



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO



Matheus de Oliveira Henriques

MUDANÇA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NA VOLTA GRANDE DO XINGU INFLUENCIADA PELA USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

Orientador: Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi
Coorientadora: Dra. Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues

ALTAMIRA, PA
Fevereiro, 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Matheus de Oliveira Henriques

**MUDANÇA HIDROSSEDIMENTOLÓGICA NA VOLTA GRANDE DO
XINGU INFLUENCIADA PELA USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE**

Orientador: Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi
Coorientadora: Dra. Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Biodiversidade e Conservação da
Universidade Federal do Pará,
campus Altamira, como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA, PA
Fevereiro, 2025

Matheus de Oliveira Henriques

MUDANÇA HIDROSEDIMENTOLÓGICA NA VOLTA GRANDE DO XINGU INFLUENCIADA PELA USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Pará, campus Altamira, como requisito para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

APROVADO EM: ____ / ____ / ____

1. BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dra. Janice Muriel Cunha
Universidade Federal do Pará - UFPA

Prof^o. Dr. Leandro Melo de Sousa
Universidade Federal do Pará - UFPA

Profº. Dr. Ingo Daniel Wahnfried
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Profº. Dr. Fabiano do Nascimento Pupim
Universidade de São Paulo - USP

Profº. Dr. Jansen Alfredo Sampaio Zuanon
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

DEDICATÓRIA

À minha família, que sempre me apoiou com amor e incentivo. Em especial, à minha tia Bárbara Alves de Sousa e à minha avó Elzira de Sousa Henriques. Ao meu avô José Henriques e ao meu tio Eduardo de Sousa Henriques, que, mesmo em outra dimensão, sei que seguem cuidando de nós com carinho eterno (in memoriam).

Ao meu pai, Cláudio de Sousa Henriques, e à minha mãe, Deniza Oliveira da Cruz, cujas palavras de apoio foram faróis em meus momentos mais desafiadores, sempre me dando forças para seguir em frente.

Também dedico esta conquista às comunidades indígenas e ribeirinhas, que, com generosidade e sabedoria, compartilharam seus conhecimentos tradicionais e nos acompanharam durante as pesquisas de campo, tornando este trabalho possível. Com eterna gratidão e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, proteção e sabedoria concedidas ao longo desta caminhada.

À minha família, base fundamental de amor e incentivo. Em especial, a minha avó, Elzira de Sousa Henriques, e à minha tia, Bárbara Alves de Sousa, cujas palavras de apoio e fé me fortaleceram em todos os momentos.

Agradeço com eterna gratidão ao meu orientador, Dr. André Oliveira Sawakuchi, pela dedicação, paciência e ensinamentos valiosos durante toda a pesquisa. À minha coorientadora, Dra. Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues, pelo acompanhamento e apoio nesta trajetória.

Aos amigos que conheci ao longo das aulas em Altamira, com um agradecimento especial ao Railson Figueiredo, por estar sempre ao meu lado, oferecendo força e companheirismo.

Ao grupo de pesquisa do LEGaL e do LABSeD, que me acolheu em São Paulo e contribuiu significativamente para a realização desta pesquisa. Em especial, agradeço a Jesus Salas, Giorgio Battistella, Carlos Ortiz, Thaís Mineira, Thaís Desiree, William Mozart, Lara, Renan, Thomás Miranda, Jordana, Dayane Melo e Kleiton Rabelo pelas conversas, pelo apoio inestimável e pela colaboração em laboratório.

Às comunidades indígenas e ribeirinhas, por compartilharem seus conhecimentos tradicionais e acompanharem a pesquisa em campo, mostrando com generosidade a importância do saber ancestral para a ciência.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que esta dissertação se tornasse realidade, o meu sincero agradecimento.

EPÍGRAFE

Xingu meu espírito

Xingu de minha
lembrança, no riso da
criança do sol ao beijar o
rio. Onde sonhar era viver
o presente, o rio em minha
frente sem nenhum
desafio. Naquelas águas
cristalinas, minha alma se
banhava. Hoje busca a
essência, em cada
amanhecer, em cada
curva do rio, uma história a
contar. Uma lembrança
que o tempo não pode

apagar. O Xingu me ensinou a força da natureza e resistir mesmo em meio às adversidades. O rio mudou, mas a alma permanece igual. Forte, resiliente como uma rocha, a luta continua a esperança não se extingui, o Xingu meu espírito. A memória preserva cada canto, e em cada verso eu te canto. Juntando vozes Corredeiras, nós te lutamos!!

Essa é nossa luta, pelo rio, pela floresta e pela vida. E é de vocês também!!!

Esse é nosso chamado para vocês...

Raimundo Cruz e
Silva

SUMÁRIO

Sumário	
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Área de Estudo	16
3.2 Trabalhos de campo	19
3.3 Análise granulométrica	21
3.4 Medidas de Sensibilidade da luminescência	23
3.5 Batimetria	25
3.6 Análise estatísticas dos dados	26
4. RESULTADOS	26
4.1 Análise de fácies	26
4.2 Batimetria	27
4.3 Nível d'água	32
	33
4.4 Granulometria	33
4.5 Sensibilidade da luminescência	35
5. DISCUSSÃO	42
6. CONCLUSÃO	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
8. APÊNDICES	53

RESUMO

As barragens têm impactos significativos sobre a dinâmica hidrológica e sedimentar dos rios, o que afeta diretamente a morfologia fluvial e os ecossistemas aquáticos e de áreas alagáveis. A retenção de sedimentos nos reservatórios, assim como a redução da vazão, altera o aporte sedimentar que seria transportado a jusante, podendo resultar tanto em erosão do leito e das margens quanto em assoreamento, perturbando a heterogeneidade ambiental necessária para manutenção da biodiversidade. Essa perturbação na heterogeneidade ambiental influencia diretamente a disponibilidade de habitats, uma vez que sistemas com maior variabilidade de ambientes físicos tendem a ser mais resistentes a perturbações, como mudanças climáticas ou impactos antrópicos. Neste contexto, a Usina Hidrelétrica Belo Monte, uma das maiores usinas hidrelétricas do país em termos de potência instalada, foi implantada na Volta Grande do Xingu. A área da Volta Grande do Xingu se caracteriza por ser uma região de aproximadamente 130 km de extensão no médio curso do Rio Xingu, apresentar águas claras, de baixa profundidade, com trechos sinuosos, o que cria um complexo mosaico de habitats aquáticos e de inundação sazonal, além da presença de corredeiras e ilhas, praias, igarapés e canais sobre substratos rochosos que abrigam uma rica e também endêmica biodiversidade aquática e ripária. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os depósitos sedimentares associados ao canal principal e aos igarapés da Volta Grande do Xingu, adjacente à aldeia Miratu (Terra Indígena Paquicamba) e, analisar as características internas dos depósitos sedimentares por meio de análises de fácies e granulometria. Além disto, foi realizada a análise de proveniência (origem) dos sedimentos utilizando a sensibilidade da luminescência opticamente estimulada e também identificadas áreas em processo de erosão e assoreamento. Por último, foi investigada como as variações de vazão provocam mudanças nos igarapés e canais associados aos habitats da fauna aquática e das áreas sazonalmente alagáveis. As análises faciológicas indicaram que os leitos do Igarapé paraíso, Ilha do Zé Maria e canais principais são compostos por ao menos três fácies sedimentares (lama maciça compactada com cascalho, cascalho de blocos de rocha e areia média a muito grossa). Os perfis batimétricos dos canais relevaram significativa variabilidade de lâmina d'água, destacando a hidrodinâmica e os processos de erosão e deposição que moldam o leito do Rio Xingu, corroborando com a ideia de alta heterogeneidade ambiental. As réguas linimétricas evidenciaram correlação positiva entre os níveis da água no canal principal e igarapés. A granulometria relevou maior frequência de areia média a grossa (com cascalho) e menor ocorrência de areia fina. A sensibilidade da luminescência opticamente estimulada (OSL) indicou fontes distintas para as areias. A área 7 apresentou, majoritariamente, quartzo de menor sensibilidade com mediana menor que 50% (porcentagem do primeiro segundo de estimulação). A área 3 (Igarapé Paraíso e canais adjacentes) apresentou areias de sensibilidade variável, sugestiva de mistura de fontes. As demais áreas estudadas apresentaram, majoritariamente, grãos de quartzo com sensibilidade com mediana maior que 50%. Esses resultados contribuem para o entendimento dos impactos associados à regulação da vazão na Volta Grande do Xingu, fornecendo subsídios para futuras ações de manejo ambiental voltadas à conservação da biodiversidade e à proteção das áreas alagáveis, especialmente no contexto das mudanças provocadas pela Usina Hidrelétrica Belo Monte.

Palavras-chaves: Hidrelétricas, sedimentos, hidrologia, igarapés, canais fluviais, habitats, heterogeneidade ambiental.

ABSTRACT

Dams profoundly alter the hydrological and sedimentary dynamics of rivers, directly affecting channel morphology as well as aquatic and floodplain ecosystems. Sediment retention in reservoirs, combined with reduced discharge, disrupts downstream sediment supply, potentially leading to both channel and bank erosion or to siltation, thereby compromising the environmental heterogeneity essential for sustaining biodiversity. Such reductions in habitat diversity directly influence habitat availability, as systems with greater physical variability tend to be more resilient to disturbances such as climate change or anthropogenic impacts. Within this context, the Belo Monte Hydroelectric Plant—one of the largest in Brazil in terms of installed capacity—was constructed in the Volta Grande do Xingu. This approximately 130 km stretch of the middle Xingu River is characterized by clear, shallow waters, sinuous reaches, and a complex mosaic of aquatic and seasonally flooded habitats. It also hosts rapids, islands, beaches, *igarapés*, and rocky-substrate channels that support rich and often endemic aquatic and riparian biodiversity. This study aimed to characterize the sedimentary deposits of the main channel and *igarapés* of the Volta Grande do Xingu adjacent to the Miratu village (Paquçamba Indigenous Land), and to assess their internal characteristics through facies and granulometric analyses. Sediment provenance was evaluated using optically stimulated luminescence (OSL) sensitivity, while areas undergoing erosion and siltation were mapped. We also investigated how variations in discharge drive changes in *igarapés* and channels associated with aquatic fauna habitats and seasonally flooded environments. Facies analysis revealed that the beds of the Igarapé Paraíso, Ilha do Zé Maria, and main channels comprise at least three sedimentary facies: compact massive mud with gravel, boulder gravel, and medium to very coarse sand. Bathymetric profiles showed marked variation in water depth, reflecting the hydrodynamic and erosional–depositional processes shaping the Xingu River bed, consistent with high environmental heterogeneity. Water-level gauge data indicated a positive correlation between the main channel and *igarapé* water levels. Grain-size distribution showed a predominance of medium to coarse sand (with gravel) and a lower occurrence of fine sand. OSL sensitivity analyses identified distinct sediment sources. Area 7 contained predominantly low-sensitivity quartz with a median below 50% (percentage in the first second of stimulation), while Area 3 (Igarapé Paraíso and adjacent channels) showed variable sensitivity, indicating mixed sources. The remaining areas were dominated by quartz grains with median sensitivity above 50%. These findings enhance our understanding of the impacts of flow regulation in the Volta Grande do Xingu, offering valuable insights for future environmental management strategies aimed at biodiversity conservation and floodplain protection, particularly in light of the changes triggered by the Belo Monte Hydroelectric Plant.

Keywords: Hydroelectric plants, sediments, hydrology, *igarapés*, river channels, habitats, environmental heterogeneity.

1. INTRODUÇÃO

Barragens são estruturas artificiais projetadas para reter água, rejeitos ou outros materiais líquidos, com o objetivo de armazenamento ou controle hídrico (US Society on Dams, 2025). Ao longo do século XX, a construção de grandes barragens cresceu rapidamente, especialmente nas décadas de 1960 e 1970, com ênfase nas regiões da Europa Ocidental e América do Norte (Lehner *et al.*, 2011). No entanto, a partir da década de 1990, o aumento das preocupações sobre os impactos socioambientais causados pelo represamento de rios levou a uma desaceleração global na construção de barragens (Moran *et al.*, 2018). Ainda assim, uma nova fase de expansão ocorreu, impulsionada pela crescente demanda por energia e água para o desenvolvimento socioeconômico, particularmente em países em desenvolvimento e em grandes bacias hidrográficas, como as dos rios Amazonas, Congo e Mekong (Winemiller *et al.*, 2016; Zarfl *et al.*, 2015).

As barragens exercem impactos significativos sobre a dinâmica hidrológica e sedimentar dos rios, afetando diretamente a morfologia fluvial, os ecossistemas aquáticos e as áreas sazonalmente alagáveis (Grant *et al.*, 2003; Kondolf *et al.*, 2014). A retenção de sedimentos nos reservatórios modifica o fluxo sedimentar a jusante, podendo levar à erosão do leito e das margens, além de alterar o suprimento de sedimentos em regiões ecologicamente sensíveis, comprometendo a heterogeneidade ambiental (Petts & Gurnell, 2005). Essa redução na heterogeneidade impacta diretamente a disponibilidade de habitats, pois sistemas com maior variabilidade ambiental tendem a ser mais resilientes a perturbações, tais como as provocadas por mudanças climáticas e impactos antrópicos (Bunn & Arthington, 2002).

Nas últimas décadas, a região amazônica tem sido palco da expansão de atividades exploratórias e econômicas no Brasil, o que inclui a construção de grandes barragens (Carvalho & Domingues, 2016; Ometto *et al.*, 2016; Siqueira-Gay *et al.*, 2020). Esse avanço intensificou os impactos antrópicos nos ambientes aquáticos e terrestres da região (Sonter *et al.*, 2017; Siqueira-Gay *et al.*, 2020). Dentre as barragens construídas em território amazônico, destaca-se a Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte, localizada na Volta Grande do Xingu, no estado do Pará. A UHE Belo Monte é uma das maiores usinas hidrelétricas do país em termos de potência instalada. A UHE Belo Monte possui capacidade instalada de 11.233 MW, sendo a segunda

maior hidrelétrica brasileira, atrás apenas da Usina Hidrelétrica de Itaipu (Norte Energia S.A, 2023). A UHE Belo Monte possui um canal de derivação com 130 metros de largura, 20 km de extensão e 25 metros de profundidade, responsável por conduzir a água do vertedouro do reservatório na calha do Rio Xingu para a casa de força principal (Norte Energia S.A, 2023). A UHE Belo Monte opera com 18 unidades geradoras na casa de força principal, complementada por outras seis na casa de força complementar, situada no Sítio Pimental. Sua construção resultou em aproximadamente 500 km² de área inundada, a montante de Pimental (EPE, 2020). A Volta Grande do Xingu se estende por aproximadamente 130 km no médio curso do Rio Xingu, sendo caracterizada por águas claras e rasas, além de trechos sinuosos que formam um complexo mosaico de habitats aquáticos e terrestres (Sawakuchi *et al.*, 2015). A região abriga corredeiras, ilhas, praias, igarapés e canais sobre substratos rochosos, criando um ambiente único que sustenta biodiversidade aquática e ripária (vegetação presente ao longo das margens de corpos d'água, fundamentais para a estabilidade ecológica) rica e altamente endêmica (Montag *et al.*, 2018).

A instalação da UHE Belo Monte reduz a vazão da Volta Grande do Xingu em até 80% ao desviar suas águas para um canal artificial, que alimenta o reservatório intermediário onde se concentra a potência instalada da usina (Fearnside, 2019). Essa drástica diminuição da vazão altera os padrões de transporte e deposição de sedimentos, comprometendo a estrutura dos habitats aquáticos e alagáveis da região (Sawakuchi *et al.*, 2015). Além disso, a modificação do regime hidrológico afeta a qualidade da água, podendo intensificar a erosão das margens dos igarapés, promover o assoreamento dos canais principais, aumentar a emissão de gases de efeito estufa e impactar diretamente o modo de vida das populações ribeirinhas (Zuanon *et al.*, 2019). Grandes empreendimentos como a UHE Belo Monte convertem ambientes lóticos, i.e. ambientes aquáticos de águas correntes, para ambientes lênticos, i.e. ambientes de águas paradas ou de fluxo reduzido, e controlam o regime hidrológico a jusante do barramento, modificando os pulsos de inundação dos rios (Timpe & Kaplan, 2017).

Os pulsos de inundação dos rios são fundamentais para reprodução e manutenção da fauna e flora adaptadas a períodos alternados de alagamento e seca. A supressão dos pulsos de inundação sazonal, causada pela instalação e operação da UHE Belo Monte, interfere no regime hidrológico que mantém os igapós da região.

Com a conversão de áreas sazonalmente alagadas em áreas secas, as espécies de animais e plantas de igapó dão lugar a espécies de terra firme no processo de sucessão ecológica. Assim, a interrupção do pulso de inundação impacta todo o ecossistema florestal aluvial ao longo do tempo (Resende *et al.*, 2020). Do ponto de vista ecológico, a alteração do ambiente poderá desencadear mudanças irreversíveis, resultando na extinção de espécies nativas e na colonização por espécies invasoras que podem modificar drasticamente a estrutura e o funcionamento do ecossistema (Talwar, *et al.*, 2022). Do ponto de vista social, essas transformações ambientais podem levar à desagregação cultural de comunidades tradicionais, especialmente aquelas que dependem dos recursos naturais para sua subsistência.

A degradação dos ecossistemas da Volta Grande do Xingu pode causar grave insegurança alimentar, uma vez que a pesca, a caça e o extrativismo de frutos e plantas são diretamente afetados, reduzindo o acesso a alimentos e comprometendo práticas culturais associadas ao uso sustentável dos recursos naturais (Pezzuti *et al.*, 2024). Considerando as alterações na dinâmica sedimentar fluvial, hidrológica, perda de habitats e florestas aluviais, que deverão ocorrer por conta do barramento e redução da vazão na Volta Grande do Xingu, é notável que as espécies de peixes que faz uso dos ambientes sazonalmente inundados deverão sofrer maior impacto, implicando na diminuição da diversidade de espécies. Além disto, eventos de subida e descida do rio desacoplados da sazonalidade ou a baixa duração do pulso de inundação deverão alterar a dinâmica sedimentar fluvial e determinar ao menos a redução dos cardumes de peixes que utilizam essas áreas para reprodução, alimentação e berçário (Quirino *et al.*, 2017).

No contexto de impactos da UHE Belo Monte na Volta Grande do Xingu, o presente estudo colabora com o Monitoramento Ambiental Territorial Independente da Volta Grande do Xingu (MATI). O MATI é uma iniciativa voltada para acompanhar, continuamente, os impactos ambientais causados pela UHE Belo Monte na dinâmica ecológica e socioambiental da região (Pezzuti, 2018). Diferente dos monitoramentos conduzidos por órgãos reguladores ou pela própria empresa responsável pela usina, o MATI avalia os impactos de forma independente, transparente, comunitária e participativa, envolvendo as comunidades locais no processo de monitoramento e disseminando informações para que as comunidades locais (indígenas e ribeirinhos) possam promover o direito ao conhecimento e à defesa de seus territórios.

Neste cenário, este estudo teve como objetivo caracterizar ambientes aquáticos e de alagamento sazonal da Volta Grande do Xingu, com ênfase nos depósitos sedimentares e em localidades da margem esquerda do Rio Xingu, na região da Terra Indígena Paquiçamba, a qual possui maior restrição de vazão. Isto envolveu: (i) monitoramento da variação do nível d'água do canal principal e do Igarapé Paraíso, (ii) análise batimétrica do canal principal e da desembocadura de determinados igarapés, e (iii) caracterização dos depósitos sedimentares do canal principal e do Igarapé Paraíso, incluindo análises granulométricas e de sensibilidade de luminescência opticamente estimulada. A análise dessas variáveis é essencial para compreender os impactos da redução de vazão sobre os ecossistemas aquáticos da Volta Grande, fornecendo subsídios para ações de gestão e conservação, além de contribuir para uma avaliação mais ampla dos efeitos ecológicos da modificação do regime hídrico e sedimentar por atividades antrópicas.

2. OBJETIVOS

A meta deste projeto foi caracterizar os depósitos sedimentares associados ao canal principal e aos igarapés da Volta Grande do Xingu, na região próxima à aldeia Mĩratu (Terra Indígena Paquiçamba). O estudo buscou avaliar a relação entre processos erosivos, deposicionais e de assoreamento, além de analisar os potenciais impactos das mudanças na dinâmica hidrossedimentar sobre os habitats da fauna aquática.

Para alcançar essa meta, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

I. Caracterizar os depósitos sedimentares e demais substratos superficiais dos canais e igarapés, com base em observações de campo, coleta de amostras de sedimentos e batimetria de canais;

II. Monitorar a variação do nível d'água superficial nos ambientes sazonalmente alagáveis e nos canais principais do Rio Xingu;

III. Analisar as características internas dos depósitos sedimentares por meio de descrições de campo e análises granulométricas;

IV. Rastrear a origem dos sedimentos acumulados em canais

assoreados utilizando a sensibilidade da luminescência opticamente estimulada;

V. Identificar áreas em processo de assoreamento e alteração da paisagem, avaliando seus efeitos sobre a velocidade da água e os habitats de espécies de peixes da Volta Grande do Xingu.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A Volta Grande do Xingu é descrita por Sabaj (2015) como “um labirinto complicado de canais aquosos, corredeiras e cachoeiras poderosas”. Nessa região, o rio se subdivide em múltiplos canais devido a um complexo sistema de fraturas em rochas cristalinas, formando esse extenso labirinto de aproximadamente 130 quilômetros de extensão, caracterizado pela presença de ilhas, pedrais e bancos de areia. Essa configuração cria uma rede diversificada de habitats, cuja dinâmica está intimamente ligada ao ciclo hidrológico anual. A sazonalidade, marcada pelos pulsos de inundação, desempenha um papel fundamental na migração da fauna aquática, que utiliza as planícies aluviais para alimentação e reprodução durante os períodos de cheia e as abandona com a vazante das águas.

O Rio Xingu é um dos principais afluentes do Rio Amazonas, drenando aproximadamente 51 milhões de hectares nos estados do Pará e Mato Grosso (MMA, 2002; Isaac *et al.*, 2015). Suas águas são caracterizadas por alta transparência e baixa carga de sedimentos em suspensão (Rocha & Santos, 2019). Antes da construção da UHE Belo Monte, a vazão natural do Rio Xingu na Volta Grande variava ao longo do ano em média entre 2.000 m³/s, durante a estação seca (junho a outubro), e 20.000 m³/s, no período chuvoso (dezembro a maio) (Camargo & Ghilard, 2009).

Com a implementação da usina, o rio foi barrado pela construção da barragem de Pimental (Figura 1), onde hoje se localiza um reservatório na calha do Xingu. Atualmente, suas águas são artificialmente desviadas por um canal até o reservatório intermediário, responsável por alimentar as turbinas da casa de força principal da UHE Belo Monte. O desvio artificial das águas, resultou na redução da vazão à jusante, impactando diretamente às comunidades que residem abaixo do barramento de

Pimental. Neste contexto, a área de estudo situa-se na margem esquerda do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) da Volta Grande do Xingu (Figura 1).

Dentre as comunidades da margem esquerda impactadas, foi selecionada, como modelo deste trabalho, à Aldeia Mĩratú. Esta área foi selecionada pelo bom relacionamento entre pesquisadores e pesquisadores locais (Ribeirinhos e Indígenas) que estão engajados no Monitoramento Territorial Ambiental Independente (MATI), além de total apoio com seus conhecimentos tradicionais e com a logística dentro do seu território, guiando e acompanhando, durante todo percurso, tanto na água como na mata. A Aldeia Mĩratú é uma das comunidades (Aldeias) da Terra Indígena Paquiçamba, homologada pelo Decreto nº 388, de 26 de dezembro de 1991, e abrange uma área de aproximadamente 4.134,56 hectares no município de Vitória do Xingu, localizada na Volta Grande do Xingu. Habitada pelo povo *Yudjá*; povo que possui profunda conexão cultural e espiritual com o Rio Xingu. Também conhecidos por Jurunas.

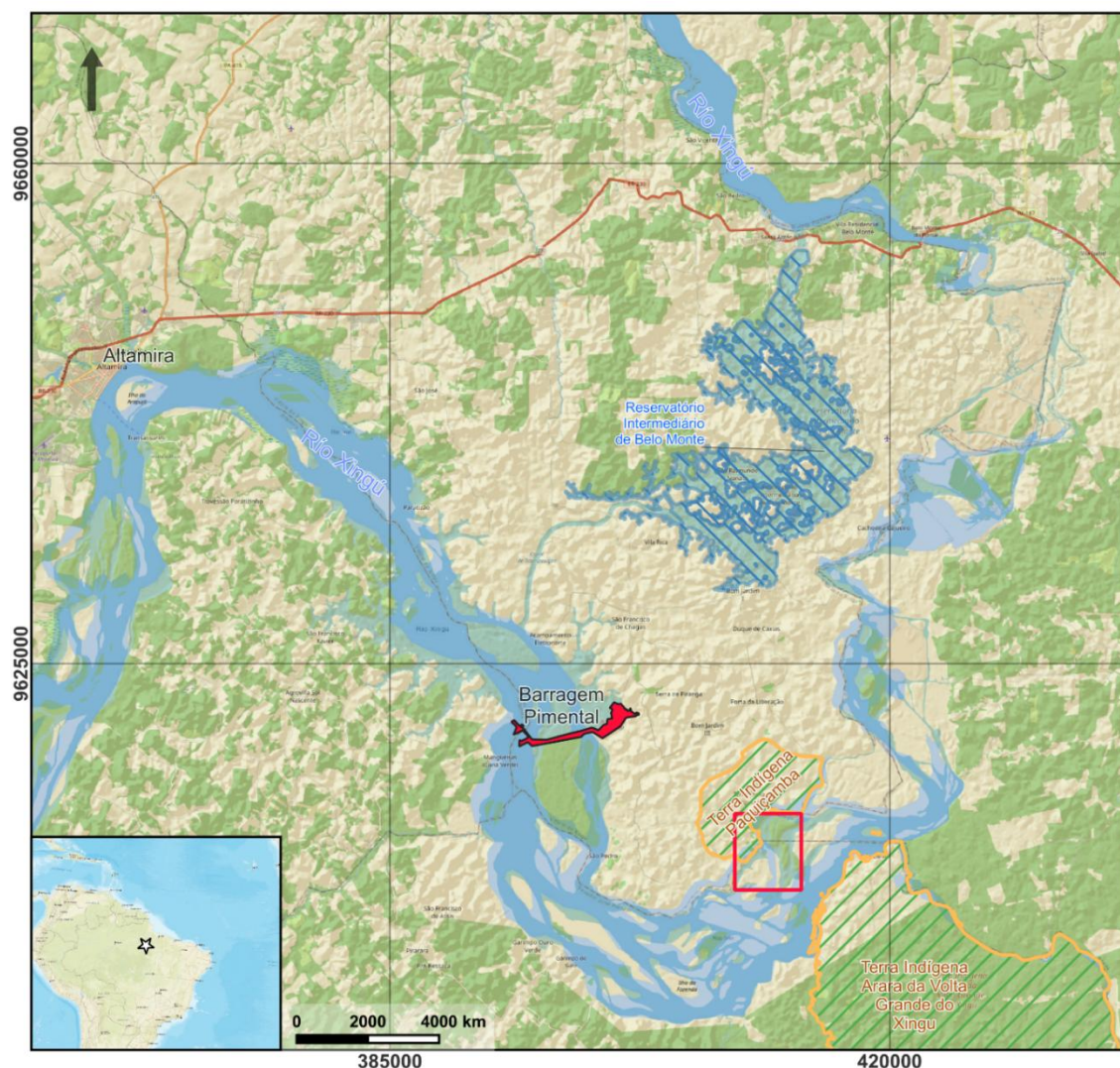


Figura 1: O quadrado pequeno, em preto, inclui o Brasil. A estrela que está contida no mapa do Brasil é a localização da área de estudo. A linha mais densa, em vermelho, está marcando o local onde o rio foi barrado (Barragem de Pimental). As Terras Indígenas Paquicamba e Arara da Volta Grande são delimitadas pelos polígonos amarelos. O trabalho foi realizado na Terra Indígena Paquicamba, especificamente, na Aldeia Miratu, margem esquerda do TVR. O quadrado em vermelho, que faz intersecção com a Aldeia Miratu, é o local onde foram realizadas as coletas, batimetria de canais e instalado instrumentos de monitoramento, como as réguas Linimétricas.

O clima na região é tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, temporada chuvosa e estiagem (seca). O período de chuvoso ocorre, ou era para ocorrer, de novembro a maio e a estiagem de junho a outubro. A região do Rio Xingu tem temperatura média anual de 26 °C, com precipitação média anual de 1750 a 3500 mm (Camargo & Ghilard, 2009).

O Rio Xingu se destaca pela diversidade de sua dinâmica sedimentar. Só a Volta Grande do Xingu apresenta cerca de 200 km. Ademais, essa região é conhecida por ter desnível atípico para rios amazônicos, apresentando desnível de 85 m, que

resultaria da tectônica de placas do Neógeno (Pettena *et al.*, 1980), as quais teriam originado os trechos encachoeirados da Volta Grande do Xingu (Rodriguez, 1993).

As águas claras do Rio Xingu devem-se à pequena concentração de sedimentos em suspensão, cerca de 17,8 ton/Km² ano, em comparação a aproximadamente 170 ton/Km² do rio Amazonas. Isso ocorre devido ao Xingu drenar predominantemente áreas cratônicas, com taxas de denudação reduzidas, apresentando assim menor proporção de sedimentos em suspensão quando comparado com a sua carga de fundo (Latrubesse *et al.*, 2005). Além disso, a região também apresenta espessas coberturas aluviais (por ação da gravidade ou associada a processos de escoamento superficial, deslizamentos ou movimentos de massa), que podem ter associação com a evolução dos depósitos residuais de intemperismo (Pettena *et al.*, 1980).

3.2 Trabalhos de campo

As atividades de campo foram realizadas na Volta Grande do Xingu, mais especificamente na aldeia Miratu e adjacências (Figura 2). Foram visitadas localidades com relatos de canais com assoreamento desde a construção da barragem de Pimental. O trabalho de campo ocorreu entre 21 de novembro e 2 de dezembro de 2023, com financiamento do projeto “*Partilha da água e resiliência de um sistema socio-ecológico único na Volta Grande do Xingu*” (Programa Iniciativa Amazônia+10 FAPESP-FAPEAM-FAPESPA). As atividades de campo incluíram: identificação e descrição dos depósitos sedimentares e coleta sistemática de 75 amostras de sedimentos para análise granulométrica e proveniência sedimentar. Além de posteriormente, ter sido feita a batimetria dos canais assoreados (Figura 3) e instaladas réguas linimétricas para monitoramento hidrológico (Figura 04).

As amostras de sedimentos foram coletadas em leitos secos, com auxílio de martelo geológico e espátula, ou submersos (mergulho). A localização das amostras foi determinada por GPS. Réguas linimétricas instaladas e monitoradas pelos pesquisadores indígenas do MATI para acompanhar a variação do nível da água do Rio Xingu e do Igarapé Paraíso ao longo do tempo. A instalação dessas réguas é atividade bem criteriosa e técnica, desde a definição do local de instalação até a correta instalação das seções e amarração de referências de nível, a referência do nível das réguas que foram instaladas é de um metro, isto é, quando a água estiver no zero da régua 02 a régua 01 está com um metro de água sobre ela. A definição dos locais de

instalação levou em consideração tanto o conhecimento técnico quanto os relatos da comunidade sobre a dinâmica hídrica local. Após a instalação, as réguas passaram a ser monitoradas periodicamente pelos indígenas da Aldeia Miratu, permitindo a coleta contínua de dados e promovendo a integração da comunidade local com a ciência aplicada. A medição regular dos níveis da água contribuirá para a avaliação da disponibilidade hídrica do impacto das variações sazonais sobre as áreas sazonalmente alagáveis, igarapés e áreas de piracema, fundamentais para a reprodução e alimentação da fauna aquática, em especial a ictiofauna.

Cada amostra foi embalada em sacos plásticos A4 e devidamente identificada conforme código padronizado, criado em campo (IGX-01 ao IGX-75). As amostras sedimentares coletadas foram encaminhadas ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP) e analisadas no Laboratório de Sedimentologia “Armando Márcio Coimbra entre março e abril de 2024. As amostras coletadas e as coordenadas dos pontos de coleta estão indicadas na tabela 1 (como anexo).



Figura 3: Pesquisadores e colaboradores realizando a batimetria do canal principal do rio Xingu.



Figura 4: Régua linimétrica instalada no Igarapé Paraíso.

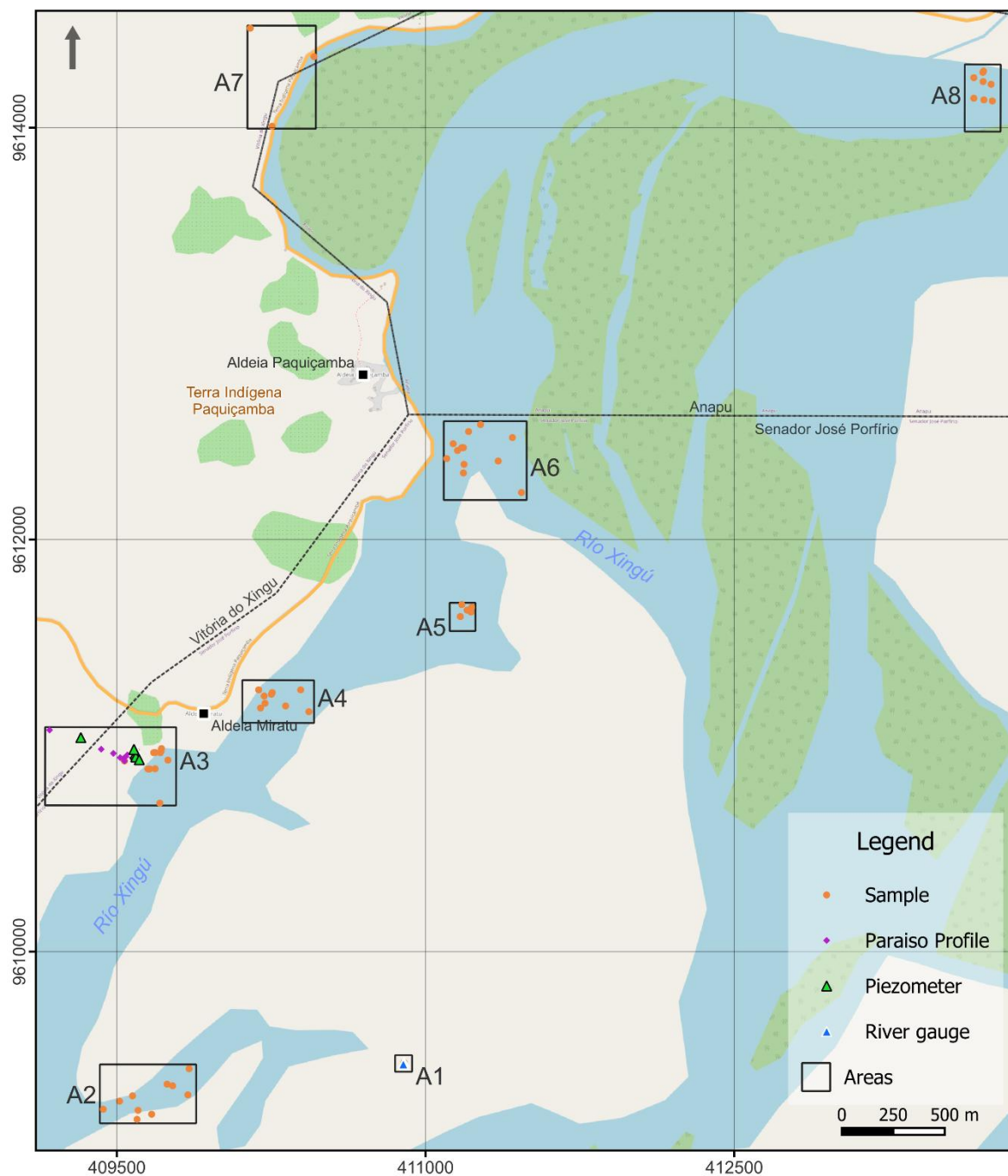


Figura 5: As áreas 1 a 8 (A1 até A8) representam os trechos em que as amostras de sedimentos foram coletadas, sendo os trechos divididos entre canais principais e áreas sazonalmente alagáveis (A1, A3 e A7 incluem áreas sazonalmente alagáveis). As áreas (A1 e A3) representam os trechos que os instrumentos de monitoramento foram instalados, sendo a A3 o trecho do Igarapé Paraíso. As áreas 2, 3, 4, 6 e 8 (A2, A3, A4, A6 e A8) além de representarem o local de coleta de amostras, representam o trecho onde foi feita a batimetria dos canais.

3.3 Análise granulométrica

As amostras coletadas durante o trabalho de campo foram tratadas e analisadas

no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sob orientação do Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi, Dra. Fernanda Rodrigues, discentes e técnicos.

As análises granulométricas foram realizadas utilizando o método de peneiramento (Melo *et al.*, 2004). Este tipo de análise tem duas fases, uma preliminar, chamada elutriação, que consiste na lavagem ou deslamagem da amostra para remoção dos sedimentos finos (silte e argila), e a outra que é o peneiramento propriamente dito. Há ainda a secagem dos grãos após a elutriação.

O procedimento genérico para a elutriação, consiste em: i) remoção das argilas em suspensão na proveta, de preferência com ajuda de sifão para evitar sucção de grãos; ii) colocar o material decantado da proveta em elutriador de funil de 600 ml, suporte e mangueira flexível conectada a torneira de água corrente. A transferência do material da proveta para o funil deve ser feita com o subsídio de pisseta com água, de modo que não haja perda de material, na hora de transferir o material o funil deve estar cheio d'água e a torneira quase fechada; iii) abrir vagarosamente a torneira para que os grãos da amostra se mantenha dentro do funil e saia somente os materiais síltico-argiloso em suspensão, responsável por turvar a água; iv) deixar lavar até que a água fique límpida, indicando que o material fino em suspensão foi removido. v) transferir o material elutriado (lavado) do funil para um béquer, com subsídio do fluxo de água da torneira; vi) filtrar o material elutriado, despejando-o, com subsídio de pisseta, em filtro de papel qualitativo previamente marcado com o código da amostra em tinta resistente a água e à temperatura da estufa; vii) dobrar cuidadosamente o filtro de papel, e colocá-lo para secar a 50°C, onde poderá permanecer por 24 horas, até secagem total.

Depois desta etapa preliminar, vem o peneiramento propriamente dito, o qual segue as seguintes etapas: i) preparar o conjunto de 11 (onze) peneiras empilhadas com malha decrescente do topo para a base, as quais variam da peneira 1 (2,000 mm), peneira 11 (0,062 mm) e fundo (<0,062 mm); ii) despejar o material pós secagem na peneira superior (peneira 1), colocar o conjunto de peneiras em vibrador mecânico calibrado para cerca de 70-90% da capacidade máxima (reostato na posição 7-9), e deixar vibrar por 15 minutos; iii) depois dos 15 minutos, recolher o material retido em cada peneira, colocar o material em papel A4 previamente marcado com o código da amostra e a respectiva fração granulométrica; utilizar pincéis limpos (desses de fazer acabamento em pinturas) para subsidiar na remoção do material das peneiras,

movimentando em direção diagonal à malha e sem colocar muita força para prevenir sua deformação e prolongar a vida útil da peneira; dobrar a folha, com cuidado para não derrubar o material, e levar para a pesagem; iv) para cada peneira, pesar inicialmente a folha de papel juntamente com o material retido; utilizar balança digital, com leitura de quatro casas após a vírgula (P1); após pesagem, transferir o material retido para saco plástico auto selante, previamente identificado (caneta permanente) com código da amostra e fração granulométrica; pesar de novo a folha de papel utilizada (P2) e depois subtrair (P1-P2) para obter o peso líquido da fração granulométrica correspondente; feito isso, anotar os valores dos pesos obtidos, respectivo a cada peneira, e posteriormente passar para planilha no Excel; v) condicionar todos os materiais analisados em um envelope maior com o código da amostra, para arquivo ou outros procedimentos.

3.4 Medidas de Sensibilidade da luminescência

As amostras de areia do leito do rio, do leito do igarapé e das margens dos igarapés foram peneiradas a seco para isolar a fração de grãos com tamanho entre 180 e 250 μm , representando os sedimentos de carga de fundo nas amostras estudadas e sendo adequada para medições de luminescência em alíquotas multigrãos. As amostras foram tratadas com ácido clorídrico (HCl 10%) para eliminar minerais carbonáticos e com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para remover a matéria orgânica (Sawakuchi *et al.*, 2018).

As medições de luminescência foram realizadas no Laboratório de Luminescência e Espectrometria Gama (LEGaL) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, utilizando alíquotas poliminerálicas (quartzo e feldspato). As medições foram feitas em um leitor Risø TL/OSL DA-20, equipado com uma fonte beta interna ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; taxa de dose de $0,07 \text{ Gy s}^{-1}$ para discos), um tubo fotomultiplicador (Thorn EMI 9635QB), uma placa aquecedora e diodos emissores de luz (LEDs) azul e infravermelho. Seis alíquotas por amostra (total de 450 alíquotas) foram medidas utilizando os LEDs azuis e a detecção da luz foi realizada através de filtro Hoya U-340 de 7,5 mm (290–340 nm).

Para os grãos de areia na fração 180–250 μm , foram preparadas seis alíquotas por amostra montando-se os grãos em discos de aço, com auxílio de pincel e silicone. Uma placa acrílica com micro-orifício de 1470 μm de diâmetro por 1860 μm de profundidade foi utilizada para montar alíquotas com volume e massa similares.

Os procedimentos de luminescência (Tabela 1) incluíram o fotoesvaziamento das alíquotas (passo 1 e 2) para eliminar sinais naturais residuais de luminescência. Em seguida, foi aplicada dose beta de 15 Gy para induzir sinais de luminescência nas alíquotas de areia. Antes das medições de luminescência, foi aplicada uma etapa de pré-aquecimento a 200°C por 10 s para eliminar sinais instáveis (passo 4). A estimulação por infravermelho a 125°C por 100 s (passo 5) mediu o sinal de feldspato nas alíquotas poliminerálicas.

A luminescência opticamente estimulada (OSL) com luz azul foi medida a 125°C por 100 s no passo 6. Considera-se que esse sinal representa a OSL do quartzo em alíquotas poliminerálicas. A integral do primeiros 1 s de estimulação menos os últimos dez segundos da emissão de OSL na etapa 7 da Tabela 1 foi usada para estimar a intensidade da componente OSL rápida do quartzo (BOSL_F) (Choi *et al.*, 2006; Jain *et al.*, 2003).

A sensibilidade OSL foi obtida dividindo-se BOSL_F (etapa 7) pelo sinal total de OSL (BOSL_T) calculado para os 100 s de estimulação. Essa razão representa a intensidade relativa da componente OSL rápida em comparação às componentes média e lenta, além de normalizar as variações nas estimativas de sensibilidade devido a diferenças no número de grãos emissores de luz entre as alíquotas da mesma amostra (Sawakuchi *et al.*, 2018).

Tabela 1. Sequência de procedimentos utilizados para medir a sensibilidade OSL das alíquotas poliminerálicas. BOSL_f foi calculada pela etapa 6 e representa o sinal utilizado para o cálculo da sensibilidade, que foi medido após irradiação seguida de pré-aquecimento e utilizando estimulação por luz azul a 125°C. Todas as etapas utilizaram uma taxa de aquecimento de 5°C/s e 90% da potência máxima dos LEDs (Sawakuchi *et al.*, 2020).

Etapa	Procedimento
1	Estimulação com LEDs azuis a 125°C por 100 s
2	Estimulação com LEDs infravermelho a 125°C por 100s
3	Dose de radiação beta, 15 Gy
4	Pré-aquecimento a 200°C por 10 s
5	Estimulação com LEDs infravermelho a 125°C por 100 s
6	Estimulação com LEDs azuis a 125°C por 100 s

3.5 Batimetria

Foi realizado um levantamento batimétrico dos canais principais do Rio Xingu, adjacentes à aldeia Miratu, utilizando um sonar Garmin Striker 42 CV, um ecobatímetro, instrumento utilizado para medir a profundidade de corpos d'água, como rios e lagos, por meio da emissão de pulsos sonoros. Os pulsos sonoros se propagam na coluna d'água e são refletidos pelo fundo do leito do rio, o tempo de retorno desses pulsos é registrado pelo equipamento, o que permite calcular a profundidade com precisão. Além do mais, o equipamento (Garmin Striker 42 CV) utiliza o sonar de varredura ClearVü, permitindo observar as variações morfológicas do leito e conta com GPS acoplado, permitindo a geolocalização precisa dos pontos amostrados e a criação de perfis batimétricos detalhados.

As medições foram realizadas entre os meses de novembro a dezembro, abrangendo seis áreas distintas ao longo da Volta Grande do Xingu, nas adjacências da aldeia Miratu, dentro da área de estudo (figura 1), com o objetivo de caracterizar a variabilidade dos leitos dos canais do Rio Xingu e identificar padrões de erosão e deposição sedimentar. Para as medições, foi preciso acoplar o sonar em uma embarcação de pequeno porte para garantir a mobilidade e eficiência na aquisição dos dados batimétricos ao longo dos trechos selecionados (malha com linhas aproximadamente paralelas e perpendiculares).

Posteriormente, os dados foram processados no software ArcGIS, onde foram gerados mapas batimétricos utilizando o método de interpolação Inverse Distance Weighted (IDW). Essa técnica estima valores em locais não amostrados a partir de pontos próximos, atribuindo maior peso aos mais próximos e menor peso aos mais distantes. Baseia-se na premissa de que valores mais próximos têm maior influência na estimativa do que valores mais afastados (Watson e Philip, 1985).

Por fim, foram gerados perfis batimétricos ao longo dos transectos de pontos originalmente medidos para melhorar a representatividade dos dados. Os pontos dos perfis foram exportados em arquivos .csv e processados no Excel para sua representação gráfica.

3.6 Análise estatísticas dos dados

Os dados dos instrumentos instados em campo, como as réguas, além dos dados da granulometria, batimetria e sensibilidade foram agrupados em planilhas de cálculos (Excel) para organização dos dados e formulação de tabelas. Algumas dessas tabelas foram exportadas para o programa R-Studio para elaboração de gráficos (gráfico de barras (moda), boxplot e de linhas com marcadores). Os dados de luminescência e granulometria foram categorizados em termos de áreas definidas depois de plotar as coordenadas das amostras no QGIS.

4. RESULTADOS

4.1 Análise de fácies

Três fácies sedimentares foram identificadas e interpretadas nas margens e leito do Igarapé Paraíso e Ilha do Zé Maria (igapó), além dos canais principais do Rio Xingu, adjacente à aldeia Miratu. Estas fácies são descritas a seguir e ilustradas na Figura 6.

No igarapé Paraíso ocorre depósito de lama maciça compactada com cascalho, blocos de rochas e areia média a muito grossa. Por vezes, ocorrem a presença de folhiços e árvores caídas, além de horizontes pedogênicos. A fácies de lama está associada às margens estáveis e vegetadas. Esta fácies é interpretada como depósito de suspensão, com possível contribuição de fluxo gravitacional, formado durante o período de subida do rio, em zona onde a vegetação ciliar e as raízes subsidiam à deposição dos sedimentos. Os blocos de rocha (gnaisse) sugerem a ocorrência de enxurradas, de modo que esta fácies deve estar relacionada ao aumento da força da água, pois foram encontradas depois das áreas de estreitamento. Além de horizontes com raízes expostas, com árvores “deitadas”, sempre acompanhando as áreas com margens e leito erosivos. Os depósitos de areia média a muito grossa foram possivelmente formadas por enxurradas recentes, uma vez que o leito estava recoberto por depósito arenoso inconsolidado com cerca de 50 cm de espessura.



Figura 6: Fácies sedimentares reconhecidas em campo, Lama maciça compactada, blocos (gnaisse), areia média a muito grossa com formação de barras.

4.2 Batimetria

Os perfis batimétricos das seis áreas analisadas ao longo do Rio Xingu revelaram significativa variabilidade da morfologia do fundo dos canais, destacando a hidrodinâmica e os processos de erosão e deposição que moldam o leito do rio.

Área 2: A análise dos perfis desta área mostrou significativa variação na

profundidade ao longo dos perfis traçados. Os dados indicam oscilações entre trechos rasos e profundos, o que reflete a complexidade morfológica e hidrodinâmica da área analisada. Nos perfis P1-P1' e P2-P2', é possível observar variações discretas na profundidade, com depressões mais marcadas na parte central, seguidas por elevações próximas às margens. Estas variações, sugere a presença de canais secundários e bancos sedimentares que influenciam a dinâmica do rio local. O perfil P3-P3' começa profundo (1,5 m) e logo tende a se manter constante em 1,0 m e depois vai para o zero. Já o perfil P4-P4', apresenta maior variação, intercalando de 1 m a aproximadamente 4,1 m, indicando a existências de poços mais profundos em contraste com áreas rasas. No perfil P5-P5', a profundidade apresentou maior regularidade, com variações mais suaves ao longo do trecho, o que sugere ser zonas de transição com pouca influência de processos deposicionais ou erosivos intensos (Figura 7).

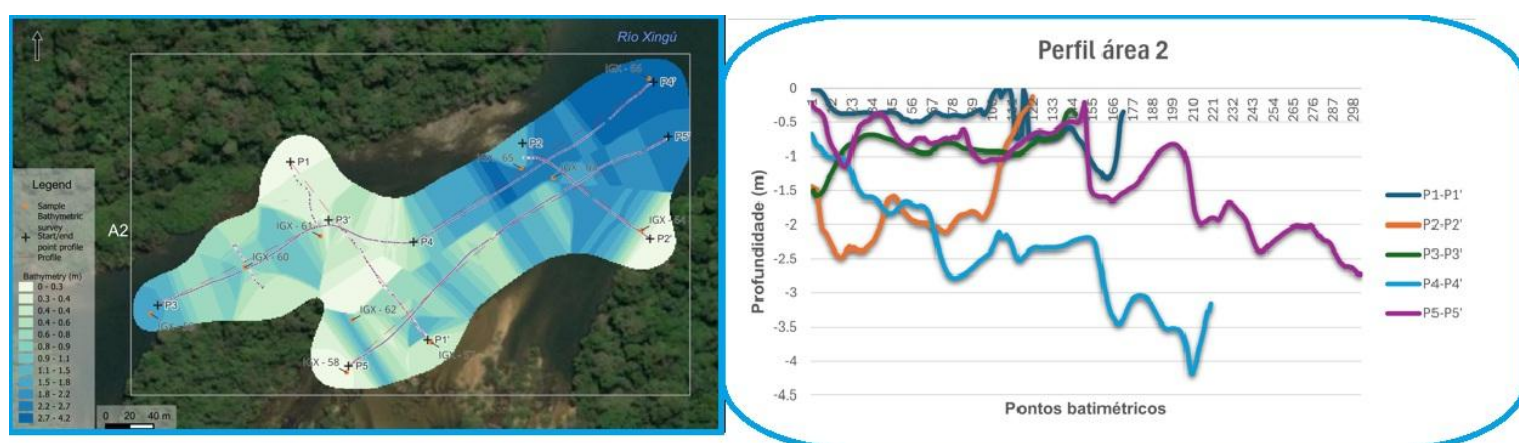


Figura 7: Perfis batimétricos da área 2 (A2 no mapa da Figura 5).

Área 3: Nesta área, os perfis (P1-P1', P2-P2', P3-P3', P4-P4' e P5-P5') evidenciaram uma complexa heterogeneidade geomorfológica fluvial. O perfil P1-P1', apresentou pequenas oscilações em profundidade (com variações de até < 2,0 m), caracterizando uma área com menor influência de processos erosivos ou deposicionais intensos. Em oposição ao perfil P3-P3' que exhibe variações mais amplas, intercalados por profundidades que alcançam valores próximos de 3,5 m, o que sugere a presença de poços profundos formados por processos hidrodinâmicos próprios desta área. No perfil P4-P4', foi possível observar um padrão de transição, com áreas rasas que paulatinamente ficam fundas, seguidas por trechos de maior estabilidade. Já ao olhar

para o perfil P5-P5' é possível identificar áreas que alternam entre depressões (atingindo um ponto de profundidade máxima de aproximadamente 2,8 m) e elevações, o que pode refletir a relação entre o fluxo do canal principal e bancos sedimentares no leito do rio. Figura 8.

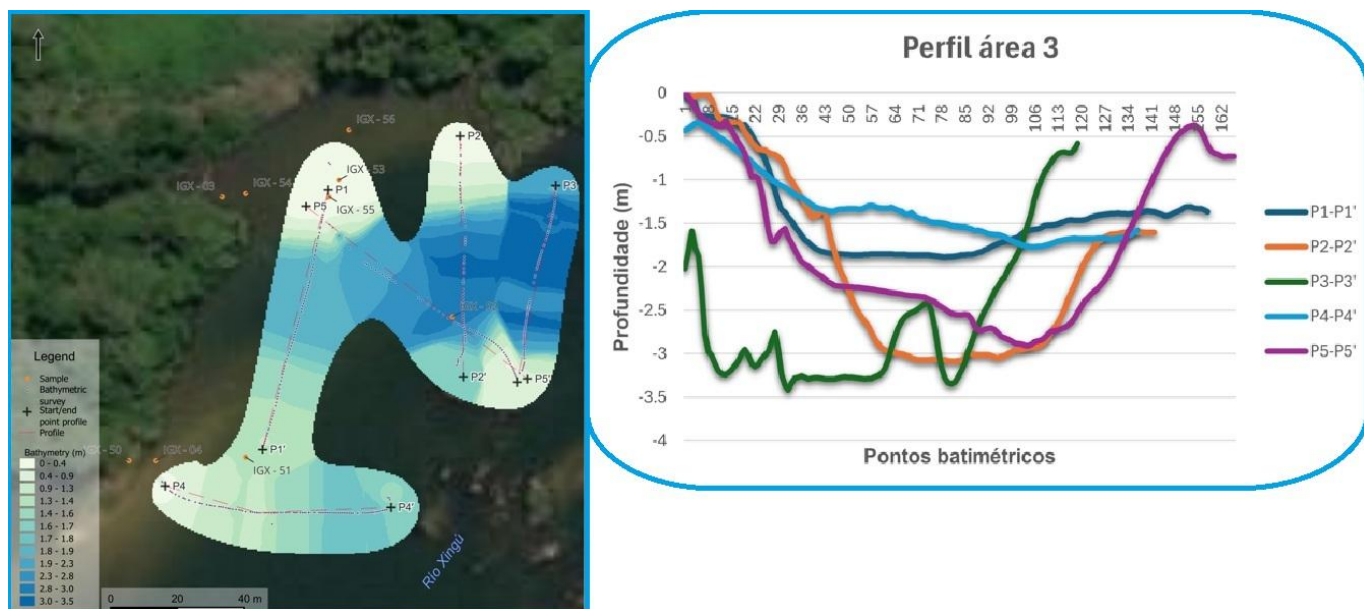


Figura 8: Perfis batimétricos da área 3 (A3 no mapa da Figura 5).

Área 4: Os perfis batimétricos desta área apresentaram variações significativas em termos de profundidade ao longo dos trechos analisados (P1-P1', P2-P2', P3-P3', P4-P4', P5-P5' e P6-P6'), o que evidencia o cenário geomorfológico fluvial, complexo, da região da Volta Grande do Xingu, caracterizado por alternâncias abruptas entre zonas rasas, com poços, depressões e outras profundas. O perfil P1-P1' apresenta um trecho bem diverso, seguido de várias alternâncias abruptas na profundidade, trechos muito rasos e áreas de depressões, o que pode indicar a presença de obstáculos como banco de areais e pedrais. O perfil P2-P2' demonstra um trecho com alternâncias (um pouco mais estável que o anterior), o que pode indicar a presença de poços, seguidos por obstáculos (como pedrais e bancos de areias). Os perfis P3-P3' e P6-P6' demonstram depressões, profundas, que atingem até aproximadamente 6,9 m (no P3) e 7,2 m (no P6) em algumas regiões. O que sugere a presença de canais concentrados (fluxos de águas que se concentram e passam por um leito bem definido). O perfil 4 (P4-P4') apresenta trecho de depressão com a presença de alguns poços, mas transição mais gradual em relação aos demais, o que pode estar ligado a um fluxo de

água menos turbulento ou a possíveis áreas de deposição. Já o perfil 5 (P5-P5'), destaca-se por ser um trecho que começou com 2 m de profundidade, mas depois manteve-se estável até tender a zero, na margem. O que indica, possível área de deposição sedimentar. Figura 9.

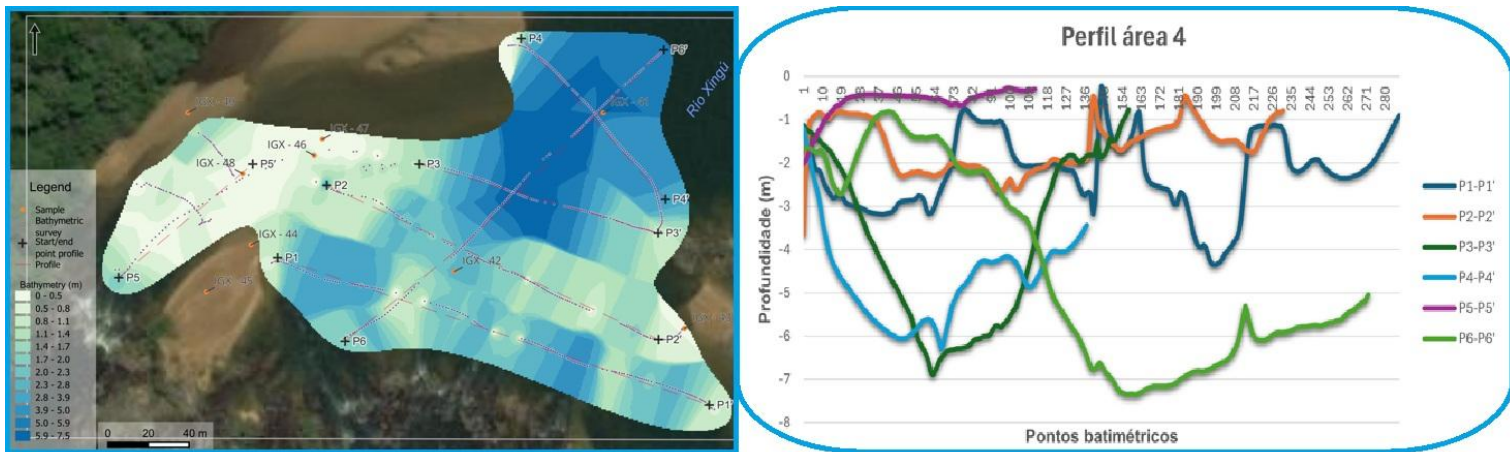


Figura 9: Perfis batimétricos da área 4 (A4 no mapa da Figura 5).

Área 5: O perfil batimétrico desta área (P1-P1') reflete um padrão geomorfológico mais homogêneo em relação às áreas anteriores, com variações de profundidade discretas (máxima de 0,9 m de profundidade) ao longo do trecho analisado. Neste perfil, é possível observar um gradiente ascendente gradual nos primeiros, aproximadamente, 100 m, seguido por uma depressão central mais acentuada, que pode indicar a presença de um canal secundário ou uma área de maior transporte sedimentar. Após a região da depressão, é notada a elevação paulatina da profundidade e uma estabilização até o final do perfil. Como mostra a figura 10.

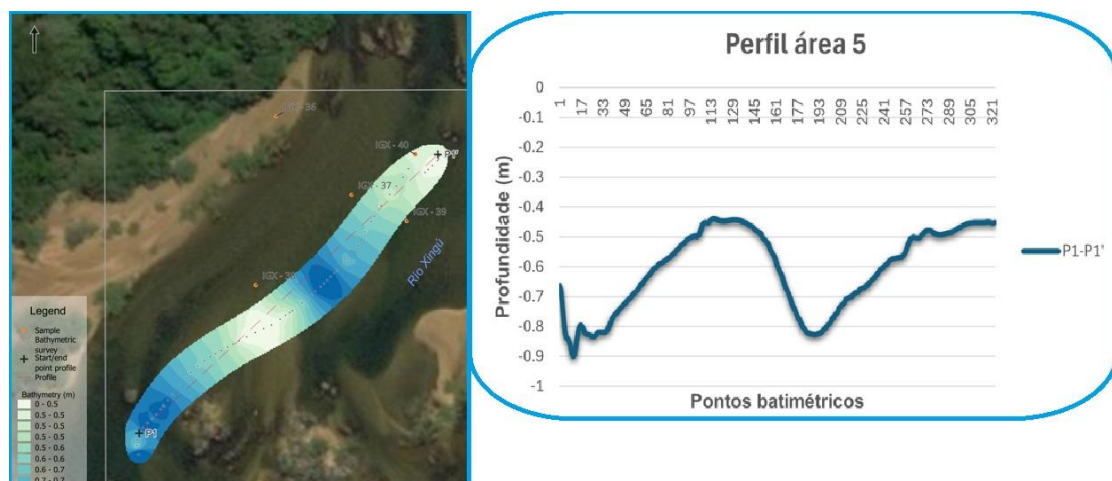


Figura 10: Perfis batimétricos da área 5 (A5 no mapa da Figura 5).

Área 6: Os perfis batimétricos desta área (P1-P1', P2-P2', P3-P3', P4-P4') relevam, possivelmente, o trecho mais complexo entre as áreas estudadas, com profundidades que chegam a 8,1 m nos perfis (P2-P2' e P3-P3'), indicando regiões de maior erosão ou canais bem definidos, provavelmente devido aos fluxos concentrados de alta energia neste local. O perfil P1-P1' apresenta transição inicial suave, seguida por um aumento acentuado da profundidade (máxima de 6,4 m), seguido da redução gradual da profundidade. Já o perfil P4-P4', representa o perfil com menor oscilação, mantendo profundidades mais rasas e uniformes por longo percurso, com profundidade máxima em torno de 1,5 m, o que leva à reflexão de área com pouca dinâmica fluvial, potencialmente influenciada por bancos de areia. Como mostra a figura 11.

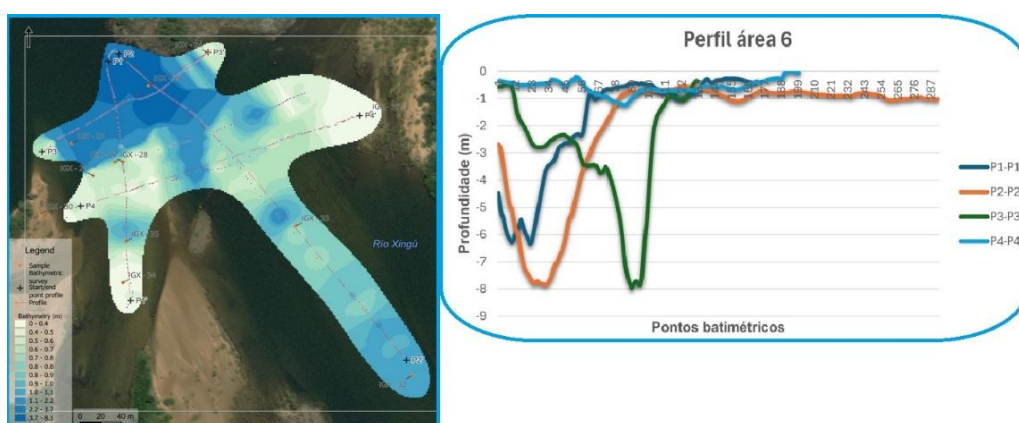


Figura 11: Perfis batimétricos da área 6 (A6 no mapa da Figura 5).

Área 8: Os perfis batimétricos analisados nesta área (P1-P1', P2-P2', P3-P3' e P4-P4') apresentaram oscilações significativas nas profundidades, o que evidencia complexidade geomorfológica do leito do Rio Xingu nesta região da Volta Grande do Xingu. As profundidades variaram de, aproximadamente, 0,8 a 5,1 m, com padrões diferenciados ao longo dos perfis. O perfil P1-P1', apresentou aumento de profundidade à medida que se deslocava da margem para o centro da área (com profundidade máxima em torno de 4,5 m) na região central. Seguido de uma zona mais profunda e estável no canal principal. O perfil P2-P2' alternou entre zonas rasas e profundas (possíveis poços). Ademais, é notável a ocorrência de queda abrupta para valores em torno de 5 m, seguido de aumento gradual e contínuo em direção ao final do perfil. O perfil P3-P3' destacou-se por ser o que mais apresentou variação de profundidade entre os quatro perfis analisados. No início do perfil, as profundidades

são relativamente rasas (próximas a 0,8 m), seguidas por um declive acentuado que atinge, aproximadamente, 5,0 m, a maior profundidade registrada nesta área. Após esse ponto, observa-se diminuição abrupta da profundidade, tendendo a zero (próximo a margem). Comportamento este que sugere a presença de uma área de erosão intensa. Já o perfil P4-P4', apresentou pouca variação, com aumento gradual da profundidade em direção ao centro e leve estabilização na parte final do perfil. O que leva a acreditar que seja uma área de menor influência de processos erosivos intensos e de menor dinâmica fluvial. Conforme mostra a figura 12.

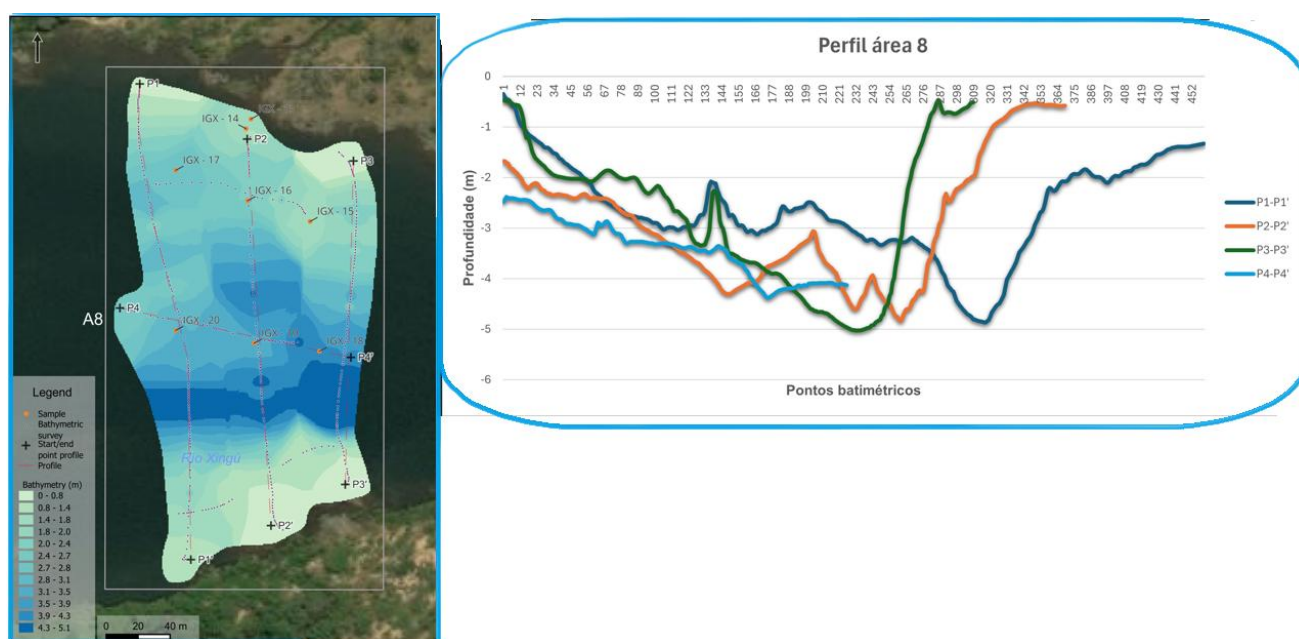


Figura 12: Perfis batimétricos da área 8 (A8 no mapa da Figura 5).

Porções de alguns perfis apresentam assimetria com lado aproximadamente vertical, o que leva a inferir que seja uma parte exposta da falha na topografia ou fratura (lembrando que a escarpa de falha original pode ser erodida e substituída por uma escarpa de recuo de falha).

4.3 Nível d'água

A variação temporal do nível da água do canal principal do Rio Xingu e do Igarapé Paraíso (Figura 13), evidencia uma correlação positiva entre os dois sistemas. Os dados expostos no gráfico, indicam que o nível do Rio Xingu influencia diretamente o comportamento hidrológico do Igarapé Paraíso. Durante o período de cheia (entre março e maio de 2024), o nível da água do Rio Xingu atingiu um pico de

aproximadamente 260 cm, enquanto o Igarapé Paraíso apresentou um ponto máximo de cerca de 230 cm. Isso demonstra que o aumento do nível do Rio Xingu provoca um aumento correspondente no Igarapé Paraíso, embora proporcionalmente menor. Nos períodos mais secos, ambos os sistemas apresentam níveis reduzidos, o que reforça a dependência do Igarapé Paraíso em relação às variações hidrodinâmicas do Rio Xingu. A flutuação mais acentuada no rio principal pode ser explicada por sua maior capacidade de armazenamento e influência de eventos temporários, enquanto no igarapé a resposta é de maneira atenuada às mesmas condições hidrológicas, corroborando com o que foi exposto no gráfico (Xingu controlando o nível da água do Igarapé Paraíso) e principal regulador hidrológico da região.

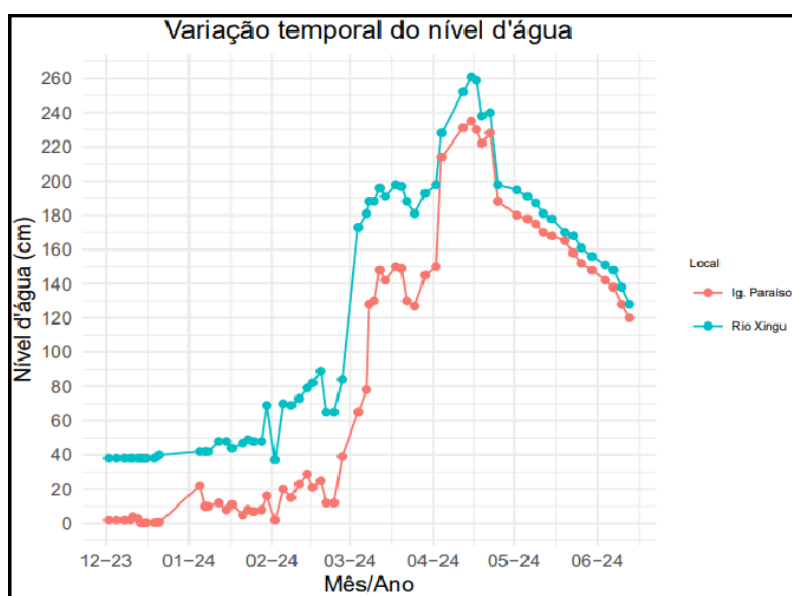


Figura 13: Variação temporal do nível da água do Rio Xingu (em azul) e do Igarapé Paraíso (em vermelho).

4.4 Granulometria

O total de 75 amostras coletadas em campo foram analisadas por peneiramento seco e depois compiladas por área. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2, como anexo.

O gráfico de dispersão, gerado a partir do pacote ggplot do R, mostra a moda granulométrica por amostra. Representados na figura 14.

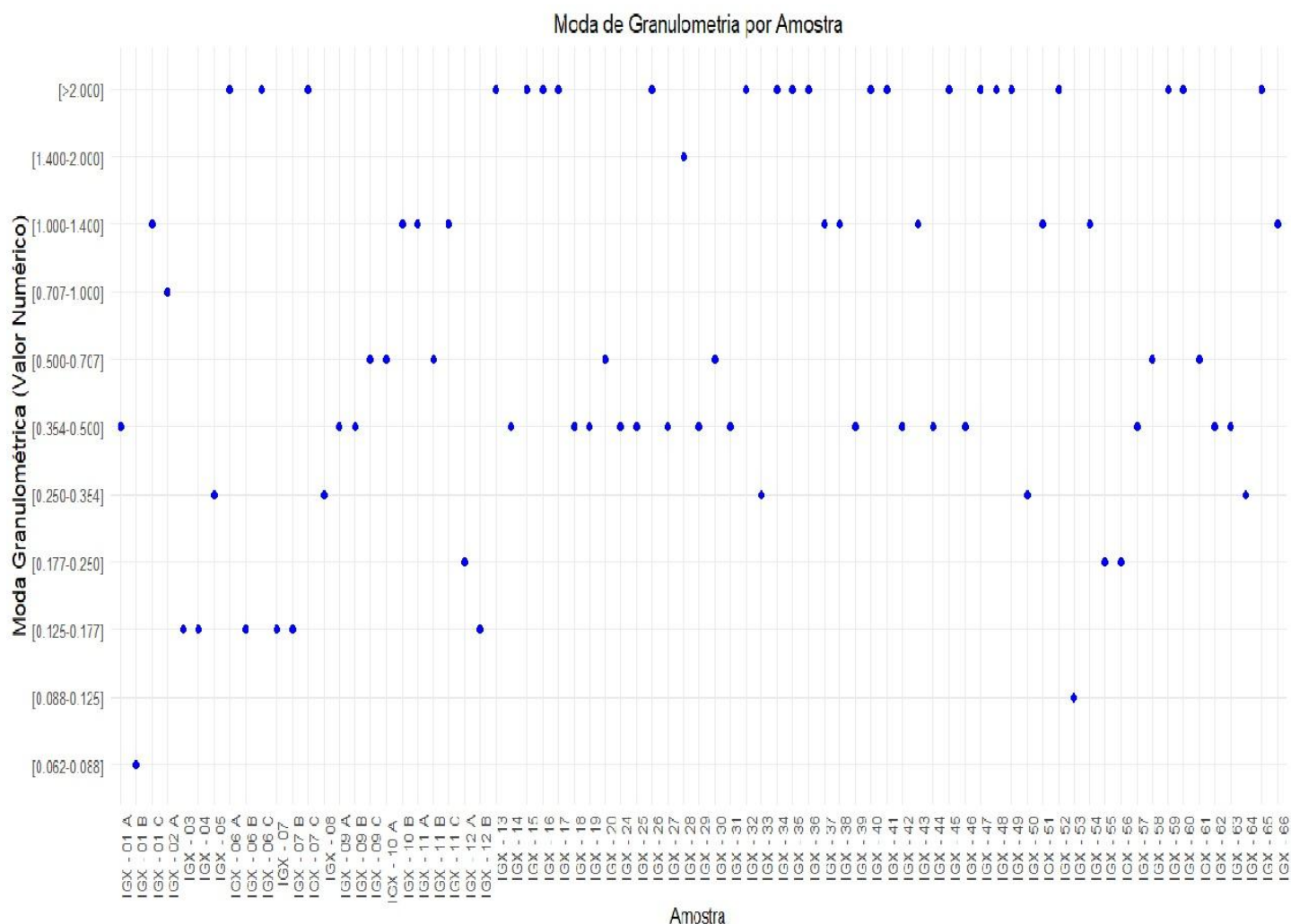


Figura 14: Representação da moda granulométrica de acordo com a fração mais frequente dentro do universo de amostras coletadas no campo.

O gráfico de dispersão, que representa a análise granulométrica das amostras, revelou variação significativa nos tamanhos dos grãos predominantes, refletida no grupo mais predominante (moda) de cada ponto analisado. Conforme é possível observar no gráfico, os intervalos granulométricos mais frequentes variaram entre partículas grossas ($> 2,00$ mm e $1,00$ - $2,00$ mm) e intervalos intermediários ($0,354$ - $0,707$ mm), com menor ocorrência de grãos finos ($0,125$ - $0,177$ mm e $0,088$ - $0,125$ mm).

A maior frequência de sedimentos grosseiros nas amostras sugere um ambiente de deposição característico de alta energia, como canais fluviais ativos ou áreas expostas a forte hidrodinâmica, onde os sedimentos mais finos são transportados ou redistribuídos. Não obstante, as amostras que apresentaram moda mais fina podem

estar sujeitas às áreas de baixa energia deposicional, como margens protegidas ou regiões com baixa intensidade de fluxo hídrico.

As oscilações observadas ao longo das amostras podem indicar ademais heterogeneidade espacial no padrão sedimentar, possivelmente controlada por diferenças na geomorfologia do local, declividade, fluxo hídrico e mudança na dinâmica de transporte sedimentar.

4.5 Sensibilidade da luminescência

Os resultados da sensibilidade da luminescência opticamente estimulada (optically stimulated luminescence, OSL) indicaram fontes distintas das areias acumuladas nos canais e trechos sazonalmente alagados adjacentes à aldeia Miratu, na Volta Grande do Xingu. A seguir, apresentar-se-á as características das areias observadas em cada área (A1 até A8), respectivamente:

Área 1: Na área 1 (Ilha do Zé Maria), composta pelas amostras IGX-12A e IGX-12B, foi observada diferença na dispersão e nos valores centrais da sensibilidade OSL. A amostra IGX-12A apresentou maior variabilidade, com valores de sensibilidade muito alta entre 60 e 85% (porcentagem relativa da emissão do primeiro segundo), indicando uma maior heterogeneidade nos sedimentos acumulados, possivelmente advindos de erosão das camadas superiores do solo, um pouco diferente da amostra IGX-12B que exibiu valores também elevados, mas mais homogêneos, com uma faixa entre 65 e 70%, porém com baixa dispersão (Figura 14). Esses resultados sugerem que a área 1 apresenta grãos de quartzo de elevada sensibilidade de luminescência e derivados de fonte similar.

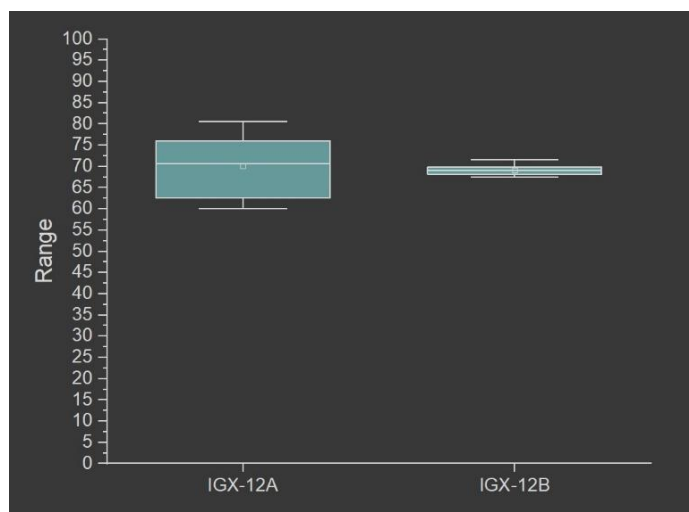


Figura 14: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 1. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 2: Nesta área, composta pelas amostras IGX-57 a IGX-66, foi identificado maior semelhança de variabilidade dos valores de sensibilidade OSL (Figura 15). A amostra IGX-57 chamou atenção por ser diferente das demais, apresentando mediana de 44%, o menor valor de sensibilidade entre as amostras. As demais amostras se mostraram semelhantes, apresentando medianas maiores que 55% e menores que 66%, isto é, apresentaram alta sensibilidade. Esses resultados apontam para uma dinâmica sedimentar relativamente uniforme, mas com variações locais associadas a processos hidrodinâmicos específicos.

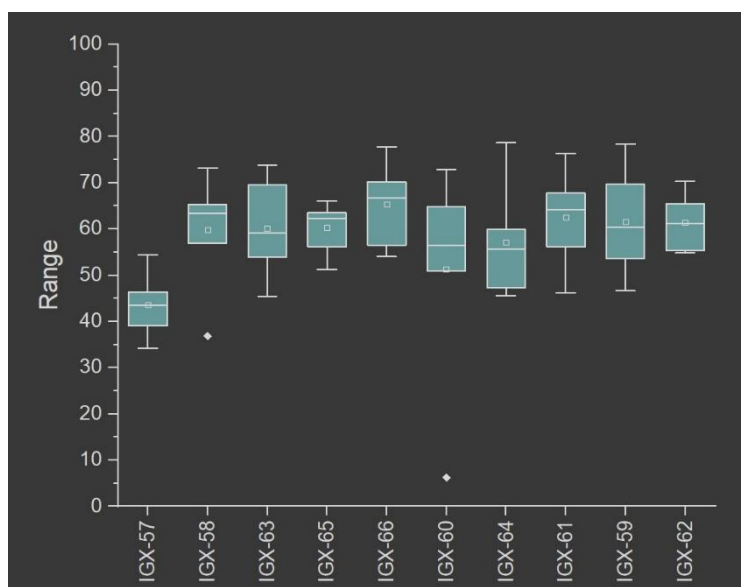


Figura 15: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 2. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 3: Esta área, composta pelas amostras IGX-03 a IGX-53, foi a área que mais apresentou variabilidade da sensibilidade entre as áreas analisadas. As amostras IGX-53, 11C, 10B, 09C e 01A, demonstraram sensibilidade baixa, com mediana em torno de 45%, possivelmente advindas da erosão das camadas inferiores dos igarapés por enxurradas. Ao contrário das demais amostras que apresentaram medianas maiores que 50% e menores que 68%, sugerindo erosão de partes superiores do solo. (Figura 16), com exceções das amostras IGX-10B e IGX-54, que exibiram medianas

superiores, sugerindo a influência de fontes sedimentares específicas. Esses resultados sugerem que a área 3 apresenta grãos de quartzo de elevada e baixa sensibilidade de luminescência e derivados de fontes diferentes.

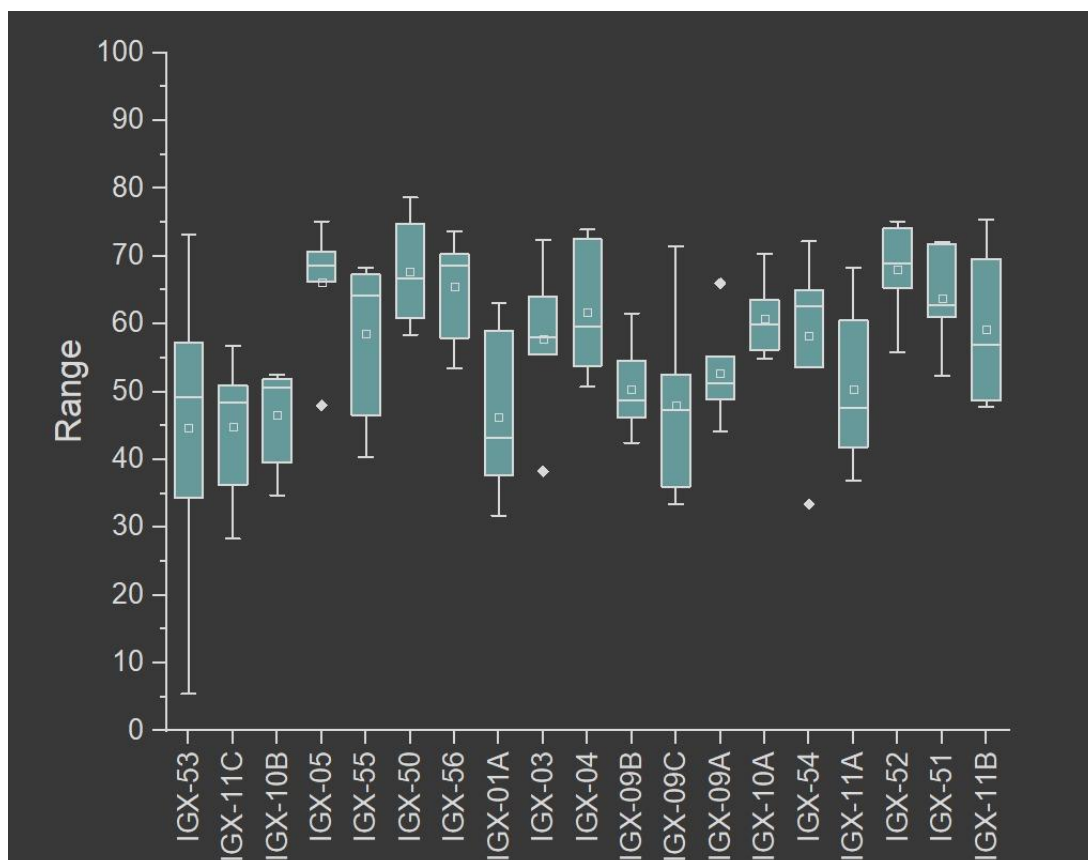


Figura 16: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 3. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 4: Nesta área, que inclui as amostras (IGX-41, IGX-42, IGX-43, IGX-44, IGX-46 e IGX-47), foi observada alta sensibilidade da luminescência opticamente estimulada (OSL). Todas as amostras apresentaram elevados valores de sensibilidade com mediana maior que 53% e menor que 66%. Demonstrando valores mais homogêneos. A amostra IGX-46 foi destaque por apresentar maior amplitude de variação. Esses resultados sugerem que a área 4 apresenta grãos de quartzo de elevada sensibilidade de luminescência e derivados de fonte similar.

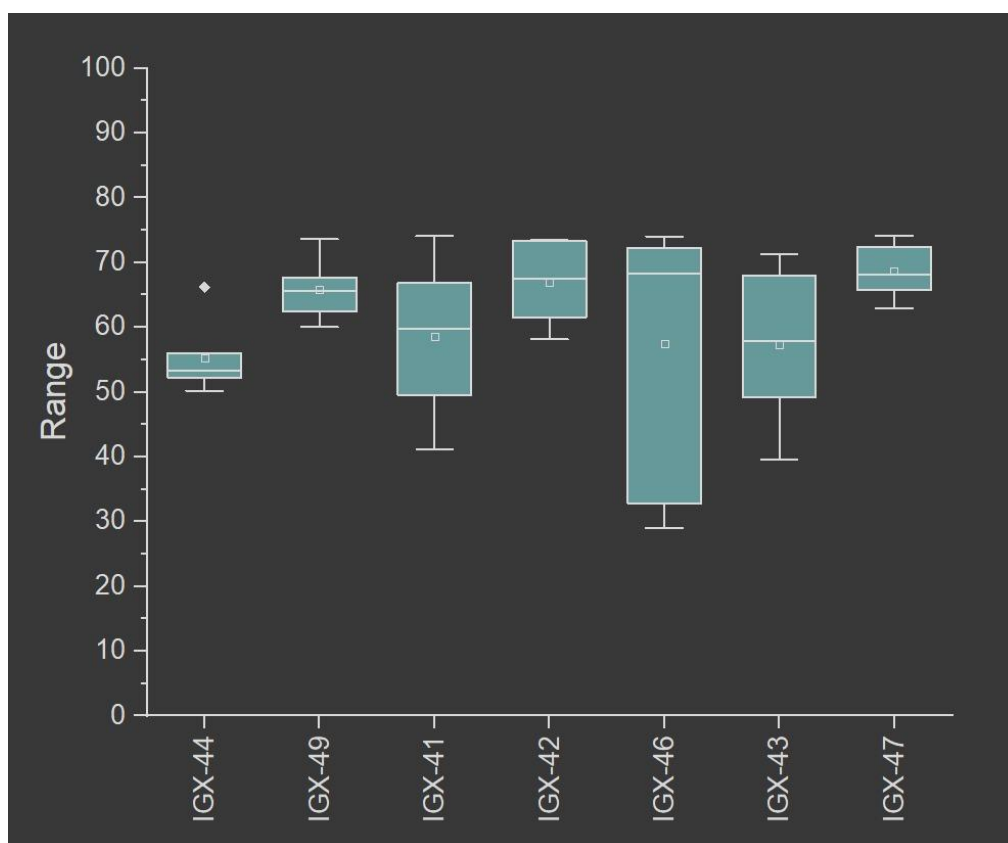


Figura 17: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 4. A sensibilidade é representada pela porcentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 05: Nesta área, foi observado o comportamento dessas 5 (cinco) amostras (IGX-36 a IGX-40). A amostra IGX-37 chamou atenção por apresentar baixa sensibilidade, em torno de 46%, quando comparada com as outras amostras, se diferenciando das demais. As demais amostras apresentaram maior variabilidade, com valores de sensibilidade muito alta entre 55 e 65%, indicando uma maior heterogeneidade nos sedimentos acumulados, possivelmente advindos de áreas de erosão das camadas superiores do solo (Figura 18). Esses resultados sugerem que a área 5 apresenta grãos de quartzo de elevada sensibilidade de luminescência e derivados de fonte similar, com exceção da amostra IGX-37 que apresenta derivados de fontes diferentes.

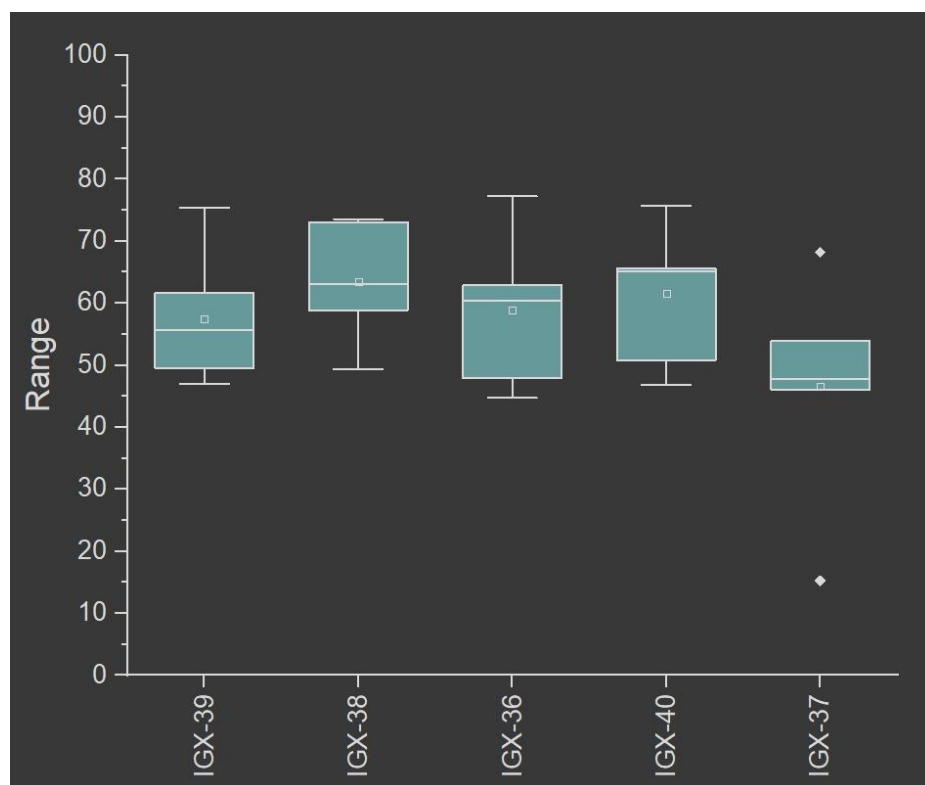


Figura 18: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 5. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 6: Nesta área, composta pelas amostras (IGX-23 até IGX-35), foi observada alta sensibilidade da luminescência opticamente estimulada (OSL) na maioria das amostras. As amostras IGX-28 e IGX-34 chamaram atenção por demonstrar sensibilidade baixa, entre o total de amostras, com mediana em torno de 46%, possivelmente advindas de áreas de intensa erosão nas camadas inferiores do solo. Ao contrário das demais amostras que apresentaram medianas maiores ou iguais a 50% e menores que 68%, sugerindo erosão de partes superiores do solo (Figura 19), refletindo a alta heterogeneidade nos sedimentos. Esses resultados sugerem que a área 6 apresenta grãos de quartzo de elevada sensibilidade de luminescência e derivados de fonte similar, com exceção das amostras IGX-28 e 34 que apresentaram derivados de fontes diferentes.

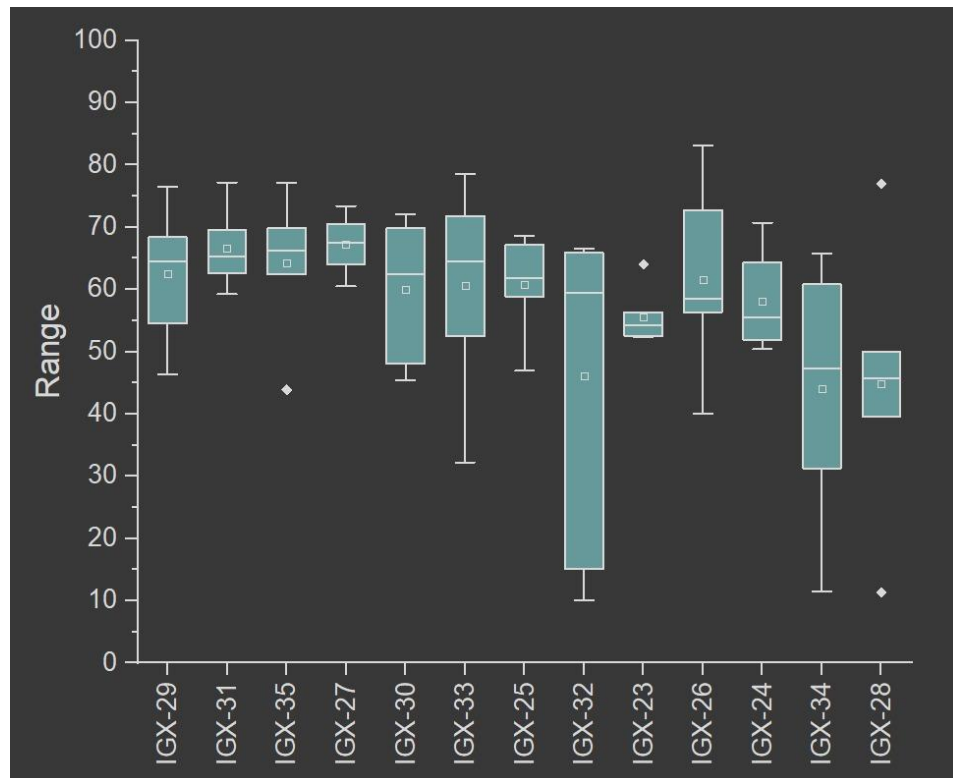


Figura 19: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 6. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 7: Esta área (Figura 20), composta pelas amostras (IGX-06 A até IGX-08), destacou-se pelo fato da maioria das amostras (IGX-06B, IGX-07B, IGX-07A, IGX-06A e IGX-07C) apresentarem baixa sensibilidade, indicando elevada erosão, já que para erodir camadas inferiores do solo é necessário que a erosão seja elevada e rápida. Diferente das outras áreas que apresentaram majoritariamente amostras de alta sensibilidade.

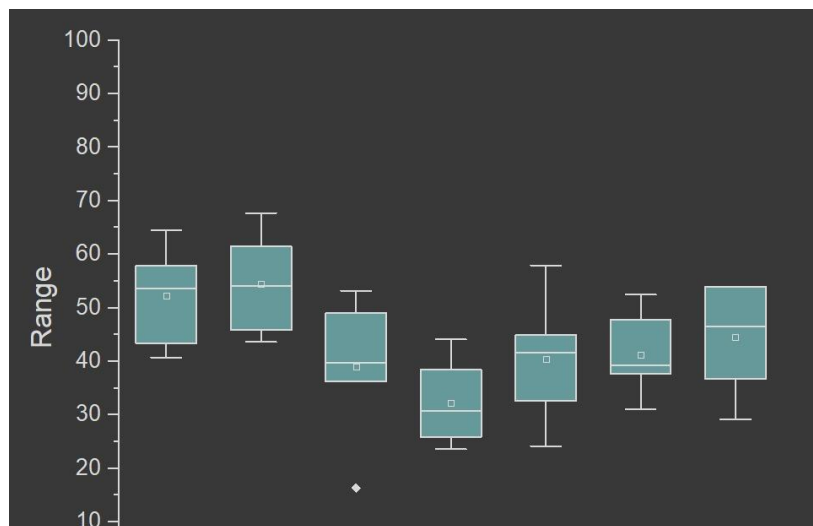


Figura 20: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 7. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

Área 8: A área 8, composta pelas amostras IGX-13 até IGX-20, apresentou amostras de alta sensibilidade com mediana em torno de maior ou igual a 50% e menor que 68% possivelmente advindas da erosão das camadas superiores dos igarapés. Sugerindo a influência de fontes sedimentares específicas. Esses resultados sugerem que a área 8 apresenta grãos de quartzo de elevada sensibilidade de luminescência e derivados de fontes similar (Figura 21).

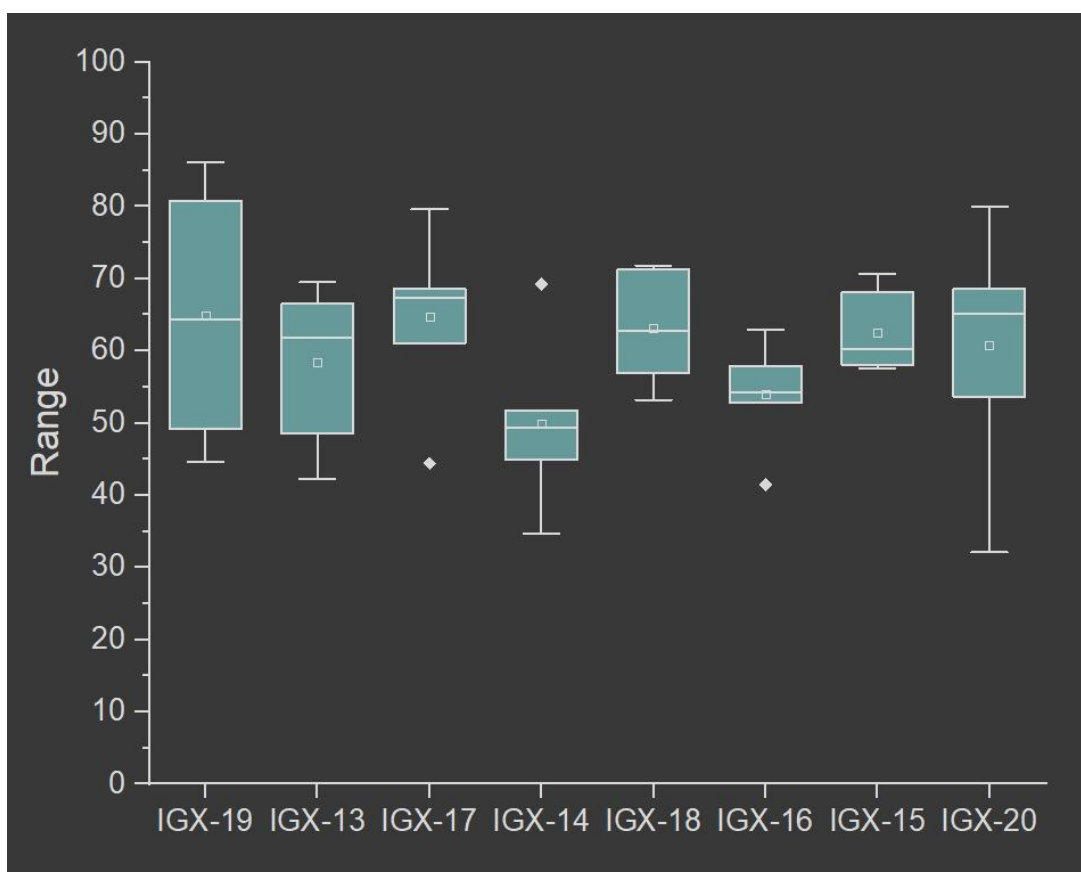


Figura 21: Boxplots dos valores de sensibilidade de luminescência da areia (alíquotas poliminerálicas) coletada na Área 8. A sensibilidade é representada pela percentagem da intensidade de luminescência do primeiro segundo de estimulação.

5. DISCUSSÃO

A construção de hidrelétricas altera as características hidrossedimentares e físicas dos rios, modificando a conectividade fluvial, intensificando a erosão em áreas mais altas em relação ao rio, provocando assoreamento. Além disso, muda o regime de subida e descida das águas a montante e jusante da barragem, modificando a temperatura da água e a concentração de gás dissolvido. Isto impacta diretamente os processos abióticos e bióticos necessários para a manutenção da biodiversidade, com destaque para os peixes.

As alterações hidrossedimentares, nos trechos estudados, advindas com a implantação e funcionamento da UHE Belo Monte, foram responsáveis pelo incremento da erosão nas bacias dos igarapés, assoreamento de canais e redução da capacidade de transporte de sedimentos, o que diminui a diversidade de habitats e reduz a diversidade de espécies local. A erosão intensa nos igarapés e o assoreamento

de canais são responsáveis pela modificação da heterogeneidade ambiental e alteração da conectividade fluvial.

A análise batimétrica revelou menor profundidade em trechos de canais adjacentes à aldeia Miratu, antes caracterizado por águas mais profundas, conforme relatado pela comunidade indígena local, evidenciando acúmulo de sedimentos arenosos e perda da conectividade entre canais, dificultando a migração de peixes reofílicos, cuja migração para áreas de desova e crescimento larval é dificultada pela nova configuração sedimentar e hidrodinâmica (Oliveira *et al.*, 2021; Agostinho *et al.*, 2008). Isso é preocupante, uma vez que, essa desconectividade reduz o contato lateral dos rios, reduzindo as interações entre canais, florestas aluviais, ambientes sazonalmente alagados e igarapés (Latrubesse *et al.*, 2017; Stoffels *et al.*, 2022) e, em consequência disso, perturba a produtividade dos ecossistemas de várzea e igapós, reduzindo a riqueza de espécies (Palmer & Ruhi, 2019). Esse fenômeno reflete um padrão global de redução da conectividade fluvial, que hoje permanece intacta em poucas regiões remotas das bacias do Congo, Ártico e Amazonas (Grill *et al.*, 2019).

Foi observado na área de estudo, a ocorrência de vários trechos com acúmulo de areia média a grossa inconsolidada como demonstrado na granulometria, possivelmente associados a processos erosivos intensos, especialmente em áreas de formação de meandros, onde se tem erosão da parte externa da curva do Igarapé (velocidade da água maior) e deposição de sedimentos na parte interna da curva, onde a velocidade da água é menor, formando bancos de areia. Além disto, foi notado instabilidade e erosão das margens, evidenciada pela presença de árvores caídas e raízes expostas, o que reflete os impactos da modificação no regime hidrossedimentar, comprometendo a conectividade hídrica e a estabilidade ecológica do igarapé estudado (igarapé Paraíso). Essas transformações afetam diretamente a disponibilidade de habitats aquáticos, uma vez que o assoreamento devido à maior erosão provocada por enxurradas reduz a diversidade de habitats e compromete a heterogeneidade ambiental, pois há recobrimento do leito por areia, o que contribui para a redução da profundidade e formação de poças nas áreas entre bancos de areia.

Os processos erosivos e de assoreamento foram corroborados com análises de proveniência por luminescência opticamente estimulada, onde foi identificado erosão nas camadas superiores e inferiores do solo dos igarapés, além de assoreamento das áreas A6, A7 e A8 (corroborados pela batimetria). Esses processos são evidenciados

nas adjacências da Aldeia Miratu, na Volta Grande do Xingu, onde a erosão acelerada nas bacias dos igarapés e altera a dinâmica sedimentar, prejudicando habitats essenciais para a reprodução e abrigo de peixes. Valores de sensibilidade de luminescência acima de 50% indicaram sensibilidade alta, associada à erosão das camadas superiores do solo e valores abaixo de 50% apontaram para erosão de camadas inferiores, possivelmente, causada por enxurradas intensas em igarapés que perderam seu efeito de remanso, refletindo na redução da rica diversidade e riqueza de espécies da fauna local, resultado da redução da vazão para a operação da UHE Belo Monte. A hidrelétrica de Manso, no Mato Grosso, é um exemplo deste tipo de impacto. Após o barramento, o rio Cuiabá diminuiu a conectividade lateral com as áreas úmidas do Pantanal, o que enfraqueceu a troca de sedimentos e nutrientes e aumentou a deposição de sedimentos devido a perda de força do rio (Jardim *et al.*, 2020).

A conectividade entre canais heterogêneos e planícies de inundação é vital para a manutenção da estrutura e funcionamento das comunidades aquáticas, cujas interações e funções dependem fortemente da continuidade física entre os ambientes. As necessidades dos peixes (reprodução, abrigo, acasalamento e berçário) estão intrinsecamente ligadas a conectividade dos ambientes aquáticos e ripários e da sua mobilidade natural (Arthington *et al.*, 2016). A conectividade e a migração longitudinal são essenciais para que os peixes se preparem (em especial os bagres), fisiologicamente, até chegar no local de reprodução, enquanto a conectividade lateral amplia e fornece aos peixes locais de desova e maturação em planícies sazonalmente alagáveis, canais laterais e igarapés.

A diminuição no nível da água dos canais da Volta Grande do Xingu reduz a conectividade lateral entre o canal principal, o igapó e os igarapés, comprometendo a dinâmica natural de subida e descida do rio, que regula a produtividade biológica e a disponibilidade de habitats nesses ecossistemas. Estudos, como os de Arantes *et al.* (2019) e Pompeu *et al.* (2012), demonstraram que a redução da conectividade de habitats aquáticos causada por alterações hidrológicas (pensar-se-á no contexto de implantação da UHE Belo Monte) afeta negativamente a diversidade e abundância de diversas espécies de peixes. O trabalho de Da Silva *et al.* (2019) revela a importância de trechos de rios sem barragens para a reprodução de peixes, enfatizando o papel crucial desses habitats para a manutenção da diversidade de peixes em sistemas impactados por barragens. Essa situação é particularmente preocupante para a região

estudada, uma vez que seus igarapés servem como áreas críticas de alimentação, reprodução e berçário de espécies de importância ecológica e econômica.

No caso do Igarapé Paraíso na Terra Indígena Paquiçamba, a redução do nível da água limita o acesso a inundação temporária e duradoura, essenciais para o recrutamento de espécies juvenis de peixes e a alimentação de espécies de migração lateral, como mostra o trabalho de Arthington *et al.* (2016). Assim sendo, os fatores que determinam a reprodução e maturação de peixes estão perturbados, uma vez que teve sua vazão, profundidade de canais, descarga de subida e descida de nível de água alteradas, inviabilizando a sobrevivência de peixes que dependem de habitats com conectividade lateral. Isso pode ser demonstrado pela redução da amplitude do pulso de inundação comprovado pelo monitoramento do nível d'água do Rio Xingu e do Igarapé Paraíso que apresentou forte correlação positiva, evidenciando que o comportamento hidrológico do Igarapé é intrinsecamente controlado pelo Rio Xingu, que é controlado pela operação da UHE Belo Monte (no TVR). Essa redução, altera significativamente os padrões hidrológicos da região estudada, já que estudos demonstram a importância da variação natural das cheias sazonais na conectividade entre ecossistemas aquáticos, refletindo no deslocamento de espécies para áreas de reprodução, alimentação e refúgio (Junk *et al.*, 1989; Marmontel *et al.*, 2021). A interrupção desse ciclo compromete diretamente a reprodução de espécies de migração lateral, resultando em menor recrutamento de juvenis e alterações estruturais nas comunidades de peixes, como redução da diversidade e riqueza de espécies (Araújo & ferreira., 2017; Castelletti *et al.*, 2020).

Além disto, a redução do volume de água pode levar a aumentos de temperatura e redução de oxigênio disponível na água, o que prejudica o desenvolvimento de ovos e larvas de peixes, como demonstrado no trabalho de Chen *et al.* (2023). Espécies dependentes desses habitats sofrem declínios populacionais, impactando a pesca artesanal e comercial local (importante para a subsistência e economia da região), uma vez que não conseguem completar seu ciclo de vida como mostra o trabalho de Freeman *et al.* (2007). Ademais, a redução do nível da água afeta diretamente a disponibilidade de insetos aquáticos, crustáceos e matéria orgânica, que são fundamentais para o crescimento dos juvenis, além de modificar os padrões de sedimentação e qualidade da água, possivelmente aumentando a vulnerabilidade de espécies sensíveis à turbidez e poluição.

No contexto da operação da UHE Belo Monte, a redução da vazão do Rio Xingu na Volta Grande trouxe profundas implicações para os ecossistemas associados aos igarapés da região, uma vez que esses igarapés são dependentes do nível da água do Xingu. As observações realizadas no Igarapé Paraíso evidenciam alterações no leito do curso da água, com destaque para o acúmulo de sedimentos arenosos possivelmente decorrente das enxurradas resultantes da perda do efeito de remanso, causada pela redução da vazão do Rio Xingu. Esse processo resulta na erosão das margens e no aumento da deposição sedimentar dos canais, modificando as condições físicas dos habitats aquáticos e impactando a reprodução de peixes que dependem de substratos específicos para a desova (Costa *et al.*, 2022; Soares *et al.*, 2015).

Portanto, os resultados deste estudo sugerem que a gestão da operação da UHE Belo Monte deve levar em consideração os impactos sobre os igarapés e igapós e ecossistemas associados. Deve-se implementar um regime de vazão que satisfaça ou reproduza padrões ecológicos mais aproximados do natural para que os peixes consigam se alimentar, reproduzir e maturar. Além disso, é de suma importância que as comunidades locais estejam inseridas nas tomadas de decisões, pois conhecem historicamente a região e sabem das demandas locais, fatores estes fundamentais para garantir a conservação dos recursos pesqueiros e dos serviços ecossistêmicos na bacia do Rio Xingu.

6. CONCLUSÃO

A caracterização dos depósitos sedimentares, substratos superficiais e a batimetria dos leitos dos canais adjacentes à Aldeia Miratu revelaram uma grande variabilidade nos tipos de substratos, evidenciando que os padrões de deposição foram fortemente influenciados pela dinâmica fluvial e pelas mudanças hidrodinâmicas induzidas pela operação da UHE Belo Monte. A redução da profundidade em áreas anteriormente profundas detectadas pela batimetria e, conforme relatado pelos indígenas, reduziu a heterogeneidade ambiental e a diversidade de espécies, enquanto o monitoramento do nível d'água confirmou a diminuição da amplitude do pulso de inundação, impactando áreas de reprodução, desenvolvimento e alimentação de peixes, lagos marginais e a subsistência das comunidades ribeirinhas. A análise dos sedimentos indicou um ambiente deposicional de alta energia, porém com variações

locais que refletem processos erosivos intensificados (processos erosivos intensificados também reduz a diversidade de habitats, uma vez que há recobrimento do leito por areia) e a contribuição de múltiplas fontes sedimentares, especialmente em áreas críticas como as áreas de estudo 6, 7 e 8, onde o assoreamento e a modificação da configuração do leito reduziram a velocidade da água e afetaram diretamente a biodiversidade aquática. Esses resultados demonstram que a operação da UHE Belo Monte tem provocado alterações significativas nos ambientes aquáticos e de inundação sazonal, modificando a dinâmica de deposição, os padrões de inundação e a configuração dos habitats fluviais, comprometendo a reprodução de espécies e a estabilidade das comunidades locais. Assim, este estudo reforça a necessidade de estratégias de mitigação e manejo sustentável para minimizar os impactos sobre a biodiversidade e a sociobiodiversidade da Volta Grande do Xingu.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A. A., Pelicice, F. M., & Gomes, L. C. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian journal of biology*, 68(4), 1119-1132.
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Pelicice, F. M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Eduem, 2008.
- Almeida, R. M.; Steward, D. J.; Zeidler, A. N. Hydropeaking operations of Belo Monte hydropower modify downstream hydrology of Xingu River, Brazil. *Ecohydrology*, v. 12, n. 8, p. e2136, 2019.
- Arantes, C. C., Winemiller, K. O., Asher, A., Castello, L., Hess, L. L., Pettrere, M., & Freitas, C. E. C. (2019). *Floodplain land cover affects biomass distribution of fish functional diversity in the Amazon River*. *Scientific Reports*, 9(1). doi:10.1038/s41598-019-52243-0.
- Araújo, C. B.; Ferreira, F. S. Impacts of river regulation on fish assemblage structure and ecosystem functions in the Amazon Basin. *Hydrobiologia*, v. 794, n. 1, p. 37-49, 2017.
- Arthington, A., Dulvy, N., Gladstone, W., & Winfield, I. (2016). Fish conservation in freshwater and marine realms: Status, threats and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(5), 838–857. <https://doi.org/10.1002/aqc.2712>.
- Arthington, A.; Dulvy, N.; Gladstone, W.; Winfield, I. Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 26, n. 5, p. 838-857, 2016. DOI: 10.1002/aqc.2712.
- Bunn, S. E.; Arthington, A. H. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environmental Management*, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002. DOI: 10.1007/s00267-002-2737-0.
- Camargo, M., Ghilardi, J.R.R., 2009. Entre a Terra, as Águas e os Pescadores do Médio Rio Xingu - Uma Abordagem Ecológica. Mauricio Camargo, Belém.
- Carvalho, T. S.; Magalhães, A. S.; Domingues, E. P. Desmatamento e a Contribuição Econômica da Floresta na Amazônia. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 46, n. 2, p. 499-531, 2016. DOI: 10.1590/0101-416146288tae.
- Castelletti, A., Bertoni, F., Giuliani, M., and Reed, P.: Informed water infrastructure design: improving coupled dam sizing and operation by streamflow forecasts, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-15835, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-15835>, 2020.
- Castelletti, C. H. M.; Gonçalves, C. F.; Reis, R. E. Fish reproductive ecology in Amazonian floodplain lakes under hydrological alterations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 30, n. 5, p. 876-890, 2020.
- Chen, Qiuwen *et al.* *River damming impacts on fish habitat and associated conservation measures*. *Reviews of Geophysics*, v. 61, n. 4, e2023RG000819, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023RG000819>
- Costa, R. M.; Oliveira, V. H.; Souza, A. M. Hydrosedimentological changes in the Xingu River: implications for fish habitats and biodiversity. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 114, p. 103645, 2022.

Da Silva, P. S. *et al.* Tributaries as biodiversity preserves: an ichthyoplankton perspective from the severely impounded Upper Paraná River. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 29, n. 2, p. 258-269, 2019. DOI: 10.1002/aqc.3037.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Relatório técnico. Brasília: EPE, 2020.

Freeman, M. C.; Pringle, C. M.; Jackson, C. R. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 43, n. 1, p. 5-14, 2007. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2007.00002.

Grant, G. E.; Schmidt, J. C.; Lewis, S. L. A geological framework for interpreting downstream effects of dams on rivers. In: O'Connor, J. E.; Grant, G. E. (ed.). *A peculiar river*, Water Science and Application, v. 7, p. 203-219. San Francisco: American Geophysical Union, 2003.

Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., *et al.* (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569(7755), 215–221. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>

Instituto Socioambiental (ISA). Monitoramento ambiental territorial independente (MATI) da Volta Grande do Xingu lança perfil no Instagram. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/noticias-socioambientais/monitoramento-ambiental-territorial-independente-mati-da-volta-grande-do>. Acesso em: 2 jan. 2025.

Isaac, V.; Almeida, M. C.; Cruz, R. E. A.; Nunes, L. G. Artisanal fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 1, p. 125-137, 2015. A modeling assessment of large-scale hydrologic alteration in South American Pantanal due to upstream dam operation. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.567450>.

Junk, W. J.; Bayley, P. B.; Sparks, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 106, p. 110-127, 1989.

Kondolf, G. M. (1997). PROFILE: Hungry Water: Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. *Environmental Management*, 21(4), 533–551. doi:10.1007/s002679900048.

Latrubesse, E. M. *et al.* Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*, v. 546, n. 7658, p. 363-369, 2017. DOI: 10.1038/nature22333.

Latrubesse, E.M., Stevaux J.C., Sinha R., 2005. Tropical Rivers. *Geomorphology* 70, 187-206. Lehner, B. *et al.* High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 9, n. 9, p. 494-502, 2011. DOI: 10.1890/100125.

Lehner, B., Liermann, C. R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., ... Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(9), 494–502. doi:10.1890/100125.

Marmontel, M.; Porto, J. H.; Esteves, J. A. Effects of river flow alterations on aquatic biodiversity in the Amazon Basin. *Hydrobiologia*, v. 850, p. 1983-2001, 2021.

Melo, M.S., Sinfrônio, E. A. S., Giannini, P. C. F., Fachini, M., & Victorino, M. C. (2004). Manual de Procedimentos Analíticos. Labsed – Laboratório de Sedimentologia. Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental. Instituto de Geociências da USP. São Paulo. 50p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Seminário CONAMA. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/2C87C7CF/SeminAPPConamaRodrigoISA.pdf>. Acesso em: 7 out. 2023.

Montag, L. F. A., Leão, H., Benone, N. L., Monteiro-Júnior, C. S., Faria, A. P. J., Nicacio, G., Juen, L. (2018). Contrasting associations between habitat conditions and stream aquatic biodiversity in a forest reserve and its surrounding area in the Eastern Amazon. *Hydrobiologia*. doi:10.1007/s10750-018-3738-1.

Moran, E. F., Lopez, M. C., Moore, N., Müller, N., & Hyndman, D. W. (2018). Sustainable hydropower in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201809426. doi:10.1073/pnas.1809426115.

Norte Energia S.A. Relatório institucional. Altamira: Norte Energia, 2023.

Oliveira, E. A.; Freitas, C. E. C.; Silva, J. M. Impacts of hydroelectric dams on fish migration in the Amazon Basin. *Environmental Management*, v. 67, p. 232-245, 2021.

Palmer, M., & Ruhi, A. (2019). Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration. *Science*, 365(6459), eaaw2087. <https://doi.org/10.1126/science.aaw2087>.

Pettena, J.L., Barros, A.L.M.M., Matos, W.D., Ribeiro, A.C.O., Carvalho, R.M., 1980. Estudos de Inventário Hidrelétrico na Amazônia: A Bacia do Rio Xingu. In: Simpósio Sobre as Características Geológico-Geotectônicas da Região Amazônica. ABGE, pp. 115-136.

Petts, G. E., & Gurnell, A. M. (2005). Dams and geomorphology: Research progress and future directions. *Geomorphology*, 71(1-2), 27–47. doi:10.1016/j.geomorph.2004.02.015.

Pezzuti, J. C. B. *et al.* Brazil's Belo Monte license renewal and the need to recognize the immense impacts of dams in Amazonia. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 22, n. 2, p. 112–117, abr. 2024.

Pezzuti, J., Carneiro, C., Garzón, B. R., Mantovanelli, T. Xingu, o rio que pulsa em nós - Monitoramento independente para registro de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu. Altamira, ISA-Instituto Socioambiental, 2018.

Pompeu, P. S.; Agostinho, A. A.; Pelicice, F. M. *Existing and future challenges: The concept of successful fish passage in South America*. *River Research and Applications*, v. 28, n. 4, p. 504–512, 2011. doi:10.1002/rra.1557.

Quirino, B. A.; Carniatto, N.; Guglielmetti, R.; Fugli, R. *Changes in diet and niche breadth of a small fish species in response to the flood pulse in a Neotropical floodplain lake*. *Limnologia*, v. 62, p. 126–131, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/limnologia>. Acesso em: 18 fev. 2025.

Resende, A. F., Piedade, M. T. F., Feitosa, Y. O., Andrade, V. H. F., Trumbore, S. E., Durgante, F. M., ... Schöngart, J. (2020). Flood-pulse disturbances as a threat for long-living Amazonian trees. *New Phytologist*. doi:10.1111/nph.16665.

Rodriguez, S.K., 1993. Neotectônica e Sedimentação Quaternária na Região da 'Volta Grande' do Rio Xingu, Altamira, PA. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 106p.

Sabaj Pérez, M. H., 2015. Where the Xingu bends and will soon break. *American Scientist*, n. 103, p. 395–403.

Santos, G. M.; Ferreira, E. J. G.; Zuanon, J. Peixes comerciais do médio Amazonas: ecologia, migração e conservação. Manaus: INPA, 2019.

Sawakuchi, A. O. *et al.* Optical dating and provenance of Amazonian fluvial sediments. *Geochronology*, v. 42, n. 2, p. 215-230, 2018.

Sawakuchi, André Oliveira *et al.* Optically Stimulated Luminescence Sensitivity of Quartz for Provenance Analysis. *Methods and Protocols*, v. 3, n. 1, p. 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/mps3010006>.

Sawakuchi, G. A. Hartmann, H. O. Sawakuchi, F. N. Pupim, D. J. Bertassoli, M. Parra, J. L. Antinao, L. M. Sousa, M. H. Sabaj Pérez, P. E. Oliveira, R. A. Santos, J. F. Savian, C. H. Grohmann, V. B. Medeiros, M. M. McGlue, D. C. Bicudo, and S. B. The Volta Grande do Xingu: reconstruction of past environments and forecasting of future scenarios of a unique Amazonian fluvial landscape. *Sci. Drill.*, 20, 21–32, 2015., doi:10.5194/sd-20-21-2015. of the Xingu River basin in Brazilian Amazon. *Brazilian Journal of Biology* 75: 125-137.

Siqueira-Gay, J., Sonter, L. J., & Sánchez, L. E. (2020). Exploring potential impacts of mining on forest loss and fragmentation within a biodiverse region of Brazil's northeastern Amazon. *Resources Policy*, 67, 101662. doi:10.1016/j.resourpol.2020.101662.

Soares, M. G. M.; Costa, R. M.; Silva, A. R. Sediment deposition and fish habitat degradation in Amazonian rivers. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 3, p. 245-256, 2015.

Sonter, L. J., Herrera, D., Barrett, D. J., Galford, G. L., Moran, C. J., & Soares-Filho, B. S. (2017). Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, 8(1). doi:10.1038/s41467-017-00557-w.

Stoffels, R. J., Humphries, P., Bond, N. R., & Price, A. E. (2022). Fragmentation of lateral connectivity and fish population dynamics in large rivers. *Fish and Fisheries*, 23(3), 680–696. <https://doi.org/10.1111/faf.12641>.

Talwar, B. S. *et al.* Risco de extinção, capturas reconstruídas e gestão de peixes condricthyanos no Oceano Atlântico Centro-Oeste. *Peixes e Pescas*. On-line. 30 de abril de 2022.

Timpe, K., & Kaplan, D. (2017). *The changing hydrology of a dammed Amazon*. *Science Advances*, 3(11), e1700611. doi:10.1126/sciadv.1700611.

US Society on Dams (USSD). *Official website*. Disponível em: <https://www.ussdams.org/>. Acesso em: 18 fev. 2025.

Watson, D. F., & Philip, G. M. (1985). "A refinement of inverse distance weighted interpolation." *Geoprocessing*, 2, 315-327.

Winemiller, K. O. *et al.* Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, v. 351, n. 6269, p. 128-129, 2016. DOI: 10.1126/science.aac7082.

Zarfl, C., Lumsdon, A. E., Berlekamp, J., Tydecks, L., & Tockner, K. (2014). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77(1), 161–170. doi:10.1007/s00027-014-0377-0.

Zuanon, J.; Sawakuchi, A.; Camargo, M.; Wahnfried, I.; Sousa, L.; Akama, A.; Muriel-cunha, J.; Ribas, C.; D'Horta, F.; Pereira, T. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. *Paper do NAEA 2019*, Volume 28, Nº 2 (413). ISSN 15169111.

8. APÊNDICES

Tabela 1: Amostras de sedimentos e pontos de coleta

AMOSTRAS	Zona UTM	Latitude	Longitude	AMOSTRAS	Zona UTM	Latitude	Longitude
IGX - 01A	22	409537	9610926	IGX - 29	22	411155	9612433
IGX - 01B	22	409537	9610926	IGX - 30	22	411103	9612394
IGX - 01C	22	409537	9610926	IGX - 31	22	411422	9612496
IGX - 02	22	409600	9610953	IGX - 32	22	411466	9612229
IGX - 03	22	409679	9610966	IGX - 33	22	411353	9612382
IGX - 04	22	409659	9610887	IGX - 34	22	411184	9612324
IGX - 05	22	409709	9610721	IGX - 35	22	411187	9612366
IGX - 06A	22	410148	9614483	IGX - 36	22	411176	9611685
IGX - 06B	22	410148	9614483	IGX - 37	22	411202	9611658
IGX - 06C	22	410148	9614483	IGX - 38	22	411169	9611627
IGX - 07A	22	410458	9614345	IGX - 39	22	411221	9611649
IGX - 07B	22	410458	9614345	IGX - 40	22	411224	9611672
IGX - 07C	22	410458	9614345	IGX - 41	22	410393	9611271
IGX - 08	22	410254	9614007	IGX - 42	22	410320	9611193
IGX - 09A	22	409584	9610974	IGX - 43	22	410433	9611165
IGX - 09B	22	409584	9610974	IGX - 44	22	410220	9611206
IGX - 09C	22	409584	9610974	IGX - 45	22	410198	9611183
IGX - 10A	22	409595	9610962	IGX - 46	22	410251	9611250
IGX - 10B	22	409595	9610962	IGX - 47	22	410255	9611258
IGX - 11A	22	409595	9610974	IGX - 48	22	410216	9611241
IGX - 11B	22	409595	9610974	IGX - 49	22	410189	9611271
IGX - 11C	22	409595	9610974	IGX - 50	22	409651	9610887
IGX - 12A	22	410895	9609463	IGX - 51	22	409686	9610888
IGX - 12B	22	410895	9609463	IGX - 52	22	409748	9610930
IGX - 13	22	413711	9614275	IGX - 53	22	409714	9610971
IGX - 14	22	413708	9614269	IGX - 54	22	409686	9610967
IGX - 15	22	413748	9614211	IGX - 55	22	409711	9610966
IGX - 16	22	413709	9614224	IGX - 56	22	409717	9610986
IGX - 17	22	413664	9614243	IGX - 57	22	409669	9609211
IGX - 18	22	413754	9614130	IGX - 58	22	409598	9609186
IGX - 19	22	413713	9614135	IGX - 59	22	409434	9609235
IGX - 20	22	413664	9614143	IGX - 60	22	409513	9609274
IGX - 24	22	411267	9612559	IGX - 61	22	409576	9609300
IGX - 25	22	411209	9612525	IGX - 62	22	409603	9609230
IGX - 26	22	411134	9612466	IGX - 63	22	409771	9609349
IGX - 27	22	411184	9612447	IGX - 64	22	409845	9609305
IGX - 28	22	411176	9612447	IGX - 65	22	409744	9609357
				IGX - 66	22	409851	9609432

Tabela 2: Distribuição granulométrica das amostras estudadas. Dados em percentagem em massa por fração granulométrica.

Área 1															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 12A	A1	IG1	leito	0.02	0.05	1.37	32.43	55.05	4.03	2.49	1.60	0.62	0.76	0.92	0.67
IGX - 12B	A1	IG1	Superior	0.00	0.00	3.66	20.69	17.84	8.41	9.16	10.18	8.41	9.57	7.60	4.48
Área 2															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 57	A2	X1	Leito	0.22	0.27	0.45	1.71	4.91	11.45	19.65	17.28	10.71	15.31	9.39	8.63
IGX - 58	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	3.38	29.09	42.17	14.08	8.38	1.49	0.17
IGX - 59	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.02	0.05	0.34	0.35	1.75	1.85	1.02	1.79	1.70	91.13
IGX - 60	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.00	0.04	0.59	0.10	1.14	0.76	0.43	0.68	0.63	95.65
IGX - 61	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.03	0.06	0.80	5.29	16.92	21.52	17.53	18.95	13.42	5.49
IGX - 62	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.00	0.15	4.33	9.23	33.77	25.85	9.57	10.26	4.55	2.29
IGX - 63	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	4.11	9.65	41.80	30.57	7.97	4.97	0.89	0.04
IGX - 64	A2	X1	Leito	0.00	0.07	0.33	2.73	13.14	43.05	31.33	6.25	1.38	1.19	0.38	0.15
IGX - 65	A2	X1	Leito	0.01	0.03	0.11	0.47	3.68	9.20	15.08	14.21	6.15	9.71	7.59	33.76
IGX - 66	A2	X1	Leito	0.00	0.00	0.00	0.03	1.07	3.88	18.14	17.34	12.05	22.01	13.26	12.22
Área 3															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 01A	A3	IG2	Superior	0.00	3.67	6.09	15.36	0.61	13.10	19.00	16.79	11.74	8.87	3.17	1.61
IGX - 01B	A3	IG2	Inferior	25.99	34.48	22.02	10.88	2.39	4.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IGX - 01C	A3	IG2	Leito	0.00	0.10	0.43	6.55	0.00	5.00	10.37	17.57	23.26	23.34	10.24	3.14
IGX - 02	A3	IG2	Leito	0.00	0.36	1.01	6.05	0.07	4.92	13.73	17.07	22.16	21.92	9.32	3.41
IGX - 03	A3	IG2	Leito	0.00	5.70	22.23	66.54	1.73	1.32	1.50	0.59	0.41	0.00	0.00	0.00
IGX - 04	A3	X2	Leito	0.00	0.79	6.96	47.68	0.54	28.20	12.62	2.36	0.61	0.23	0.00	0.00
IGX - 05	A3	X2	Leito	0.00	0.19	1.99	21.20	1.44	33.56	29.38	9.74	2.08	0.42	0.00	0.00
IGX - 09A	A3	IG2	Superior	0.00	0.21	2.12	4.77	9.16	16.43	25.45	15.81	8.56	7.23	4.33	5.93
IGX - 09B	A3	IG2	Inferior	0.00	0.15	0.66	9.89	19.33	11.59	22.19	18.32	7.57	7.67	2.62	0.00
IGX - 09C	A3	IG2	Leito	0.00	0.00	0.11	0.63	2.61	9.28	23.44	32.86	18.38	10.33	2.14	0.22
IGX - 10A	A3	IG2	Superior	1.51	2.10	5.25	5.69	8.18	9.61	19.76	25.21	20.55	1.56	0.56	0.00
IGX - 10B	A3	IG2	Leito	0.00	0.00	0.03	0.25	1.89	1.98	9.30	13.32	16.31	29.88	17.26	9.78
IGX - 11A	A3	IG2	Superior	2.71	3.54	3.81	4.80	4.87	4.72	11.55	16.89	13.01	20.99	10.21	2.91
IGX - 11B	A3	IG2	Inferior	1.34	5.67	10.84	7.95	7.89	8.84	13.44	16.49	12.72	10.38	3.43	1.00
IGX - 11C	A3	IG2	Leito	0.00	0.01	0.05	0.13	0.64	3.06	9.76	17.26	20.93	32.29	12.70	3.16
Área 4															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 41	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.03	0.17	2.13	3.89	11.96	8.04	3.59	3.90	2.90	63.40
IGX - 42	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	7.96	25.62	22.64	12.82	13.49	10.44	6.02
IGX - 43	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.64	13.88	22.77	15.77	24.24	15.65	5.75
IGX - 44	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.00	0.04	1.01	7.24	34.38	16.47	7.87	10.58	13.57	8.84
IGX - 45	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.13	0.24	0.34	0.68	0.97	97.54
IGX - 46	A4	X3	Leito	0.03	0.02	0.46	2.39	13.84	34.99	36.40	9.47	1.60	0.38	0.17	0.28
IGX - 47	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.04	0.39	1.41	3.20	6.88	6.04	4.70	7.81	9.36	60.17
IGX - 48	A4	X3	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.30	2.91	6.04	8.41	20.29	24.53	37.50
IGX - 49	A4	X3	Leito	0.01	0.00	0.02	0.13	0.96	3.44	9.17	11.59	11.18	15.06	17.92	30.53
Área 5															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 36	A5	X4	Leito	0.00	0.00	0.24	0.75	2.50	4.50	7.17	7.39	7.29	10.22	13.91	46.03
IGX - 37	A5	X4	Leito	0.00	0.00	0.00	0.04	1.11	3.38	18.80	21.69	13.70	21.92	14.21	5.17
IGX - 38	A5	X4	Leito	0.00	0.00	0.06	0.24	1.40	4.71	13.09	16.05	14.85	18.15	15.34	16.12
IGX - 39	A5	X4	Leito	0.00	0.00	0.01	0.10	1.00	6.15	24.03	23.45	11.43	13.70	9.93	10.19
IGX - 40	A5	X4	Leito	0.00	0.00	0.00	0.06	0.45	3.26	12.67	17.10	14.12	15.06	12.49	24.78
Área 6															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 24	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47	14.86	64.53	12.77	2.27	2.05	0.73	0.32
IGX - 25	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.09	0.88	7.09	27.75	55.72	6.18	0.97	0.81	0.40	0.12
IGX - 26	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.06	0.24	1.11	2.59	4.45	3.15	1.98	2.83	3.83	79.75
IGX - 27	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.15	0.42	2.46	10.30	27.07	24.88	13.25	9.83	5.87	5.77
IGX - 28	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	2.65	7.11	10.45	13.77	22.89	24.61	18.28
IGX - 29	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.00	0.04	2.09	8.80	46.08	30.03	6.33	4.39	1.46	0.79
IGX - 30	A6	X5	Leito	0.04	0.02	0.10	0.17	0.90	5.52	22.84	28.58	14.83	12.32	8.62	6.07
IGX - 31	A6	X5	Leito	0.02	0.04	0.06	0.32	3.83	24.20	59.17	8.29	1.54	1.58	0.68	0.27
IGX - 32	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.02	0.31	2.94	4.86	8.69	3.07	1.26	1.97	2.40	74.50
IGX - 33	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.25	2.16	16.57	37.02	26.68	7.54	3.58	3.41	2.23	0.55
IGX - 34	A6	X5	Leito	0.00	0.00	0.00	0.09	0.90	0.20	1.61	1.40	0.94	1.53	2.02	91.31
IGX - 35	A6	X5	Leito	0.00	0.04	0.23	0.98	3.46	6.62	9.48	8.12	6.68	12.20	12.95	39.25
Área 7															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 06A	A7	IG4	Superior	0.01	0.03	0.37	1.80	5.37	8.05	18.96	10.61	6.06	7.86	6.92	33.97
IGX - 06B	A7	IG4	Inferior	0.52	5.80	17.14	30.30	20.74	8.95	5.87	3.11	1.36	2.18	2.02	2.02
IGX - 06C	A7	IG4	Leito	0.02	0.05	0.14	0.75	3.83	7.14	10.91	6.87	4.09	9.19	11.32	45.70
IGX - 07A	A7	X6	Superior	1.51	2.70	11.05	26.77	25.13	7.92	3.73	2.85	2.19	2.83	3.26	10.05
IGX - 07B	A7	X6	Inferior	0.33	0.03	15.34	35.40	33.80	12.15	2.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IGX - 07C	A7	X6	Leito	0.01	0.10	0.44	1.31	3.14	3.98	5.05	5.43	5.68	9.09	11.13	54.64
IGX - 08	A7	IG3	Leito	0.00	0.00	0.05	0.51	3.93	42.33	16.34	19.38	6.32	5.70	3.91	1.52
Área 8															
AMOSTRAS	Area	Local	Facies	<0.062	0.088-0.062	0.125-0.088	0.177-0.125	0.250-0.177	0.354-0.250	0.500-0.354	0.707-0.500	1-0.707	1.4-1	2-1.4	>2
IGX - 13	A8	X7	Leito	0.00	0.00	0.00	0.17	1.13	4.83	10.10	9.27	4.64	10.06	13.60	46.20
IGX - 14	A8	X7													

