



*Amazônia Oriental*



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ILUANY DA SILVA COSTA**

**HISTÓRICO DO USO DA TERRA E COMPOSIÇÃO DE  
GERROMORPHA (INSECTA: SUBORDEM HETEROPTERA) EM  
IGARAPÉS DA TRANSXINGU**

**BELÉM – PA  
2024**

**ILUANY DA SILVA COSTA**

**HISTÓRICO DO USO DA TERRA E COMPOSIÇÃO DE  
GERROMORPHA (INSECTA: SUBORDEM HETEROPTERA) EM  
IGARAPÉS DA TRANSXINGU**

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

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Orientador(a): Karina Dias da Silva

Belém - Pará  
2024

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

**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)**

---

C837h Costa, Iluany da Silva.  
Histórico do uso da terra e composição de gerromorpha  
(insecta: subordem heteroptera)em igarapés da Transxingu /  
Iluany da Silva Costa. — 2024.  
78 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Karina Dias da Silva  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do  
Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2024.

1. Ações antrópicas. 2. Bioindicadores. 3. Insetos  
aquáticos. 4. Sensoriamento remoto. I. Título.

CDD 577.72

---

**ILUANY DA SILVA COSTA**

**HISTÓRICO DO USO DA TERRA E COMPOSIÇÃO DE  
GERROMORPHA (INSECTA: SUBORDEM HETEROPTERA) EM  
IGARAPÉS DA TRANSXINGU**

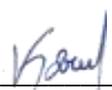
Dissertação ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências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

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

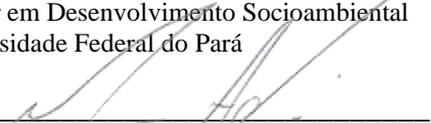
Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Data da Defesa: 28/02/2024

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Karina Dias da Silva - Orientadora  
Doutora em Ciências Ambientais  
Universidade Federal de Goiás

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Aline M. Meiguins de Lima - Membro Interno  
Doutor em Desenvolvimento Socioambiental  
Universidade Federal do Pará

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Marcos Adami - Membro Externo  
Doutor em Sensoriamento Remoto  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Leandro Schlemmer Brasil - Membro Externo  
Doutor em Zoologia  
Universidade Federal do Pará

## RESUMO

A Floresta Amazônica enfrenta ameaças devido à crescente exploração de recursos naturais impulsionada pelo crescimento econômico da região, intensificada desde a exploração da borracha entre 1879 e 1912. Desde os anos 1960, o governo implementou programas de desenvolvimento econômico, ocupação territorial e construção de rodovias, como a BR-230, também conhecida como Transamazônica. Essa rodovia teve um impacto significativo na região sudoeste do Pará, especialmente nas bacias hidrográficas do Xingu, contribuindo para o desmatamento desordenado e prejudicando a biodiversidade, especialmente às margens dos corpos d'água. Para lidar com os problemas ambientais, foram desenvolvidos vários métodos de análise e monitoramento, incluindo o sensoriamento remoto, que permite estudar grandes áreas em pouco tempo. O monitoramento biológico também é utilizado, pois alguns organismos, como os insetos aquáticos da infraordem Gerromorpha, são sensíveis às mudanças ambientais e podem indicar a qualidade do habitat. Por isso, um estudo recente analisou o histórico do uso da terra na região nos últimos 30 anos e avaliou a composição da infraordem Gerromorpha em igarapés da Transxingu. Observou-se uma grande perda de cobertura vegetal nas últimas décadas, especialmente próxima às estradas, muitas vezes relacionada à pecuária. No entanto, houve uma redução no desmatamento ao longo do tempo, possivelmente devido a medidas de conservação, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), criação de reservas extrativistas, reconhecimento de terras indígenas e o Cadastro Ambiental Rural (CAR). No estudo da composição da infraordem Gerromorpha nos igarapés da Transxingu, verificou-se que muitas amostragens foram influenciadas pelo desmatamento ao longo dos anos. Além disso, foi constatado que o índice de integridade do habitat físico do igarapé pode ser mais eficaz do que métricas geoespaciais na avaliação do impacto ambiental. Embora não tenha havido diferenças significativas na comunidade de Gerromorpha entre ambientes preservados e alterados, percebeu-se uma variação na abundância desses organismos ao longo dos gradientes ambientais. Isso indica que a comunidade responde às mudanças no ambiente, independentemente da presença de espécies bioindicadoras específicas. Portanto, há necessidade de mais estudos em ambientes altamente preservados para entender melhor essas dinâmicas.

**Palavras-chave:** ações antrópicas; bioindicadores; insetos aquáticos; sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

The Amazon Forest faces threats due to the increasing exploitation of natural resources driven by the economic growth of the region, intensified since the exploitation of rubber between 1879 and 1912. Since the 1960s, the government has implemented economic development programs, territorial occupation and construction of highways, such as BR-230, also known as Transamazônica. This highway had a significant impact on the southwest region of Pará, especially in the Xingu River basins, contributing to disorderly deforestation and harming biodiversity, especially on the banks of water bodies. To deal with environmental problems, several analysis and monitoring methods have been developed, including remote sensing, which allows large areas to be studied in a short time. Biological monitoring is also used, as some organisms, such as aquatic insects from the infraorder Gerromorpha, are sensitive to environmental changes and can indicate the quality of the habitat. Therefore, a recent study analyzed the history of land use in the region over the last 30 years and evaluated the composition of the Gerromorpha infraorder in Transxingu streams. A large loss of vegetation cover has been observed in recent decades, especially close to roads, often related to livestock farming. However, there has been a reduction in deforestation over time, possibly due to conservation measures, such as the Action Plan for the Prevention and Control of Deforestation in the Legal Amazon (PPCDAm), creation of extractive reserves, recognition of indigenous lands and the Cadastre Rural Environmental (CAR). In the study of the composition of the Gerromorpha infraorder in the Transxingu streams, it was found that many samples were influenced by deforestation over the years. Furthermore, it was found that the integrity index of the stream's physical habitat can be more effective than geospatial metrics in assessing environmental impact. Although there were no significant differences in the Gerromorpha community between preserved and altered environments, a variation in the abundance of these organisms was noticed along environmental gradients. This indicates that the community responds to changes in the environment, regardless of the presence of specific bioindicator species. Therefore, there is a need for more studies in highly preserved environments to better understand these dynamics.

**Keywords:** anthropogenic actions; bioindicators; aquatic insects; remote sensing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Capítulo 2

- Figura 1 – Localização das quatro Ottobacias estudadas no Xingu..... 18
- Figura 2 – Diagrama do processo de tratamento de imagens..... 22
- Figura 3 – Uso e cobertura da terra nas Ottobacias da Transxingu nos intervalos de 1990 e 2020..... 23
- Figura 4 - Gráfico de taxa de alterações de uso das classes Vegetação Primária; Secundária e Antrópico..... 26

### Capítulo 3

- Figura 1 – Mapa de localização dos 20 igarapés amostrados na Transxingu..... 45
- Figura 2 – Transecto do protocolo de coleta de insetos aquáticos..... 46
- Figura 3 – Igarapés preservados e alterados da Transxingu.....48
- Figura 4 – Distribuição das variáveis ambientais por pontos amostrados, categoria de área (alterado e preservado), pela Análise de Componentes Principais (PCA)..51
- Figura 5 – Relação da variável Profundidade entre a riqueza de espécies da subordem Gerromorpha, nos pontos amostrais de preservado e alterado ( $r^2 = 0.3556$ ,  $p < 0.003269$ ) .....55
- Figura 6 – Análise de coordenadas principais (PCoA) de composição de Gerromorpha, em igarapés nos ambientes de alterados e preservados.....56
- Figura 7 – Buffer circular no entorno dos 150 metros .....72

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

Tabela 1 – Matriz de transição com vegetação de 1990 a 2000.....	24
Tabela 2 – Matriz de transição de 2000 a 2010.....	24
Tabela 3 – Matriz de transição com vegetação de 2010 a 2020.....	25
Tabela 4 – Matriz de transição com vegetação de 1990 a 2020.....	26

### Capítulo 3

Tabela 1 – Variáveis ambientais mensuradas nos igarapés da Transxingu.....	49
Tabela 2 – Valores das variáveis largura e profundidade.....	50
Tabela 3 – Variáveis ambientais e suas correlações com os dois primeiros eixos da Análise de componentes Principais nas áreas alteradas e preservadas.....	52
Tabela 4 – Correlação das variáveis ambientais.....	52
Tabela 5 – Abundância de famílias, gêneros e espécies de Gerromorpha amostrados nos 20 igarapés da região da Transxingu.....	53

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>1.1 Justificativa e Interdisciplinaridade da Pesquisa</b> .....	11
<b>1.2 Objetivo Geral</b> .....	12
<b>1.3 Objetivo Específicos</b> .....	12
<b>1.4 Estrutura da Dissertação</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 2 ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA, DE 1990-2020 (30 ANOS), EM QUATRO OTTOBACIAS DO XINGU, REGIÃO DA TRANSXINGU</b> .....	14
<b>2.1 Introdução</b> .....	15
<b>2.2 Material e Métodos</b> .....	18
<b>2.3 Resultados e Discussões</b> .....	22
<b>2.4 Considerações Finais</b> .....	30
<b>CAPÍTULO 3 RELAÇÃO DA PROPORÇÃO DE FLORESTA COM A INTEGRIDADE DE HABITAT, VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS, RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE GERROMORPHA EM IGARAPÉS NA REGIÃO TRASXINGU</b> .....	41
<b>3.1 Introdução</b> .....	42
<b>3.2 Objetivo Geral</b> .....	44
<b>3.3 Objetivos Específicos</b> .....	44
<b>3.4 Hipótese</b> .....	44
<b>3.5 Material e Métodos</b> .....	44
<b>3.6 Resultados</b> .....	47
<b>3.7 Discussão</b> .....	56
<b>3.8 Conclusão</b> .....	59
<b>CAPÍTULO 4 CONCLUSÃO GERAL</b> .....	73
<b>4.1 Resultados Chaves: Impactos e Implicações</b> .....	73
<b>4.2 Conclusões de Forma Integrada</b> .....	73

<b>4.3 Prioridades para Pesquisas Futuras.....</b>	<b>74</b>
<b>4.4 Considerações Finais.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais, apresentam a maior heterogeneidade biológica do globo (Henriques, 2010). Porém, as intensas ações antrópicas trazem a esses ecossistemas sérias complicações, visto que as transformações drásticas no meio físico dessas florestas ocasionam fragmentação e degradação, comprometendo as dinâmicas dos ecossistemas terrestres e aquáticos (Artaxo, 2020).

Amazônia, a maior floresta tropical, está entre os ambientes tropicais mais ameaçados pelas ações humanas (Perosa; Newton; Carrer, 2021; Flores *et al.*, 2024). Considerado o maior bioma da América do Sul, abrange nove países: Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname, Venezuela e o Brasil (país com maior território do bioma), se estende no Brasil por vários estados (Amazonas, Amapá, Acre, Mato Grosso, Maranhão, Roraima, Rondônia, Tocantins e o Pará) (Santos *et al.*, 2017; Kano; Gentil, 2017; Cordeiro; Arbage; Schwartz, 2017; Matheus, 2019). Apesar da sua grande extensão territorial, a floresta está em declínio devido aos avanços da expansão e exploração dos recursos naturais, sob a falsa ideia de crescimento econômico da região (Santos *et al.*, 2017).

As ações antrópicas se potencializaram desde os anos de 1879 a 1912, com a exploração da borracha. E na década de 60 com o apoio do governo, para ocupar os espaços do bioma para garantir a extração de recursos e o crescimento econômico, (Smith, 1977; Santos; Milanez, 2014; Rosário *et al.*, 2021). Em razão dos programas criados pelo governo, houve um crescimento de modificações na cobertura vegetal, substituindo áreas naturais por outros tipos de uso (assentamentos, agricultura, pecuária, por exemplo), e implantações de rodovias sendo que, algumas, se tornaram vias importantes para ligar o território com outras regiões do país (Araújo *et al.*, 2016; Rosário *et al.*, 2021).

A Rodovia da Transamazônica, uma das vias criadas por um dos programas do governo (na década de 70) impactou radicalmente a região, principalmente a microrregião de Altamira, a bacia do rio Xingu e seus respectivos níveis de Ottobacias que são influenciadas diretamente pela rodovia (que denominamos de TransXingu). Além do “desenvolvimento”, desencadeou caminhos para crimes ambientais como por exemplo os incêndios criminosos, grilagem e o desmatamento, conseqüentemente, ocasionando o avanço de problemas ambientais atuais (Tavares, 2011; Santos; Rocha; Santos, 2019; Amorim; Homma, 2022; Fearnside, 2022; Flores *et al.*, 2024).

Em razão da remoção dos ambientes prístinos, houve uma evolução desordenada das mudanças na paisagem, causando efeito negativo sobre a heterogeneidade do ambiente e a biodiversidade (Santos; Rocha; Santos, 2019). Nos últimos anos, surgiram vários métodos de monitoramento para tentar amenizar a potencialidade das ações do homem sobre ambientes íntegros. Dentre esses mecanismos estão os recursos de sensoriamento remoto, que possibilita monitorar o avanço do uso e cobertura da terra em áreas de grande proporção, em um período curto (Gorelick *et al.*, 2017; Carvalho; Magalhães Filho; Santos, 2021). Com isso, o sensoriamento auxilia no monitoramento e se mostra eficiente em estudos sobre o uso e cobertura da terra em vários níveis bacias e Ottobacias hidrográficas do rio Xingu, principalmente em locais com influência da rodovia da Transamazônica.

Outro tipo de monitoramento biológico, utiliza organismos como bioindicadores de qualidade de hábitat (Brasil *et al.*, 2017; Dias-Silva *et al.*, 2020). Para a investigação, em pequenas proporções, em relação às alterações dos ambientes íntegros, principalmente dentro dos corpos hídricos, são utilizados organismos biológicos como bioindicadores de qualidade de habitat, visto que muitos organismos biológicos são sensíveis a modificações de uso e cobertura da terra. Deste modo, são utilizados como parâmetros, as variáveis limnológicas, riqueza, abundância e composição de espécies (Juen *et al.*, 2016; Brasil *et al.*, 2017; Dias-Silva *et al.*, 2020). Dentre os bioindicadores estão os insetos aquáticos (caracterizados por viverem parte ou toda sua vida em corpos hídricos) (Hamada *et al.*, 2014; Juen *et al.*, 2016).

A infraordem Gerromorpha (que faz parte da ordem Hemiptera e subordem Heteroptera) são insetos aquáticos predadores que vivem sobre a superfície da água. Apresentam boas respostas a alteração nos ambientes aquáticos, pois possuem sensibilidade às mudanças no habitat (Dias-Silva *et al.*, 2020; Cunha; Montag; Juen, 2015; Cunha *et al.*, 2017), o que os torna bons instrumentos de estudo para avaliar o efeito das atividades antrópicas sobre a qualidade dos ecossistemas aquáticos na Rodovia 230 – Transamazônica.

### **1.1 Justificativa e Interdisciplinaridade da Pesquisa.**

Levando em conta os surgimentos de impactos negativos na região Amazônica, em virtude dos grandes investimentos do governo, com reflexos fortes na mesorregião de Altamira (Paula; Escada; Ortiz, 2022), estudar os cenários de uso da terra em diferentes

períodos do território, ao longo do tempo, nos dá embasamento e conhecimento sobre as presentes condições sociais, econômicas e ambientais. É essencial, por exemplo, ter o conhecimento dessas mudanças abruptas na cobertura vegetal, principalmente nas margens dos corpos hídricos, visto interferem a dinâmica dos ecossistemas aquáticos, além de alterar as variáveis ambientais e pôr em risco comunidades aquáticas do local, pois possibilita a perda da biodiversidade, em especial os organismos macroinvertebrados, como os Gerromorpha (Artaxo, 2020).

Estudar as intensas transformações na paisagem, refletidos nos ambientais naturais da bacia e Ottobacias da região do Xingu (Almeida *et al.*, 2022), em razão da introdução da Transamazônica e suas consequências (Santos; Rocha; Santos, 2019; Watrin *et al.*, 2022), é saber como essas modificações, ao longo dos anos, podem ter impactado a economia, perda de cobertura vegetal; como pode ter afetado os corpos hídricos e sua biodiversidade de comunidades aquáticas

## **1.2 Objetivo Geral**

Analisar o histórico de uso e cobertura da terra de Ottobacias e observar como o atual cenário de uso influencia a infraordem Gerromorpha.

## **1.3 Objetivo Específicos**

Analisar a variação temporal de uso e cobertura da terra, nos últimos 30 anos em quatro Ottobacias do Xingu (região da Transxingu);

Avaliar a relação da porcentagem de floresta com a integridade de habitat, variáveis limnológicas, riqueza e composição de Gerromorpha em igarapés na região Transxingu;

## **1.4 Estrutura da Dissertação**

Portanto, a dissertação está estruturada em dois capítulos: o **1º CAPÍTULO** tem como título **ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA, DE 1990 - 2020 (30 ANOS), EM QUATRO OTTOBACIAS DO XINGU, REGIÃO TRANSXINGU**, este capítulo teve como objetivo, realizar uma análise temporal de uso e cobertura da terra em quatro Ottobacias de nível-4 do Xingu (Transamazônica), durante 30 anos (1990 a 2020). E o **2º CAPÍTULO** tem como título **RELAÇÃO DA PROPORÇÃO DE FLORESTA COM A INTEGRIDADE DE HABITAT, VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS, RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE GERROMORPHA EM IGARAPÉS NA REGIÃO TRANSXINGU**, este capítulo teve

como objetivos, caracterizar a porcentagem de floresta em torno das áreas de igarapés na região da Transxingu; Avaliar a relação da porcentagem e floresta com a integridade de habitat (HII); Avaliar a relação da porcentagem de floresta com as variáveis limnológicas; Relacionar porcentagem de floresta com a integridade de habitat (HII) e variáveis limnológicas com a riqueza e composição de Gerromorpha; Avaliar a resposta da comunidade ao gradiente ambiental através da existência de espécies indicadoras.

## **CAPÍTULO 2 ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA, DE 1990-2020 (30 ANOS), EM QUATRO OTTOBACIAS DO XINGU, REGIÃO DA TRANSXINGU**

### **Resumo**

Devido aos problemas ambientais surgiram vários métodos para as investigações em pequenas e grandes proporções (análise in situ ou espacial), averiguar e monitorar as florestas, e assim contribuir para fiscalização e redução das ações das antrópicas e crimes ambientais. O sensoriamento remoto auxilia no monitoramento e se mostra eficiente em estudos sobre o uso e cobertura da terra, principalmente em bacias ou Ottobacias hidrográficas. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise temporal de uso e cobertura da terra em quatro Ottobacias de nível - 4 do da bacia do Xingu (Transamazônica), durante 30 anos (1990 a 2020). Observamos uma grande perda de cobertura vegetal, nas quatro Ottobacias do Xingu, principalmente, próximo as malhas de estradas, quase sempre relacionados à pecuária, porém notou-se que houve um declínio do desmatamento ao passar das décadas, essa queda pode ter sido gerada pela criação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal, origem de mais reservas extrativistas, reconhecimento de terras indígenas e ação do cadastro ambiental rural.

**Palavras-chave:** Ações antrópicas; Sensoriamento remoto; Transamazônica.

### **Abstract**

Due to environmental problems, several methods have emerged for small and large investigations (in situ or spatial analysis), investigating and monitoring forests, and thus contributing to monitoring and reducing anthropogenic actions and environmental crimes. Remote sensing assists in monitoring and proves to be efficient in studies on land use and cover, especially in river basins or Ottobasins. Therefore, the objective of this study was to carry out a temporal analysis of land use and cover in four level Ottobasins - 4 of the Xingu basin (Transamazônica), during 30 years (1990 to 2020). We observed a great loss

of vegetation cover in the four Ottobacias of the Xingu, mainly near the road networks, almost always related to livestock farming, however it was noted that there was a decline in deforestation over the decades, this decline may have been generated by creation of an action plan to prevent and control deforestation in the legal Amazon, origin of more extractive reserves, recognition of indigenous lands and action on the rural environmental registry.

**Keywords:** Anthropogenic actions; Remote sensing; Transamazonian.

## 2.1 Introdução

As consequências das ações antrópicas nas florestas tropicais são questões socioambientais preocupantes e delicadas, estão entre os principais fatores que influenciam as mudanças climáticas (Brovkin *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2023). Dentre as florestas tropicais mais impactadas, por essas ações, está a floresta Amazônica brasileira (Oliveira; Vecchia, 2009; Pereira *et al.*, 2018; Rosário *et al.*, 2021; Watrin *et al.*, 2022). O ecossistema amazônico é constituído por grande diversidade de fauna e florestas, densa e alagadas (a exemplo: sistemas de igapó e várzea) (Coutinho, 2016). Amazônia desempenha serviços ecossistêmicos essenciais como a assistência no ciclo hidrológico e na retenção de carbono (Ayres; Best, 1979; Nobre; Sampaio; Salazar, 2007; Fearnside, 2008; Amigo, 2020; Albert, 2023; Lapola *et al.*, 2023).

No período da década de 60, no comando militar, houve o início de vários programas com o intuito de intensificar o crescimento econômico, na amazônica, ocorrendo fortes investimentos no sistema econômico da região para com o sistema de mercado nacional e internacional (Chav; Barros; Fabr , 2008; Oliveira, 2013; Roscoche; Vallerius, 2014; Rosário *et al.*, 2021). Estes programas visavam ocupar o espaço e realizar a extra o de recursos naturais da Amazônia, compondo o movimento conhecido como “integrar para não entregar” (Ferreira; Salati, 2005).

O programa de Integra o Nacional (PIN), na década de 70, realizou a implanta o de duas rodovias, BR – 230 (Transamazônica) e a BR – 163 (Santarém – Cuiabá), onde o principal objetivo era o transporte dos produtos para o aumento comercial, além de interligar outras regiões do Brasil (Tavares, 2011; Araújo *et al.*, 2016). A partir dos programas e da constru o de Br’s, houve, o aumento de constru es de hidrelétricas, avanço indiscriminado da produ o agrícola, pecuária extensiva,

exploração de minérios e de centros populacionais, resultando no desmatamento da floresta e devastação da fauna (Cidades, 2009; Guedes *et al.*, 2014; Roscoche; Vallerius, 2014; Lemos; Warnavin, 2020; Watrin *et al.*, 2022; Fearnside, 2022).

A rodovia Transamazônica (BR 230) teve seu marco principal no território que pertence a Mesorregião Sudoeste do Pará, nos municípios de Anapu, Brasil Novo, Medicilândia, Pacajá, Senador José Porfírio, Uruará e Vitória do Xingu, que compõem a Microrregião de Altamira (IBGE, 2016). Conseqüentemente, ao longo dos anos a bacia e sub-bacias do Xingu, vem sendo explorada, de forma que começaram a surgir os assentamentos construídos pelos colonos e abertura de outras estradas que deram origem a outros municípios na região (Miranda Neto; Herrera, 2017; Emater-Pará/Proater, 2020).

A Mesorregião passou a apresentar atividades de destaque, como a pecuária, cultivo de soja, milho, mandioca, banana, arroz e a cacauicultura (Castelo; Almeida, 2015; SEDAP/PA, 2020). Atualmente, a Microrregião de Altamira, é uma área que prevalece a intensa influência do desmatamento, focos de calor e queimadas das áreas verdes, em especial nos períodos de estiagem, além disso ressaltamos que o território da Microrregião de Altamira está localizado no arco do desmatamento (Miranda Neto; Herrera, 2017; Silva *et al.*, 2021; Amorim; Homma, 2022).

Nos últimos anos, em pesquisas voltadas para análise de degradação ambiental no estado do Pará, apontaram a Microrregião de Altamira como uma das regiões que mais apresentaram índices altíssimos de remoção de cobertura vegetal, fomentando problemas ambientais locais, principalmente na região da Transxingu (zona da Transamazônica na bacia do Xingu), informações que foram notificadas, até mesmo, em noticiários locais (Romão *et al.*, 2017; Carneiro *et al.*, 2022; Pará/G1, 2022; Amorim; Homma, 2022; Ribeiro *et al.*, 2023, Confirma Notícia, 2023).

As modificações na cobertura vegetal, em grandes proporções, interferem no desempenho de fatores bióticos, ou seja, atinge a biodiversidade e heterogeneidade dos ambientes, modificando o desempenho das atividades do ecossistema local, e principalmente organismos mais sensíveis (Allan; Castillo, 2007; Juen *et al.*, 2016; Oliveira, *et al.*, 2021.). As alterações podem, também, afetar os fatores abióticos (fatores físico-químicos) que atuam sobre os organismos (Maloney *et al.*, 2008; Guilherme *et al.*, 2022). Essas alterações ambientais são investigadas localmente utilizando organismos vegetais ou animais como bioindicadores de mudanças ambientais (Viana; Moraes 2016; Juen *et al.*, 2016; Brasil *et al.*, 2017; Dias-Silva *et al.*, 2020; Silva-Costa *et al.*, 2022), ou

regionalmente, utilizando georreferenciamento como método de monitoramento (Casimiro, 2000; Aldwaik; Pontius Jr, 2012; Banks-Leite *et al.*, 2022).

As bacias e Ottobacias (sub-bacias) hidrográficas são exemplos de objetos de estudo relacionados a modificações em grandes dimensões (Damame; Longo; Oliveira, 2019; Dutra *et al.*, 2023), pois demonstram interferência direta em relação a algumas questões, como conflitos de interesses territoriais, sociais, e principalmente temas relacionados ao campo socioambiental (Smith, 1977; Santos, 2012; Silva, 2018; Mota *et al.*, 2020; Aires *et al.*, 2021; Fearnside, 2022).

As Ottobacias são sistemas hídricos classificadas pelo método de Otto Pfafstetter, que se baseia pelas características topográfica da região de drenagem das bacias hidrográficas, que as classifica em sete níveis, informações que fazem parte do banco de dados da Agencia Nacional de Águas (ANA, 2006; Araújo; Ferreira; Sano, 2009; Castilhos; Buckup, 2011). Com os recursos de sensoriamento remoto contribuem para serviços de gestão ambiental, visto que, há inúmeras áreas complicadas de serem supervisionadas presencialmente, em um curto prazo de tempo (Araújo; Silva; Nascimento, 2007; Farina, 2006; Silva *et al.*, 2022).

Portanto, a aplicação do mapeamento de uso e cobertura da terra auxilia órgãos de grande relevância, mitigando os crimes ambientais (Rosa., 2011; Silva *et al.*, 2012; Borges; Oliveira *et al.*, 2021; Assunção *et al.*, 2021). Pois, em virtude das dificuldades que os órgãos responsáveis enfrentam na realização de monitoramento físico em grandes áreas, como reservas e comunidades tradicionais. Por isso, recorrem a dados de satélites, como os fornecidos pelo Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real (DETER) e pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), para obter informações essenciais (Souza *et al.*, 2019; Pinheiro; Muniz, 2019; Almeida *et al.*, 2022; Gonzaga *et al.*, 2022; Inpe, 2024).

Através das ferramentas de sensoriamento remoto, tanto para as variações em escala temporal quanto espacial, é possível detectar as alterações em áreas de vegetação que foram modificadas e qual o fator de influência (tipo de uso e cobertura), o que auxilia nas fiscalizações ambientais (Pinheiro; Muniz, 2019; Gonzaga *et al.*, 2022; Silva-Costa *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022). O sensoriamento remoto fornece dados cruciais para estimativas climatológicas em diferentes escalas espaciais e temporais, contribuindo para a compreensão dos impactos ambientais e apoiando projetos de mitigação (Araújo; Silva; Nascimento, 2007; Amaral; Vale, 2010; Lima; Bezerra; Oliveira, 2020; Carvalho;

Magalhães Filho; Santos, 2021; Nascimento; Menezes; Souza, 2022; Guilherme *et al.*, 2022; Ribeiro, 2023).

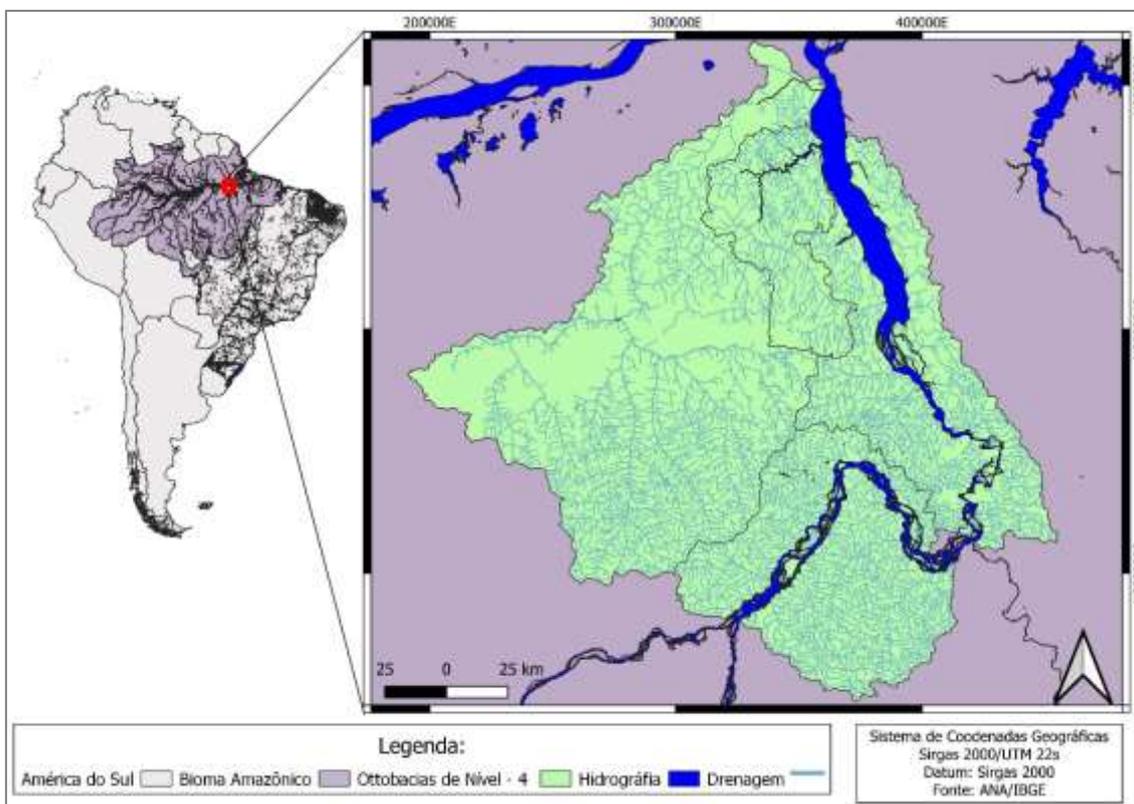
Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise temporal de uso e cobertura da terra em quatro Ottobacias de nível - 4 do da bacia do Xingu (Transamazônica), durante 30 anos (1990 a 2020). Acreditamos que devido a proximidade ao arco do desmatamento as Ottobacias apresentarão declínio da cobertura vegetal ao longo dos anos.

## 2.2 Material e Métodos

### Área de estudo

A área de estudo compreende quatro Ottobacias do Xingu (Figura 1), região que denominamos de Transxingu. Este território apresenta influência da Transamazônica e da bacia do Xingu, localizado no sudoeste do Pará. A área abrange nove municípios (Anapu, Altamira, Brasil Novo, Medicilândia, Porto de Moz, Portel, Prainha, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu). Além disso, esse território está localizado no arco do desmatamento.

Figura 1 – Localização das quatro Ottobacias do Xingu



Fonte: Autor.

A região apresenta clima tropical, segundo a classificação Köppen-Geiger, do tipo Am. Possui período seco de junho a novembro e estações chuvosas de dezembro a maio (Climate-Data, 2020; Inmet, 2017; Araújo *et al.*, 2019; Nascimento; Araújo; Dias-Silva, 2021).

### **Mapeamento do uso e cobertura da Terra - Tratamento e classificação das imagens no Qgis e GEE;**

Para analisar o histórico do uso e cobertura da terra durante 30 anos (1990-2020), nas quatro Ottobacias selecionadas para este estudo, utilizamos dados do Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (Mapbiomas) e a plataforma Google Earth Engine (GEE).

O MapBiomas, um projeto colaborativo do Observatório do Clima, une diversas instituições, incluindo academias, empresas de tecnologia e ONGs, com o propósito de monitorar e mapear as mudanças no uso da terra no Brasil anualmente (Almeida *et al.*, 2016; Souza Jr *et al.*, 2020). Utilizando dados de satélites, é possível detectar alterações na cobertura terrestre ao longo do tempo, proporcionando uma compreensão abrangente dessas mudanças (Guilherme *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2022).

O Google Earth Engine (GEE) é uma ferramenta de sensoriamento remoto baseada em computação em nuvem, otimizada para o processamento de dados de satélites. Essa plataforma oferece acesso a uma ampla gama de dados e recursos para análises científicas, sendo compatível com diversos sistemas operacionais (Gorelick *et al.*, 2017; Souza, 2021). Com sua capacidade de manipulação rápida de dados de imagens de satélite, o GEE facilita a geração de informações geoespaciais e temporais, permitindo análises eficientes de temperatura, pluviosidade e outras variáveis ambientais (Gorelick *et al.*, 2017; Azevedo; Barbosa, 2020; Souza, 2021; Sidhu; Pebesma; Câmara, 2018; Carvalho; Magalhães Filho; Santos, 2021).

O GEE se torna uma ferramenta acessível e de grande relevância para comunidade científica e especialistas pela facilidade, rapidez, pelo baixo custo, desempenhado a escalabilidade, tanto em âmbitos relacionadas a área ambiental, quanto a outras campos de conhecimento, trazendo respostas, velozmente, seja de curto ou longo prazo, inclusive, para estudos com bacias ou sub-bacias, pois em virtude de serem em grande dimensão, desta forma a plataforma do GEE apresenta dados das interações do uso e cobertura da

terra em relação às áreas naturais (Viana; Moraes, 2016; Gorelick *et al.*, 2017; Guilherme *et al.* 2022).

Utilizamos os dados do Mapbiomas da coleção 7(1985 a 2021) apenas dos de anos 1990 a 2020, (Souza *et al.*, 2020; Mapbiomas, 2022). Utilizamos também dados do Método de Desmatamento e Vegetação Secundária (MDVS), da coleção 6, também do Mapbiomas (Mapbiomas, 2021). Nessa base de dados temos informações de perda de vegetação natural, regeneração de vegetação, vegetação secundária, levando em consideração critérios de persistências.

Os dados do MDVS estão atualizados até 2018 para os eventos de regeneração e desmatamento. Dessa forma, a metodologia foi replicada para os anos de 2019 e 2020 (Mapbiomas, 2021), mas sem considerar o critério de persistência para o ano de 2020. No ano de 2020 foi aplicado o método de Silva Júnior *et al.* (2020), que consiste em estabelecer como floresta secundária se um pixel, caso seja classificado, em um determinado ano, como antrópico e ano posterior for classificado como cobertura vegetal.

A organização e atualização de dados dos anos de 2019 e 2020, visando diminuir os erros de classificação e transição, foi alterado os pixels que foram divididos em três processos:

### **Modificação em toda a extensão das Ottobacias – Dentro do Corpo Hídrico**

Nós reclassificamos para classe “ÁGUA” as classes de “Área Pantanosa” e “Campo Alagado”, da categoria “Natural”; que são constituídas por pixels de Pastagem, Formação Florestal, Formação Campestre e Savânica, que mudaram de classe mais de 40% do ano e, também, foram cobertos por água até 40% do ano. Esse processo foi realizado na plataforma do GEE (Mapbiomas, 2022a, 2022b). Após a reclassificação, utilizamos o ambiente Qgis 3.28 para aplicar a função do Crivo, que obtém a finalidade de remover os pixels isolados, diminuindo ruídos nos dados e utilizamos “8 – connectedness” na função.

### **Transformações dentro do limite do rio Xingu e rio Jarauçu**

Ao longo da extensão do curso do rio Jarauçu obtém, oscilações de cobertura vegetal e antrópicos (Silva *et al.*, 2020) e dentro e regiões do trecho do rio Xingu, áreas de influência direta (AID) da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHBM), possuem um tipo de vegetação com comportamentos flexíveis às mudanças de períodos diários,

semanais, mensais e anuais. Esse tipo de vegetação se desenvolve em aberturas em rochas graníticas, que fazem parte do complexo geológico do Xingu (Mpeg, 2008).

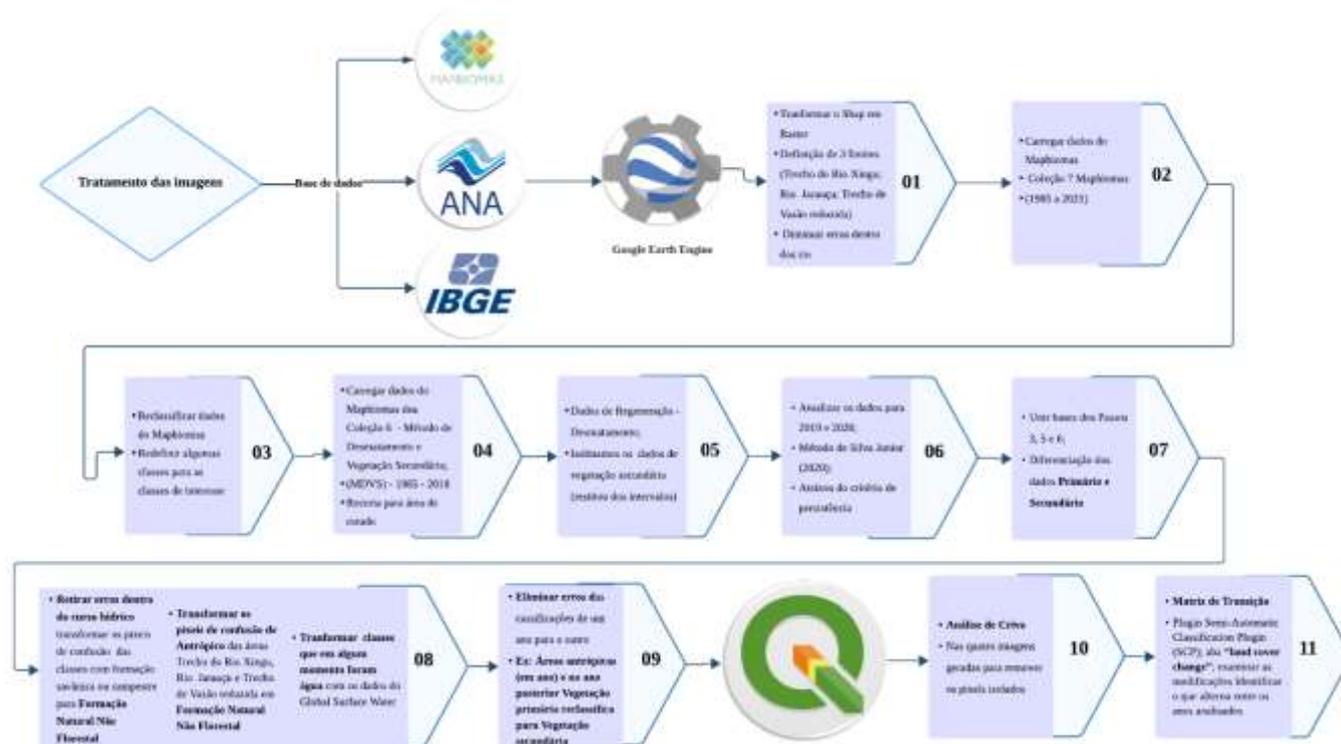
As categorias “Formação Savânica” (FS) e “Formação Campestre” (FC), que estão dentro da classe superior “Formação Natural não Florestal” (FNNF), desde a 5ª Coleção do Mapbiomas, substituiu a classe “Outra Formação não Florestal” (Mapbiomas, 2022a, 2022b). No entanto, nos cálculos de transição alguns pixels dentro do limite do rio Xingu foram classificados como desmatamento. Então, os pixels classificados como FS e FC foram reclassificados para a classe “Formação Natural Não Florestal” visando representar os ‘pedrais e depósitos de solo arenosos’ ao longo do rio Xingu.

Utilizou-se o Global de Superfície de Água (GSA) ou Global Surface Water (GSW), produto que fornece dados da dinâmica espacial e temporal das águas superficiais, dos anos 1984 a 2021, dados esses que foram manipulados no Google Earth Engine (GEE) (Gorelick *et al.*, 2016). As informações usadas foram dos anos de 1990 a 2020, da banda com dimensão máxima de superfície de água em que os pixels das imagens são classificados em 1 – “Água” e 0 – “Não Água”. Portanto, pixels classificados como “Antrópico” ou “Vegetação Secundária” pelo método MDVS e ao mesmo tempo classificados como “Água” nos dados GSA, foram reclassificados para a classe água (Pekel *et al.*, 2016).

### **Modificações no Trecho de Vazão Reduzida, rio Xingu e rio Jarauçu**

Levando em consideração os erros de transição, os pixels classificados como “antrópico” no rio Xingu, Trecho de Vazão Reduzida e Rio Jarauçu, reclassificamos para ‘Formação Natural Não Florestal’. De forma resumida o processo de tratamento de imagens (Figura 2).

Figura 2- Diagrama do Tratamento de imagens.



Fonte: Autor

## Classes analisadas durante os 30 anos

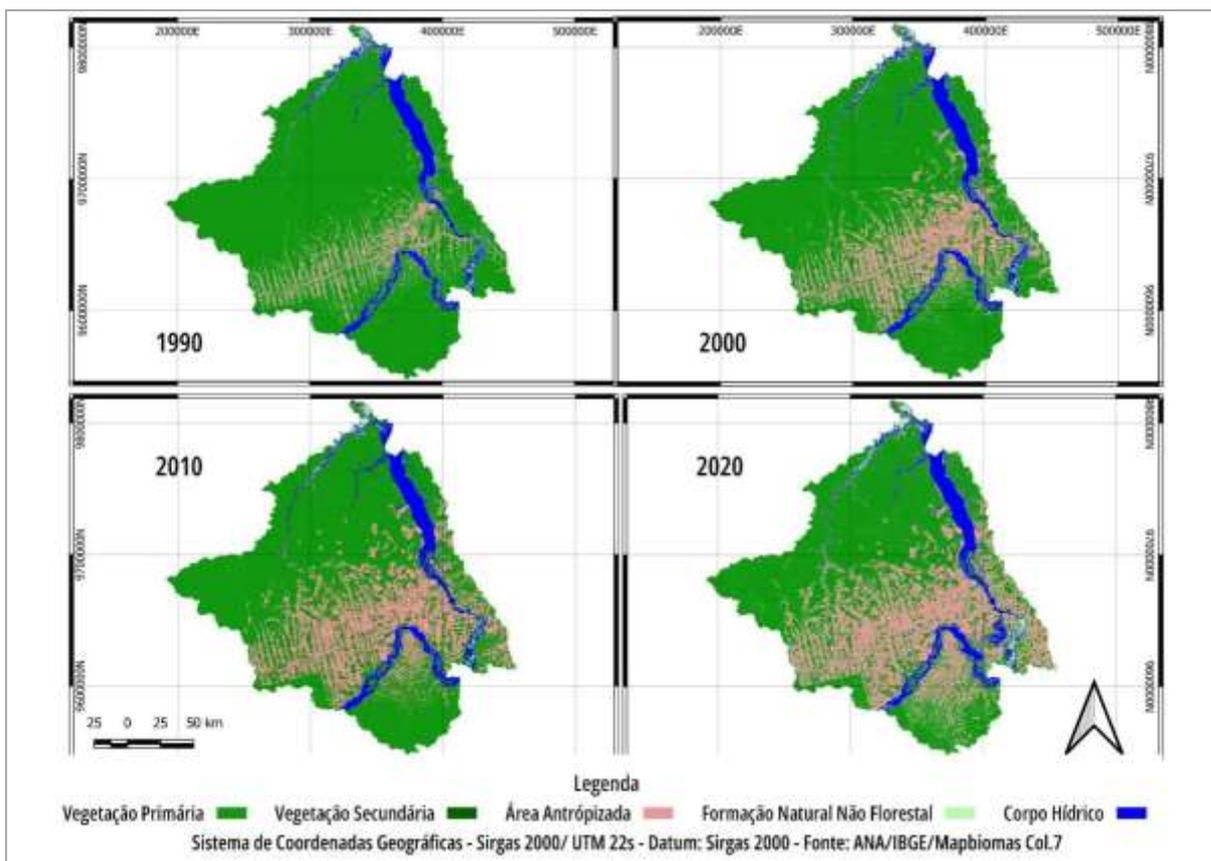
Nós analisamos as mudanças de uso e cobertura nas quatro Ottobacias, em três intervalos de 10 anos, de 1990 a 2020 (Figura – 3). Classificando-as em 5 categorias: “Vegetação Primária (Vp)” - (1); “Vegetação Secundária (Vs)” - (2); “Área Antropizada (Aa)” (reunindo ambientes urbanos, pastagem, estradas/rodovias, agriculturas, outras áreas com fator de influência humana) - (3); “Formação Natural Não Florestal (Fnnf)” - (4) e “Corpo Hídrico (Ch)” - (5), o que resultou em quatro matrizes de transição (1990-2000, Tabela – 1; 2000-2010, Tabela – 2; 2010-2020, Tabela – 3 e 1990-2020, Tabela - 4 e Figura - 4).

## 2.3 Resultados e Discussões

### Alteração temporal do uso e cobertura nas Ottobacias

A área total de todas as Ottobacias, juntas, apresenta, aproximadamente, 34.858.25 km<sup>2</sup>, dentre os nove municípios que fazem parte das Ottobacias, os municípios que mais houve mudanças na paisagem nos 30 anos, foram Altamira, Anapu, Vitória do Xingu, Brasil Novo e Senador José Porfírio (Figura - 2).

Figura 3 - Uso e cobertura da terra nas Ottobacias da TransXingu nos intervalos de 1990 e 2020.



Fonte: Autor.

Para entender as quatro matrizes de transições geradas, é necessário fazer a interpretação das linhas, colunas e a diagonal principal, por exemplo: na Tabela – 1, o sentido das colunas apresenta as classes e proporções de área do ano anterior, 1990, já as linhas se faz a leitura das classes e proporções de extensões do posterior, 2000, a diagonal principal são, exatamente, áreas da classe em que permaneceu estável de um ano para a década seguinte.

Nos anos 90, Tabela – 1, as áreas de Vegetação Primária ( $V_p$ ) possuíam cerca de 29.043.96 km<sup>2</sup>, entretanto, em 2000, estas áreas foram substituídas por outros tipos de usos e coberturas. As classes que mais apresentaram um crescimento significativo, nas Ottobacias, durante o intervalo de 1990-2000, foram as respectivas classes: Áreas Antrópicas ( $A_a$ ) com cerca de 2.911.08 km<sup>2</sup>, ou seja, 10.02%, se modificou de  $V_p$  para  $A_a$ , e com entorno de 846.55 km<sup>2</sup> (2.91%) de  $V_p$  para Vegetação Secundária ( $V_s$ ).

A classe de Vegetação Primária teve uma perda de 13.53% de área apresentada originalmente no início de 1990. Aproximadamente 25.110.46 km<sup>2</sup> (72.04% da área total

das Ottobacias) se manteve como Vp, por outro lado a categoria Aa, em relação área inicial dos anos 90, teve um crescimento de mais ou menos 112.82%. No início dos anos 90 as áreas de VP tinham uma área de 83.32% do total da região de estudo, mesmo com uma perda bem significativa. Mesmo com o crescimento de Áreas Antrópicas, em 2000, as áreas de Vp continuaram a ser a maior área, seguido pelas categorias de Aa, com 5.344.15 km<sup>2</sup> e 2.417.71 km<sup>2</sup> de áreas de águas superficiais – Ch.

Tabela 1 - Matriz de transição com vegetação nas bacias analisadas de 1990 a 2000.

Classes	2000					Total em km <sup>2</sup>
	Vp	Vs	Aa	Fnnf	Ch	
<b>Vp</b>	<b>25110.46</b>	846.55	2911.08	10.21	165.59	<b>29043.89</b>
<b>Vs</b>	0.85	<b>359.45</b>	457.20	2.60	3.43	<b>823.53</b>
<b>1990 Aa</b>	0.88	556.16	<b>1950.49</b>	0.11	3.50	<b>2511.14</b>
<b>Fnnf</b>	0.06	1.72	0.42	<b>120.44</b>	65.71	<b>188.35</b>
<b>Ch</b>	0.40	18.05	24.94	68.49	<b>2179.46</b>	<b>2291.34</b>
<b>Total em km<sup>2</sup></b>	25113.65	1781.93	5344.13	201.85	2417.7	<b>34.859.25</b>

Fonte: Autor

Durante os intervalos dos anos de 2000 a 2010 (Tabela - 2), a classe Aa teve um crescimento em torno de 2.950.99 km<sup>2</sup>, sendo 23.80% da área total das Ottobacias, e 55.22% da sua proporção original no início de 2000. A categoria de Vs apresentou um aumento de 417.19 km<sup>2</sup>, confirmando a recuperação de áreas, correspondendo a 23.41% da área original do ano anterior, anos 2000. A Vp em 2000 obtinha aproximadamente 72.04% de toda área das Ottobacias, com uma perda de 3.381.06 km<sup>2</sup> da área apresentada no ano inicial, chegando aos anos de 2010 com 62.34% de toda a extensão estudada. As outras categorias, totalizaram 7.55% (2.632.44 km<sup>2</sup>), e corresponderam a classe de Ch e Fnnf.

Tabela 2 – Matriz de transição de 2000 a 2010

Classes	2010					Total em km <sup>2</sup>
	Vp	Vs	Aa	Fnnf	Ch	
<b>Vp</b>	<b>21728.00</b>	552.40	2794.18	2.94	35.06	<b>25112.59</b>
<b>Vs</b>	2.15	<b>1078.81</b>	690.82	1.76	8.39	<b>1781.93</b>
<b>2000 Aa</b>	0.89	549.43	<b>4784.63</b>	0.37	8.83	<b>5344.14</b>
<b>Fnnf</b>	0.07	4.51	0.40	<b>161.62</b>	35.26	<b>201.86</b>
<b>Ch</b>	0.41	13.98	25.10	111.40	<b>2266.81</b>	<b>2417.69</b>
<b>Total em km<sup>2</sup></b>	21731.53	2199.12	8295.13	278.08	2354.35	<b>34858.21</b>

Fonte: Autor

Nos intervalos de 2010 a 2020 (Figura - 3), notamos um crescimento de áreas Aa para Vs, cerca de 14.92%, ou seja, 1.237.51 km<sup>2</sup> de 8.295.14 km<sup>2</sup>, região original da categoria Aa. Observa-se, também, que entre os períodos, já apresentados (1990-2010), no período de 10 anos (2010 e 2020), a Vegetação Primária teve sua menor perda, aproximadamente 8.51%, 1.849.21 km<sup>2</sup> da área apresentada em 2010 (Tabela – 3).

Tabela 3 – Matriz de transição com vegetação nas bacias analisadas de 2010 a 2020.

Classes	2020					Total em km <sup>2</sup>
	Vp	Vs	Aa	Fnnf	Ch	
<b>Vp</b>	<b>19877.97</b>	279.38	1466.67	3.04	104.40	<b>21731.46</b>
<b>Vs</b>	2.20	<b>1593.87</b>	558.30	3.00	41.78	<b>2199.14</b>
<b>2010 Aa</b>	1.66	1237.51	<b>6929.39</b>	2.88	123.69	<b>8295.14</b>
<b>Fnnf</b>	0.07	5.86	0.14	<b>214.35</b>	57.67	<b>278.09</b>
<b>Ch</b>	0.35	15.50	14.31	90.19	<b>2233.99</b>	<b>2354.35</b>
<b>Total em km<sup>2</sup></b>	<b>19.882.25</b>	<b>3.132.12</b>	<b>8.968.81</b>	<b>313.45</b>	<b>2561.54</b>	<b>34.858.14</b>

Fonte: Autor

Como observado, nos anos 90 havia aproximadamente 29.043.96 km<sup>2</sup> de Vegetação Primária (Vp), que até os anos 2020 se modificou, cerca de 846.55 km<sup>2</sup> para Vegetação Secundária (Vs); tornou-se em Áreas Antrópicas (Aa) 2.911.08 km<sup>2</sup>; 10.21 km<sup>2</sup> em Formação Natural não Florestal (Fnnf) e 165.59 km<sup>2</sup> em Corpos Hídricos (Ch). Da área total, em 1990, apenas 25.110.46 km<sup>2</sup> se manteve como Vp.

Portanto, a Vegetação Primária inicialmente em 90 teve cerca de 83.32% de áreas de Floresta, porém, em 2020 chegou a 57.04%, ou seja, 19.882.25 km<sup>2</sup> de 29.043.96 km<sup>2</sup>, perdendo aproximadamente 31.54% de sua extensão de floresta. A classe com maior índice de crescimento, em relação à extensão original apresentada nos anos 90, foi Vegetação Secundária, apesar da categoria de Aa ter apontado um aumento considerável durante os 20 anos iniciais (Tabela - 1). No entanto, nos últimos 10 anos, 2010 a 2020, (Figura - 3) observamos uma queda da classe Aa e um crescimento de Vs.

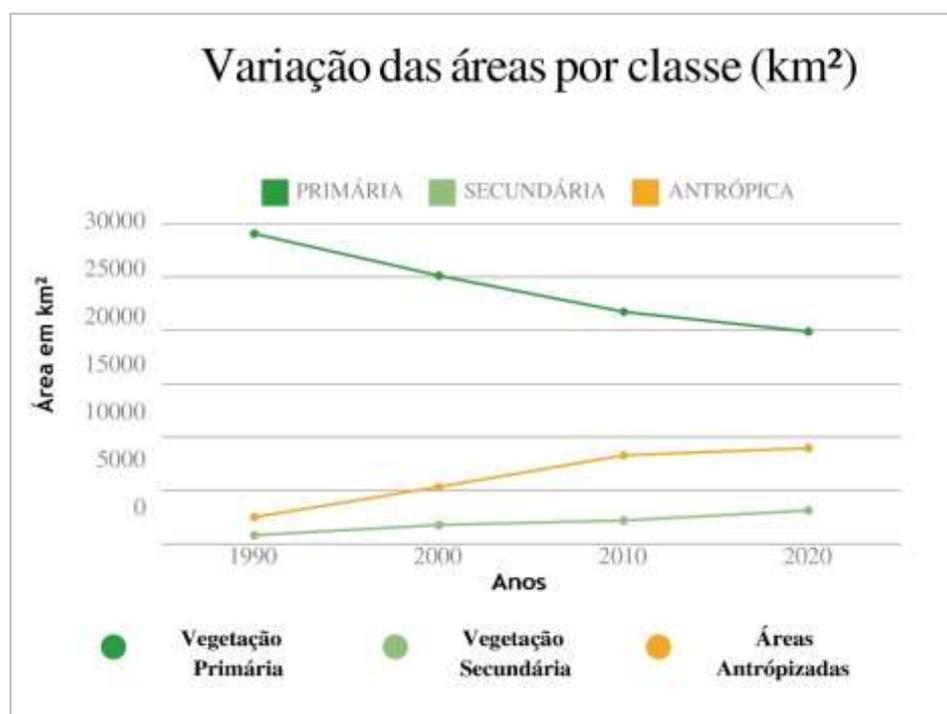
Tabela 4 – Matriz de transição com vegetação nas bacias analisadas de 1990 a 2020

Classes	2020					Total em km <sup>2</sup>
	Vp	Vs	Aa	Fnnf	Ch	
<b>Vp</b>	<b>19881.57</b>	2234.54	6536.72	14.58	376.40	<b>29043.81</b>
<b>Vs</b>	0.18	<b>320.38</b>	482.39	2.56	18.02	<b>823.54</b>
<b>1990 Aa</b>	0.21	538.57	<b>1928.04</b>	1.17	43.16	<b>2511.14</b>
<b>Fnnf</b>	0.03	2.92	0.13	<b>143.98</b>	41.30	<b>188.35</b>
<b>Ch</b>	0.27	35.71	21.55	151.17	<b>2082.66</b>	<b>2291.35</b>
<b>Total em km<sup>2</sup></b>	19882.25	3132.12	8968.84	313.46	2561.54	<b>34.858.20</b>

Fonte: Autor

Ao realizar um balanço geral da análise do uso e cobertura da terra, nossos resultados mostraram que as quatro Ottobacias, possuem um forte reflexo de alguns fatos ocorridos na Amazônia e região, desde as décadas de 60. Alguns municípios do Pará apresentam influência bem expressivas das práticas humanas nos períodos estudados, principalmente com a abertura da rodovia da Transamazônica, BR – 230 e implantação do empreendimento hidrelétrico (Poccard-Chapuis, 2004a, Chav; Barros; Fabré, 2008; Montoya; Lima; Adami, 2018; Diniz *et al.*, 2018, Souza; Santana; Amorim, 2020).

Figura 4 - Gráfico de taxa de alterações de uso das classes Vegetação Primária; Secundária e Antrópico



Fonte: Autor

Observamos que a classe Vegetação Primária (Vp), dentre as classes investigadas, obteve a maior perda de áreas nas Ottobacias, substituída em grande proporção pela antropização (Figura – 4). Vários trabalhos apresentam que locais no Norte, incluindo a região sudoeste paraense, apresentou um crescimento no desmatamento, desde os anos 90 a 2000, o que corrobora com as nossas análises na primeira década. (Carvalho; Magalhães; Domingues, 2016). Uma das possíveis razões para esse crescimento pode ser a ampliação de algumas práticas humanas como a pecuária, agricultura, exploração florestal, além da implantação de indústrias extrativistas (Oliveira; Piffer, 2023).

Por consequência as áreas antropizadas tiveram, nas duas primeiras décadas, um aumento considerável. Historicamente, pode ser explicado, também, pelo intenso investimento nas malhas de estradas, pavimentação de rodovias e práticas pecuaristas, visto que dentre outras atividades, alcançou um melhor desempenho. Isso por ter se mostrado uma atividade bem sucedida economicamente, seguida do uso livre de terras públicas, acréscimo do valor da carne, além do controle da febre aftosa (1992 a 2001), favorecendo a ação pecuarista (Poccard-Chapuis, 2004a; Diniz *et al.*, 2018; Oliveira; Piffer, 2023).

Houve um maior impulso quando ocorreu uma forte busca internacional da carne bovina, conseqüentemente, um avanço da expansão da conversão das áreas naturais para introdução de pastagem (Poccard-Chapuis, 2004a; Rivero *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2019; Poccard-Chapuis *et al.*, 2020b). Outro motivo que pode esclarecer a extensa modificação no uso da terra, são aplicações para a implantação de assentamentos da reforma agrária (Diniz *et al.*, 2018; Farias *et al.*, 2018).

Segundo dados publicados pelo monitoramento do INPE, a partir do programa de monitoramento desflorestamento da Amazônia Legal – PRODES, o ano mais desmatado foi o ano de 1995, porém o ano seguinte, 1996, teve uma intensa fiscalização na floresta ocasionando em apreensões e multas (Inpe, 1997). Um efeito parecido aconteceu anos posteriores, em que 2004 ocorreu um grande pico do desmatamento (Inpe, 2022). No entanto, no mesmo ano (2004), houve a criação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal (PPCDAm), o que resultou na queda no percentual de desmatamento nos anos seguintes (Brasil, 2023). Que pode ser a razão não só do declínio do desmatamento, mas, também, do crescimento das áreas de Vegetação Secundária, até o ano de 2020.

As regiões do médio Xingu, entre os anos de 2001 a 2013, tinham as atividades pecuaristas predominantes, mais que as lavouras, além de apresentar efeitos inversos, ou seja, enquanto havia um acréscimo das atividades pecuaristas, houve ao mesmo tempo uma queda das lavouras, o que possivelmente pode ser uma das explicações para a diminuição das áreas de Vp, na segunda década (Gonçalves *et al.*, 2016; Siqueira *et al.*, 2023), Vitória do Xingu é um dos municípios que fazem parte do médio Xingu, apresenta a pecuária como uma das principais práticas econômicas do município (Ribeiro; Borges; Pena, 2014, Ribeiro, 2015).

O padrão do uso do solo em três hidrografias (Ambé, Altamira e Panelas), do municípios de Altamira foram analisados e discutido por Costa e Vieira (2022), informou que as três hidrografias possuíam, juntas, 59,72% de desmatamento de sua área total, este estudo afirmou, também, que houve um grande aumento no desflorestamento em 2006, 320 km<sup>2</sup>, desde os anos 2000 (INPE, 2007), além alegar que altamira em 2006 se apresentava ser o 12º município com maior rebanho bovino, atividades que mais influenciaram a cobertura vegetal (Bentes; Bentes; Amin, 2008; Costa; Vieira, 2022).

Desde 2010 a 2020 percebemos que há uma grande mudança espacial na região estudada, principalmente nas áreas ao sul das Ottobacias. Uma das causas pode ser a implementação do empreendimento hidrelétrico (Carvalho; Amaral; Herrera, 2019). Visto que os municípios que mais apresentaram impactos deste projeto, foram justamente as que demonstraram alterações espaciais em nossa pesquisa, corroborando com nossos resultados.

Alguns estudos mostram e justificam alguns dos motivos das conversões em determinados municípios, por exemplo, há pesquisadores que afirmam que Senador José Porfírio, entre 2010 a 2019, foi considerado um dos municípios mais desmatados no país. De forma que havia uma tensão sobre os recursos naturais do município, conseqüentemente um acréscimo contínuo no desmatamento, e também pela grande criação de gado, que aumentou em 56% no município, principalmente entre 2010 a 2018. Desse modo justificando uma mudança drástica na estrutura da espacial da região ao sul das Ottobacias (Moura; Marinho; Veloso, 2021)

No município de Vitória do Xingu, segundo Portela e de Paula, 2020, houve algumas ocorrências de focos de queimada na região, em determinados anos sucedeu baixos focos de queimadas como nos anos de 2011, 2012, 2013, 2014, 2016 e 2018. No

entanto, altos focos ocorreram em 2009, 2011, 2015 e 2017. Desse modo, tendo uma oscilação de foco de queimadas. Mesmo que haja uma certa flutuação dessa atividade, sempre houve foco de queimada, sendo ele baixo ou alto, e quase sempre associados a pastagem, vegetação primária e secundária, justamente as classes que tiveram alguma modificação em nossas análises.

Na região ao centro das Ottobacias, uma parte da bacia do alto Jarauçu, há uma modificação contínua durante os anos. Um estudo revela que uma grande parte do uso do solo da região é designado para o pasto, mostrando que há domínio da pecuária no território. No entanto, com o abandono de locais de pastagem degradadas, para investir em outro espaço, há um avanço de áreas de voçorocas (locais com erosão resultantes principalmente por precipitação em solos desprotegidos) (Silva; Lobato; Alvarez, 2020). Mesmo que tenha ocorrido uma diminuição do desmatamento na última década, o território do alto Jarauçu teve um alto desflorestamento, segundo dados de Silva *et al* (2020), proporção superior a áreas de vegetação nativa em 2017. Além de afirmar que a BR-230 contribuiu, significativamente, visto que, por meio dela é feito o transporte dos produtos desenvolvidos na região.

Percebe-se que, uma boa parcela da cobertura florestal convertida, tornou-se vegetação secundária, sendo bem expressos nos anos de 2010 a 2020, detectamos que boa parte dessas áreas reside em locais afastadas da principal rodovia (Transamazônica), embora que tenha acontecido, essas áreas estão associadas as malhas de estradas que dão acesso a principal rodovia, entende-se que essas áreas passaram por três tipos de uso, vegetação primária, antrópico e vegetação secundária, cenário parecido e já discutido por Paula, Escada e Ortiz (2022) na bacia do Rio Curuá-Una, área com influência da Br-163 e Br-230.

Possivelmente um dos fatos, que possa ter contribuído para a diminuição da exploração e devastação da cobertura vegetação e acréscimo de vegetação secundária, dos anos, mais principalmente ao longo das décadas, estudadas, pode ter sido o surgimento de áreas proteção, as Reserva Extrativista (Resex- RDS), na região, como: a Resex Verde Para Sempre (criada em 08 de novembro de 2004), RDS Vitória de Souzel (criada em 17 de junho de 2016) e Refúgio de Vidas Silvestre Tabuleiro do Embaubal (20 de junho de 2016) (Socioambiental, 2021a; 2021b). Outro motivo que pode ter auxiliado na redução do desmatamento foi o reconhecimento e homologação de mais áreas

indígenas, como as terras dos povos Juruna km 17 (30 de abril de 2015), Araras da volta grande do Xingu (20 de abril de 2015) (Socioambiental, 2021c; 2021d).

Uma outra explicação plausível, para a redução da extração de cobertura vegetal e um aumento na vegetação secundária, foi a criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Esse registro eletrônico reconhecido nacionalmente, elaborado pelo novo Código Florestal, em 25 de maio de 2012 (Brasil, 1970a; Brasil, 2012b), de forma com que houvesse um bom crescimento de *Vs* nas *Ottobacias*.

## **2.4 Considerações Finais**

A exploração e os grandes investimentos na Amazônia, incluindo ocupação territorial, crescimento econômico e construção de rodovias pelo governo, resultaram em significativas perdas de cobertura vegetal ao longo dos anos. Essas mudanças afetam os ecossistemas, influenciando fatores abióticos e organismos. O sensoriamento remoto é fundamental para monitorar essas áreas, fornecendo dados que auxiliam na detecção de crimes ambientais e na implementação de projetos de mitigação. Além disso, políticas como o código florestal, áreas de proteção ambiental e reconhecimento de territórios indígenas desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade e na proteção dos ecossistemas locais. Estudar áreas próximas a grandes rodovias é essencial para compreender os impactos sociais, econômicos e ambientais, e pesquisas ecológicas se beneficiam desses estudos para entender a dinâmica dos ecossistemas ao longo do tempo.

## **Agradecimentos**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado. Ao Laboratório de Insetos Aquáticos do Xingu-LEIA-X e ao grupo de pesquisa AquaXingu.

## Referências

AIRES, Adriano de Araújo *et al.* Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN. **Revista Geama**, v. 7, n. 3, p. 67-76, 2021.

ALBERT, James S. *et al.* Human impacts outpace natural processes in the Amazon. **Science**, v. 379, n. 6630, p. eabo5003, 2023.

ALDWAIK, Safaa Zakaria; PONTIUS JR, Robert Gilmore. Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. **Landscape and Urban Planning**, v. 106, n. 1, p. 103-114, 2012.

ALLAN, J. David; CASTILLO, Marí M. An introduction to fluvial ecosystems. **Stream Ecology: Structure and function of running waters**, p. 1-12, 2007.

ALMEIDA, Cláudio Aparecido de *et al.* High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, v. 46, p. 291-302, 2016.

ALMEIDA, Claudio Aparecido de *et al.* Metodologia utilizada nos sistemas prodes e deter. 2. ed. atualizada. **CEP**, v. 12, p. 010, 2022.

ALTAMIRA está no topo da lista das cidades que mais desmatam no Pará. **Confirma Notícia**, 2023. Disponível em: <https://www.confirmanoticia.com.br/noticia/19217/altamira-esta-no-topo-da-lista-das-cidades-que-mais-desmatam-no-para>. Acesso em 7 de abril de 2023.

ARAÚJO, Kleiton R. de *et al.* Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations and emission in the newly constructed Belo Monte hydropower complex in the Xingu River, Amazonia. **Biogeosciences**, v. 16, n. 18, p. 3527-3542, 2019.

ARAUJO, Ligia Martins Alexandre de; SILVA, Tânia Maria Vieira da; NASCIMENTO, Erika Regina Prado do. Análise dos focos de calor em áreas florestais ao longo do arco do desflorestamento. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais[...]**. Florianópolis, Brasil: INPE, 2007. p. 4421-4423.

AZEVEDO, Laízy de Santana; BARBOSA, Leonardo Carlos. Estudo do índice de vegetação e temperatura da superfície terrestre na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu (PA) utilizando o Google Earth Engine. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 244-256, 2020.

AMARAL, Marilu; VALE, Rúbia Camila. Biodiversidade e mudanças climáticas: um olhar sobre a Amazônia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

AMIGO, Ignacio. When will the Amazon hit a tipping point?. **Nature**, v. 578, n. 7796, p. 505-508, 2020.

AMORIM, Ismael Alves; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Mudança de paisagem na mesorregião Sudeste Paraense: coevolução com a pecuária bovina e os projetos de assentamentos. **Boletim de Geografia**, v. 40, p. 186-e62277, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Topologia hídrica**: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos: versão 1.11. 2006.

ARAÚJO, A. N. *et al.* Relação entre desmatamento e percepção ambiental dos produtores rurais no município de Pacajá-Pará. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 1, p. 1-14, 2016.

ARAÚJO, FM de; FERREIRA JR, L. G.; SANO, Edson Eyji. Proporção de cobertura vegetal antrópica no bioma Cerrado conforme diferentes níveis de Ottobacia. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal, Brasil, INPE, 2009. p. 2277-2283.

ASSUNÇÃO, Suelene Santana *et al.* Sistema de informação ambiental como ferramenta para preservação da Amazônia: atuação do Sistema Deter. **Informação & Informação**, v. 26, n. 3, p. 125-156, 2021.

AYRES, José Márcio; BEST, Robin. Estratégias para a conservação da fauna amazônica. **Acta amazônica**, v. 9, p. 81-101, 1979.

BANKS-LEITE, Cristina *et al.* The macroecology of landscape ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, 2022.

BENTES, E. S.; BENTES, L. S.; AMIN, M. M. Perfil dos municípios paraenses líderes do desmatamento. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL - Amazônia e Fronteiras do Conhecimento, 2008, Belém. **Anais[...]**. Belém: UFPA. NAEA - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - 35 ANOS Universidade Federal do Pará, 2008.

BORGES, Vinícius Silva; OLIVEIRA, Wellington Nunes de. Análise multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 17, n. 1, p. 79-93, 2021.

BRASIL, Leandro Schlemmer *et al.* Elements of metacommunity structure in Amazonian Zygoptera among streams under different spatial scales and environmental conditions. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 9, p. 3190-3200, 2017.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.106, de 16 de junho de 1970**. Cria o Programa de Integração Nacional, altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas na parte referente a incentivos fiscais e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1970. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm).

BRASIL. **Decreto-Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1106.htm). Acesso em: 16 de fev. 2024.

BRASIL. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal** – PPCDAm, 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt->

br/assuntos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/amazonia-ppcdam-1. Acesso em: 10 jan. 2023.

BROVKIN, Victor *et al.* Role of land cover changes for atmospheric CO<sub>2</sub> increase and climate change during the last 150 years. **Global Change Biology**, v. 10, n. 8, p. 1253-1266, 2004.

CARNEIRO, Francimary da Silva *et al.* Dinâmica do desmatamento ilegal ocorrido em onze anos no estado do Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e21311728308-e21311728308, 2022.

CARVALHO, Gleiciely Barroso; AMARAL, Marcio Douglas Brito; HERRERA, José Antônio. A reprodução urbana em Altamira-Pará: uma análise dos reassentamentos urbanos coletivos-2016. **Geografia**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 101-121, 2019.

CARVALHO, Terciane Sabadini; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 46, p. 499-531, 2016.

CARVALHO, William D. *et al.* Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 122-130, 2019.

CASIMIRO, Pedro Cortesão. Uso do solo—ecologia da paisagem, perspectivas de uma nova abordagem do estudo da paisagem em geografia. **Revista GeoInova**, v. 2, n. 4, p. 1-18, 2000.

CASTELO, Thiago Bandeira; ALMEIDA, Oriana Trindade de. Desmatamento e uso da terra no Pará. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 99-111, 2015.

CASTILHOS, Zuleica Carmen; BUCKUP, Paulo Andreas. (ed.). **Ecorregião aquática Xingú-Tapajós**: aquírios Xingú-Tapajós. Rio de Janeiro: CETEM, 2011.

CHAV, Maria do Perpetuo Socorro; BARROS, José Fernandes; FABRÉ, Nídia Noemi. Conflitos socioambientais e identidades políticas na Amazônia. **Achegas. net**, n. 37, p. 42-57, 2008.

CIDADES, Marabá; Medicilândia, Amazonia; CITIES, Marabá. A influência do governo federal sobre cidades na Amazônia: os casos de Marabá e Medicilândia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 12, n. 1, p. 161-192, 2009.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Altamira**. 2020. Disponível online: Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/para/altamira-43955/>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

CORDEIRO, Iracema Maria Castro Coimbra; ARBAGE, Marcelo José Cunha; SCHWARTZ, Gustavo. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. *In*: CORDEIRO, Iracema Maria Castro Coimbra *et al.* **Nordeste paraense**: panorama geral e uso sustentável das lorestas secundárias. Belém-PA: ADUFRA, 2017. cap.1.

COSTA, Iluany da Silva; VIEIRA, Thiago Bernardi. O padrão de uso do solo em três bacias hidrográficas da zona urbana de Altamira-PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 95-109, 2022.

COUTINHO, Leopoldo. **Biomass brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

DAMAME, Desiree Baldin; LONGO, Regina Marcia; DE OLIVEIRA, Everton Dias. Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas, São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2019.

CARVALHO, Wesley dos Santos; MAGALHÃES FILHO, Fernando Jorge Corrêa; SANTOS, Thayene Lima dos. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15280-15300, 2021.

DIAS-SILVA, K.; BRASIL, L. S.; JUAN, L.; CABETTE, H. S. R.; COSTA, C. C.; FREITAS, P. V.; MARCO, P. de. Influence of Local Variables and Landscape Metrics on Gerromorpha (Insecta: heteroptera) assemblages in savanna streams, Brazil. *Neotropical Entomology*, [S.L.], v. 49, n. 2, p. 191-202, 27 Jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-019-00748-8>. Acesso em: 21 nov. 2020.

DINIZ, Marcelo Bentes *et al.* Dinâmica de curto prazo do desmatamento da Amazônia Legal: análise do papel das políticas públicas no período de 2000 a 2010. **Economia Aplicada**, v. 22, n. 4, p. 177-206, 2018.

DUTRA, Vítor Abner Borges *et al.* Dinâmica da paisagem e fragmentação de ecossistemas em três bacias hidrográficas na Amazônia Oriental entre 1985 e 2019. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 2, p. 936-949, 2023.

EMATER-PARÁ, PROATER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará**. Belém: Secretária de Desenvolvimento Agropecuário e Pesca – SEDAP/PA, ano. Disponível em: <https://www.emater.pa.gov.br/storage/app/media/PROATER2020/01%20Proater%20Municipal%202020%20Altamira.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.

FARIAS, Monique Helen Cravo Soares *et al.* Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. **Mercator**, Fortaleza, v. 17, p. e17009, 2018.

FARINA, Flávia C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. **Cadernos EBAPE. br**, v. 4, p. 01-13, 2006.

FEARNSIDE, Philip M. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. **Floresta Amazônica**, v. 10, n. 2, p. 21, 2022.

FEARNSIDE, Philip Martin. Quantificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 12, 2008.

FERREIRA, Antonia MM; SALATI, Enéas. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, v. 19, p. 25-44, 2005.

GONÇALVES, Amanda Cristina Oliveira *et al.* **Médio Xingu**. [S.l.: s.n.], 2016.

GONZAGA, Claudio Angelo Correa *et al.* Sensoriamento remoto e o monitoramento da degradação florestal por entidades governamentais do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e28811528323-e28811528323, 2022.

GORELICK, Noel *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

GUEDES, Gilvan R. *et al.* Poverty dynamics, ecological endowments, and land use among smallholders in the Brazilian Amazon. **Social Science Research**, v. 43, p. 74-91, 2014.

GUILHERME, Adriano Pereira *et al.* Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 515-525, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>, last access in: 12 July 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA– IBGE. **Divisão territorial Brasileira** 2016. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/mapas\\_para\\_fins\\_de\\_levantamentos\\_estatisticos/censo\\_demografico\\_2010/mapas\\_municipais\\_estatisticos/pa/altamira\\_v2.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/censo_demografico_2010/mapas_municipais_estatisticos/pa/altamira_v2.pdf). Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **A geografia do café.** 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99002.pdf>. 10 jan. de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. Coordenação Geral de Observação da Terra. Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas. Desmatamento – Amazônia Legal – Disponível em: <https://terrabilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 03 de abril de 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Estimativa de desmatamento na Amazônia Legal para 2022.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/estimativadedesmatamento-a-amazonia-legal-para-2022-e-de-11-568-km2>. Acesso em: 29 de dezembro de 2024

JUEN, L. *et al.* Effects of oil palm plantations on the habitat structure and biota of streams in Eastern Amazon. **River Research and Applications**, v. 32, n. 10, p. 2081-2094, 2016.

LAPOLA, David M. *et al.* The drivers and impacts of Amazon Forest degradation. **Science**, v. 379, n. 6630, eabp8622, 2023.

LEMOS, Natasha Sousa Araujo; WARNAVIN, Larissa. Reflexões preliminares sobre o uso e ocupação de território no contexto da Amazônia brasileira. **Caderno Intersaberes**, v. 9, n. 20, 2020.

LIMA, Mirelle Tainá Vieira; BEZERRA, Antônio Erivando; OLIVEIRA, Carlos Wagner. Estimativa da temperatura média do ar no Estado do Ceará por meio do sensoriamento remoto. **Revista Equador**, v. 9, n. 2, p. 01-18, 2020.

MALONEY, Kelly O. *et al.* Landuse legacies and small streams: identifying relationships between historical land use and contemporary stream conditions. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 27, n. 2, p. 280-294, 2008.

MAPBIOMAS. **Deforestation and secondary vegetation**: appendix. Collection 6. 2021. Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Deforestation\\_\\_\\_Secondary\\_Vegetation\\_Appendix\\_-\\_ATBD\\_Collection\\_6\\_v2.docx.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Deforestation___Secondary_Vegetation_Appendix_-_ATBD_Collection_6_v2.docx.pdf). Acesso em: 24 out. 2022.

MIRANDA NETO, José Queiroz de; HERRERA, José Antônio. Expansão urbana recente em Altamira (PA): novas tendências de crescimento a partir da instalação da UHE Belo Monte. **Ateliê Geográfico**, v. 11, n. 3, p. 34-52, 2017.

MONTOYA, A. V.; LIMA, A.; ADAMI, M. Mapeamento e Análise Temporal da Paisagem no Entorno do Reservatório de Tucuruí-PA. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 2, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/28625/15839>. Acesso em: 20 dezembro. 2023.

MOTA, Fernanda *et al.* Google Earth Engine e sua aplicabilidade na gestão de recursos hídricos. *In*: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS, 11., 2020, Porto Alegre. **Anais[...]**. Porto Alegre: SBC, 2020. p. 161-170.

MOURA, Valdinei Mendes; MARINHO, José Antônio Magalhães; VELOSO, Gabriel Alves. Dinâmica de Uso da Terra em Senador José Porfírio-PA, Amazônia Oriental. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 3, n. 02, p. 74-95, 2021.

NASCIMENTO, Ana Caroline; ARAÚJO, Kleiton; DIAS-SILVA, Karina. Variação espaço-temporal e correlatos das variáveis limnológicas do rio Xingu a montante da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Altamira-PA. **Enciclopedia Biosfera**, v. 18, n. 36, 2021.

NASCIMENTO, Marcos Guedes do; MENEZES, Raimundo Aprígio de; SOUZA, Bruno César Bezerra Nóbrega de. Modelagem de previsão de acúmulo de água pluvial para reserva técnica de incêndio pela utilização de bases de dados de sensoriamento remoto por satélite. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 21, p. 255-271, 2022.

NOBRE, Carlos A.; SAMPAIO, Gilvan; SALAZAR, Luis. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

OLIVEIRA, Assis da Costa. Consequências do neodesenvolvimentismo brasileiro para as políticas públicas de crianças e adolescentes: reflexões sobre a implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. **Revista de Políticas Públicas**, v. 17, n. 2, 2013.

OLIVEIRA, João Paulo Camilo de *et al.* A utilização inadequada do solo e seus impactos na degradação das áreas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e35101219948-e35101219948, 2021.

OLIVEIRA, M.J. de; VECCHIA, Francisco. A controvérsia das mudanças climáticas e do aquecimento global antropogênico: consenso científico ou interesse político. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 5, p. 946-962, 2009.

OLIVEIRA, Thiago José Arruda de; PIFFER, Moacir. Do Sudeste da Amazônia Legal ao Centro Norte: as transformações econômicas espaciais. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 19, p. 164-178, 2023.

PARÁ **G1. Globo**, 08 de julho de 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2022/07/08/para-tem-cinco-entre-os-10-municipios-que-mais-desmataram-na-amazonia-legal-em-junho-diz-inpe.ghtml>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

PARÁ tem cinco entre os 10 município que mais desmataram na Amazônia Legal em junho, diz Inpe. Disponível em: [https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/increments](https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments). Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

PAULA, Danielle Silva de; ESCADA, Maira Isabel Sobral; ORTIZ, Jussara de Oliveira. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra na Amazônia: a expansão da agricultura de larga escala na bacia do Rio Curuá-Una. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 2, p. 379-398, 2022.

PEREIRA, Patrícia Conceição Amaral *et al.* Uso de agrotóxicos em áreas antropizadas da Amazônia Ocidental pela agricultura familiar. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 8, p. 39-45, 2018.

PINHEIRO, Ana Shaura; MUNIZ, Tamires Ferreira. Concessão florestal como instrumento para redução de exploração ilegal madeireira em Unidades de Conservação em Rondônia. **Revista Farol**, v. 8, n. 8, p. 121-142, 2019.

POCCARD-CHAPUIS, René *et al.* Os Territórios de desmatamento na Amazônia. Uma análise geográfica no Estado do Pará. **Confins. Revue Franco-brésilienne de Géographie/Revista Franco-brasileira de Geografia**, n. 48, 2020.

POCCARD-CHAPUIS, René. **Les réseaux de la conquête. Filière bovine et structuration de l'espace sur les fronts pionniers d'Amazonie orientale brésilienne**. 2004. 451f. Tese (Doutorado) - Université de Paris-Nanterre, 2004.

PORTELA, Ulisses Ferreira; DE PAULA, Eder Mileno Silva. Análise espaço-temporal da distribuição dos focos de queimadas no município de Vitória do Xingu-PA (2009-2018). **Revista GeoAmazônia**, v. 8, n. 15-16, p. 121-143, 2020.

RIBEIRO, Ivan Luiz Silva. Uhe belo monte: análise dos impactos socioambientais na agrovila santo antônio, região Xingu-Pará-Amazônia-Brasil. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 8, n. 22, p.1-18, 2015.

RIBEIRO, Priscila dos Santos *et al.* Influência do desmatamento na temperatura do ar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 01, p. 165-176, 2023.

RIVERO, Sérgio *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, p. 41-66, 2009.

RODRIGUES, Hellem Cristina Teixeira *et al.* NDVI e SAVI como ferramentas de monitoramento das modificações no uso e ocupação do solo no sudoeste paraense.

**Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e47611122583-e47611122583, 2022.

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.

ROSA, Roberto. O uso de tecnologias de informação geográfica no Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-17, 2011.

ROSÁRIO, Raimara Reis do *et al.* Uso e ocupação do solo do município de novo progresso no Estado do Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e51210112060-e51210112060, 2021.

ROSCOCHE, Luiz Fernando; VALLERIUS, Daniel Mallmann. Os impactos da usina hidrelétrica de Belo Monte nos atrativos turísticos da região do Xingu (Amazônia-Pará-Brasil). **Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT**, v. 5, n. 3, p. 414-415, 2014.

SANTOS, João Paulo de Oliveira *et al.* Pressões antrópicas em Floresta Tropical Sazonalmente Seca em área suscetível a desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 3, p. 1-14, 2023.

SANTOS, Rodrigo Salles Pereira dos. O projeto neoextrativista e a disputa por bens naturais no território: mineração, direitos e contestação social em torno da terra e da água. **Conflitos no Campo Brasil**, p. 75-87, 2012.

SECRETÁRIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E DE PESCA-SEDAP/PA. **Pará**. 2020. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/sites/default/files/S%C3%ADntese%20Agropecu%C3%A1ria%20-%20Altamira.pdf>. 06 fev. de 2023.

SIDHU, Nanki; PEBESMA, Edzer; CÂMARA, Gilberto. Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. **European Journal of Remote Sensing**, v. 51, n. 1, p. 486-500, 2018.

SILVA, Bruno Aparecido da. Caracterização de variáveis físicas no alto curso da bacia hidrográfica Quatro Pontes, Paraná-Brasil. **Acta Geográfica**, v. 12, n. 28, p. 112-128, 2018.

SILVA, Dolores *et al.* Os desafios socioambientais da construção de hidrelétricas na Amazônia: os casos dos municípios de Tucuruí e Altamira no estado do Pará: os casos dos municípios de Tucuruí e Altamira no estado do Pará. **Campos Neutrais-Revista Latino-Americana de Relações Internacionais**, v. 3, n. 2, p. 31-51, 2021.

SILVA, Maysa Sofia Alves da *et al.* Atuação da fiscalização ambiental no controle e prevenção de queimadas na cidade de Altamira, Pará. **Revista de Educação, Saúde e Ciências do Xingu**, v. 1, n. 5, p.84-92, 2022.

SILVA, Nadson; ARAÚJO, Welitemara; LOBATO, Alexandre; ALVAREZ, Wellington. Uso e ocupação do solo da microbacia alto rio Jarauçú, Brasil Novo-Pa. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, 7., 2020. Boa Vista. **Anais[...]** Boa

Vista: Editora da UFRR, 2020. p.642-648. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339933671\\_USO\\_E\\_OCUPACAO\\_DO\\_SOL\\_O\\_DA\\_MICROBACIA\\_ALTO\\_RIO\\_JARAUCU\\_BRASIL\\_NOVO-PA](https://www.researchgate.net/publication/339933671_USO_E_OCUPACAO_DO_SOL_O_DA_MICROBACIA_ALTO_RIO_JARAUCU_BRASIL_NOVO-PA). Acessado em: 03 janeiro de 2024.

SILVA, Renan de Almeida *et al.* Geoprocessamento aplicado a análise do uso e ocupação da terra e APPS de nascentes no rio Indáia Grande–Chapadão do Sul/Cassilândia/Inocência (MS). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1497–1508-1497–1508, 2012.

SILVA-COSTA, Iluany *et al.* Aquatic and Semiaquatic Heteroptera (Hemiptera: Insecta) Distribution in Streams on the Cerrado–Amazon Ecotone in Headwaters of Xingu River. **Arthropoda**, v. 1, n. 1, p. 11-22, 2022.

SIQUEIRA, Juliana Mota de *et al.* Médio e baixo Xingu: o reflexo da cristalização de diferentes temporalidades na produção do espaço regional. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 19, p. 148-163, 2023.

SMITH, Nigel J.H. Influências culturais e ecológicas na produtividade agrícola ao longo da Transamazônica (). **Acta Amazonica**, v. 7, p. 23-38, 1977.

SOCIOAMBIENTAL, U. C. **Unidades de conservação no Brasil**. 2021a. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/5436>. Acesso: 16 fev, 2024.

SOCIOAMBIENTAL, U. C. **Unidades de conservação no Brasil**. 2021b. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/4247>. Acesso: 16 fev, 2024.

SOCIOAMBIENTAL, U. C. **Unidades de conservação no Brasil**. 2021c. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/4302>. Acesso: 16 fev, 2024.

SOCIOAMBIENTAL, U. C. **Unidades de conservação no Brasil**. 2021d. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/5153>. Acesso: 16 fev, 2024. Acesso em: 16 fev. 2024

SOUZA, Arlesson *et al.* **Metodologia utilizada nos projetos prodes e deter**. São José dos Campos, Brazil: INPE, 2019. 33p.

SOUZA, César Martins de; SANTANA, Nelivaldo Cardoso; AMORIM, Edilane Bezerra. **Princesa do Xingu-PA: educação, sociabilidade e impactos sociais em uma agrovila da Amazônia**. 2020.

SOUZA, Samuel Salin Gonçalves de *et al.* Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra do Município de Moju-PA, utilizando Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2332-2339, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/246159>. Acesso em: 1 de dezembro de 2023.

SOUZA JR, Carlos M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

TAVARES, Maria Goretti da Costa. A Amazônia brasileira: formação histórico-territorial e perspectivas para o século XXI. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 15, n. 2, p. 107-121, 2011.

VIANA, Waleska Ribeiro Caldas da Costa; MORAES, Maria Eugênia Bruck. Bacia do rio Almada (Bahia): criação de cenários ambientais a partir do diagnóstico da fragmentação florestal. *In*: MORAES, Maria Eugênia Bruck de; LORANDI, Reinaldo (orgs.). **Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilheus,BA: UESC, 2016. cap. 2, p. 35-56.

WATRIN, Orlando dos Santos *et al.* Dinâmica do uso e cobertura da terra em Projeto de Desenvolvimento Sustentável na região da rodovia Transamazônica, Pará. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 88-100, 2022.

### **CAPITULO 3 RELAÇÃO DA PROPORÇÃO DE FLORESTA COM A INTEGRIDADE DE HABITAT, VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS, RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE GERROMORPHA EM IGARAPÉS NA REGIÃO TRASXINGU**

#### **Resumo**

Os ecossistemas aquáticos amazônicos estão sob constante pressão devido às atividades humanas, levando à fragmentação de habitats e à deterioração da qualidade da água. Isso resulta na ameaça à biodiversidade aquática, particularmente aos insetos aquáticos, como os Gerromorpha. Este estudo visa avaliar a relação entre a porcentagem de cobertura florestal, a integridade do habitat, variáveis limnológicas e a diversidade de Gerromorpha em igarapés da região Transxingu. Amostras foram coletadas em 20 igarapés nos municípios da região sudoeste do Pará durante o período de estiagem de 2020. Foram identificados 1267 indivíduos, pertencentes a 31 espécies de quatro famílias, sendo a família Vellidae a mais representativa, o gênero *Rhagovelia* mais abundante (824 indivíduos) e a espécie *Stridulivelia tersa* em maior número. O Índice de Integridade de Habitat (HII) mostrou-se eficaz na avaliação dos igarapés. As variáveis limnológicas como condutividade, oxigênio dissolvido e profundidade foram as mais relacionadas aos locais de coleta, com a profundidade apresentando uma associação negativa com a riqueza de Gerromorpha. Embora nenhuma espécie tenha sido identificada como indicadora de habitats preservados ou alterados, houve uma mudança na comunidade ao longo do gradiente ambiental. Esses resultados destacam a importância da conservação da vegetação ripária e da integridade dos ecossistemas aquáticos na região amazônica para a preservação da biodiversidade aquática.

**Palavras-chave:** Altamira, Bioindicadores, Insetos aquáticos, Heteroptera semiaquáticos, Transamazônica.

#### **Abstract**

Amazonian aquatic ecosystems are under constant pressure due to human activities, leading to habitat fragmentation and deterioration in water quality. This results in a threat to aquatic biodiversity, particularly aquatic insects such as Gerromorpha. This study aims to evaluate the relationship between the percentage of forest cover, habitat integrity, limnological variables and the diversity of Gerromorpha in streams in the Transxingu

region. Samples were collected in 20 streams in municipalities in the southwestern region of Pará during the 2020 dry period. 1267 individuals were identified, belonging to 31 species from four families, with the Vellidae family being the most representative, the *Rhagovelia* genus being the most abundant (824 individuals) and the species *Stridulivelia tersa* in greater numbers. The Habitat Integrity Index (HII) proved to be effective in evaluating streams. Limnological variables such as conductivity, dissolved oxygen and depth were the most related to collection sites, with depth showing a negative association with Gerromorpha richness. Although no species were identified as indicators of preserved or altered habitats, there was a shift in the community along the environmental gradient. These results highlight the importance of conserving riparian vegetation and the integrity of aquatic ecosystems in the Amazon region for the preservation of aquatic biodiversity.

**Keywords:** Altamira, Bioindicators, Aquatic insects, Semiaquatic Heteroptera, Transamazônica.

### 3.1 Introdução

Os ecossistemas aquáticos têm sido constantemente impactados mundialmente, em decorrência das atividades antropogênicas (Allan; Castillo, 2007; Dudgeon, 2019). Essa realidade não é diferente no bioma amazônico, onde a mudança de uso da terra causa fragmentação de habitats e alteração da qualidade dos ecossistemas aquáticos, tais como mudanças na disponibilidade de substrato, abastecimento de recursos alóctones e alterações no leito destes cursos d'água (Juen *et al.*, 2016; Leitão *et al.*, 2018, Dalla-Corte *et al.*, 2020).

Os igarapés são ecossistemas ricos em biodiversidade, tanto para organismos vegetais (macrófitas) (Carmo *et al.*, 2023), vertebrados (peixes) (Freitas; Siqueira-Souza, 2009; Colares *et al.*, 2022), quanto para invertebrados (insetos aquáticos) (Dias-Silva *et al.*, 2010; Hamada *et al.*, 2014; Robayo *et al.* 2015; Guterres; Cunha; Juen, 2021). No entanto, com o aumento da perda de vegetação prístina próximo ou no entorno dos ambientes aquáticos, a biodiversidade aquática tem sido ameaçada (Dias-Silva *et al.*, 2010). Nas últimas décadas, principalmente no norte do Brasil, com a ampliação de áreas urbanas, estradas, agricultura, pecuária e, recentemente, extração de minério, impactam e alteram significativamente a paisagem e o ecossistema desses ambientes (Marques *et al.*, 2007; Couceiro *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2017; Fearnside, 2022).

Os ecossistemas aquáticos, em decorrência das ações antrópicas, perdem constantemente sua qualidade, devido a alterações nas variáveis limnológicas o que consequentemente interfere na dinâmica dos ecossistemas hídricos e nas comunidades aquáticas, aumenta a perda da biodiversidade, em especial de insetos aquáticos (Allan, 2004). Estes insetos têm sido utilizados como bioindicadores de qualidade de habitat, devido a sensibilidade às mudanças ambientais (Voelz; McArthur, 2000; Shimano; Salles; Cabette, 2011; Nogueira *et al.*, 2011; Brasil; Juen; Cabette, 2014; Juen *et al.*, 2014; De Faria *et al.*, 2017; Ilha; Rosso; Schiesari, 2019; Leal *et al.*, 2020).

Esses organismos executam funções essenciais nos ecossistemas hídricos, como por exemplo, a fragmentação de matéria orgânica (Cruz; Faria; Juen, 2022), além de fazerem parte da dieta de outros organismos, como na dieta de grande parte dos percevejos aquáticos (subordem: Heteroptera), esses organismos são indivíduos predadores, e controladores de populações de outras espécies (Dias-Silva *et al.*, 2010; Hamada *et al.*, 2014; Brasil; Vilela, 2019; Silva-Costa *et al.*, 2022).

Heteroptera é um grupo de insetos aquáticos, que são classificados em sete infraordens, entre as infraordens aquáticas estão os Leptopodomorpha, que vivem nas proximidades dos corpos d'água, Nepomorpha (aquáticos) e Gerromorpha (semiaquáticos) e apresentam uma relação forte com a vegetação ripária (Hamada *et al.*, 2014; Dias-Silva *et al.*, 2010; Guterres *et al.*, 2020; Silva-Costa *et al.*, 2022; Brasil *et al.*, 2022). A infraordem Gerromorpha caracterizados como semiaquáticos, (encontrados na lâmina d'água nos corpos hídricos) esse grupo possui uma ampla variedade de características morfológicas e encontrados em vários microhabitat, assim dependem da heterogeneidade do ambiente. Portanto, são organismos que vêm sendo utilizados em avaliação de impactos ambientais, devido a sua resposta à variáveis ambientais, pois efeitos antrópicos modificam a composição, riqueza e abundância desse grupo (Cunha; Montag; Juen, 2015; Guterres; Cunha; Juen, 2021; Brasil *et al.*, 2022).

A maioria dos ecossistemas aquáticos na região da Transamazônica, está sob intensa pressão antrópica. Há conversão de áreas naturais para pastagem, agricultura, mineração e criação de hidrelétricas, efeitos com interferências excessivas que modificam as características naturais do meio natural, prejudicando os organismos e a população humana que depende deste recurso (Marques *et al.*, 2007; Couceiro *et al.*, 2007; Silva; Silva, 2020; Watrin *et al.*, 2022). Nesta região da Transamazônica, esses impactos alteram a estrutura física e química nesses igarapés e causam a redução da biodiversidade dos

organismos aquáticos (Dudgeon *et al.*, 2006). Devido a essa desestruturação ocorre a redução na riqueza e mudança na composição dos Gerromorpha, onde espécies mais sensíveis tem sua abundância reduzida, as raras são extintas localmente e aquelas com plasticidade ambiental ou generalistas aumentam sua abundância. Essa redução da riqueza e mudança na composição de Gerromorpha leva ao comprometimento dos serviços ecossistêmicos prestados por esses organismos, pois sabe-se que são predadores, mas ainda não se sabe exatamente o que esses organismos predam, e também serve de alimento para outros organismos.

### 3.2 Objetivo Geral

- ❖ Avaliar relação de porcentagem de floresta com a integridade de habitat, variáveis limnológicas, riqueza e composição de Gerromorpha em igarapés na região Transxingu.

### 3.3 Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar a porcentagem de floresta em torno das áreas de igarapés na região da Transxingu;
- ❖ Avaliar a relação da porcentagem e floresta com a integridade de habitat (HII) e as variáveis limnológicas;
- ❖ Relacionar porcentagem de floresta, integridade de habitat (HII) e variáveis limnológicas com a riqueza e composição de Gerromorpha.

### 3.4 Hipótese

- ❖ Igarapés com pouca porcentagem de vegetação ripária apresentarão baixos valores de integridade de habitat. Haverá uma relação negativa da porcentagem de vegetação ripária com a temperatura da água. E conseqüentemente uma relação positiva da porcentagem de vegetação ripária com a riqueza de Gerromorpha.

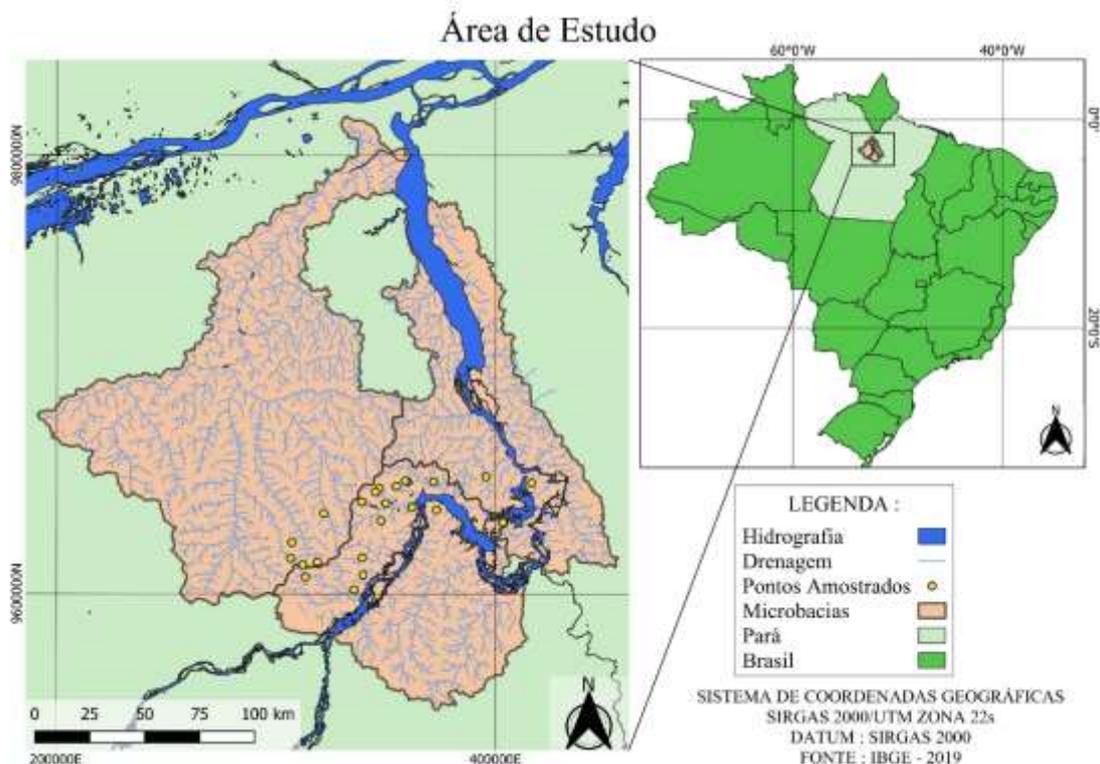
### 3.5 Material e Métodos

#### *Área de estudo*

As coletas foram realizadas em 20 igarapés nos municípios Altamira, Brasil Novo e Vitória do Xingu, na região sudoeste do Pará (Figura 1). Entre os meses de setembro à outubro de 2020, período de seca na região amostrada, onde os igarapés estão mais estáveis para a permanência da fauna (Dias-Silva *et al.*, 2010; Dias-Silva *et al.*, 2020;

Cunha; Montag; Juen, 2015; Guterres; Cunha; Juen, 2021). Esses municípios estão localizados no arco de desmatamento.

Figura 1 - Mapa de localização dos 20 igarapés amostrados na Transxingu.



Fonte: Autor.

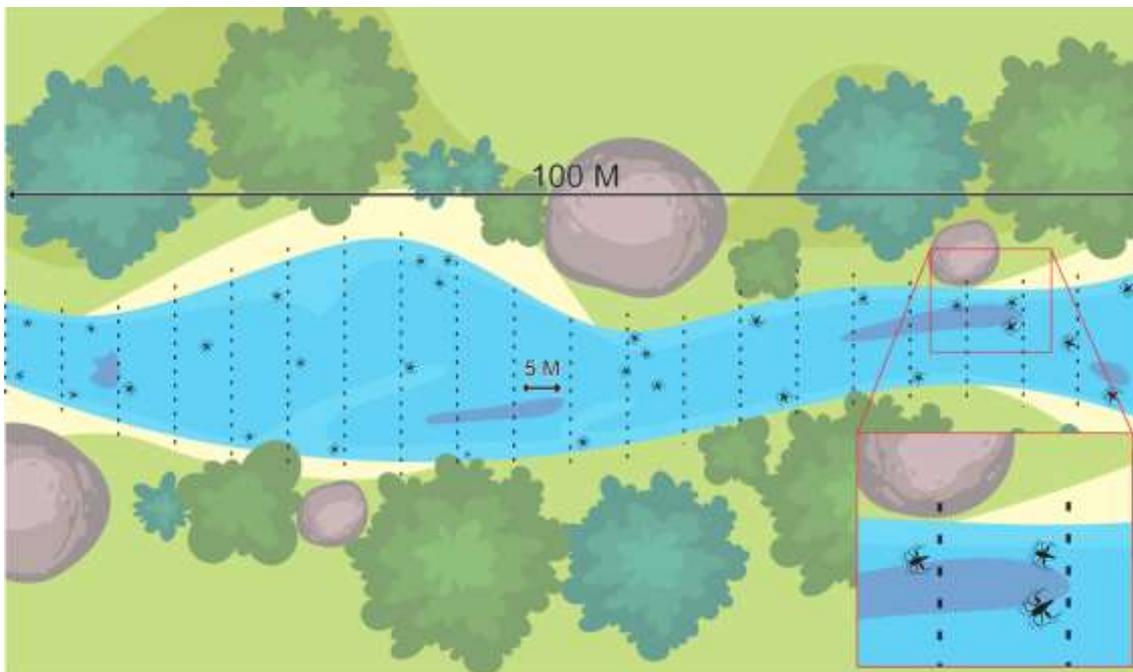
A região possui clima tropical, segundo a classificação Köppen-Geiger, do tipo Am, possui períodos de seca de junho a novembro e estações chuvosas de dezembro a maio (Climate-Data.Org., 2020; Inmet, 2017; Araújo *et al.*, 2019; Nascimento; Araújo; Dias-Silva, 2021).

### ***Amostragem de Gerromorpha***

Em cada igarapé foi demarcado transectos de 100 metros de comprimento, divididos em 20 segmentos de 5 metros cada (Figura 02). As amostragens dos indivíduos de Gerromorpha foram realizadas com auxílio de um coador (18 cm de diâmetro e 1 mm de tamanho de malha) (Cabette *et al.*, 2010; Dias-Silva *et al.*, 2010). O material coletado foi triado ainda em campo, conservado em álcool 85%. A identificação taxonômica foi realizada com auxílio de equipamentos como lupas e chaves dicotômicas especializadas para o grupo (Nieser; Melo, 1997; Hamada *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2018; Moreira;

Barbosa, 2014; Rodrigues; Melo; Ferreira-Keppler, 2014; Floriano; Moreira; Bispo, 2017; Magalhães *et al.*, 2016; Magalhães *et al.*, 2019).

Figura 2 - Transecto do protocolo de coleta de insetos aquáticos.



Fonte: Laboratório de ecologia de insetos aquáticos - LEIA-X (ano).

### ***Análise de integridade de habitat (HII)***

Para avaliar a integridade do habitat em cada igarapé, foi aplicado o Índice de Integridade do Habitat (HII) descrito por Nessimian *et al.* (2008). Que é baseado no protocolo de Petersen (1992). O protocolo de Nessimian possui 12 itens relacionados à estrutura física do igarapé, em que cada um possui de quatro a seis opções de parâmetros de integridade de habitat (Anexo I). Todos os itens possuem o mesmo peso, pois, a análise é efetuada da seguinte forma: valores dos observados serão padronizados em relação ao valor máximo de cada item (Nessimian *et al.*, 2008).

Para determinar o HII houve análise da largura da mata ciliar e seu estado de conservação em uma faixa de 50 m. Características dos barrancos, heterogeneidade ao longo do igarapé em relação ao tipo de substrato, mecanismo de retenção no leito do igarapé, presença corredeiras e poções, tipos de plantações anexada à vegetação ribeirinha (Nessimian *et al.*, 2008; Nogueira; Cabette; Juen, 2011; De Oliveira Junior *et al.*, 2013; Juen *et al.*, 2014; Silva-Costa *et al.*, 2022).

### ***Amostragem das Variáveis limnológicas***

As variáveis limnológicas pH (potencial Hidrogeniônico), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}$ ) e turbidez (NTU) foram medidas com auxílio de uma sonda multiparâmetro Horiba U50. Largura (m) e profundidade (m) de cada igarapé foram mensuradas com uma trena métrica.

### ***Métricas de proporção de cobertura vegetal***

Foram usados buffers circulares, de 150m (Figura 7), no entorno dos pontos de coleta que englobam a extensão do igarapé e assim pudéssemos analisar a perda das áreas de vegetação em dimensões espacial e analisar os valores, se havia distinção de cobertura vegetal nas áreas amostradas. Usamos a base de dados do Mapbiomas, em que unimos as classes primária e secundária, depois reclassificamos o raster, definimos os sistemas de coordenadas para os pontos (UTM 22s) e geramos os resultados para cada buffer (Anexo II) (Hesselbarth *et al.*, 2019), os dados foram obtidos em 2023.

### ***Análises de dados***

Para caracterizar e correlacionar os pontos amostrais com as variáveis limnológicas mais importantes, foi realizado uma Análise de Componentes Principais (PCA), com a função *prcomp*. Para isso padronizamos as variáveis com a função *decostand* e utilizamos como critério de seleção *broken stick* na escolha dos eixos com maior porcentagem de explicação para a elaboração do gráfico do tipo biplot (Legendre E Legendre, 2012; Bini, 2004).

Após análise de PCA, realizamos *Forward selection*, que selecionou as variáveis limnológicas, que melhor apresentaram relação com a composição de Gerromorpha. Em seguida as variáveis ambientais selecionadas foram usadas para realizar uma análise de redundância (RDA), em que padronizamos (variáveis ambientais) e logaritimizamos (as variáveis biológicas) de nossos dados com a função “*rda*” para saber quais das variáveis estão relacionadas a quais espécies de Heteroptera (Blanchet *et al.*, 2008). Usou-se uma regressão linear múltipla (Zar, 2010), com as variáveis que mais contribuíram na PCAe relacionando com riqueza de Heteroptera.

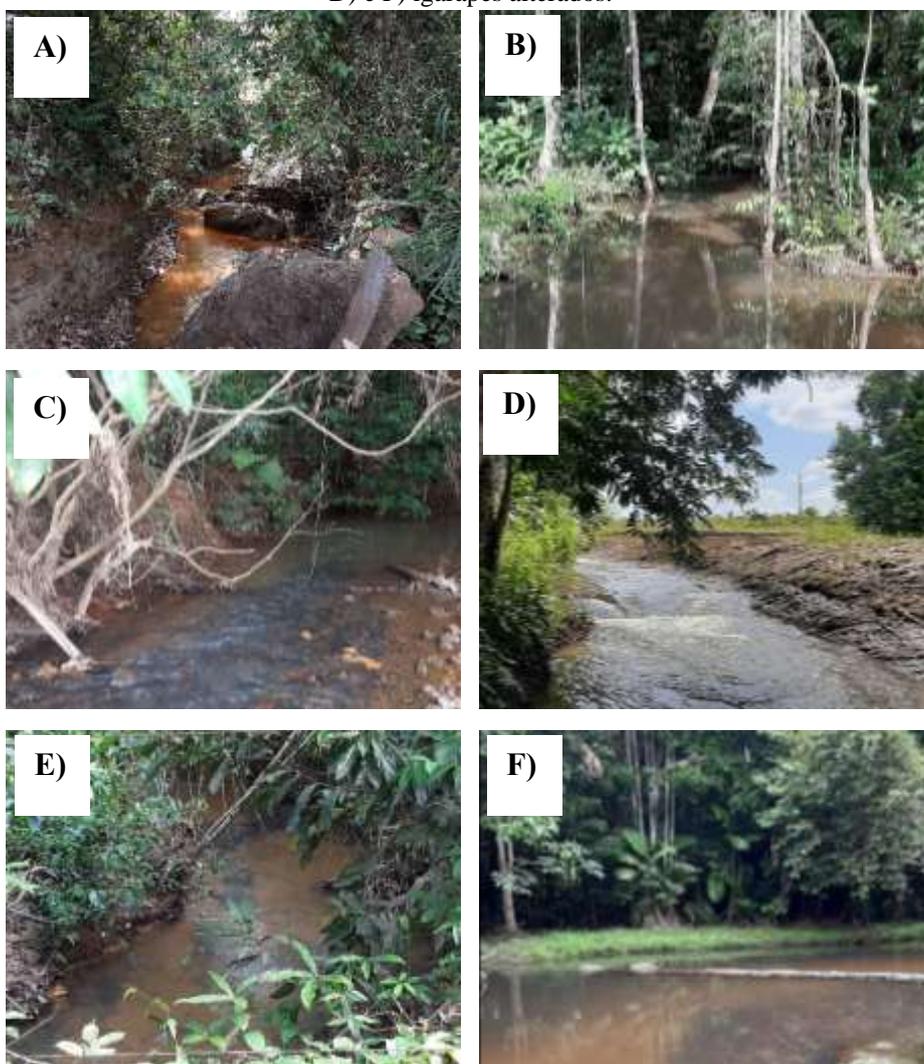
## **3.6 Resultados**

### ***Caracterização ambiental***

As variáveis ambientais foram medidas, incluindo temperatura da água (média: 26,36  $^{\circ}\text{C}$ , desvio padrão:  $\pm 1,09$ ), oxigênio dissolvido (média: 123,2%, desvio padrão:

$\pm 62,94$ ), condutividade elétrica (média: 0,057, desvio padrão:  $\pm 0,11$ ), pH (média: 6,24, desvio padrão:  $\pm 0,82$ ), potencial de oxidação/redução (média: 165 mv, desvio padrão:  $\pm 60,5$ ), turbidez (média: 12,86 NTU, desvio padrão:  $\pm 60,5$ ), e total de sólidos dissolvidos (média: 0,020 g/m, desvio padrão:  $\pm 0,023$ ) (Tabela 01). A largura dos corpos d'água foi medida inicialmente, média e final em metros (Tabela 02). A média geral da largura foi de 3,02 m, com um desvio padrão de  $\pm 3,1$  (Tabela 01). O mesmo procedimento foi aplicado para a profundidade, medida em três pontos específicos do igarapé (início, meio e fim), com a média geral de 28,71 cm e desvio padrão de  $\pm 28,78$  (Tabela 01).

Figura 3 - Igarapés preservados e alterados da transxingu: A), C) e E) igarapés preservados e B), D) e F) igarapés alterados.



Fonte: Autor

Tabela 1 – Variáveis ambientais mensuradas nos igarapés da Transxingu.

Pontos Igarapés	Temperatura (°C)	OD (%)	Condutividade (µs/cm)	PH	ORP (mv)	Turbidez (NTU)	TDS (g/L)	Largura Média Geral(m)	Profundidade Média Geral (cm)
IG. Kleiton	27,62	366,66	0,49	5	213	0,52	0	3,02	28,71
IG. Tilapia	26,22	67,4	0,014	5,17	226	0	0,01	*	*
IG. Condex01	26,43	68,2	0,011	5,2	248	0	0,007	*	*
IG. Paquinha	26,21	113	0,009	5,31	276	6,09	0,006	*	*
IG. Farinha	25,7	120	0,011	5,11	251	0	0,007	*	*
IG. Araras/Cacau	24,71	139,2	0,043	6,42	154	12,8	0,028	*	*
IG. Cachoeira	26,11	136,9	0,017	6,96	208	5	0,011	*	*
IG. Martins	25,28	107,2	0,023	6,6	156	12,9	0,015	*	*
IG. Do 70	24,68	143,7	0,157	7,26	168	5,39	0,102	*	*
IG. Araras-01	27,82	111,1	0,022	6,29	69	75,4	0,015	*	*
IG. 15	25,11	114,9	0,017	6,21	170	8,76	0,011	*	*
IG. 16	25,9	139,3	0,034	7,3	108	5,43	0,022	*	*
IG. 17	25,28	117,1	0,048	7,14	119	30,8	0,031	*	*
IG. 18	27,05	103,5	0,022	6,94	115	0	0,014	*	*
IG. 19	26,58	90,5	0,014	5,51	208	0	0,009	*	*
IG. 20	26,73	109,8	0,014	5,81	108	8,62	0,009	*	*
IG. 21	28,03	79,5	0,068	7,02	124	0	0,044	*	*
IG. 22	27,27	108,8	0,044	7,09	113	34,1	0,028	*	*
IG. 23	28,15	103,2	0,021	6,21	97	0	0,014	*	*
								*	
	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>	<b>Desv.P</b>
	1,09	62,94	0,11	0,82	60,5	19,6	0,023	3,1	28,78
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média.G.</b>	<b>Média.Geral</b>
	26,36	123,2	0,057	6,24	165	12,86	0,020	3,02	28,71

Tabela 2 – Valores das variáveis largura e profundidade nos igarapés da Transxingu

Pontos Igarapés	Largura inicial(m)	Largura média(m)	Largura Final(m)	Profundidade Inicial1 (cm)	Profundidade Inicial2(cm)	Profundidade Inicial3 (cm)	Profundidade e meio 1(cm)	Profundidade e meio 2(cm)	Profundidade e meio 3(cm)	Profundidade e Final1(cm)	Profundidade e Final2(cm)	Profundidade e Final3(cm)
<b>IG. Kleiton</b>	1,12	1,45	1,8	8	2,5	18,5	12	2,3	19	9,5	2,4	18
<b>IG. Tilapia</b>	2,5	1,53	2,34	7	19	25	24	37	50	22	19	36
<b>IG. Condex01</b>	1,4	1,19	0,6	32	58	65	35	57	62	14	55	59
<b>IG. Paquinha</b>	10,2	12,7	13,9	110	95	13,9	50	54	110	70	65	145
<b>IG. Farinha</b>	1,4	1,19	1,6	32	58	65	35	57	62	14	55	59
<b>IG. Araras/Cacau</b>	1,6	4,1	2,15	30	68	105	33	95	100	28	65	90
<b>IG. Cachoeira</b>	2,8	2,7	4,26	81	6	8	45	14	14	9	5	12
<b>IG. Martins</b>	2,7	3,3	5,5	25	16	34	30	40	73	10	18	55
<b>IG. Do 70</b>	5,5	3,2	6,36	15	25	10	35	34	18	15,5	36	21
<b>IG. Araras-01</b>	0,6	2,8	3,2	5	36	29	15	33	40	28	18	31
<b>IG. 15</b>	6,5	4,5	7,1	60	26	30	55	25	35	76	35	40
<b>IG. 16</b>	2,8	2,7	4,6	81	6	8	45	14	14	9	5	12
<b>IG. 17</b>	0	9,75	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0
<b>IG. 18</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>IG. 19</b>	2,1	1,5	6,5	7	10	3	8	15	1	7	10	5
<b>IG. 20</b>	1,8	5,1	1,75	30	30	60	35	65	80	40	20	120
<b>IG. 21</b>	3,4	2,36	3,1	11	10	7	8	15	21	5	5	19
<b>IG. 22</b>	0	3,2	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0
<b>IG. 23</b>	0	2,75	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0

### ***Classificação das variáveis físico-químicas nos pontos amostrais***

Ao verificar a ordenação da *Análise de Componentes Principais* (PCA), foi possível observar que havia um padrão de agrupamento, entre alterado e preservado (Figura 4). Os locais preservados e alterados foram classificados de acordo com o nível do índice de integridade, por exemplo locais com valores maiores que 7 no nível do HII foram classificados com preservados, já valores menos foram denominados como alterados. O primeiro eixo, da PCA, apresentou 55,1% de explicação da variação total dos dados, que de acordo com os critérios de seleção, de Broken Stick, apenas o primeiro eixo foi observado. É possível notar que dentre as variáveis investigadas as que mais contribuíram positivamente para a formação do primeiro eixo foram oxigênio dissolvido (OD) e condutividade, já a profundidade contribuiu negativamente (Tabela – 4 e Figura – 4). Essas variáveis diferem em áreas preservadas e degradadas (Pseudo  $F=5.463$ ;  $r^2=0.223$ ;  $p<0,05$ ) que houve diferença entre os grupos.

Figura 4 - Distribuição das variáveis ambientais por pontos amostrados, categoria de área (alterado e preservado), pela Análise de Componentes Principais (PCA).

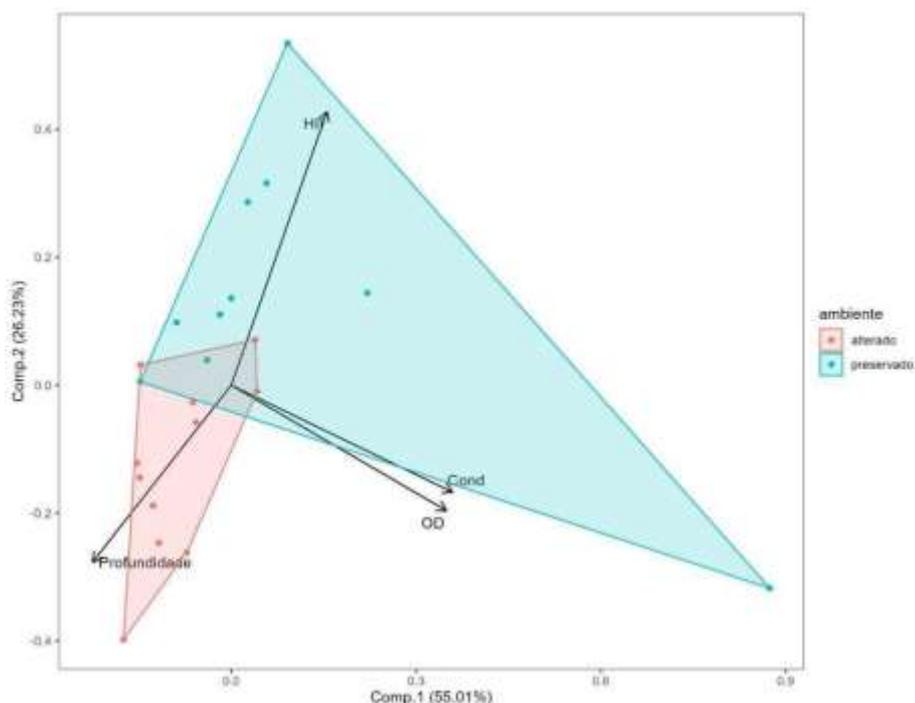


Tabela 3 – Variáveis ambientais e suas correlações com os dois primeiros eixos da Análise de componentes Principais nas áreas alteradas e preservadas.

VARIÁVEIS	EIXO 1	EIXO 2
HII	0.404	<b>0.767</b>
OD	<b>0.908</b>	-0.352
Condutividade	<b>0.933</b>	-0.300
Profundidade	<b>-0.585</b>	-0.497
Autovalor	2.200	1.049
Broken Stick	2.083	1.083
<b>% Explicação</b>	<b>55.01%</b>	

### *Relação do índice de integridade e porcentagem de vegetação*

Com relação a porcentagem de vegetação por buffer de 150 m, não apresentaram efeito sobre o índice de integridade - (HII) ( $r^2=-0.050$ ,  $f=0.950$ ,  $df=18$ ,  $p>0,05$ ).

### *Relação do percentil de cobertura florestal com as variáveis limnológicas*

Quanto a relação das variáveis limnológicas com a porcentagem de vegetação, nenhuma das variáveis limnológicas analisadas apresentou relação com a porcentagem de vegetação (Tabela 4), indicando que outras características não medidas afetam essas variáveis.

Tabela 4 – Correlação das variáveis ambientais analisadas nos igarapés do estudo.

VARIÁVEIS	TEMP	OD	COND	PH	ORP	TDS	VEGET
TEMP	1						
OD	0.017	1					
COND	0.141	<b>0.926</b>	1				
pH	-0.153	-0.136	-0.142	1			
ORP	-0.234	0.078	0.063	-0.693	1		
TDS	-0.234	0.233	0.402	0.494	-0.213	1	
VEGET	0.170	-0.412	-0.333	-0.159	0.016	-0.227	1

### **Caracterização da comunidade de Gerromorpha**

Foram identificados 1267 indivíduos, distribuídos em 4 famílias, 12 gêneros e 31 espécies. A família com maior número de indivíduos e espécies foi Vellidae. *Rhagovelia* (824 indivíduos) foi o gênero mais abundante. *Stridulivelia tersa* (363 indivíduos) a espécie mais abundante (Tabela 5).

Tabela 5 – Abundância de famílias, gêneros e espécies de Gerromorpha amostrados nos 20 igarapés da região da Transxingu.

<b>Gerromorpha</b>	<b>Nº de indivíduos</b>
<b>Gerridae</b>	<b>432</b>
<i>Brachymetra</i>	
<i>Brachymetra albinervis</i> Drake & Harris, 1942	51
<i>Brachymetra lata</i> Shaw, 1933	37
<i>Brachymetra shawi</i> Hungerford & Matsuda, 1957	38
<i>Cylindrostethus</i>	
<i>Cylindrostethus palmaris</i> Drake & Harris, 1934	155
<i>Microvelia</i>	
<i>Microvelia mimula</i> White, 1879	1
<i>Microvelia pulchella</i> Westwood, 1834	2
<i>Microvelia sp1</i>	2
<i>Neogerris</i>	
<i>Neogerris lubricus</i> (White, 1879)	10
<i>Neogerris magnus</i> (Kuitert, 1942)	7
<i>Rheumatobates</i>	
<i>Rheumatobates plumipes (bonariensis)</i> (Berg, 1898)	129
<b>Hydrometridae</b>	<b>6</b>
<i>Hydrometra</i>	
<i>Hydrometra comata</i> Torre-Bueno, 1926	5
<i>Hydrometra guianana</i> Hungerford & Evans, 1934	1
<b>Mesoveliidae</b>	<b>5</b>
<i>Mesovelia</i>	
<i>M.amoena</i> Uhler, 1894	5

(conclusão)

<b>Gerromorpha</b>	<b>Total</b>
<b>Veliidae</b>	<b>824</b>
<i>Oiovelia</i>	
<i>Oiovelia chena</i> Rodrigues & Melo, 2014	21
<i>Paravelia</i>	
<i>Paravelia bullialata</i> Polhemus & Polhemus, 1984	22
<i>Paravelia conata</i> (Hungerford, 1929)	3
<i>Rhagovelia</i>	
<i>Rhagovelia bruna</i> Magalhães & Moreira, 2016	57
<i>Rhagovelia elegans</i> Uhler, 1894	131
<i>Rhagovelia humboldti</i> Polhemus, 1997	5
<i>Rhagovelia jubata</i> ? cf Bacon, 1948	2
<i>Rhagovelia kararao</i> Floriano & Moreira, 2015	13
<i>Rhagovelia robusta</i> Gould, 1931	17
<i>Rhagovelia sooretama</i> ?cf Moreira, Nessimian & Rúdio, 2010	13
<i>Rhagovelia tenuipes</i> Champion, 1898	126
<i>Rhagovelia zela</i> Drake, 1959	40
<i>Steinovelina</i>	
<i>Steinovelina</i> sp	2
<i>Stridulivelia</i>	
<i>Stridulivelia alia</i> (Drake, 1957)	1
<i>Stridulivelia stridulata</i> (Hungerford, 1929)	2
<i>Stridulivelia strigosa</i> (Hungerford, 1929)	6
<i>Stridulivelia tersa</i> (Drake & Harris, 1941)	363
<b>Total Geral</b>	<b>1267</b>

Fonte: Autor

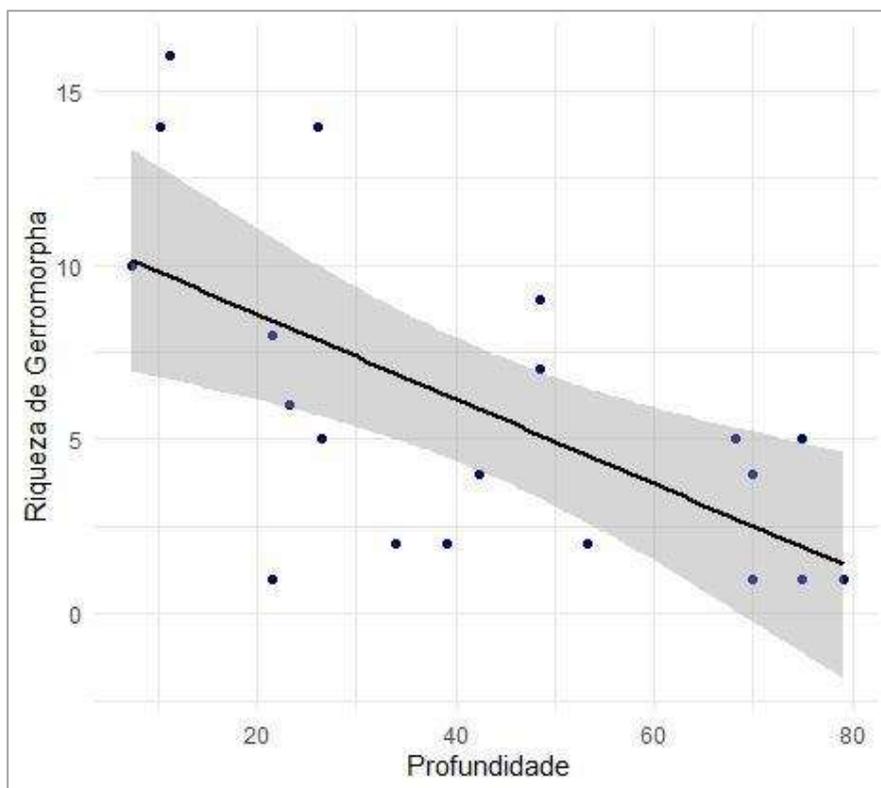
### ***Efeito das variáveis ambientais sobre a comunidade de Gerromorpha***

A PCA explicou 81,24 % da variação dos dados. Assim, selecionamos essas variáveis, para avaliar a relação dessas variáveis com a composição de espécies de Gerromorpha. A composição de Gerromorpha não está relacionada às variáveis analisadas neste estudo ( $F=0.946$  e  $p>0,05$ ).

A partir das variáveis, que se apresentaram mais importantes, na PCA, realizamos a regressão linear múltipla, para testar o efeito destas variáveis sobre a riqueza de espécies de Gerromorpha. As variáveis analisadas afetam a riqueza de Gerromorpha ( $r^2 = 0.343$ ;  $Df = 15$   $F = 3.479$  e  $p<0.034$ ), profundidade apresentou efeito negativo sobre a riqueza

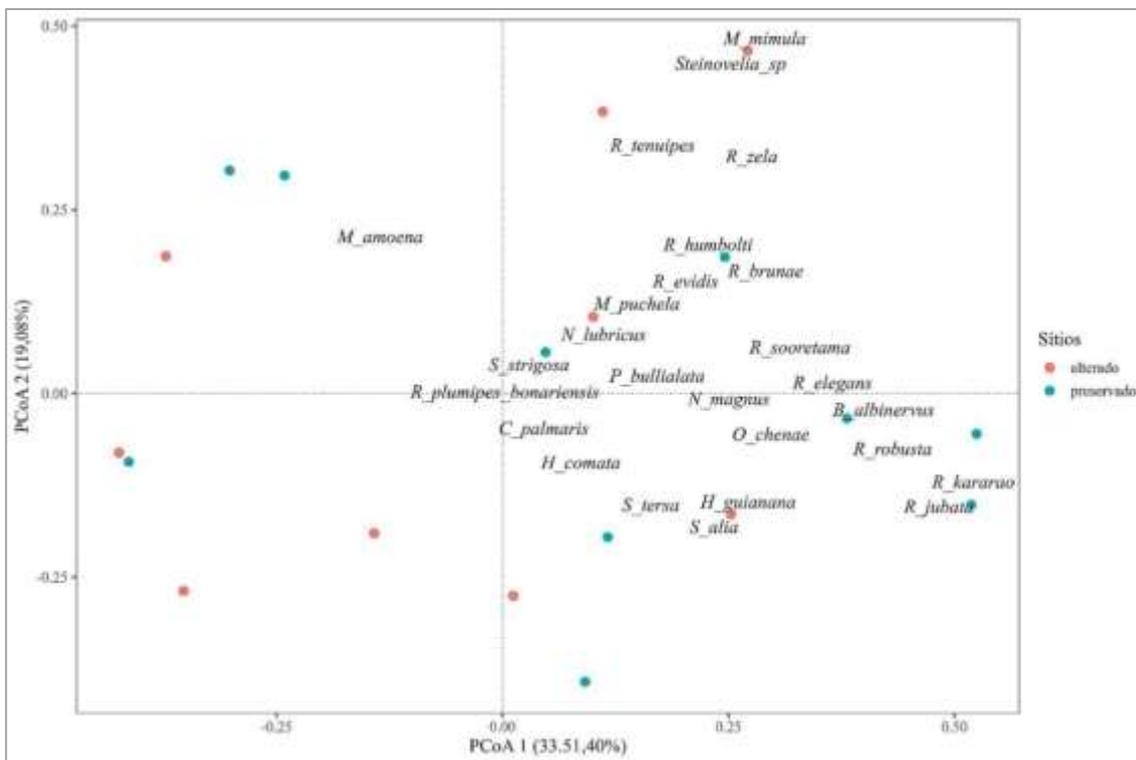
de Gerromorpha ( $r^2 = 0.355$ ;  $Df = 18$ ,  $F = 11.49$  e  $p < 0,05$ ) ou seja quanto mais profundo o igarapé menor é a riqueza de espécies de Gerromorpha (Figura – 5).

Figura 5 – Relação da variável Profundidade entre a riqueza de espécies da subordem Gerromorpha, nos igarapés amostrados ( $r^2 = 0.3556$ ,  $p < 0.003269$ ).



Realizamos a PCoA (*Análise de Coordenadas Principais*) para as ocorrências das espécies Gerromorpha, com a medida de distância de Jaccard, método para presença e ausência de espécies, observamos que o primeiro eixo explicou 30,14%, o segundo eixo 18,92% (acumulando um percentil de 49,06% de explicação dos eixos) (Figura 6). Não existe diferença na composição de espécies dos ambientes preservados e degradados (PseudoF=1.184  $r^2 = 0.062$ , e  $p > 0.05$ ), a variação na composição de espécies também não se diferiu entre os igarapés preservados e degradados (PseudoF<sub>2.1245</sub> e  $p > 0,05$ ).

Figura 6 - Análise de coordenadas principais (PCoA) de composição de Gerromorpha, em igarapés nos ambientes de alterados e preservados.



### 3.7 Discussão

Nossos resultados nos 20 igarapés amostrados, relacionados a fatores abióticos, a maioria das variáveis obteve valores médios aproximados, ao estudo de Martins *et al.*, 2023, em riachos da Volta Grande do Xingu, das variáveis com médias mensuradas aproximadas estão os fatores abióticos de pH, temperatura, condutividade elétrica, profundidade e largura.

A variável limnológica, condutividade, associada positivamente, ao primeiro eixo, aos ambientes preservados, pode estar relacionado à matéria orgânica fornecida pela mata ciliar, que ao entrar em decomposição, modifica as condições da variável, aumentando seus valores em corpos hídricos de baixa ordem (Godoy *et al.*, 2017; Silva-Costa *et al.*, 2022).

O oxigênio dissolvido, está associado positivamente, aos locais preservados, uma possível explicação é que ambientes com maior integridade apresentam maior valor de oxigenação e ambientes antropizados menores valores, em virtude da influência de outros

fatores, como o aumento da temperatura (igarapés sem proteção vegetal possui contato direto com incidência dos raios solares eleva a temperatura) que causando o aumento das atividades dos organismos, conseqüentemente, diminuindo a oxigenação, o que dificilmente ocorre ambientes preservado (Couceiro *et al.*, 2007).

A variável profundidade apresentou maior relação com ambientes alterados, havendo pouca profundidade, pois geralmente em ambientes alterados ocorre a diminuição das barreiras naturais dos igarapés, substratos orgânicos e vegetação ripária, causando uma grande concentração de sedimento no canal dos sistemas aquáticos, provocando o assoreamento, o que torna esses ambientes mais rasos (Allan *et al.*, 2004; Couceiro *et al.*, 2007; Juen *et al.*, 2016; Silva-Costa *et al.*, 2022).

Verificamos que a porcentagem de vegetação, do buffer de 150 m, não obteve associação com o índice de integridade – HII, o que corrobora com estudo de Dias-Silva *et al.* (2021), que justificou que as análises, em escala espacial, pode se mostrar frágil, não detectando um resultado eficiente, resultado contrário a trabalhos de Roth; Allan; Erickson, 1996, mas que afirma, no próprio estudo, que buffer com 125 m, tamanho aproximado e analisados no presente, em sua grande maioria apresentava baixo percentil de vegetação, o que pode ter ocorrido, em nossos resultados.

O HII, visivelmente, aumenta a confiabilidade que se propõe, para avaliar as condições físicas ao longo do canal, e assim categorizar ambiente alterados de preservados em áreas de corpos hídricos, visto que investigação visual no local permite observar os impactos ou a integridade através das características físicas locais, como por exemplo analisar a largura de vegetação ciliar (zona que ajuda a evitar o assoreamento), tipo de uso do solo (com ou não influência de atividade humana), a falta ou ausência de itens de retenção (ajuda na heterogeneidade no curso hídrico) (Nessimian *et al.*, 2008; Dias-Silva, Cabette, Juen, 2010; Silva-Costa *et al.*, 2022).

Os fatores limnológicos não tiveram nenhuma correlação com o percentil de vegetação, podemos assim levar em consideração o fato que as escalas, de paisagem, podem ter apresentado uma influenciaram bastante marcante das agriculturas encontradas, nos pontos amostrados, mesmo em áreas que foram determinadas como alterados pelo HII, situação similar e discutido por Dias-Silva *et al.* (2020), pois, afirma que alguns locais, com atividades agrícolas, não têm supressão total, tendo um efeito frágil de suas respostas, assim como no presente estudo (Dias-Silva *et al.*, 2021).

Em resposta à distinção de composição, nos ambientes estudados, observamos que não houve diferença e muito menos variação de composição das categorias amostradas, é válido mencionar que alguns locais alterados possuíam algumas plantações de cacau, pois esta cultura é uma das mais realizadas na região, ou havia uma faixa de vegetação próximos ao canal o que pode ser um das explicações de estar garantindo a persistências de algumas espécies de semiaquáticos, mantendo uma “certa” manutenção da comunidade, pois o plantio é de ciclo a longo prazo, um padrão já documentado em outros estudos, como Cunha; Montag e Juen (2015); Juen *et al.* (2016), Shimano; Juen (2016), com outros tipos de cultura de ciclo longo. Reforçamos que mesmo que não haja diferença é importante entender que plantações de culturas não substituem ambientes naturais.

Alguns estudos mostram que a subordem Gerromorpha possuem uma alta sensibilidade às mudanças ambientais, assim afirmando que a comunidade de semiaquáticos obtém uma relação intrínseca com a integridade ambiental (Cunha; Juen, 2020; Guterres *et al.*, 2020). Entretanto, nossos resultados mostraram que não houve uma relação significativa, positiva, da comunidade de percevejos semiaquáticos com as variáveis ambientais mensuradas, isso porque não houve tanta distinção dos fatores abióticos entre os locais, porém os resultado dessas apuração podem ser explicadas, através das discussões de Zeni *et al.* (2014); Cunha, Montag e Juen (2015); Dias-Silva *et al.*, 2020 e Luz-Silva *et al.* (2023), onde é ressaltado que ambientes mais complexos, com alta heterogeneidade, ou homogeneidade, mais evidente, possuem efeitos mais visíveis sobre a comunidade de Heteroptera, logo, não podemos dizer que as variáveis ambientais não possuem efeito sobre os Gerromorpha, pois pode ser uma afirmação equivocada se não levar em consideração ambientes altamente heterogêneos.

A relação negativa da riqueza com a profundidade, ou seja, quanto mais há um aumento da profundidade menor é a riqueza de indivíduos, pode ser explicada devido a esses organismos viverem na superfície da água (Santos Lima; Pamplin, 2023), assim, ambientes mais profundos, podem apresentar maior velocidade da água, o que dificulta a permanência destes indivíduos nesses locais. Além disso, ambientes mais profundos reduzem a disponibilidade de substratos orgânicos levando a redução de outros organismos (Fidelis *et al.*, 2008) o que pode indiretamente reduzir a fonte de alimentos de Gerromorpha.

Ambientes lóticos com bastante declividade facilita a força da correnteza, acaba por estabilizar determinados componentes do canal hídrico, conseqüentemente, também,

oscila alguns mecanismos na dinâmica desses ecossistemas, o que não é ruim já que oferece outro tipo de estrutura para outros demais indivíduos, mas se havendo pouca declividade e pouca força no fluxo hídrico, esses cursos podem possuir diversos micro-habitat (Fidelis; Nessimian; Hamada, 2008). Portanto, é conveniente enfatizar que alguns dos locais, de nossa pesquisa que obtinham pouca profundidade, tinham uma abundância de substratos, de maneira que houvesse bastante recursos benéficos, como abrigo e alimentos, para os hemípteros semiaquáticos (Dias-Silva *et al.*, 2013).

Entende-se que investigações das comunidades aquáticas, quanto às alterações ambientais, ajudam a compreender melhor como as populações se comportam quanto a interferência na dinâmica natural do meio (Dias-Silva; Cabette; Juen, 2010; Juen *et al.* 2016; Baker; King, 2010; Guterres; Cunha; Juen, 2021; Moy *et al.*, 2022; Silva-Costa *et al.*, 2022; Luz-Silva *et al.*, 2023). Pesquisas atuais trazem argumentos que perturbações, em áreas naturais, interferem em variações das comunidades, podendo facilitar a exclusão ou substituição de espécies, por consequência, perda de serviços ecossistêmicos e aumento de organismos mais tolerantes (Giehl *et al.*, 2019; Dala-Corte *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022).

### 3.8 Conclusão

Nosso estudo mostrou que nossos igarapés, observados, da Transxingu tem aspectos similares aos já estudados na região. Notamos que os pontos avaliados obtiveram oscilações de cobertura vegetal ao longo de décadas até o atual momento, além de expressar um forte progresso de resiliência florestal nos últimos 10 anos, desde o ano mais impactado, mostrando a importância da atuação do código florestal para ambientes aquáticos.

Observamos uma forte distinção das métricas de cobertura vegetal, percebemos que as análises aplicadas dentro do ambiente dos igarapés, HII, foi bem mais eficiente que métricas espaciais, assim podendo pensar que métricas com resoluções menores podem ser eficientes. Ao avaliarmos as proporções de vegetação, nenhuma apresentou qualquer relação com variáveis limnológicas, riqueza ou com a composição de espécies de Gerromorpha.

Através das variáveis condutividade, oxigênio dissolvido e profundidade e suas associações nos tipos de ambientes, percebemos que houve um padrão nos tipos locais, em que ambientes mais preservados obtinham alta condutividade e oxigênio dissolvido.

Entretanto, ao verificarmos, as respostas físico-químicas, em grande maioria, não mostraram associação com a composição de hemípteros semiaquáticos, exceto o fator físico, profundidade, expressando que maior a profundidade possui baixa riqueza Gerromorpha.

Com relação à distinção da comunidade entre as categorias de ambientes, vimos que não houve dissimilaridade, pois não houve tanta variação entre os locais amostrados, de forma a pensar que a falta de ambientes altamente heterogêneos pode influenciar, significativamente, nas investigações.

## Referências

ALLAN, J. David. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 35, p. 257-284, 2004.

ALLAN, J. David; CASTILLO, Marí M. An introduction to fluvial ecosystems. **Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters**, p. 1-12, 2007.

ARAÚJO, Kleiton R. de *et al.* Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations and emission in the newly constructed Belo Monte hydropower complex in the Xingu River, Amazonia. **Biogeosciences**, v. 16, n. 18, p. 3527-3542, 2019

BINI, L. M. Análises multivariadas e limnologia: exploração, síntese e inferência de um mundo aquático complexo. **Amostragem em Limnologia**, 2004.

BLANCHET, F. Guillaume; LEGENDRE, Pierre; BORCARD, Daniel. Forward selection of explanatory variables. **Ecology**, v. 89, n. 9, p. 2623-2632, 2008.

BRASIL, Leandro S.; JUEN, Leandro; CABETTE, Helena S.R. The effects of environmental integrity on the diversity of mayflies, Leptophlebiidae (Ephemeroptera), in tropical streams of the Brazilian Cerrado. *In*: LIMNOLOGIE-INTERNATIONAL JOURNAL OF LIMNOLOGY. EDP Sciences, 2014. **Annales[...]**. p. 325-334.

BRASIL, Leandro Schlemmer *et al.* Insetos aquáticos bioindicadores de mudanças de uso da terra no Pará, Brasil: evidências e perspectivas. **Oecologia Australis**, v. 26, n. 3, p. 424-444, 2022.

BRASIL, Leandro Schlemmer; VILELA, Diogo Silva. Peculiaridades regionais na percepção de brasileiros sobre libélulas: nomenclatura popular e conservação. **Hetaerina Boletín de la Sociedad de Odonatología Latinoamericana**, v. 1, n. 1, p. 15-20, 2019.

CABETTE, H.S.R., N.F.S. GIEHL, K. DIAS-SILVA, L. JUEN & J.D. Batista, 2010. Distribuição de Nepomorpha e Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) da Bacia do Rio Suiá-Miçú, MT: riqueza relacionada à qualidade de água e de hábitat. *In*: SANTOS, J.E.; GALBIATI, C.; MOSCHINI, L.E. (orgs.). **Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura**. São Carlos, RiMa, p. 113-137.

CARMO, Rayssa Silva *et al.* Does the structure of riparian vegetation affect the diversity of macrophytes in eastern amazonian streams?. **Biologia**, v. 78, n. 1, p. 79-89, 2023.

CLIMATE-Data.Org. 2020. Disponível online: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/para-189/> (acessado em 29 de novembro de 2020).

COLARES, Lucas Ferreira; DE ASSIS MONTAG, Luciano Fogaça; DUNCK, Bárbara. Habitat loss predicts the functional extinction of fish from Amazonian streams during the Anthropocene. **Science of The Total Environment**, v. 838, p. 156210, 2022.

COUCEIRO, Sheyla RM *et al.* Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 575, p. 271-284, 2007.

CRUZ, G. M., A. P. J. FARIA & L. JUEN, 2022. Patterns and metacommunity structure of aquatic insects (Trichoptera) in Amazonian streams depend on the environmental conditions. **Hydrobiologia**. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04901-0>.

CUNHA, Erlane José; MONTAG, Luciano Fogaca de Assis; JUEN, Leandro. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 422-429, 2015.

CUNHA, Erlane José; JUEN, Leandro. Environmental drivers of the metacommunity structure of insects on the surface of tropical streams of the Amazon. **Austral Ecology**, v. 45, n. 5, p. 586-595, 2020.

DALA-CORTE, Renato B. *et al.* Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 7, p. 1391-1402, 2020.

DIAS-SILVA, Karina *et al.* Distribuição de Heteroptera aquáticos (Insecta) em diferentes tipos de substratos de córregos do Cerrado Matogrossense. **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 2, p. 132-140, 2013.

DIAS-SILVA, Karina *et al.* Land use change causes environmental homogeneity and low beta-diversity in Heteroptera of streams. *In: LIMNOLOGIE-INTERNATIONAL JOURNAL OF LIMNOLOGY*. EDP Sciences, 2020. **Annales[...]**. p. 9.

DIAS-SILVA, Karina *et al.* Measuring stream habitat conditions: Can remote sensing substitute for field data?. **Science of The Total Environment**, v. 788, p. 147617, 2021.

DIAS-SILVA, Karina *et al.* The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. **Zoologia (Curitiba)**, v. 27, p. 918-930, 2010.

DUDGEON, David *et al.* Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological reviews**, v. 81, n. 2, p. 163-182, 2006.

DUDGEON, David. Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. **Current Biology**, v. 29, n. 19, p. R960-R967, 2019.

FARIA, Ana Paula Justino de *et al.* Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. **Hydrobiologia**, v. 802, p. 39-51, 2017.

FEARNSIDE, Philip M. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. **Floresta Amazônica**, v. 10, n. 2, p. 21, 2022.

FIDELIS, Luana; NESSIMIAN, Jorge Luiz; HAMADA, Neusa. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 127-134, 2008.

FLORIANO, Carla Fernanda Burguez; MOREIRA, Felipe Ferraz Figueiredo; BISPO, Pitágoras da Conceição. South American species of Stridulivelia (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae): identification key, diagnoses, illustrations, and updated distribution. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 119, n. 1, p. 24-46, 2017.

FREITAS, Carlos Edwar C.; SIQUEIRA-SOUZA, Flávia K. O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da bacia amazônica. **Revista Agrogeoambiental**, 2009.

GIEHL, N. F. S. *et al.* Environmental thresholds of Nepomorpha in Cerrado streams, Brazilian savannah. **Neotropical Entomology**, v. 48, p. 186-196, 2019.

GODOY, Bruno Spacek *et al.* Environment and spatial influences on aquatic insect communities in cerrado streams: The relative importance of conductivity, altitude, and conservation areas. **Neotropical entomology**, v. 46, p. 151-158, 2017.

GUTERRES, Alana Patricia Meguy; CUNHA, Erlane José; JUEN, Leandro. Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, v. 25, n. 4, p. 555-567, 2021.

GUTERRES, Alana PM *et al.* Co-occurrence patterns and morphological similarity of semiaquatic insects (Hemiptera: Gerromorpha) in streams of Eastern Amazonia. **Ecological Entomology**, v. 45, n. 1, p. 155-166, 2020.

HAMADA, Neusa *et al.* **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Manaus: Editora do INPA, 2014.

HESSELBARTH, Maximilian HK *et al.* landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, n. 10, p. 1648-1657, 2019.

ILHA, Paulo; ROSSO, Sergio; SCHIESARI, Luis. Effects of deforestation on headwater stream fish assemblages in the Upper Xingu River Basin, Southeastern Amazonia. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, e180099, 2019.

JUEN, L. *et al.* Effects of oil palm plantations on the habitat structure and biota of streams in Eastern Amazon. **River Research and Applications**, v. 32, n. 10, p. 2081-2094, 2016.

JUEN, Leandro *et al.* Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**, v. 44, p. 223-233, 2014.

LEAL, Cecília G. *et al.* Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of tropical aquatic species. **Science**, v. 370, n. 6512, p. 117-121, 2020.

LEGENDRE, Pierre; BIRKS, H. John B. From classical to canonical ordination. *In*: SMOL, J. P.; BIRKS, H. J.; LAST, W. M. **Tracking environmental change using lake sediments**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 201-248.

LEITÃO, Rafael P. *et al.* Disentangling the pathways of land use impacts on the functional structure of fish assemblages in Amazon streams. **Ecography**, v. 41, n. 1, p. 219-232, 2018. <https://doi.org/10.1111/ecog.02845>

LIMA, Júlio César dos Santos; PAMPLIN, Paulo Augusto Zaitune. Composição da macrofauna de invertebrados bentônicos e sua distribuição em relação aos componentes abióticos da água e do sedimento em um sistema lêntico artificial no município de Caldas (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, 2023.

LUZ-SILVA, Beatriz *et al.* **The loss of riparian vegetation along streams causes morphological divergences in functional traits of semiaquatic insects (Heteroptera: Gerromorpha) in the eastern Amazon.** 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3705818/v1>.

MAGALHÃES, OSÉIAS MARTINS *et al.* New species, new record, and key to the species of Rhagovelia in the robusta group (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) from Venezuela. **Zootaxa**, v. 4603, n. 2, p. 389–396-389–396, 2019.

MAGALHÃES, OSÉIAS MARTINS; MOREIRA, F. F.; GALVÃO, CLEBER. A new species of Rhagovelia Mayr, 1865 (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) from Pará State, with an updated key to Brazilian species of the robusta group. **Zootaxa**, v. 4171, n. 3, p. 586-594, 2016.

MARQUES, Maria Nogueira *et al.* Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, v. 30, p. 1171-1178, 2007.

MARTINS, André Ribeiro *et al.* Metacommunity organisation of Amazonian stream fish assemblages: The importance of spatial and environmental factors. **Ecology of Freshwater Fish**, 2023. <https://doi.org/10.1111/eff.12750>.

MOREIRA, F. F.; BARBOSA, Julianna Freires. A new Rhagovelia (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) from the Brazilian Amazon, with a key to species of the robusta group known from the country. **Zootaxa**, v. 3790, p. 595-600, 2014.

MOREIRA, Felipe Ferraz Figueiredo *et al.* Order hemiptera. *In*: THORP, J. H.; ROGERS, D. C. (eds.). **Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates**. 4 ed. [S.l.]: Academic Press, 2018. Chapter 7, p. 175-216.

MOY, Karen Monteiro *et al.* Effects of environmental changes on Gerromorpha (Heteroptera: Hemiptera) communities from Amazonian Streams. **Hydrobiology**, v. 1, n. 1, p. 111-121, 2022.

NASCIMENTO, Ana Caroline; ARAÚJO, Kleiton; DIAS-SILVA, Karina. Variação espaço-temporal e correlatos das variáveis limnológicas do rio Xingu a montante da Usina Hidrelétrica De Belo Monte, Altamira-PA. **Enciclopedia Biosfera**, v. 18, n. 36, 2021.

NESSIMIAN, Jorge L. *et al.* Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 614, p. 117-131, 2008.

NIESER, Nico *et al.* **Heterópteros aquáticos de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 1997.

NOGUEIRA, Denis Silva; CABETTE, Helena Soares Ramos; JUEN, Leandro. Estrutura e composição da comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú, Mato Grosso, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 101, p. 173-180, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, José Max Barbosa de *et al.* As variações na comunidade de Odonata (Insecta) em córregos podem ser preditas pelo Paradoxo do Plâncton? Explicando a riqueza de espécies pela variabilidade ambiental. **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2013.

PETERSEN JR, Robert C. The RCE: a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. **Freshwater Biology**, v. 27, n. 2, p. 295-306, 1992.

ROBAYO, Heidi Marcela Suarez *et al.* Inventário da comunidade de invertebrados aquáticos, no Córrego da Campininha. *In*: SMITH, W. S.; RIBEIRO, C. A. **Parque natural corredores de biodiversidade**. Sorocaba, São Paulo, Brasil: Secretaria do Meio Ambiente, 2015. 145p.

RODRIGUES, Higor D.; DE MELO, Alan Lane; FERREIRA-KEPPLER, Ruth L. Taxonomic revision of the Neotropical genus *Oiovelia* (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae). **Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae**, v. 54, n. 1, p. 65-98, 2014.

ROTH, Nancy E.; ALLAN, J. David; ERICKSON, Donna L. Landscape influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. **Landscape Ecology**, v. 11, p. 141-156, 1996.

SANTOS, Thiago Oliveira *et al.* Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SHIMANO, Yulie; JUEN, Leandro. How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in Amazon streams. *In*: LIMNOLOGIE-INTERNATIONAL JOURNAL OF LIMNOLOGY. EDP Sciences, 2016. **Annales[...]**. p. 35-45.

SHIMANO, Yulie; SALLES, Frederico Falcão; CABETTE, Helena Soares Ramos. Ephemeroptera (Insecta) ocorrentes no Leste do Estado do Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 239-253, 2011.

SILVA, Larissa FR *et al.* Ecological thresholds of odonata larvae to anthropogenic disturbances in neotropical savanna headwater streams. **Hydrobiologia**, p. 1-14, 2022.

SILVA, Paulo Matheus; SILVA, Maristela. Igarapés impactados pela ação antrópica no município de Uruará, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 31, p.1-12, 2020.

SILVA-COSTA, Iluany *et al.* Aquatic and Semiaquatic Heteroptera (Hemiptera: Insecta) Distribution in Streams on the Cerrado–Amazon Ecotone in Headwaters of Xingu River. **Arthropoda**, v. 1, n. 1, p. 13-24, 2022.

VOELZ, Neal J.; MCARTHUR, J. Vaun. An exploration of factors influencing lotic insect species richness. **Biodiversity & Conservation**, v. 9, p. 1543-1570, 2000.

WATRIN, O. dos S. *et al.* Dinâmica do uso e cobertura da terra em Projeto de Desenvolvimento Sustentável na região da rodovia Transamazônica, Pará. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 88-100, 2022.

ZAR, Jerrold H. **Biostatistical analysis**. Pearson Education India, 2010

---

## ANEXO A- Índice de Integridade do Habitat (HII)

Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

Coordenadas: \_\_\_\_\_

### 1) Padrão de Uso da Terra além da zona de vegetação ribeirinha

1. Cultivos Agrícolas de ciclo curto.
2. Pasto.
3. Cultivos Agrícolas de ciclo longo.
4. Capoeira.
5. Floresta Contínua.

### 2) Largura da Mata Ciliar

1. Vegetação arbustiva ciliar ausente.
2. Mata ciliar ausente com alguma vegetação arbustiva.
3. Mata ciliar bem definida de 1 a 5 m de largura.
4. Mata ciliar bem definida entre 5 e 30 m de largura.
5. Mata ciliar bem definida com mais de 30 m
6. Continuidade da mata ciliar com a floresta adjacente.

### 3) Estado de preservação da Mata Ciliar

1. Cicatrizes profundas com barrancos ao longo do seu comprimento.
2. Quebras frequentes com algumas cicatrizes e barrancos.
3. Quebras ocorrendo em intervalos maiores que 50 m.
4. Mata Ciliar intacta sem quebras de continuidade.

### 4) Estado da Mata ciliar dentro de uma faixa de 10m

1. Vegetação constituída de grama e poucos arbustos.
2. Mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbustos.

3. Espécies pioneiras mescladas com árvores maduras.
4. Mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras ou nativas.

#### **5) Dispositivos de retenção**

1. Canal livre com poucos dispositivos de retenção.
2. Dispositivo de retenção solto, movendo-se com o fluxo.
3. Rochas e/ou troncos presentes, mas preenchidos com sedimentos.
4. Canal com rochas e/ou troncos firmemente colocados no local.

#### **6) Sedimentos no canal**

1. Canal dividido em tranças ou rio canalizado.
2. Barreira de sedimento e pedras, areia e silte comuns.
3. Algumas barreiras de cascalho e pedra bruta e pouco silte.
4. Pouco ou nenhum alargamento resultante de acúmulo de sedimento.

#### **7) Estrutura do barranco rio**

1. Barranco instável com solo e areia soltos, facilmente perturbável.
2. Barranco com solo livre e uma camada esparsa de grama e arbustos.
3. Barranco firme, coberto por grama e arbustos.
4. Barranco estável de rochas e/ou solo firme, coberto de gramas, arbustos e raízes.
5. Ausência de barrancos.

#### **8) Escavação sob o barranco**

1. Escavações severas ao longo do canal, com queda de barrancos.
2. Escavações frequentes.
3. Escavações apenas nas curvas e constrictões.
4. Pouca ou nenhuma evidente, ou restrita a áreas de suporte de raízes.

#### **9) Leito do rio**

1. Fundo uniforme de silte e área livre, substrato de pedra ausente.
2. Fundo de silte, cascalho e areia em locais estáveis.

3. Fundo de pedra facilmente móvel, com pouco silte.
4. Fundo de pedras de vários tamanhos, agrupadas, com interstício óbvio.

#### **10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros**

1. Meandros e áreas de corredeiras/poções ausentes ou rio canalizado.
2. Longos poções separando curtas áreas de corredeiras, meandros ausentes.
3. Espaçamento irregular.
4. Distintos, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do rio.

#### **11) Vegetação Aquática**

1. Algas emaranhadas no fundo, plantas vasculares dominam o canal.
2. Emaranhadas de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos.
3. Algas dominantes nos poções, plantas vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao longo da margem.
4. Quando presentes consiste de musgos e manchas de algas.

#### **12) Detritos**

1. Sedimento fino anaeróbio, nenhum detrito bruto.
2. Nenhuma folha ou madeira, matéria orgânica bruta e fina, com sedimento.
3. Pouca folha e madeira, detritos orgânicos finos, floculentos, sem sedimento.
4. Principalmente folhas e material lenhoso com sedimento.
5. Principalmente folhas e material lenhoso sem sedimento.

---

## ANEXO B - Script - Métrica de paisagem

```
library(terra)
library(gridExtra)
library(kableExtra)
library(mgcv)
library(dplyr)

library(raster)
library(sf)
library(tmap)
library(landscapemetrics)

#####1 ----- raster classificacao

base <- raster("1990_corte.tif")

st <- stack(base)
NAvalue(st)<-0
print(st)
plot(st)

reclassificar <- c(0, 2.1, 2)

reclass_matriz <- matrix(reclassificar,
                        ncol = 3,
                        byrow = TRUE)

reclass<- reclassify(base ,reclass_matriz)
```

```
reclass
plot(reclass)
```

```
##### 2 ----- pontos de coleta
```

```
pontos <- tibble::tibble(id = 1:20,
  x = c(364235.2480, 355026.3183, 358981.3816, 362767.9301,
363824.8254, 308275.9960, 395329.1680, 307180.9055, 306189.0280,
342905.5483, 343633.8334, 312354.3036, 346883.8712,
359364.1982, 359118.1544, 352070.3669, 356891.5426, 361054.6491,
378589.3645, 379016.6432),
  y = c(9647481.9230, 9654168.4900, 9652627.7000, 9655323.2470,
9656296.2930, 9608311.3830, 9653595.9690, 9623163.1430,
9616186.7160, 9635432.6280, 9632012.7060,
9625523.3160, 9636206.6370, 9632597.8760, 9637329.5710, 9619672.2080,
9628591.2330, 9638762.7660, 9658230.5970,
9650224.7550))
```

```
pontos
plot(pontos,st)
```

```
##### 3 ----- selecionar ponto (selecionar cada linha dos pontos de coleta)
```

```
ponto= pontos[1,]
```

```
ponto
```

```
crs = st_crs(31982)
```

```
ponto_1 <- sf::st_as_sf(x = ponto, coords = c("x", "y"), crs = crs)
```

```
ponto_1
```

```
crs(ponto_1)
plot(ponto_1)
```

```
##### 4 - METRICAS
```

```
metrics = sample_lsm(reclass,
                    #points = pont,
                    y=ponto_1[,],
                    size = 150 ,shape = "circle",
                    #directions = 8,
                    what=c("lsm_c_ca")) # metric name

metrics
```

```
write.table(metrics, file='metrics.csv', sep=';', dec=',', row.names=FALSE)
```

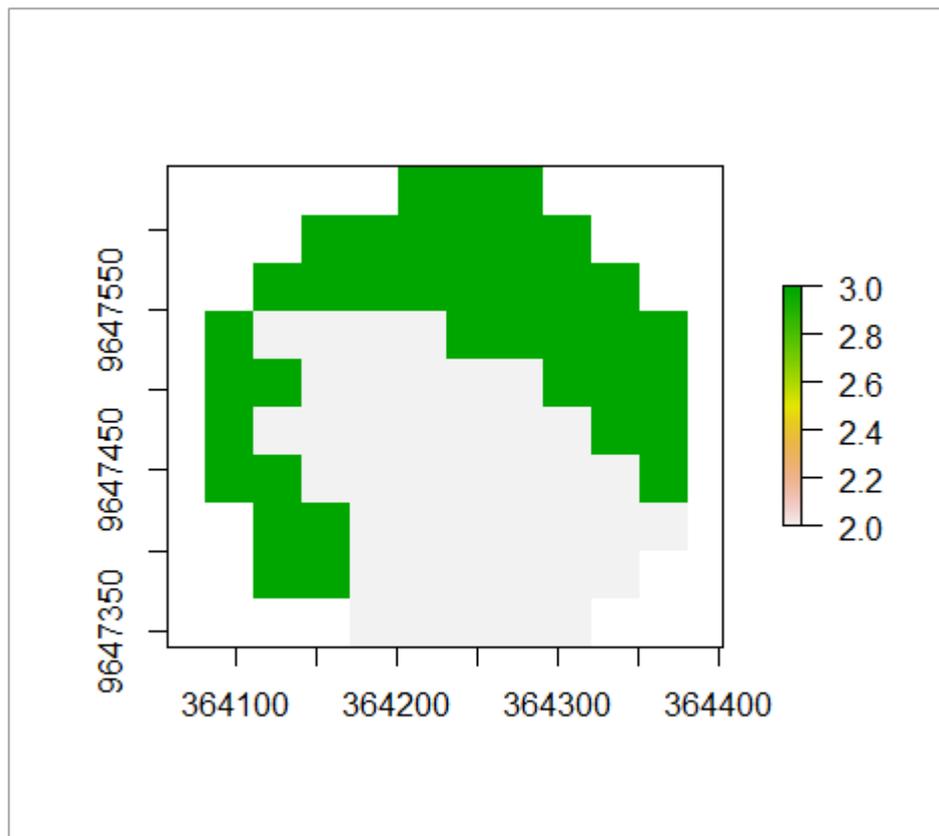
```
##### VISUALIZAR BUFFER
```

```
buffer_ponto_1 <- sf::st_buffer(x = ponto_1, dist = 150)
```

```
buffer = mask(crop(reclass,buffer_ponto_1),buffer_ponto_1)
```

```
plot(buffer)
```

Figura 7- Buffer circular no entorno dos 150 metros



Fonte: Autor (2023).

## **CAPÍTULO 4 CONCLUSÃO GERAL**

### **4.1 Resultados Chaves: Impactos e Implicações**

Ao longo de três décadas, fica evidente que o monitoramento contínuo e detalhado da cobertura vegetal na Amazônia é essencial para acompanhar as mudanças ao longo do tempo e identificar áreas que demandam ações prioritárias. A aplicação de técnicas como o sensoriamento remoto desempenha um papel crucial nesse processo, permitindo um controle efetivo diante da perda significativa de vegetação, muitas vezes causada por atividades exploratórias e investimentos na região.

O estudo dos fatores que influenciam a resiliência das florestas, incluindo políticas de conservação, torna-se essencial para compreender a capacidade de recuperação dos ecossistemas frente a impactos adversos. Essa análise é fundamental para promover a sustentabilidade e a preservação da biodiversidade na Amazônia e em outras regiões semelhantes, garantindo a continuidade dos serviços ecossistêmicos essenciais.

A investigação aprofundada sobre as métricas mais eficazes na avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos, como o Índice de Integridade Hidrológica (HII), é crucial para desenvolver estratégias de conservação mais precisas e eficazes. Esse conhecimento contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e para uma proteção mais eficaz dos ecossistemas aquáticos, fundamentais para a manutenção da vida.

Compreender o impacto das variáveis ambientais, como condutividade, oxigênio dissolvido e profundidade, na composição e diversidade das comunidades biológicas em ambientes aquáticos é vital para antecipar e mitigar os efeitos das mudanças ambientais. Esses estudos são cruciais para orientar políticas de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais em ambientes aquáticos, assegurando a preservação desses ecossistemas fundamentais.

### **4.2 Conclusões de Forma Integrada**

Os presentes estudos revelam a complexidade e os desafios enfrentados na conservação da Amazônia e de seus ecossistemas aquáticos. Enquanto políticas públicas como o código florestal e áreas de proteção ambiental desempenham um papel crucial na preservação, a compreensão dos impactos das atividades humanas sobre a biodiversidade e os ecossistemas locais requer uma abordagem complexa, envolvendo monitoramento remoto, estudos ecológicos bem detalhados e políticas de gestão eficazes. Além disso, a

pesquisa destaca a importância de métricas específicas, como o HII, para avaliar a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, e ressalta a necessidade de considerar a complexidade das interações entre variáveis ambientais e comunidades biológicas na formulação de estratégias de conservação.

### **4.3 Prioridades para Pesquisas Futuras**

O monitoramento frequente da cobertura vegetal na Amazônia é crucial diante da perda significativa devido à exploração e investimentos. Utilizando técnicas como sensoriamento remoto, é possível entender as tendências de mudança ao longo do tempo e identificar áreas com maiores impactos, com necessidade de intervenção. Além disso, o estudo da resiliência florestal, considerando fatores como políticas de conservação, é essencial para compreender como os ecossistemas podem se recuperar de impactos negativos e continuar oferecendo serviços ecossistêmicos vitais.

Avaliar métricas de ecossistemas aquáticos, como o Índice de Integridade Hidrológica (HII), intensifica a compreensão sobre a qualidade de habitat, permitindo a criação de estratégias de conservação mais precisas e eficazes. Além disso, a investigação das interações entre variáveis ambientais e comunidades biológicas em ambientes aquáticos é crucial para prever e mitigar os efeitos das mudanças ambientais, considerando fatores como condutividade, oxigênio dissolvido e profundidade.

Por fim, a avaliação contínua da eficácia das políticas de conservação, como o código florestal e áreas de proteção ambiental, fornecerá insights valiosos sobre quais abordagens são mais eficazes na proteção da biodiversidade e dos ecossistemas. Além disso, compreender os impactos socioeconômicos das intervenções ambientais, como a construção de rodovias, é fundamental para garantir que as políticas de conservação sejam equitativas e sustentáveis a longo prazo, promovendo um desenvolvimento que respeite a natureza e as comunidades locais.

Essas prioridades de pesquisa podem ajudar a orientar esforços futuros para conservar e proteger a biodiversidade e os ecossistemas da Amazônia e de outras regiões similares.

#### **4.4 Considerações Finais**

Trabalhos que buscam entender, a princípio, os processos históricos das alterações ambientais até o atual cenário da área de pesquisa oferecem uma visão abrangente das mudanças e como pode afetar o rumo ecológico do local. Essa abordagem multidisciplinar é essencial para entender as complexas interações entre fatores abióticos e bióticos que moldam os ecossistemas amazônicos e para desenvolver estratégias eficazes de conservação.

Além disso, os resultados ressaltam a importância de políticas de conservação bem estruturadas, como o código florestal e áreas de proteção ambiental, que exerce um papel crucial na preservação da biodiversidade e na proteção dos ecossistemas locais. Entretanto, a pesquisa também destaca a necessidade de avaliar continuamente a eficácia dessas políticas e adaptá-las conforme necessário para enfrentar os desafios emergentes, como as mudanças climáticas e o aumento da pressão humana sobre os recursos naturais. Como última observação, a colaboração entre cientistas, autores de políticas, comunidades locais e outras partes interessadas é fundamental para garantir a sustentabilidade e a resiliência dos ecossistemas amazônicos para as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Juliana Lopes *et al.* Avaliação das mudanças no uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu na região amazônica maranhense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 1965-1977, 2022.
- AMORIM, I. A.; HOMMA, A. K. O. Mudança de paisagem na mesorregião Sudeste Paraense: coevolução com a pecuária bovina e os projetos de assentamentos. **Boletim de Geografia**, v. 40, p. 186-e62277, 2022.
- ARAÚJO, A. N. *et al.* Relação entre desmatamento e percepção ambiental dos produtores rurais no município de Pacajá-Pará. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 1, p. 1-14, 2016.
- ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020.
- BRASIL, L. S. *et al.* Elements of metacommunity structure in Amazonian Zygoptera among streams under different spatial scales and environmental conditions. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 9, p. 3190-3200, 2017.
- CARVALHO, W. dos Santos; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; SANTOS, T. L. dos. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma unidade de conservação. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 7, n. 2, pág. 15280-15300, 2021.
- CORDEIRO, I. M. C. C.; ARBAGE, M. J. C.; SCHWARTZ, G. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. *In*: CORDEIRO, Iracema Maria Castro Coimbra *et al.* **Nordeste paraense: panorama geral e uso sustentável das lorestas secundárias**. Belém-PA: ADUFRA, 2017. cap.1.
- CUNHA, Erlane José; MONTAG, Luciano Fogaca de Assis; JUEN, Leandro. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 422-429, 2015.
- CUNHA, Erlane José; JUEN, Leandro. Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, p. 111-119, 2017.
- DIAS-SILVA, K.; BRASIL, L. S.; JUEN, L.; CABETTE, H. S. R.; COSTA, C. C. FREITAS, P. V.; MARCO, P. de. Influence of Local Variables and Landscape Metrics on Gerromorpha (Insecta: heteroptera) assemblages in savanna streams, Brazil. **Neotropical Entomology**, [S.l.], v. 49, n. 2, p. 191-202, jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-019-00748-8>. Acesso em: 21 nov. 2020.
- FEARNSIDE, P. M. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. **Floresta Amazônica**, v. 10, n. 2, p. 21, 2022.
- FLORES, Bernardo M. *et al.* Critical transitions in the Amazon forest system. **Nature**, v. 626, n. 7999, p. 555-564, 2024.

GORELICK, N. *et al.* Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

HAMADA, Neusa *et al.* **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira**: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus: Editora do INPA, 2014.

HENRIQUES, F. S. O futuro incerto das florestas tropicais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 265-271, 2010.

JUEN, L. *et al.* Effects of oil palm plantations on the habitat structure and biota of streams in Eastern Amazon. **River Research and Applications**, v. 32, n. 10, p. 2081-2094, 2016.

KANO, C.; GENTIL, D.F. de O. Cultivo de hortaliças em várzeas amazônicas: uma técnica tradicional para evitar a água e a umidade. **Ecodebate**, v. 1, p. 1-11, 2017.

MATHEUS, A. C. C. A transnacionalidade e a proteção jurídica dos conhecimentos tradicionais na Bolívia, Colômbia, Equador, Guianas, Peru, Suriname e Venezuela. **Revista de Direito**, v. 11, n. 2, p. 79-104, 2019.

PAULA, Danielle Silva de; ESCADA, Maira Isabel Sobral; ORTIZ, Jussara de Oliveira. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra na Amazônia: a expansão da agricultura de larga escala na bacia do Rio Curuá-Una. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 2, p. 379-398, 2022.

PEROSA, Bruno; NEWTON, Peter; CARRER, Marcelo José. Access to information affects the adoption of integrated systems by farmers in Brazil. **Land Use Policy**, v. 106, p. 105459, 2021.

ROSÁRIO, R. R.do *et al.* Uso e ocupação do solo do município de novo progresso no Estado do Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e51210112060-e51210112060, 2021.

SANTOS, F. A. A. dos; ROCHA, E. J. P.da; SANTOS, J. S.dos. Dinâmica da paisagem e seus impactos ambientais na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 05, p. 1794-1815, 2019.

SANTOS, R.; MILANEZ, B. Neoextrativismo no Brasil? Atualizando a análise da proposta do novo marco legal da mineração. **Seminário Internacional Carajás**, v. 30, 2014.

SANTOS, T. O. *et al.* Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SMITH, N. J. H. Influências culturais e ecológicas na produtividade agrícola ao longo da Transamazônica. **Acta Amazônica**, v. 7, p. 23-38, 1977.

TAVARES, M. G. da Costa A Amazônia brasileira: formação histórico-territorial e perspectivas para o século XXI. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 15, n. 2, p. 107-121, 2011.