

## **ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIAHIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI, AMAPÁ – BRASIL**

Alan Nunes **ARAÚJO**

Doutor em Geografia. Docente da Faculdade de Geografia e Cartografia e do Programa de  
Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará - UFPA

E-mail: alanaraujo@ufpa.br

Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-9962-8962>

Amintas Nazareth **ROSSETE**

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Docente da Faculdade de Ciências Agrárias,  
Biológicas e Sociais e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do  
Estado de Mato Grosso – UNEMAT

E-mail: amnrote@uol.com.br

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-9486-092X>

*Recebido  
Março de 2023*

*Aceito  
Março de 2024*

*Publicado  
Abril de 2024*

---

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo identificar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Araguari, localizada na Amazônia Amapaense, a partir de uma perspectiva integrada da paisagem. Como recurso metodológico, foram elaborados mapas de bases cartográficas digitais referentes às variáveis físico-ambientais, como: Geologia, Geomorfologia, Declividade, precipitação, cobertura vegetal e hidrografia, os quais resultaram no mapa de fragilidade potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, Amapá. Para o mapa de fragilidade emergente foi utilizado a sobreposição ponderada dos aspectos naturais, somado ao mapa de uso e cobertura da terra de 2017, elaborado a partir do levantamento primário dos dados e posterior classificação no *software* e *Cognition* 9.3. Para o resultado final os arquivos foram rasterizados e reclassificados por meio de notas e pesos e processados a luz de uma análise multicriterial no *software* ArcGIS 10.5. Constatou-se que naturalmente a bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá, apresenta uma fragilidade ambiental de muito fraca a fraca, com exceção das extremidades no limite da bacia ao norte, noroeste e sudoeste, reflexos das altas declividades presentes em seus rebordos erosivos. Por sua vez ao sobrepor o atual uso e cobertura da terra, esta fragilidade aumentou, principalmente no médio e baixo curso da bacia, áreas estas altamente impactadas por hidrelétricas, cultivo de soja e a bubalinocultura. A falta de uma gestão ambiental da bacia também é um agravante para esta fragilidade. O trabalho

mostrou também que as áreas protegidas na bacia, como o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, Floresta Nacional e Estadual do Amapá, entre outras, são um amortecedor e ainda uma barreira de proteção ambiental frente aos múltiplos usos da terra do rio Araguari.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental; bacia hidrográfica; rio Araguari; Amapá.

## **ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE ARAGUARI RIVER RIVER BASIN, AMAPÁ – BRAZIL**

**Abstract:** This work aims to identify the environmental fragility of the Araguari river basin, located in the Amapaense Amazon, from an integrated perspective of the landscape. As a methodological resource, maps of digital cartographic bases were prepared referring to physical and environmental variables, such as: Geology, Geomorphology, Slope, precipitation, vegetation cover and hydrography, which resulted in the map of potential fragility of the Araguari River Basin, Amapá. For the emerging fragility map, the weighted overlay of natural aspects was used, in addition to the 2017 land use and land cover map, prepared from the primary data survey and subsequent classification in the eCognition 9.3 software. For the final result, the files were rasterized and reclassified using notes and weights and processed in the light of a multicriteria analysis in the ArcGIS 10.5 software. It was found that naturally the hydrographic basin of the Araguari river, Amapá, presents an environmental fragility from very weak to weak, with the exception of the extremities in the limit of the basin to the north, northwest and southwest, reflections of the high slopes present in its erosive edges. In turn, when superimposing the current use and land cover, this fragility increased, mainly in the middle and lower course of the basin, areas that are highly impacted by hydroelectric plants, soybean cultivation and buffalo farming. The lack of environmental management of the basin is also an aggravating factor for this fragility. The work also showed that the protected areas in the basin, such as the Tumucumaque Mountains National Park, Amapá National and State Forest, among others, are a buffer and even a barrier of environmental protection against the multiple land uses of the Araguari River.

**Keywords:** Environmental Fragility; Hydrographic basin; Araguari River; Amapá.

## **ANALYSE DE LA FRAGILITÉ ENVIRONNEMENTALE DANS LE BASSIN DE LA RIVIÈRE ARAGUARI, AMAPÁ – BRÉSIL**

**Résumé:** Ce travail vise à identifier la fragilité environnementale du bassin du fleuve Araguari, situé dans l'Amazonie Amapaense, dans une perspective intégrée du paysage. En tant que ressource méthodologique, des cartes de bases cartographiques numériques ont été préparées se référant à des variables physiques et environnementales, telles que : géologie, géomorphologie, pente, précipitations, couverture végétale et hydrographie, qui ont abouti à la carte de fragilité potentielle du bassin de la rivière Araguari, Amapá . Pour la carte de fragilité émergente, la superposition pondérée des aspects naturels a été utilisée, en plus de la carte d'utilisation et d'occupation des sols de 2017, préparée à partir de l'enquête de données primaires et de la classification ultérieure dans le logiciel eCognition 9.3. Pour le résultat final, les fichiers ont été pixellisés et reclassés à l'aide de notes et de poids et traités à la lumière d'une analyse multicritère dans le logiciel ArcGIS 10.5. Il a été constaté que naturellement le bassin hydrographique de la rivière Araguari, Amapá, présente une fragilité environnementale de très faible à faible, à l'exception des extrémités à la limite du bassin au nord, nord-ouest et sud-ouest, reflets des hautes pentes présente dans ses bords érosifs. À son tour, en superposant l'utilisation actuelle et l'occupation du sol, cette fragilité s'est accrue, principalement dans le cours moyen et inférieur du bassin, zones fortement impactées par les centrales

hydroélectriques, la culture du soja et l'élevage des buffles. L'absence de gestion environnementale du bassin est également un facteur aggravant de cette fragilité. Les travaux ont également montré que les aires protégées du bassin, telles que le parc national des monts Tumucumaque, la forêt nationale et domaniale d'Amapá, entre autres, constituent un tampon et même une barrière de protection environnementale contre les multiples utilisations des terres de la rivière Araguari.

**Mots clés:** Fragilité environnementale; Bassin hydrographique; rivière Araguari; Amapá.

## INTRODUÇÃO

A paisagem, enquanto categoria de análise das ciências geográficas configura-se como elemento integrador entre homem e natureza, tempo e espaço, gerando diferentes territorialidades e fazendo-se importante elemento de compreensão do espaço (Araújo, 2021; Santos, 2006).

Logo, a combinação espaço-temporal de análise da paisagem, requer conhecimentos amplos que vão além da dimensão física, estendendo-se a análise das relações estabelecidas no território, pois a sua organização é condicionada por ações de diferentes grupos e interesses, muitas vezes, conflitantes (Costa; Seabra, 2019).

Neste aspecto, cabe destacar que a formação da paisagem parte inicialmente dos processos morfodinâmicos naturais, entendidos como os principais agentes reguladores e modeladores da paisagem, influenciado ora por suas características morfogenéticas (reguladas por agentes exógenos a superfície terrestre) ora por suas características pedogenéticas (regulados por agentes endógenos a superfície terrestre) (Araújo; Prates, 2018).

A paisagem, sob a ótica geográfica, é definida por Metzger (2001), como o conjunto de unidades naturais, modificadas ou substituídas por ação antrópica, que compõe um intrincado, heterogêneo e interativo mosaico.

Para Forman (1995) é uma região onde um conjunto de área, manchas em interação, ou com ecossistema, se repete de forma similar. Para Monteiro (2001), a paisagem deve ser entendida como o resultado de integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos), que organiza um todo complexo (sistema) em perpétua evolução.

Nesta perspectiva, como forma de se identificar e diagnosticar alterações socioespaciais e ambientais, a abordagem Ecodinâmica (Tricart, 1977) a partir de um entendimento de suas fragilidades potenciais e emergentes são alternativas que a ciência geográfica dispõe, relacionada a Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 2010), para subsidiar a compreensão das mudanças paisagísticas inerentes ao geossistema.

Esta análise morfodinâmica, pode ser estabelecida a luz do princípio ecodinâmico, proposto por Tricart (1977), onde estabelece que diferentes categorias resultam dos processos de morfogênese ou pedogênese. Nesta análise quando predominar a morfogênese prevalecerá os processos erosivos, modificadores do relevo, e quando predominar a pedogênese prevalecerá os processos formadores dos solos (Crepani *et al.*, 1996).

Neste aspecto, toda e qualquer alteração do sistema ecodinâmico, necessitará de um rearranjo sistêmico, algo inicialmente comum em sistemas naturais abertos, pela variação dos fluxos de energia e em constante evolução. Contudo a inserção de tecnologia humana neste sistema, requererá uma análise mais detalhada, visto que um diagnóstico preventivo evitará a degradação destes ambientes frágeis, para além disso, analisar sistematicamente o processo ecodinâmico, sob a égide de uma natureza constantemente mutável e complexa, requerendo portanto, portanto, um melhor conhecimento do ecossistema e do geossistema em análise.

Dentre as metodologias de base sistêmica, a Ecodinâmica busca incorporar o plano social na análise integrada do meio geográfico natural. Utilizado o conceito de ecossistema, não perdem de vista, os fluxos quantificáveis de matéria e energia e as conexões geográficas e espaciais da problemática ambiental. Também é onde permite o planejamento ambiental tendo como premissa o bom uso dos recursos naturais com o desenvolvimento adequado do bem estar social.

Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica ambiental seja ela única e somente natural, como também sob influência dos processos antrópicos (Ross, 2009). Entende-se, portanto, a fragilidade potencial, como o processo de ruptura natural de seu equilíbrio dinâmico por fatores abióticos (relevo, clima, litologia, cobertura vegetal) e, portanto, potencializado pelas características morfopedogenéticas, no qual os processos endógenos e exógenos atuarão de maneira integrada até que um evento natural influenciado por um fluxo energético altere este estado de equilíbrio por meio de perdas de solo originados por processos erosivos.

Cabe mencionar que a água nas regiões tropicais, por sua vez, será o principal indutor energético potencial, quanto convertido em energia cinética, e principalmente se somado a altas declividades, baixa ou ausente cobertura vegetal e uma litologia friável, influenciando inclusive o movimento de massa desta frágil unidade de paisagem.

A Fragilidade Emergente, por sua vez, será justamente a unidade de paisagem já potencializada por seus elementos físicos em seus arranjos sistêmicos, somada aos usos destes espaços pelas intervenções antrópicas. Far-se-á, portanto, um misto dos processos naturais e antrópicos, onde o agente humano sobre o meio implicará em novas forças ou fluxos de energia,

porém agregando a esta nova situação o risco ambiental, tendo em vista que implicará inclusive em desastres ambientais. A este respeito, Quino *et al.* (2017) menciona que os riscos ambientais assumem grande relevância, visto que decorrem em maior frequência de eventos extremos em que os danos sobre a sociedade (pessoas e bens) têm alcançado status de verdadeiras catástrofes em muitos lugares do mundo.

Sendo assim, quando envolvidos os fatores externos naturais aos elementos humanos, haverá nestas áreas de fragilidade o aumento potencial de riscos, incidindo na fragilidade destes ambientes. Assim, Spörl e Ross (2004) ressaltam que a grande contribuição dos modelos de fragilidade ambiental é proporcionar uma maior agilidade no processo de tomada de decisões, servindo de subsídio para a gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de ocupação desordenada (Storto; Cocato, 2018; França *et al.*, 2017; Schiavo *et al.*, 2016).

Neste viés, se pretende neste artigo analisar a fragilidade potencial e emergente da bacia hidrográfica do rio Araguari, localizada na Amazônia Amapaense, a partir de uma perspectiva integrada da paisagem, face a suas características fisiográficas e socioeconômicas.

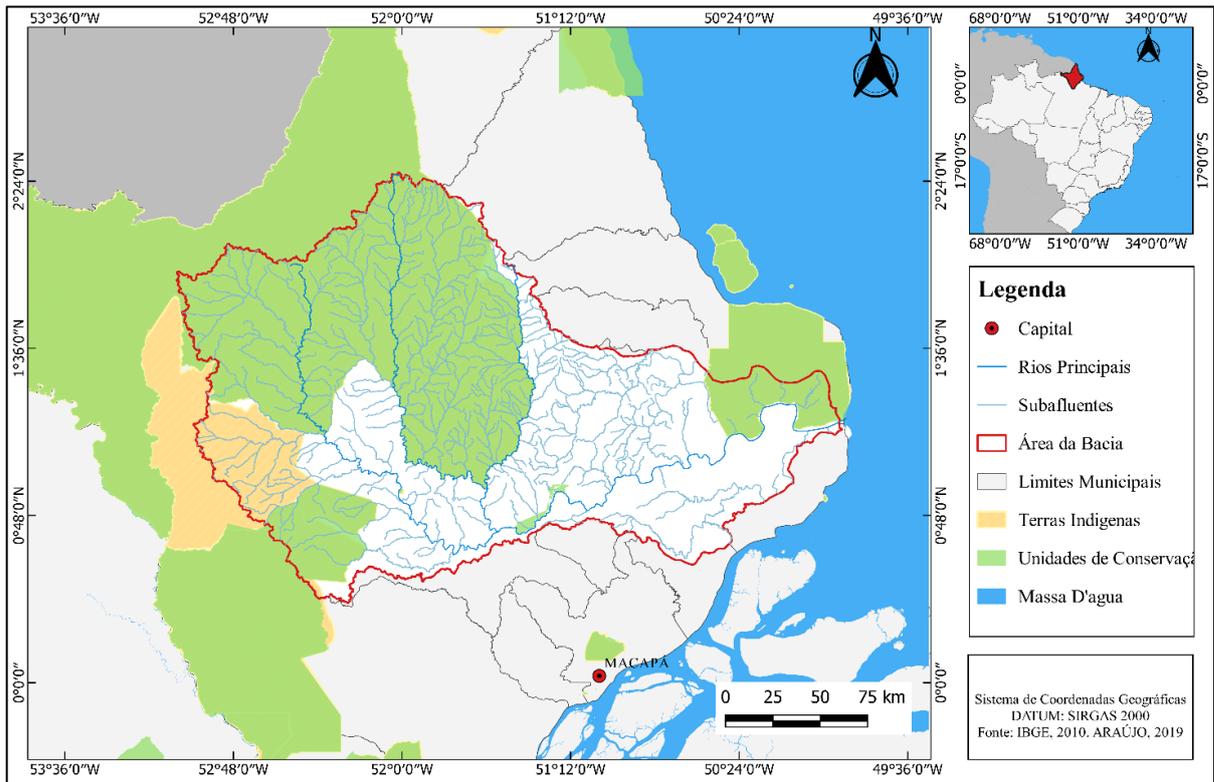
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da Área de Estudo**

A Bacia Hidrográfica do rio Araguari (Figura 1), se localiza na porção central do estado do Amapá, entre as latitudes 0° 30' N e 1° 30' N e longitude 51° 03' W e 52° 30' W, ocupando aproximadamente 30% de sua área total, Com uma área drenada por, aproximadamente, 43.560 km<sup>2</sup>, sendo o maior curso d'água em volume e extensão (300 km) do estado, apresenta ainda uma descarga média de 1.200 m<sup>3</sup>/s (Araújo, 2019).

De acordo com Araújo *et al.* (2021) historicamente a atividade de mineração teve uma importância fundamental no desenvolvimento das atividades antrópicas no contexto da BHRA e do próprio estado do Amapá. A BHRA envolta por grandes variações físico-ambientais, seja pela presença de colinas, planaltos residuais e planícies fluviais ainda no alto curso do rio, bem como tabuleiros costeiros, planícies fluviolacústres e fluviomarinhas além de paleoambientes no médio e baixo Araguari, que somadas às características geológicas, climatológicas, hidrológicas, solos e vegetação, conferem sistemas geoambientais diferenciados.

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do rio Araguari – Amapá



Fonte: IBGE, 2010; Araújo (2019). Organizado pelos autores (2023).

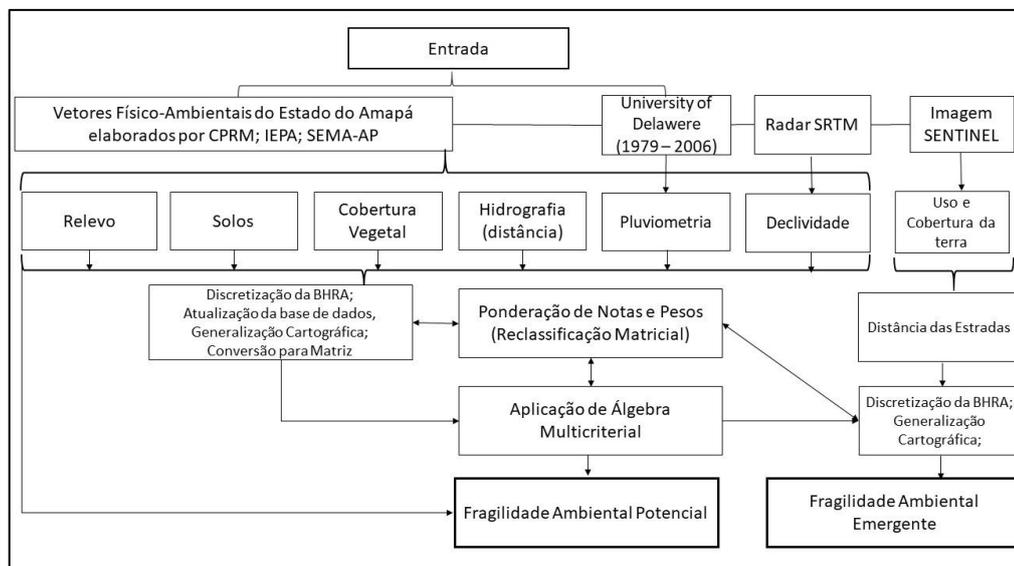
Se somam a estas características os usos intensos de seus recursos naturais, seja pela construção e operação de grandes projetos hidroenergéticos, como é o caso das Usinas Hidrelétricas Coracy Nunes, Ferreira Gomes e Cachoeira Caldeirão situadas no mesmo rio, diga-se de passagem, além da bubalinocultura extensiva, monoculturas extensivas (eucalipto e soja), exploração mineral, além da expansão urbana dos municípios contemplados por esta bacia, podem contribuir para a potencialização de sua fragilidade e afetar a capacidade de suporte natural da bacia.

Em contrapartida, estão inseridos neste mesmo espaço a Floresta Nacional Montanhas do Tumucumaque, uma das maiores e mais ricas em biodiversidade na Amazônia, além de outras Unidades de Conservação igualmente importantes como a Floresta Nacional do Amapá e a Reserva Biológica do Lago Piratuba, entre outras. E, ainda, uma população que reside neste território e que necessitam destes recursos. Neste contexto faz-se necessário estabelecer uma análise dialética entre a abordagem físico-ambiental e a compreensão dos processos de produção e evolução do espaço.

### Método de Estudo

Para análise da bacia hidrográfica do rio Araguari (AP), foi utilizada as bases cartográficas digitais referentes as variáveis físico-ambientais acerca da Geologia, Geomorfologia, Declividade, Clima (intensidade pluviométrica), cobertura vegetal e hidrografia os quais resultaram no mapa de fragilidade potencial da BHRA no Amapá. Posteriormente foram elaborados o mapa de fragilidade emergente com a sobreposição ponderada das variáveis físico-naturais, somadas ao mapa de uso e cobertura do solo, bem como o mapa de compartimentação geoambiental, como descrito na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma metodológico da Modelagem da Fragilidade Ambiental



Fonte: Adaptado de Bertrand (1971), Tricart (1977), Sothava (1977) e Souza (2000).  
Organizado pelos autores (2023).

Em seguida, foi realizada a análise de multicritérios, como forma de ponderação na modelagem espacial acompanhada de técnicas de álgebra de mapas, tendo em vista que esta consiste em uma linguagem especializada que compõe operações tanto matemática quanto cartográficas e espaciais, visando a definição de informações complexas e muitas variáveis envolvidos (Equação 1).

Equação 1 Análise de Multicritério

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k)$$

Sendo:

A<sub>ij</sub> – A posição na matriz de análise (linha/coluna), ou do pixel no mapa;

n – Número de mapas ou camadas de variáveis cruzadas;

P<sub>k</sub> – Pontos percentuais ou peso atribuído ao mapa ou camada avariável k;

N<sub>k</sub> – Graus de influência (de 0 a 10) da tipologia da variável para o risco final avaliado;

Segundo Franco *et al.* (2010) a análise multicritério é um método de análise para a resolução de problemas que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar alternativas prioritárias para o objeto considerado. Neste trabalho, portanto, para modelagem da Fragilidade Ambiental, foram definidos com base nos seguintes pesos quanto aos planos de informação, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Planos de informações utilizados no cálculo da Fragilidade

<b>Classe de declividades (%)<sup>(1)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
0 a 6	1	Muito Fraco
6 a 12	2	Fraco
12 a 20	3	Médio
20 a 30	4	Forte
>30	5	Muito Forte
<b>Classe tipos de solos<sup>(2)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
Latossolo Vermelho-Amarelo	1	Muito Fraco
Latossolo Amarelo	2	Fraco
Argissolos	3	Médio
Gleissolo Eutrófico	4	Forte
Solo Indiscriminado de Mangue	5	Muito Forte
<b>Classe Cobertura Vegetal<sup>(3)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana; Floresta Ombrófila Densa Baixo-Platô; Floresta de Várzea Densa; Floresta de Várzea Aberta	1	Muito Fraco
Transição Cerrado/Floresta; Cerrado Arbóreo/Arbustivo; Cerrado Parque	2	Fraco
Campo de Várzea Arbustivo; Campo de Várzea Graminoide	3	Médio
Manguezal Litorâneo e Lagos	4	Forte
<b>Classe Pluviometria (mm/ano)<sup>(4)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
<2300mm	3	Médio
2301 a 2700	4	Forte
>2700	5	Muito Forte
<b>Classe de Relevo<sup>(5)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
Planícies Fluviais ou Fluvialacustres; Planícies Fluviomarinhas	1	Muito Fraco
Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas; Tabuleiros; Tabuleiros Dissecados	2	Fraco
Domínios de Morros e de Serras Baixas; Domínio de Colinas Dissecadas e de Morros Baixos; Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3	Médio
Domínio Montanhoso	4	Forte
Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	5	Muito Forte
<b>Classe distância dos corpos hídricos (Área de Influência em metros)<sup>(6)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
>200	1	Muito Fraco
150 a 200	2	Fraco
100 a 150	3	Médio
50 a 100	4	Forte
0 a 50	5	Muito Forte
<b>Classe distância das estradas (Área de Influência em metros)<sup>(7)</sup></b>	<b>Peso</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>
>200	1	Muito Fraco
150 a 200	2	Fraco
100 a 150	3	Médio
50 a 100	4	Forte

0 a 50	5	Muito Forte
ClasseUso e Cobertura da Terra <sup>(8)</sup>	Peso	Índice de Fragilidade
Floresta	1	Muito Fraco
Campos Naturais/Pastagem; Cerrado	2	Fraco
Eucalipto/Pinus	3	Médio
Áreas Cultivadas; Áreas de Mineração; Áreas Urbanizadas; Áreas Antrópicas Agrícolas	4	Forte
Solo Exposto; Bancos de Areia	5	Muito Forte

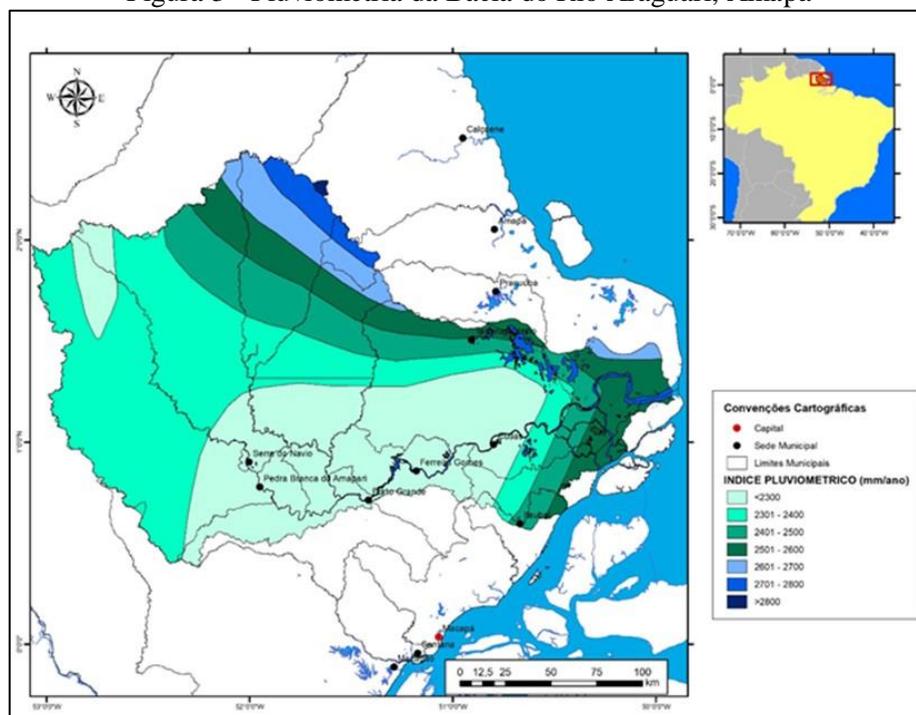
Fonte: <sup>(1)</sup>Ross (2011); <sup>(2)</sup>Adaptado de Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001); <sup>(3)</sup>Adaptado de Spörl e Ross (2004); <sup>(4)</sup>Adaptado de Franco *et al.* (2012) e Crepani *et al.* (2001); <sup>(5)</sup>Adaptado de Franco *et al.* (2012); <sup>(6)</sup> Adaptado de SILVA *et al.* (2022); <sup>(7)</sup> Adaptado de Antunes (2017); <sup>(8)</sup>Adaptado de Franco *et al.* (2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características Fisiográficas

A Bacia Hidrográfica do rio Araguari, devido a sua grande extensão territorial, possui variações na precipitação ao longo da bacia. Sendo assim o Alto Araguari apresenta os maiores índices pluviométricos médios anuais variando de 2600 a 2900 mm (Figura 3). Por sua vez o Médio Araguari apresentará uma ligeira redução com média de 2300mm, e o Baixo Araguari atingindo uma média de 2.000 mm ao ano (Araújo, 2019).

Figura 3 - Pluviometria da Bacia do Rio Araguari, Amapá



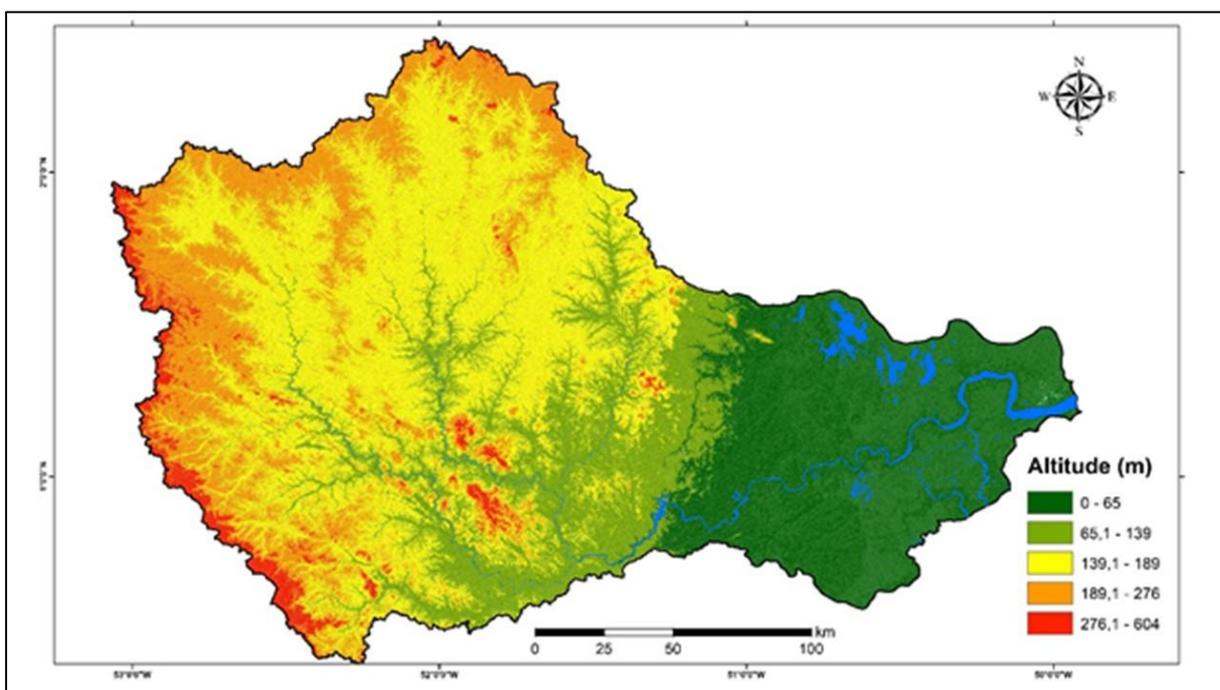
Fonte: IBGE, 2010. CPRM (2016). USGS (2022). Organizado pelos autores (2023).

A BHRA apresenta uma diversidade geológica relacionada ao embasamento cristalino ao qual está inserida, e ao ambiente ígneo e metamórfico mais característico, com

predominância de granitos e gnaisses. Assim, a bacia é composta por afloramentos rochosos datados do período Arqueano, correspondente ao Complexo Guianense e ao Cinturão Granulítico Tumucumaque. O Paleoproterozoico, composto pelo Grupo Vila Nova e o Complexo Máfico Ultramáfico Bacuri. As rochas Vulcano félsicas do Grupo Iricoumé e vulcânicas alcalinas do Grupo Mapari correspondem ao Mesoproterozoico, e por fim o complexo Cassiporé, composto por diques de rochas básicas do período Mesozoico (Lima *et al.*, 1982). Recobrando os complexos ígneo-metamórficos ocorrem as Coberturas Plataformais representadas na BHRA por sedimentos inconsolidados de idade Cenozoica, onde predominam sedimentos do Grupo Barreiras e dos ambientes lacustres na porção mais a jusante do rio Araguari (Rosa Costa *et al.*, 2014).

Quanto aos aspectos geomorfológicos (Figura 4) a BHRA se estrutura a montante do rio Araguari e suas principais sub-bacias dentro dos Domínios Morfoclimáticos dos Planaltos Residuais e relevos colinosos, cobertos por floresta ombrófila densa e com uma altitude média variando de 276 a 139 metros de altitude. Já na porção média da BHRA são encontradas feições geomorfológicas pertencentes aos Domínios de superfícies aplainadas, tabuleiros e colinas baixas cobertas por cerrado com altitude variando de 139 a 65 metros e no contexto do baixo Araguari ocorrem o Domínio de Planícies Inundáveis, envoltos por campos, floresta de várzea e manguezais com cotas altimétricas variando de 65 a 0 já nas proximidades do oceano, no nível de base da bacia.

Figura 4 – Hipsometria da Bacia Hidrográfica do rio Araguari – Amapá

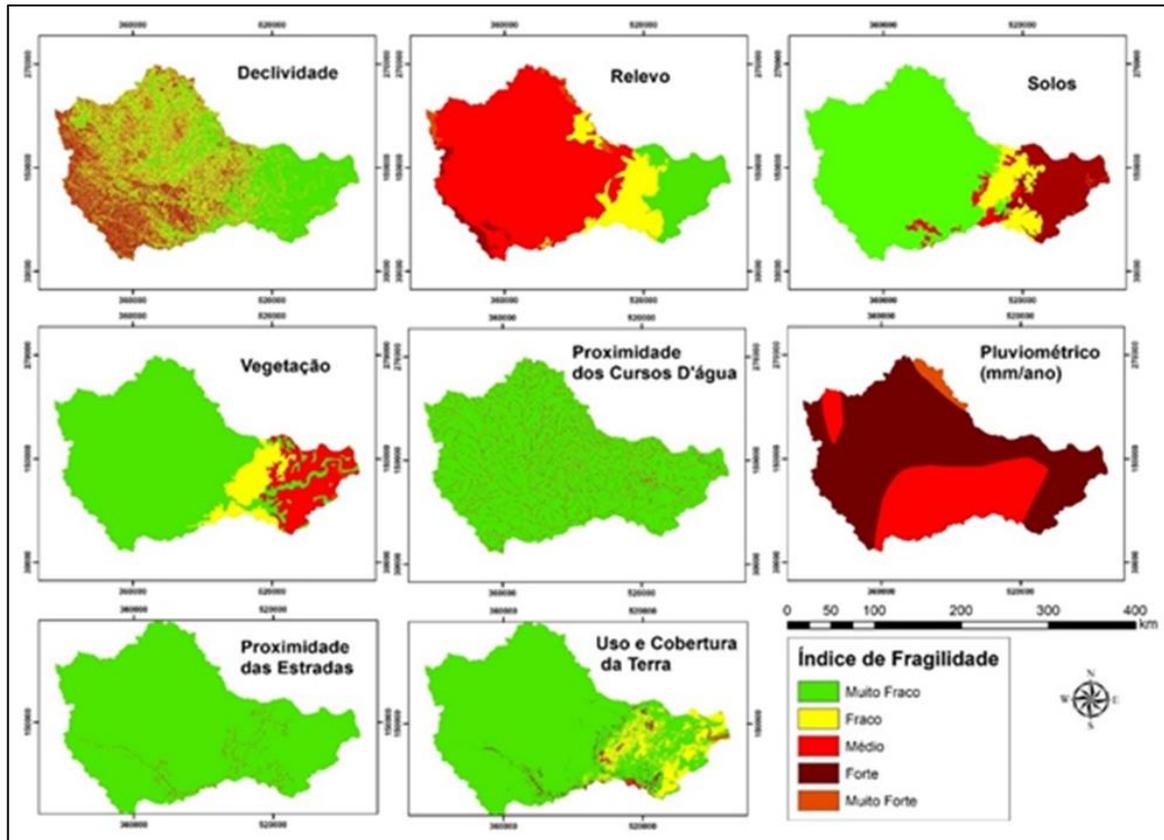


Fonte: IBGE (2010); Araújo (2019); USGS (2022). Organizado pelos autores (2023).

## Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Araguari

Antes de uma abordagem integrativa é relevante que todos os elementos físicos ou sociais, mais expressivos na bacia do Araguari também sejam analisados considerando a fragilidade potencial individual, conforme Figura 5.

Figura 5 - Índice de Fragilidade Ambiental por Categoria de Análise da BHRA



Fonte: Araújo (2019).

O relevo exerce para a bacia do Araguari importantes funções Geoambientais que serão condizentes à sua morfometria e pelo acelerado processo de dissecação fluvial e pluvial. Sua amplitude altimétrica neste contexto dá forma a diferentes unidades de relevo e diferentes paisagens. Essas formas por mais semelhantes que sejam, tem sua dinâmica alterada e diferenciada no tempo e no espaço, acelerada pelos processos erosivos, muito em razão de suas combinações e interferências dos demais componentes do estrato geográfico, ocasionando a fragilidade (Ross, 2014).

Neste aspecto, para a classe Relevo 13,41% da BHRA apresenta um índice de fragilidade de relevo Muito Fraco, relacionado as Planícies Fluviais ou Fluviolacustres bem como nas Planícies Fluviomarinhas. Por sua vez 12,64% da bacia apresenta uma fragilidade Fraca nas Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas; Tabuleiros e Tabuleiros

Dissecados. Já nos Domínios de Morros e de Serras Baixas, Domínio de Colinas Dissecadas e de Morros Baixos e Domínio de Colinas Amplas, a fragilidade é média, e cobre a maior parte da bacia do Araguari, com aproximadamente 69,76%. O índice de fragilidade Forte contempla 2,47% da bacia, nas regiões de Domínios Montanhosos. Por fim, o maior índice de fragilidade do Araguari está nas regiões de Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, já nas proximidades dos principais interflúvios da bacia do rio Araguari.

De acordo com o mapa de declividade e seguindo os pesos relacionados ao índice de fragilidade, a bacia apresenta nas regiões a montante do rio Araguari e Amaparí as maiores declividades, e, portanto, com um índice de fragilidade nestas áreas de Forte (20 a 30%) a Muito Forte (>30%) principalmente nas regiões onde se encontram os Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos bem como os Domínios Montanhosos, favorecendo os movimentos de massa e o carreamento de sedimentos.

Estas mesmas fragilidades ocorrem também nas regiões próximas aos relevos residuais, como também nos Domínios de Colinas Dissecadas e ou de Morros Baixos nas proximidades dos municípios de Serra do Navio e Porto Grande, ou mesmo no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque e Floresta Nacional do Amapá.

As classes de fragilidade média (12 a 20%) irão se concentrar principalmente nas confluências dos principais subafluentes com o rio Araguari, como os rios Tajauí, Amaparí e Falsino e próximas as Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas a noroeste. Além disso o médio Araguari concentra, exclusivamente a mesma característica, muito influenciada pelos Domínios de Tabuleiros Dissecados ou mesmo Tabuleiros Conservados.

Destaca-se que o rio Araguari corre lentamente em um ambiente de Planícies quaternárias até sua foz, razão pela qual suas classes se concentram, exclusivamente entre as Fragilidades Fraca (6 a 15%) e Muito Fraca (0 a 6%) já próximas ao Oceano, nível de base desta bacia.

Os Solos são elementos fundamentais no processo de identificação da fragilidade de um ambiente, visto que suas características relacionam em demasia à susceptibilidade destes aos processos erosivos, diferença está ocasionada, principalmente, devido a composição físico-química, mesmo em condições ambientais semelhantes ou iguais.

Neste sentido 74,28% da BHRA apresentará um índice de Fragilidade Muito Fraco, por se tratar da classe de Latossolo Vermelho-Amarelo, até a proximidade do município de Porto Grande. Por sua vez as áreas de Latossolo Amarelo seguiram a mesma tendência apresentando uma fragilidade fraca, em 8,13% da bacia. Apenas 2,75% de toda a bacia apresentou Fragilidade média, por se tratar de Argissolos.

Fato relevante de se ressaltar, é que diferentemente da classe de declividade, as maiores fragilidades se tratando do sistema solos, se concentra basicamente na planície terciária. Assim, 14,63% da bacia apresenta Classe de Fragilidade Forte relacionada a classe de Gleissolo Eutrófico e apenas 0,20% com fragilidade Muito Forte, em razão de apresentar o Solo Indiscriminado de Mangue.

A Cobertura Vegetal é outro elemento que tem influência direta no processo erosivo da bacia e por consequência em sua fragilidade, visto que suas características Fitoecológicas irão incidir diretamente na proteção maior ou menor do solo, influenciando diretamente nos processos morfoesculturais da bacia.

Assim, muito relacionado ao índice de fragilidade de solos, a BHRA apresentou no Alto e transição com o médio Araguari, fragilidades Muito Fracas, em razão de serem cobertas por extensas áreas de Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana e Floresta Ombrófila Densa Baixo-Platô. Além disso, estas áreas florestadas se encontram presentes também, mas em menor parte nas áreas de planície cobertas por Floresta de Várzea Densa e Floresta de Várzea Aberta cobrindo no total 79,12% de toda bacia.

Por sua vez, 8,53% da bacia apresenta uma fragilidade Fraca, por se tratar de Transição Cerrado/Floresta, Cerrado Arbóreo/Arbustivo e Cerrado Parque. Já as áreas de Campo de Várzea Arbustivo e Campo de Várzea Higrófilos, que cobre 12,03% da bacia, tem fragilidade Média no baixo Araguari. E apenas 0,30% da bacia apresenta um índice Forte de fragilidade, próxima a sua foz e nas áreas de Manguezal Litorâneo e Lagos.

Os processos erosivos estão muito relacionados ao escoamento superficial ao longo da bacia, sendo que a energia potencial oriunda da chuva e convertida em energia cinética, ao adentrar no Sistema Hidrodinâmico, era muito influenciado pelas características topográficas, fitogeográficas e pedológicas, podendo ser potencializado ou não dependendo da autocorreção espacial destas variáveis. Paralelo a isso, a concentração espacial desta chuva será o principal regulador dos processos morfodinâmicos, acelerando ou retardando o intemperismo das rochas e transformação em solos, essenciais para que se compreenda a fragilidade ambiental da bacia.

A BHRA apresenta um alto índice pluviométrico e, por conseguinte, um elevado índice de fragilidade. Nesta perspectiva, a porção mais setentrional do Alto Araguari e, principal área de recarga da bacia, apresentam os maiores índices pluviométricos com valores acima de 2.700 (mm/ano). Porém grande parte do Alto e Baixo Araguari apresentam Fragilidade forte com índice pluviométrico variando entre 2.301 a 2.700 (mm/ano). Por fim o médio Araguari, região onde se concentram os domínios de Tabuleiros cobertos por Cerrado, apresentam índices

pluviométricos abaixo de 2.300 (mm/ano) e uma fragilidade média, com baixa dissecação do relevo e, portanto, superfícies mais preservadas.

A rede de drenagem BHRA, não somente designa os sistemas naturais ou artificiais que drenam a água superficial em direção ao Oceano Atlântico em sua porção leste, como tem influência preponderante no processo morfoescultural, seja potencializado pelo ciclo erosivo ainda forte e presente no Alto Araguari ou mesmo pelo ciclo deposicional no médio e, principalmente, baixo curso do rio já correndo ao longo das planícies fluviais e fluviomarinhas.

Desta forma, a fragilidade da rede de drenagem terá relação direta com os índices pluviométricos, declividade e solos, tendo em vista que quanto mais próximo do canal, maior será a concentração do volume de água vis-à-vis a sua capacidade de infiltração, acarretando conseqüentemente uma maior capacidade de erosão e maior fragilidade. Este fenômeno acarreta, portanto, na geração de formas erosivas associadas aos fluxos de escoamento difuso e concentrado, sendo os principais processos a erosão em lençol, ravinas e voçorocas (Rubira *et al.*, 2017).

A proximidade de estradas são também importantes elementos a serem analisados em sua fragilidade, justamente por configurar um dos elementos que ao mesmo tempo em que induz o crescimento e a economia, também fragmenta a paisagem e gera efeito de borda, obstrui canais fluviais e pluviais e, além disso, materializam um fluxo bidirecional, lateral e longitudinal de energia e matéria, desencadeando impactos negativos.

Para a conservação, os fluxos laterais direcionados da estrada para as áreas naturais, são importantes porque interagem com toda a paisagem próxima e ocasionam efeitos negativos como a fragmentação, introdução de poluentes e elementos exóticos, mudando a estrutura da paisagem.

Deste modo, os fluxos laterais são considerados nesse trabalho como indutores de fragilidade, não no sentido de medir a sua intensidade, mas de identificar quais são as áreas mais frágeis em relação às suas interações no espaço.

Neste contexto a BHRA apresenta ainda pouca densidade de estradas primárias e secundárias, muito influenciada pela grande presença de Áreas Protegidas à montante da bacia, somadas a um desenvolvimento limitado nas regiões que se afastam dos principais centros urbanos locais, e mesmo à dificuldade geotécnica em efetivar uma malha rodoviária em áreas de terrenos inconsolidados das planícies do baixo Araguari. Assim, a BR 156 será um dos principais eixos viários e indutores da fragilidade de estradas da bacia, entrecortando em direção Norte-Sul os domínios de Cerrado e a BR 210 em direção oeste nas proximidades de Terras Indígenas e Unidades de Conservação.

Para análise da fragilidade quanto ao uso e Cobertura da terra, a definição de paisagem foi analisada conforme estabelecido por Metzger (2001) no qual suas unidades estão condicionadas por elementos espaciais quantificáveis, naturais e antrópicos. Quanto as notas e pesos baseados em Franco *et al.* (2012), a bacia do Araguari apresenta 87,08% de sua área com índice muito fraco de fragilidade (37933,59km<sup>2</sup>), justamente por contemplar ainda uma grande massa florestal em todo seu perímetro.

As regiões com fragilidade baixa, representam 10,91% relacionados as áreas de Cerrado, Campos Naturais/Pastagem e Água (4752,59km<sup>2</sup>). Por sua vez apenas 0,33% da bacia (147,96km<sup>2</sup>) apresentam média fragilidade, correspondente a classe de Pinos/Eucalipto. Já 1,36% da bacia (596,58km<sup>2</sup>) apresentam Forte Fragilidade relacionadas as classes de Áreas Cultivadas, Áreas de Mineração, Áreas Urbanizadas e Áreas Antrópicas Agrícolas.

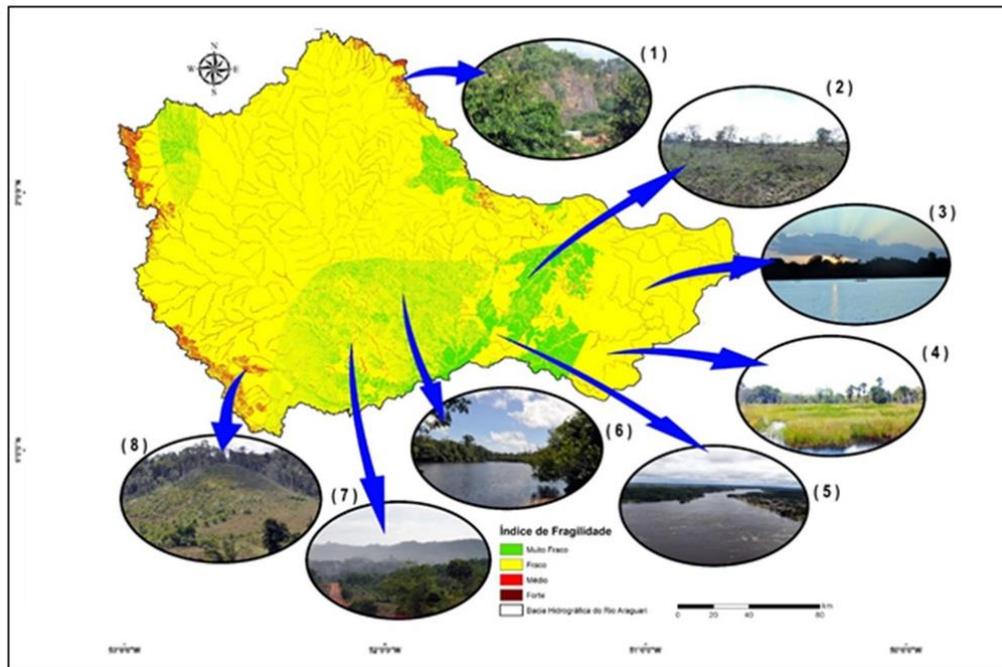
Por fim 0,29% da bacia (129,28km<sup>2</sup>) estão relacionadas as áreas mapeadas de solo exposto e bancos de areia que, segundo Guerra e Guerra (2008), “são formados por detritos ou sedimentos clásticos, carregados e depositados pelos rios, que interferem na hidrodinâmica dos cursos de água”, sendo este último o mais expressivo, principalmente no baixo Araguari, provocando nos últimos anos um fechamento parcial de seu canal principal, agravado ainda mais pela abertura de novos canais que drenam a água em sua maior parte próximo ao arquipélago de Bailique.

### **Índice de Fragilidade Potencial**

A complexidade morfoestrutural da BHRA é concernente a sua herança morfogenética no qual suas paisagens derivam de agentes estruturais e esculturais em tempos geológicos distintos, oriundos de forças antagônicas e concomitantes em seu processo de formação (Bigarella, 1975; Ross, 2009).

Neste aspecto, suas características naturais, em desajuste sistêmico serão identificados a partir da correlação dos dados de declividade, solos, cobertura vegetal, pluviometria, relevo e distância dos corpos hídricos, dando forma a sua fragilidade potencial (Figura 6).

Figura 6 – Mapa de Fragilidade Potencial da BHRA



Fonte: Araújo (2019).

A Fragilidade Potencial, nos dá um diagnóstico do estado de Conservação/Degradação da bacia do Araguari sob seus aspectos abióticos. Neste aspecto, a BHRA apresentou os seguintes índices de fragilidade:

**Muito Fraco:** Corresponde a 10,19% de sua área (4442,30km<sup>2</sup>) concentrada principalmente nos domínios de cerrado e transição floresta/cerrado que cobrem os municípios de Ferreira Gomes e Tartarugalzinho, além do sul de Serra do Navio, Pedra Branca do Amaparí, Cutias do Araguari e na porção oeste e noroeste do município de Itaubal, já na sub-bacia do rio Gorijuba. Além disso, este mesmo índice ocorre nas cabeceiras do rio Falsino, ao Norte, ilustrados na Figura 6 (Fotografias 2 e 6).

**Fraco:** É a classe com maior expressividade na bacia, cobrindo cerca de 86,78% e uma área de (37802,7km<sup>2</sup>). Sua dispersão espacial também é extensa e presente em praticamente todas as localidades, principalmente próximas as cabeceiras do rio Araguari, além das bacias do rio Tajauí, Mutum, Santo Antônio, Capivara e baixo Araguari, Figura 6 (Fotografias 4, 3 e 5).

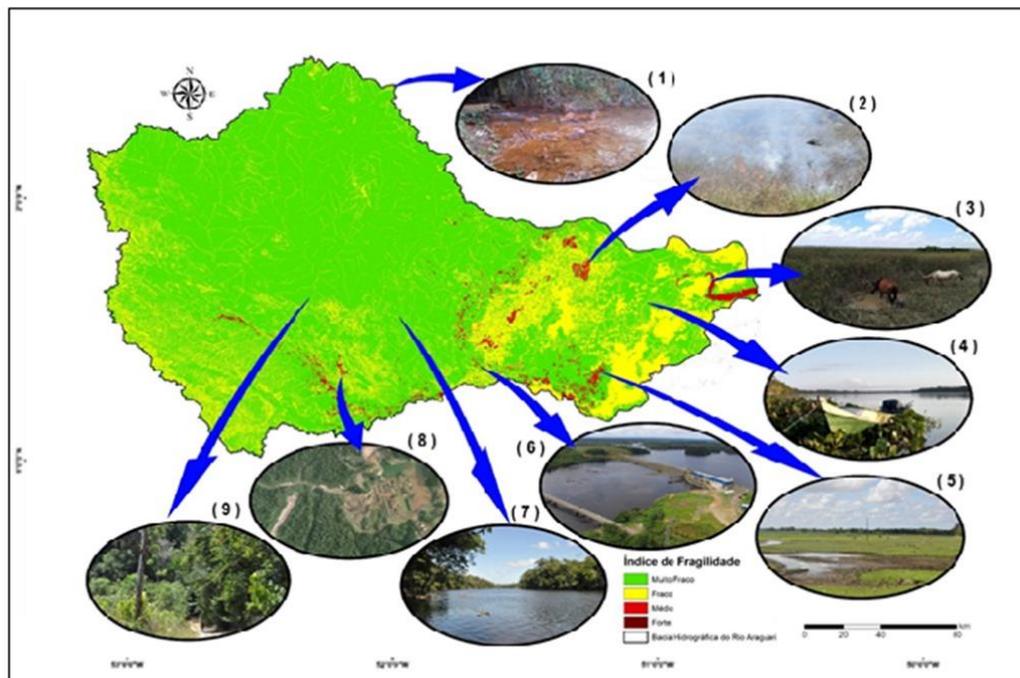
**Médio:** Apesar de não ser expressivo na bacia, a fragilidade potencial média está presente em 2,89% da bacia e em uma área de 1260,58km<sup>2</sup> concentrada, principalmente, as regiões montanhosas e de domínios de colinas amplas e suaves próximas ao interflúvio das bacias do rio Amaparí, Araguari, Tajauí e Falsino, além de uma presença menor ao sul do município de Pedra Branca do Amaparí e no norte de Tartarugalzinho, na região de superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, ilustradas na Figura 6 (Fotografias 7 e 8).

**Forte:** Com apenas 54,4km<sup>2</sup> e cobrindo uma área de 0,12% da bacia, sua fragilidade se localiza muito próximo as classes de média fragilidade, porém em áreas mais escarpadas, pesando, neste caso, a declividade como fator determinante nos processos erosivos e potencializadores de energia cinética relacionadas aos degraus deposicionais e rebordos erosivos, no extremo norte e noroeste da bacia, Figura 6 (Fotografia 1).

### Índice de Fragilidade Emergente

Apesar do ambiente natural apresentar uma alta susceptibilidade erosiva dos solos e alterando, inclusive, sua dinâmica sistêmica por meio do rompimento do estado de equilíbrio, este fenômeno tende a se emergir com maior intensidade Ecodinâmica quando sujeito a transformações e intervenções humanas, exatamente por justapor a proteção ambiental em detrimento dos graus de proteção do uso da terra. Neste sentido, o grau de preservação e degradação da Bacia Hidrográfica do rio Araguari se agrava ainda mais quando incluído na análise a proximidade de estradas e, principalmente, o uso e cobertura da terra (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de Fragilidade Emergente da BHRA



Fonte: Araújo (2019).

Neste caso, os índices presentes na BHRA indicam o estado de equilíbrio ou desequilíbrio da paisagem face a ocupação antrópica, agravando sua fragilidade potencial principalmente nas regiões onde se localizam os atores sintagmáticos da reprodução do espaço

e das manifestações de poder na paisagem discutidas no capítulo sete. Diante disso, a área em estudo apresentou quatro classes Ecodinâmicas distribuídas em praticamente todo perímetro da bacia:

**Muito Fraco:** Quando modelada a fragilidade emergente, a classe muito fraca torna-se a mais expressiva no contexto do Araguari com 75% em uma área de 32670,70km<sup>2</sup> concentrada, principalmente, nos domínios de floresta e onde se situam a Floresta Nacional do Amapá bem como o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque e a Terra Indígena Waiãpi, nas bacias Amapari, alto e médio Araguari, Mururé, Tajauí, Mutum, Santo Antônio e Falsino. Esta classe também se faz presente nas Florestas de Várzea Densa, Campos de Várzea Arbustivos e também Higrófilos, já nas planícies do baixo Araguari. Nesta classe os processos mecânicos irão ocorrer lentamente e sem alterações bruscas na paisagem, ressaltando também que o sistema não só apresenta um estado de equilíbrio como também se auto regula (Figura 7 – Fotografia 7), no leito do Araguari, que fica ao sul da Floresta Nacional do Amapá (Figura 7 – Fotografias 9).

**Fraco:** O índice Fraco de fragilidade também está presente em toda bacia ocupando 23,18% da área, com 10101,44km<sup>2</sup>, com maior evidência no Alto Amaparí, principal afluente do rio Araguari na porção oeste e sudoeste, Araguari, Falsino e Tajauí, sendo este último tendo uma de suas nascentes representadas (Figura 7 – Fotografia 1). Além disso, esta classe se faz presente também no médio e baixo Araguari, nas regiões onde os domínios de cerrado e campos naturais (Figura 7 – Fotografia 4) se encontram mais preservados. É importante ressaltar, neste contexto, que apesar de fraca fragilidade, o simples fato de não se encontrarem na primeira classe, já é um indicativo de rompimento do estado de equilíbrio, natural ou mesmo antropizado, podendo apresentar maior ou menor fragilidade a depender de um manejo adequado da bacia. Um exemplo importante de se mencionar, neste caso, é a proximidade das áreas de nascente do rio Tajauí, na Serra da Lombada, importante afluente do rio Araguari ao norte, que mesmo com fraca fragilidade, por se localizar fora das áreas protegidas, se encontram inseridas hoje próximas ao maior e mais antigo garimpo ativo do estado do Amapá, conhecido por Garimpo do Lourenço. Neste caso, a atividade garimpeira fará frente a uma importante prestação de serviços ecossistêmicos para a BHRA. Segundo Chagas (2019), os planos de manejo das unidades de conservação de proteção integral do Amapá, mencionam o garimpo como a principal ameaça à integridade dos ecossistemas e à biodiversidade, particularmente, devido ao uso do mercúrio.

**Médio:** A BHRA apresenta também Fragilidades Médias, principalmente nas localidades onde os processos de uso e ocupação são mais intensos a partir de um modelo exploratório ainda

comum na bacia, ocupando 1,62%, em uma área de 707,47km<sup>2</sup>. Apesar de concentrada e inferior às demais classes aqui mencionadas, esta fragilidade indica uma ruptura do estado de equilíbrio e de um desarranjo sistêmico entre os fluxos de matéria e energia na bacia do Araguari, prova cabal de um estado de degradação já presente e complexo, uma vez que coexiste nas mesmas localidades, onde os usos são mais intensos, seja pelas hidrelétricas (Figura 7 – Fotografia 6) no leito do rio Araguari e Silvicultura nas proximidades de Ferreira Gomes e Porto Grande ou mesmo pela rota da mineração e garimpos entre Pedra Branca do Amapará e Serra do Navio ao longo da BR-210 (Figura 7 – Fotografia 8).

Outro fator relevante de se mencionar é a presença desta classe nos domínios de Cerrado presente no município de Tartarugalzinho, neste caso, a piora no estado de conservação/degradação nestas localidades estão em grande parte relacionadas ao uso intensivo deste importante bioma nas últimas décadas pela silvicultura e, mais recentemente, pelo cultivo de grãos (Figura 7 – Fotografia 2), com destaque para a soja.

Da mesma forma, os campos naturais também apresentaram em localidades próximas a Cutias do Araguari e Itaúbal do Píririm, média fragilidade (Figura 7 – Fotografia 5), muito em razão da conversão destes ambientes em pasto para suprir as demandas do rebanho bubalino consideravelmente representativo nestas regiões e na foz do rio Araguari, com o assoreamento quase total em seu contato direto com o Oceano Atlântico.

**Forte:** É na porção estuarina do rio Araguari que irá se concentrar a fragilidade mais forte da bacia (Figura 7 – Fotografia 3) e, não obstante, por materializar, neste caso, o maior impacto ambiental do rio Araguari ainda nesta década, que apesar de menor em área se comparada as demais classes com apenas 0,18% da bacia, em uma área de 80,40km<sup>2</sup>, é representativo por consumir o bloqueio quase que total do rio Araguari em seu fluxo natural em direção ao Oceano Atlântico.

Logo, se formou a partir desta década um extenso banco de areia com vasta quantidade volumétrica de sedimentos, sendo que estes processos deposicionais estão ligados não somente ao crescimento de barras em pontais, marcadas por linhas acrescionárias de vegetação, mas também pela quantidade de canais aumentando o processo erosivo nas regiões de planície. Além disso, os processos morfodinâmicos recentes alteraram abruptamente o equilíbrio sistêmico da bacia com uma redução de 98% de seu fluxo estuarino e, conseqüentemente, um aumento na concentração de salinidade e sólidos presentes no rio Araguari.

Para além disso, o desvio desta água, principalmente pelo canal do Urucurituba que agora conecta a bacia do Araguari com as águas do rio Amazonas, talvez represente o primeiro

desenvolvimento de rede tributária estuarina pela erosão do canal em direção a cabeceira, ocasionando forte transformação da paisagem em seu caráter hidrodinâmico (SANTOS, 2017).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A BHRA apresentou um quadro de estabilidade Ecodinâmica, com um índice de fragilidade ambiental de muito fraco a fraco, principalmente, no alto Araguari, justamente pela presença de grandes áreas de floresta ombrófila densa, mesmo em superfícies montanhosas e em rebordos erosivos, mas sem intervenções humanas significativas, em condição de áreas legalmente protegidas (Unidades de Conservação Federal, Estadual, Municipal) e Território Indígena. Assim, é importante considerar nesta pesquisa o peso destas áreas não somente para a conservação da bacia, mas principalmente pela estabilidade sistêmica, ainda predominante. Contudo, há que se mencionar que, apesar de menores em área, as regiões entre o médio e o baixo Araguari apresentaram unidades Ecodinâmicas instáveis, com um índice de fragilidade emergente de médio a forte, correspondentes, justamente nos usos mais impactantes da bacia, produzidos por atores sintagmáticos da paisagem, e, pela influência em reproduzir as relações de poder territorial.

Neste aspecto, as maiores fragilidades emergentes estão concentradas, pontualmente, no alto Araguari, nos municípios de Serra do Navio e de Pedra Branca do Amapari, nas mesmas localidades nas quais se encontram as atividades minerárias e os garimpos.

Para além disso, no médio Araguari, nos domínios de Tabuleiros cobertos por Cerrado, encontram-se, hoje, as maiores áreas de fragilidade média, muito em razão de serem espaços agricultáveis de cultivos de soja. O baixo Araguari, com índice de fragilidade entre médio e forte, apresenta uma suscetibilidade natural devido à presença de planícies de inundações, intensificadas pelo uso destas terras para a criação bubalina. Por fim, a abertura de grandes canais, recentes e posteriores às hidrelétricas, reforça quanto à necessidade de um manejo mais específico da bacia do Araguari.

## REFERÊNCIAS

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M. **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. Tupã: ANAP, 2018.

ANTUNES, D. A.; MORO, R. S. Critérios para delimitação de bordas de estradas na análise de paisagem. **Terr@ Plural**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 155–166, set. 2017. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/10272>. Acesso em: 15 nov. 2022.

AQUINO, A. R. de. *et al.* **Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.

ARAÚJO, A. N.; PRATES, W. P. Modelagem matemático-espacial na identificação de fragilidades ambientais da microbacia do Rio Jarucu, município de Brasil Novo – PA. **Inter Espaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajau, v. 4, n. 12, p. 207–226, nov. 2018. Disponível em: <http://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/7484/5266>. Acesso em: 22 de dez 2022.

ARAÚJO, A. N. **Análise integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari - AP: subsídios ao planejamento ambiental**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

ARAÚJO, A. N.; SILVA, C. N.; CRUZ, M. L. B.; ROSSETE, A. N. Re-produção do espaço e ações de poder manifestadas na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – AP. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 25, n. 2, jan./dez. 2021. Disponível em: [https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXV\\_2/agb\\_xxv\\_2\\_web/agb\\_xxv\\_2-18.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXV_2/agb_xxv_2_web/agb_xxv_2-18.pdf). Acesso em: 17 de set 2022.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

BIGARELLA, J. J. The Barreiras Group in Northeastern Brazil. **Anais da academia brasileira de Ciências (suplemento)**, Porto Alegre. v. 47, p. 365- 393, 1975.

CREPANI, E. *et al.* **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE,, 2001.

COSTA, E. C. P.; SEABRA, V. S. Escala e tempo na análise da paisagem. **Revista Tamoios**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 46-56, jul. 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/42275>. Acesso em: 25 out. 2022.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

FRANCO, G. B. **Fragilidade Ambiental e Qualidade da Água na Bacia do Rio Almada - Bahia**. 2010. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

FRANCO, G. B. *et al.* Relação qualidade da água e fragilidade ambiental na Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 114-127, dez. 2012. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/8004>. Acesso em: 15 maio. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 12 dez. 2022.

LIMA, M. I. C.; OLIVEIRA, E. P.; TASSINARI, C. C. G. Cinturões granulíticos da porção setentrional do Cráton Amazônico. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, Belém. **Anais [...]**. Belém: SBG-NO, 1982. v. 1, p. 147-162.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica**, Sao Paulo, v. 1, n. 1-2, 2001. Disponível em: <https://www.biotaneotropica.org.br/BN/article/view/1575>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NASCIMENTO, F. R. do; SOUZA, M. J. N. de; CRUZ, M. L. B. da. Enfoque geoambiental para o tratamento da degradação/desertificação no município de Sobral – Nordeste do Brasil/Ceará. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 80–101, dez. 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/3015>. Acesso em: 10 set. 2022.

ROSA-COSTA, L. T. da; CARVALHO RICCI, P. S. F.; J. M. de A.; KEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; MACAMBIRA, E. M. B.; VALE, A. G.; ARAÚJO, O. J. B. de. **Geologia e recursos minerais do Projeto RENCA – Fase I - Relatório Interno**. Belém: CPRM 2016.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 8, p. 63-74, nov. 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 30 set. 2022.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

RUBIRA, F.G.; MELO, G. do V. de; OLIVEIRA, F. K. S. de. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia**, Recife, v 33, n. 1, p. 168 - 193, abr. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229235/23607>. Acesso em: 23 nov. 2022.

SANTOS, E. S. dos. **Alterações geomorfológicas no baixo rio Araguari e seus impactos na hidrodinâmica e na qualidade da água**. 2017. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2017.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo - razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 2006.

SILVA, R. de C. F. da, *et al.* Contribuições para a gestão de bacias hidrográficas a partir da abordagem multicritério para análise da fragilidade ambiental a processos erosivos. **Inter Espaço: Revista de Geografia e interdisciplinaridade**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 01-24, dez. 2022. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/20590>. Acesso em: 03 nov. 2022.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistema. Métodos em questão.** São Paulo: Instituto de Geografia-USP, 1977. v. 16.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Geosp Espaço e Tempo (Online)**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 39-49, jul. 2004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/123868>. Acesso em: 30 set. 2022.

SOUZA, M. J. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. *In*: LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N.; MORAES, J. O. (org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 127-140.

STORTO, C.; COCATO, G. Análise de fragilidade ambiental a partir de técnicas de geoprocessamento: área de influência da Hidrelétrica de Mauá - PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 11, n. 5, p. 1694-1708, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234927>. Acesso em: 12 de out. 2022.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE– SUPREN, 1977.

USGS. **United States Geological Survey.** [S. d.] Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 3 fev. 2022.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos.** 1998. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

ZUFFO, A. C. *et al.* Aplicação de métodos multicritérios ao planejamento dos recursos hídricos. **Rev. Bras. Rec. Hídricos**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 81- 102, jan./mar. 2002. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1587>. Acesso em: 29 ago. 2022.

## AGRADECIMENTO

Este artigo teve uma importante contribuição em sua revisão realizado por Rosely Alvim Sanchez, a qual prestamos nossos agradecimentos.