo à sede municipal, o IRN alto está situado na unidade geológica Corpo Diabásio Penetecaua formada por rochas ígneas datadas do período triássico – jurássico e localizado na unidade geomorfológica Planaltos Cuestiformes das bordas da Bacia Sedimentar do Amazonas, composto por rochas sedimentares. Essas formações compõe a pedologia dessa área, cujo solo é o Nitossolo Vermelho Eutrófico, conhecido por sua alta fertilidade.

O IRN classificado como alto em alguns trechos do curso do município em 2011, estão relacionados aos Depósitos aluvionares e as formas agradacionais atuais e subatuais interioranas da planície amazônica. Os depósitos aluvionares é uma formação geológica de sedimentos clásticos (cascalhos, areias e finos), depositados por sistema fluvial no leito e nas margens das drenagens, incluindo as inundações, sendo retrabalhados e mutáveis como decorrência dos processos de transportes de erosão fluvial a que estão expostos, normalmente mal classificados e mal selecionados (Sá e Diniz, 2012), eventualmente influenciando a geomorfologia.

As formas agradacionais atuais e subatuais interioranas é uma unidade geomorfológica composta por sedimentos continentais fluviais ou originados de erosão das encostas das serras

e morros (Ribeiro e Oliveira, 2021), cuja formação pedológica é do tipo neossolo flúvico tb distrófico. No geral, este tipo de solo possui baixa atividade de argila e baixa saturação, sendo solos jovens e pouco desenvolvidos (Embrapa, 2021). Essas áreas possuem cobertura vegetal protegendo boa parte do curso do rio proporcionando maior capacidade de resiliência.

Apenas um pequeno trecho apresentou IRN muito alto, mantendo-se estável nos três analisados, correspondendo a 2,47% (tabela 7), estando relacionada ao tipo de solo e a vegetação dessa área. O solo presente neste ambiente é o argissolo vermelho distrófico, possuindo baixa fertilidade, porém devido a teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário e em ambientes bem drenados, apresenta fertilidade natural muito variável devido a diversidade de materiais de origem (Santos; Zaroni e Almeida, 2021). A vegetação predominante é floresta ombrófila densa, caracterizada por suas densas formações, sendo naturais de áreas de latossolos e argissolos (Araújo Filho, 2021). Desse modo, a vegetação protege os solos dos impactos das chuvas, evitando erosões e o desgaste.

4. Considerações finais

A análise da resiliência natural no município de Altamira, revela um panorama de alerta em relação à capacidade de recuperação dos ecossistemas diante das pressões antrópicas. Observou-se uma regressão da resiliência natural no ano de 2023 em comparação aos anos anteriores desta análise, devido às fortes degradações ambientais que ganharam forças nas últimas décadas, principalmente a expansão do agronegócio ocasionando o desmatamento, e intervenções como a usina hidrelétrica de Belo Monte.

Conforme os dados obtidos através do Índice de Resiliência Natural (IRN), em 2001 e 2011 a maior parte do território apresentava resiliência moderada, regredindo significativamente para resiliência baixa no ano de 2023. Essa mudança aponta não apenas a deterioração ambiental, mas também aponta a necessidade de estratégias de manejo sustentável e recuperação ambiental, sendo que, as perdas consequentes de ações que promove a extinção das áreas vegetadas, refletem diretamente na degradação desses ambientes, diminuindo a capacidade de resiliência natural.

Torna-se necessário um planejamento e gestão ambiental mais eficiente, buscando métodos e técnicas que possam minimizar os impactos das ações antrópicas através do uso racional dos recursos naturais, além fortalecer a fiscalização ambiental, principalmente nas áreas que apresentam menor capacidade de resiliência.

A proteção dos ambientes ajuda na manutenção e equilíbrio dos ecossistemas. Como observado, as Terras Indígenas e Unidades de Conservação em Altamira possui uma contribuição valiosa para a preservação da biodiversidade além da promoção de práticas de uso sustentáveis dos recursos naturais. É necessário a colaboração das comunidades locais e órgãos governamentais com práticas sustentáveis para a aplicabilidade das atividades econômicas vigentes no município.

Conclui-se que a para a resiliência natural em Altamira acontecer requer um compromisso coletivo em favor da sustentabilidade e conservação ambiental. A continuidade de estudos e aplicação de metodologias como o IRN são fundamentais para o monitoramento dos ecossistemas, assim como, a formulação de políticas públicas eficazes, possibilitando uma melhor compreensão das dinâmicas ambientais e sociais, facilitando a implementação de práticas de manejo sustentável e mitigação dos impactos ambientais.

5. Referências:

ABREU, Sidney F. de *et al.* Caracterização Agroclimática da cidade de Altamira - PA no período de 1995 - 2005. Elaborado por: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. Disponível em: <https://www.sbagro.org/files/biblioteca/3083.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil: fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2007 (Cadernos de recursos hídricos, 4). 1 CD-ROM. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2007/DiagnosticoDaOutorgaDeDireitoDeUso.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2025.

AGUIAR, Ponciana Freire et al. Mapeamentos para análise de aspectos geomorfológicos com uso do geoprocessamento no município de Altamira, Pará, Brasil. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 2, 2019.

ALTAMIRA: Antecedentes históricos: A ocupação da Amazônia. 2021. Altamira. Disponível em: <https://altamira.pa.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/Antecedentes-Hist%C3%B3ricos-Portal>. Acesso em: 09 out. 2024.

ARAÚJO FILHO, José Coelho de. **Território Mata Sul Pernambucana: floresta ombrófila densa.** Floresta Ombrófila Densa. 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/vegetacao/floresta-ombrofila-densa>. Acesso em: 04 fev. 2021.

AURESLINO, Reginaldo dos Santos. **As 28 unidades de relevo do Brasil**: Planaltos. 2017. Elaborado por: Secretaria de Educação Praia Grande - São Paulo. Disponível em: <https://www.cidadaopg.sp.gov.br/blog/posts/visualizar/14/as-28-unidades-de-relevo-do-brasil>. Acesso em: 05 fev. 2025.

BARBOSA NETO, R. P. Gestão ambiental no município de Altamira: desafios e perspectivas/ Orientadora, Prof^a. M Sc. Maristela Marques da Silva. TCC Altamira: UFPA, 2009. p 56.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Cadernos de Ciências da Terra, São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972.

CAMPOS-VARGAS, M.; TOSCANA-APARICIO, A.; ALANÍS, J. C. 2015. Riesgo siconaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, Bogotá, v. 24, n. 2, p. 53- 69, jul./dic. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 21-35, abr./jun. 1990.

COMPANHIA Docas do Pará: Diagnóstico Ambiental do Porto organizado de Altamira. 2021. Elaborado por: Secretaria de Portos - SEP. Disponível em: https://cdp.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Diagnostico-ambiental_Porto-de-ALTAMIRA.pdf. Acesso em: 09 jan. 2025.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. *Análise de Sistemas em Geografia*. São Paulo: Hucitec, 1979.

CUNHA, P. R. C., GONZAGA, F. G., COUTINHO, L. F. C., FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências da Petrobrás, Vol. 8:47-55.

CUNHA, L.; MENDES, J. M.; TAVARES, A.; FREIRIA, S. Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos. O desafio das escalas. In: Trunfos de uma Geografia Activa: Desenvolvimento Local, Ambiente, Ordenamento e Tecnologia. IUC, p. 627-637, 2011.

CUNHA, Noel Gomes; SILVEIRA, RJ da C. Geomorfologia, solos e capacidade de uso das terras do município de Pedro Osório. 1995.

SANTOS, Francílio de Amorim. Análise integrada da paisagem em trabalho de campo no Parque Nacional de Sete Cidades (PI). **Geografia (Londrina)**, v. 27, n. 1, p. 103-119, 2018.

EMBRAPA. Embrapa. **Neossolos**: 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/158085/1/Neossolos.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2025.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (Pará). Governo do Pará. **Estatística Municipal**: Altamira. 2024. Elaborado por: Fapespa. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/Altamira.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2025.

FONTES, F. Barragem de Belo Monte agravou seca na Volta Grande do Xingu no Pará. 2017. Disponível em: <http://amazoniareal.com.br/barragem-de-belo-monte-agravou-seca-na-volta-grande-do-xingu-no-para/>. Acessado em: out/2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades-Altamira. 2016. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150060>>. Acesso em: 07 jan. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pecuária**: 2023. Elaborado por: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/altamira/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 27 jan. 2025.

IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. Estatística municipal de Altamira. 2014.

IMAZON. Instituto Nacional de Pesquisa Imazon. **Satélites mostram o avanço do desmatamento em Unidade de Conservação em Altamira, no Pará**: 2019. Elaborado por: Imazon. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/imagens-de-satelite-mostram-avanco-desmatamento-em-unidade-de-conservacao-em-altamira-no-para/>. Acesso em: 27 jan. 2025.

INFOAMAZONIA. **O desmatamento da maior área contínua de floresta da Amazônia** Quase 6,5 mil hectares de florestas públicas tombaram em Altamira, no Pará. Um dos responsáveis desmatou 60% dessa área e não parou nem após ser multado pelo Ibama. 2022. Elaborado por: Infoamazonia. Disponível em: <https://infoamazonia.org/2022/06/21/area-floresta-desmatamento-desapareceu-amazonia>. Acesso em: 26 jan. 2025.

KALATEC: Lógica Fuzzy: o que é, como funciona e mais. Lógica Fuzzy: o que é, como funciona e mais. 2023. Elaborada: Kalatec Automação. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/logica-fuzzy/>. Acesso em: 14 out. 2024.

KLAUS D. GOEPEL (Singapura). Business Performance Management. **Sistema Online AHP**: AHP - OS. 2024. Elaborado por: BPMSG. Disponível em: <https://bpmsg.com/ahp/?lang=pt>. Acesso em: 18 fev. 2025.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR J. D. G; AS, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura – pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 873-882, 2007.

MARCHÃO, Robélio Leandro et al. Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no Oeste Baiano. 2009.

MENDES, J.; TAVARES, A.O.; CUNHA, L.; FREIRIA, S. A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n.93, p. 95-128, junho 2011.

NAIME, Roberto. **A resiliência ambiental**: A resiliência ambiental. 2015. Elaborado por: EcoDebate. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2015/01/13/a-resiliencia-ambiental-artigo-de-roberto-naime>. Acesso em: 08 out. 2024.

NÚÑEZ-RODRÍGUEZ, José de Jesús; CARVAJAL-RODRÍGUEZ, Julio César. Educar em tempos de mudança climática para a resiliência humana e regeneração ambiental. **Revista Electrónica Educare**, v. 25, n. 2, p. 542-550, 2021.

OLIVEIRA, Livanía Norberta; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia. ÍNDICE DE RESILIÊNCIA NATURAL COMO RECURSO PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GURGUÉIA–PIAUI. 2022.

OLIVEIRA, Livânia Norberta et al. Índice de resiliência natural em bacias hidrográficas: o caso do baixo curso do Rio Poti. 2020.

OLIVEIRA, Livanía Norberta et al. ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA DETERMINAR A CAPACIDADE DE RESILIÊNCIA AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. **Revista GeoAmazônia** , v. 10, n. 19, p. 01-22, 2022.

Paula, E.M.S. **Paisagem Fluvial Amazônica: Geoecologia Do Tabuleiro Do Embaubal - Baixo Rio Xingu**. 2017. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PIMENTA, Lianne Borja et al. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, p. 407-420, 2019.

POLÍCIA FEDERAL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Polícia Federal identifica áreas de desmatamento e grilagem em Altamira/PA**: Os 15 mil hectares, que pertencem à Terra Indígena Ituna Itatá, estavam em processo de iminente grilagem. Ações fazem parte da Operação VerdeBrasil. 2019. Elaborado por: Polícia Federal. Disponível em:

<https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/noticias/2019/09/policia-federal-identifica-areas-de-desmatamento-e-grilagem-em-altamira-pa>. Acesso em: 27 jan. 2025.

PORTAL Mato Grosso: Depressões Interplanáltica da Amazônia Meridional. 2020. Elaborado Portal Mato Grosso. Disponível <https://portalmatogrosso.com.br/depressao-interplanaltica-amazonia-meridional-2/>. Acesso em: 10 mai. 2024.

PRADO, Marcos Aparecido Rodrigues; CASTANHA, Renata Cristina Gutierrez. Indicadores: conceitos fundamentais e importância em CT&I. **Tópicos da bibliometria para bibliotecas universitárias**, p. 50, 2020.

RIBEIRO, André; OLIVEIRA, Regina Célia. A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA EM ESCALA REGIONAL: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DA BAIXADA SANTISTA-SP. 2021.

RODRÍGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Edições UFC, 2018.

ROMÃO, Essia et al. Análise temporal do uso e da cobertura do solo nas áreas desflorestadas do município de Altamira, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017.

SÁ, José Ubaldo de; DINIZ, João Alberto Oliveira. Aproveitamento das aluviões do semiárido no Nordeste. 2012.

SANTOS, Francílio de Amorim. Análise integrada da paisagem em trabalho de campo no Parque Nacional de Sete Cidades (PI). **Geografia (Londrina)**, v. 27, n. 1, p. 103-119, 2018.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. **Solos Tropicais: Latossolos Amarelos**. 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-amarelos>. Acesso em: 27 jan. 2025.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. **Solos Tropicais: Vermelho-Amarelos**. 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-vermelho-amarelos>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Solos Tropicais: Argissolos Amarelos**. 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-amarelos>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. **Solos Tropicais: Argissolos Vermelhos**. 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível

em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-vermelhos>. Acesso em: 04 fev. 2025.

SILVA, Marco Antonio Delinardo; MONTEIRO, Lena Virgínia Soares; MORETO, Carolina Penteadó Natividade; SOUSA, Soraya Damasceno. **Metamorfismo e geoquímica do Complexo Xingu na região de Canaã dos Carajás: implicações para a evolução mesoarqueana do domínio Carajás, Província Carajás**: 2015. Elaborado por: ResearchGate. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280624366_Metamorfismo_e_geoquimica_do_Complexo_Xingu_na_regiao_de_Canaa_dos_Carajas_implicacoes_para_a_evolucao_mesoarqueana_do_dominio_Carajas_Provincia_Carajas? Acesso em: 10 jan. 2025.

SILVA FILHO, Newton Cortez. Química das rochas sedimentares da Formação Alter do Chão. 2009.

Silva, G.G., Lima, M.I.C., Andrade, A.R.F., Issler, R.S., Guimarães, G. 1974. Geologia. In: DNPM. Projeto Radam. Folha SB. 22 Araguaia e parte da folha SC. 22 Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. RJ, il. p. I/3- I/143.

SILVA, Alieneaura Florentino; JATOBÁ, Lucivânio. **Relação "clima-solo-planta" na Análise integrada de Paisagens**: 2017. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1083004/1/Aline-2.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SILVA, Maria Sonia Lopes da; OLIVEIRA NETO, Manoel Batista de. Embrapa: argissolos vermelho-amarelos. 2021. Elaborado por: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/argissolos-vermelho-amarelos>. Acesso em: 10 mai. 2024.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. Métodos em Questão, São Paulo, n. 6, 1977.

TRICART, J. **ecodinâmica**. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambient, 1977.

VEIGA, Edison. **Transamazônica: 50 anos entre ufanismo e desastre ambiental**: 2022. Elaborado por: Política Brasil. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/transamaz%C3%B4nica-50-anos-entre-o-ufanismo-e-o-desastre-ambiental/a-63242643>? Acesso em: 10 jan. 2025.

VESCHI, J. L. A.; BARROS, L. S. S.; RAMOS, E. M. Impacto ambiental da pecuária. 2010.