

Ofício 01/2023

23 de outubro de 2023

A Sua Excelência à Senhora

Thais Santi Cardoso da Silva

Procuradora da República - Ministério Público Federal

A Sua Senhoria a Senhora

Claudia Jeanne da Silva Barros

Diretora Substituta da Diretoria de Licenciamento Ambiental – DILIC/ IBAMA

A Sua Senhoria a Senhora

Julia de Paiva Pereira Leão

Coordenadora Geral de Licenciamento - CGLIC/FUNAI

Assunto: Relatório Conjunto do Monitoramento Ambiental e Territorial Independente (MATI) da Volta Grande do Xingu

Prezadas,

Ao cumprimentá-las, e fazendo referência as discussões em curso sobre a partilha da água e resiliência dos ecossistemas da Volta Grande do Xingu, a rede de pesquisadores da Volta Grande do Xingu encaminha o 1º Relatório Conjunto do Monitoramento Ambiental e Territorial Independente (MATI) da Volta Grande do Xingu, objetivando subsidiar a tomada de decisões quanto ao estabelecimento de um Hidrograma Ecológico para a Volta Grande do Xingu.

Nos colocamos à disposição para eventuais esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários e desde já agradecemos a atenção.

1º Relatório Conjunto do Monitoramento Ambiental e Territorial Independente (MATI) da Volta Grande do Xingu

Equipe:

Adriano Costa Quaresma, Dr. - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA Anderson Sampaio- Pesquisador local, Aldeia Miratu, TI Paquiçamba
André O. Sawakuchi, Dr. - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - USP
Anne Moreira Costa, Dra. - Bolsista CNPq, Universidade Federal do Pará - UFPA
Camila C. Ribas, Dra. - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Camila Duarte Ritter, Dra. - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Clemerson Felix Juruna - Pesquisador local, Aldeia Paquiçamba, TI Paquiçamba
Cristiane C. Carneiro, Dra. – Ministério Público Federal – MPF-Altamira
Douglas Aviz Bastos, Dr. - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Eder Mileno Silva De Paula, Dr. - Universidade Federal do Pará - UFPA
Fabiano do Nascimento Pupim, Dr. - Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP
Fábio Batagini Quinteiro, Dr. - Universidade Federal do Pará – UFPA
Gabriela Zuquim, Dra. - Universidade de Turku, Finlândia
Helena Palmquist, MSc. - Universidade Federal do Pará
Helio Bezerra da Silva - Pesquisador local, Nova Conquista, Volta Grande do Xingu
Ingo D. Wahnfried, Dr. - Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Janice Muriel Cunha, Dra. - Universidade Federal do Pará - UFPA
Jansen Zuanon, Dr. - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (aposentado)
Jayne Juruna - Pesquisador local, Aldeia Paquiçamba, TI Paquiçamba
Josiel Juruna - Coordenador local, Aldeia Miratu, TI Paquiçamba
Josimary Abreu Nunes- Pesquisadora local, Maranhenses, Volta Grande do Xingu
Juarez Pezzuti, Dr. - Universidade Federal do Pará - UFPA
Micaeli Souza Santos- Pesquisadora local, Rio das Pedras, Volta Grande do Xingu
Ocimara Pereira Juruna - Pesquisadora local, Aldeia Papekuri, Terra Indígena Paquiçamba
Orcylene Barbosa dos Reis - Pesquisadora local, Bacajá, Volta Grande do Xingu
Paulo dos Passos Ferreira - Pesquisador local, Bacajá, Volta Grande do Xingu
Raimundo da Cruz e Silva- Pesquisador local, Goianinho, Volta Grande do Xingu
Rosilene Sousa dos Santos - Pesquisador local, Goianinho, Volta Grande do Xingu
Ronald Txakui Juruna - Pesquisador local, Aldeia Furo Seco, TI Paquiçamba
Sara Rodrigues Lima - Pesquisadora local, Ilha da Baleia, Volta Grande do Xingu
Sebastião Bezerra Lima- Pesquisador local, Ilha do Amor, Volta Grande do Xingu
Thaís Mantovanelli, Dra. - Instituto Socioambiental
Tamires Oliveira, MSc. - Universidade Federal do Pará

Financiamento:

Fundação Ford

Fundo CASA

MOTT Foundation

Fundação Amazônia de Amparo à Estudos e Pesquisas do Estado do Pará (FAPESPA - Iniciativa Amazônia +10)

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM - Iniciativa Amazônia +10, Rede Biodiversa)

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Iniciativa Amazônia +10)

Outubro de 2023

1- Introdução

O monitoramento dos impactos da redução de vazão do Rio Xingu no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) na Volta Grande do Xingu (VGX) tem sido realizado pela concessionária Norte Energia como parte do Plano Básico Ambiental (PBA). Devido a discordâncias entre a interpretação e discussão dos resultados do monitoramento realizado pela empresa e as observações em campo realizadas pelos moradores da VGX, estes se organizaram para coleta e registro de dados quantitativos e qualitativos de maneira independente desde 2014, com a implantação do Monitoramento Ambiental Territorial Independente (MATI). Esta coleta e análise de dados independentes, que inicialmente era restrita a alguns pontos da VGX, foi progressivamente expandida e engloba hoje grande parte da VGX (ver relatório do Monitoramento Ambiental Territorial Independente - MATI, em anexo).

Em 2021, como resposta ao despacho da Procuradoria da República em Altamira - Pará, um grupo de peritos, pesquisadores e professores de instituições públicas federais e estaduais, realizou avaliação técnica independente a partir das informações prestadas pela Concessionária Norte Energia ao licenciador, a título de estudos complementares: Sensoriamento Remoto Orbital (SRO) e Complementação e Consolidação da Base Geográfica e Modelagem Hidrodinâmica Bidimensional do TVR, Estudos Bióticos, e medidas de mitigação propostas à luz do processo administrativo de licenciamento ambiental da usina hidroelétrica (UHE) Belo Monte.

Nos pareceres técnicos 01/2021 e 02/2022 foram levantados diversos pontos relativos à apresentação e interpretação dos resultados nos Estudos Complementares, condizentes com as críticas realizadas pelo órgão licenciador. Paralelamente, foi iniciada colaboração entre o grupo de pesquisadores das instituições públicas federais e estaduais e a rede de pesquisadores locais, indígenas e ribeirinhos, que é responsável pela coleta de dados bióticos e hidrológicos quantitativos e qualitativos em seu monitoramento independente desde 2014.

Recentemente a sistematização colaborativa dos dados do monitoramento independente se tornou mais ágil devido à aprovação de projeto de projeto colaborativo junto à Chamada 03/2022 – Iniciativa Amazônia +10 - CONFAP (<https://www.amazoniamaisdez.org.br/>) com o título "*Partilha da água e resiliência de um sistema sócio-ecológico único na Volta Grande do Xingu*". O projeto é co-financiado pelas Fundações de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM), do Pará (FAPESPA) e de São Paulo (FAPESP) e ampliou a rede científica, que reúne diferentes peritos para somar ao monitoramento independente realizado pelos pesquisadores locais.

A seguir apresenta-se as primeiras análises realizadas por essa rede mais abrangente de pesquisadores com base nos dados acumulados durante os quase 10 anos do MATI (2014-2023). Esse banco de dados, que segue em construção, sistematização e análise, deve ser considerado base sólida e de alta representatividade tempo-espacial de informações bióticas e abióticas para caracterizar e monitorar mudanças na VGX sob redução de vazão após a implantação e durante a operação da UHE Belo Monte. O MATI diferencia-se dos demais estudos devido à sua alta representatividade tempo-espacial e por agregar conhecimentos específicos dos pesquisadores indígenas e ribeirinhos da VGX, a qual requer abordagem exclusiva devido à complexidade dos seus ambientes aquáticos e de sazonalmente alagáveis, únicos na Amazônia.

Vale ressaltar que esta pesquisa participativa baseia-se em abordagem científica robusta e contemporânea, tal como exemplificado por Vogt *et al.* (2016)¹, que analisaram dados de registros de quase 30 anos de Conhecimento Indígena e Local (CINLO) acumulado por agricultores-pescadores experientes, os quais endossaram ações para promover resiliência para gerir ou conservar florestas e produzir recursos e serviços no contexto das alterações do clima. Assim como, povos indígenas da bacia do rio Negro que protagonizam suas pesquisas com abordagens de diferentes culturas (Ribas, 2023)².

Os pesquisadores locais da VGX são especialistas em investigar, desenvolver e implementar medidas de adaptação para aumentar a sustentabilidade das populações locais no presente e no futuro. Portanto, a elaboração de uma política de partilha da água, que forneça as condições mínimas para a manutenção da vida dos ecossistemas e das populações indígenas e ribeirinhas na VGX, deve apoiar-se em dados empíricos e no conhecimento dos pesquisadores locais como *experts/especialistas* que são, e que protagonizam monitoramento ambiental e territorial refinado numa escala de tempo diária, com espacialização representativa da complexidade da região onde vivem.

O fortalecimento da capacidade dos povos indígenas e comunidades tradicionais na gestão da biodiversidade também tem sido o foco da política do governo brasileiro e órgãos nacionais e internacionais de fomento a pesquisa, como podemos verificar pelo projeto que será coordenado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação em parceria com Ministério dos Povos Indígenas (MPI) e Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima (MMA)³; pela citada ação conjunta das fundações de amparo à pesquisa estaduais sob o programa Iniciativa Amazônia +10, e a recente criação de um centro de pesquisa para integração do conhecimento indígena e local promovido pela National Science Foundation (Center for Braiding Indigenous Knowledges and Science (NSF-CBIKS), agência de fomento a pesquisa estadunidense⁴.

2- Apresentação dos métodos e resultados do Monitoramento Ambiental Territorial Independente (MATI)

2.1- Monitoramento das piracemas

Piracema é um termo utilizado pelos pescadores indígenas e ribeirinhos da VGX principalmente para se referir a um local associado a canais, igarapés, sangradouros, lagos e outros cursos d'água que são inundados sazonalmente, e para onde os peixes e outras faunas aquáticas se deslocam ao longo do seu ciclo de vida para se reproduzir, buscar abrigo e se alimentar. Assim, o termo "piracema" que se refere usualmente aos movimentos de cardumes de peixes para reprodução, no Xingu também é compreendido como espaço e território sociocultural. Nas piracemas se desenvolve a vida do rio, é onde pescadores aprendem e praticam diversas estratégias de pesca tradicional. Os pescadores da VGX costumam pescar ao longo de sua vida nas mesmas piracemas, geralmente naquelas mais próximas ou onde estiverem os peixes mais apreciados. A referência territorial aos locais de piracema na VGX também se expressa nos nomes próprios que recebem dos pescadores,

¹Vogt *et al.* 2016. Local ecological knowledge and incremental adaptation to changing flood patterns in the Amazon delta. *Sustain Sci* (2016) 11:611–623. DOI 10.1007/s11625-015-0352-2

² <https://www.nature.com/articles/d41586-022-04508-4>

³ <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/09/mcti-capta-u-7-milhoes-para-fortalecer-soberania-de-indigenas-e-comunidades-tradicionais-na-conservacao-da-biodiversidade>

⁴ <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02839-4>

que dependem da proteção coletiva desses berçários para manter seu modo de vida. Nesse contexto, o extenso conhecimento local sobre o funcionamento dos ciclos de inundação sazonal das piracemas permitiu que os pescadores percebessem alterações nesses locais, desde o início do barramento do rio Xingu no sítio Pimental, até impactos mais complexos que têm se acumulado nos últimos anos.

Desde 2021, foi iniciado monitoramento em diferentes locais de piracema na VGX (sendo um deles no baixo rio Bacajá, Figura 1). Atualmente 8 piracemas são monitoradas diariamente a partir do início do que seria o período natural de enchente, que marcava o início da reprodução dos peixes (novembro), até o que seria o pico da cheia natural (abril). Nota-se que a transposição das águas do rio Xingu para geração de energia pela UHE Belo Monte reduz a amplitude do pulso de inundação, introduz variações diárias/semanais artificiais e reduz a duração do pulso de inundação da VGX em pelo menos 4 meses (Figura 2).

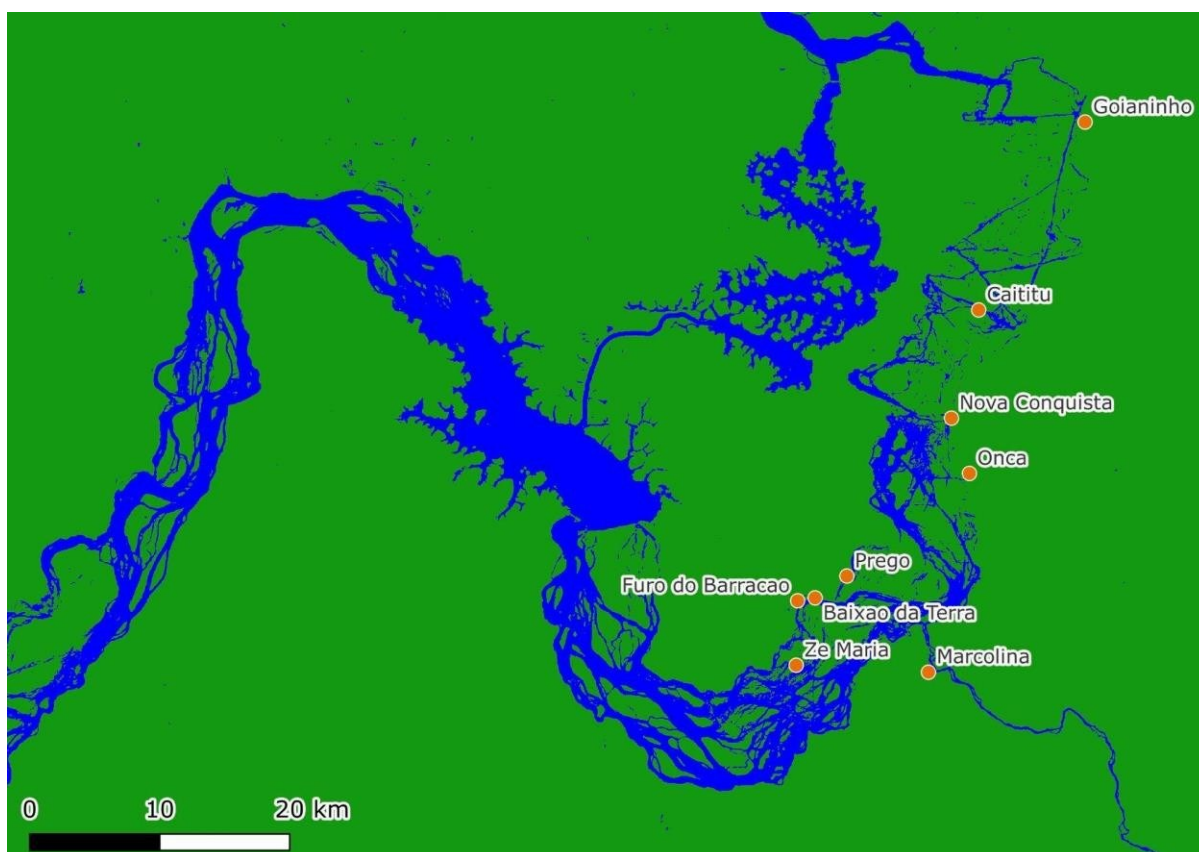


Figura 1: Localização das piracemas monitoradas diariamente pelos pesquisadores indígenas e ribeirinhos do MATI, na Volta Grande do Xingu e no rio Bacajá. Fonte: Base do MapBiomias e elaboração deste relatório com dados do MATI.

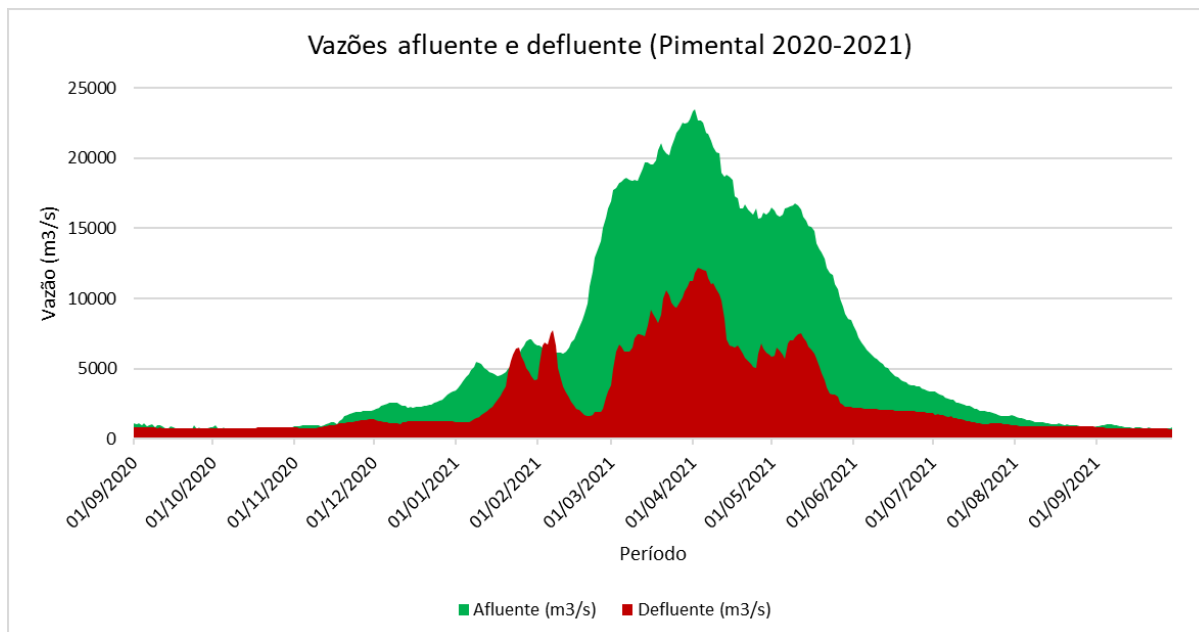


Figura 2: Vazões afluyente (natural) e defluente (liberada para a VGX) do rio Xingu no ciclo hidrológico de 2020-2021. Dados extraídos da plataforma do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

O tempo de inundação das piracemas varia de acordo com a localização, topografia em relação ao canal do rio e se está associada a um igarapé, grotão, lago, etc. Por isso, em cada local de piracema identificado no mapa (Figura 1) foram instaladas réguas graduadas em centímetros para medição da cota de nível d'água e acompanhamento da inundação diária. Entre novembro e abril de cada ano, essas réguas foram visitadas diariamente pelos pesquisadores indígenas e ribeirinhos e o nível (em centímetros) foi anotado e fotografado. Essas informações subsidiaram o monitoramento diário do padrão de inundação de cada piracema em termos da vazão afluyente e da vazão defluente (liberada) pela empresa Norte Energia para a VGX (Figuras 2 a 8).

Para cada piracema, o nível d'água mínimo em que ocorre a entrada de peixes naquele local e o nível d'água em que ocorre desova foi obtido com base no conhecimento (observações históricas) e observação em campo pelos pesquisadores locais que executam o monitoramento. O nível d'água suficiente para acesso dos peixes a piracema, e o nível que determina a lâmina d'água suficiente para desova, quando alcançados, são indicados por asteriscos nos gráficos para cinco das piracemas monitoradas (Figuras 3 a 8). A seguir, apresentamos as características das piracemas conforme a descrição dos pesquisadores locais que indicam a elevação da piracema em função do canal do rio, os peixes e as formas de pesca mais utilizados há 8 anos atrás, antes da operação de Belo Monte, bem como localização em relação a margem e os respectivos pesquisadores locais que monitoram as piracemas (Tabela 1).

Tabela 1. Características das piracemas analisadas neste relatório, monitoradas pelos pesquisadores indígenas e ribeirinhos na VGX, desde a TI Paquiçamba até as proximidades da cachoeira do Jericoá.

Nome Piracema	Classificação local	Peixes, Pescarias e período de piracema antes da barragem	Margem	Pesquisador local e Comunidade
Zé Maria	Elevação em relação ao canal do rio: Baixa Piracema de ilha, com formato de ferradura que após 1,5 km a dentro, retorna ao canal do rio Xingu em outro trecho	-Curimatá, piau, pacu, trairão, surubim, piranha -Pescaria com cercado de vara	Margem esquerda	Josiel Juruna, Aldeia Miratu, TI Paquiçamba
Furo do Barracão	Elevação em relação ao canal do rio: Baixa -Piracema de ilha, com um lago na parte interna	-Curimatá, pacu, trairão, surubim -Pescaria com cercado	Margem esquerda	Jayne Juruna, TI Paquiçamba
Prego	-Elevação em relação ao canal do rio: Alta -Piracema de grotão	-Piau, curimatá, pacu, surubim, trairão -Pescaria com cercado	Margem esquerda	Ronald Juruna, TI Paquiçamba
Marcolina	-Elevação em relação ao canal do rio: Alta -Piracema de terra-firme, de grotão, se comunica com um lago	-Trairão, curimatá, fidalgo, pacu -Pescaria comunitária com malhadeira	Margem direita	Paulo Ferreira, Bacajá
Onça	-Elevação em relação ao canal do rio: Alta -Piracema conecta com o igarapé do Onça	-Tucunaré, trairão, curimatá, pacu -Pescaria de linhada	Margem Direita	Micaele Santos, Rio das Pedras
Nova Conquista	-Elevação em relação ao canal do rio: Baixa -Piracema de grotão	-Curimatá, pacu, pacu de seringa, aridua -Pescaria com malhadeira	Margem Direita	Hélio da Silva, Nova Conquista
Caititu	-Elevação em relação ao canal do rio: Alta -Piracema de igarapé	-Curimatá, tucunaré, piau, pacu de seringa -Pescaria de malhadeira, anzol	Ilha no meio do rio Xingu	Sebastião Lima, Ilha do Amor
Goianinho	-Elevação em relação ao canal do rio: Baixa -Piracema de terra-firme	-Curimatá, pacu, piau, matrinxã, tucunaré -Pescaria comunitária com cercado	Margem Direita	Raimundo Silva, Goianinho

Goianinho

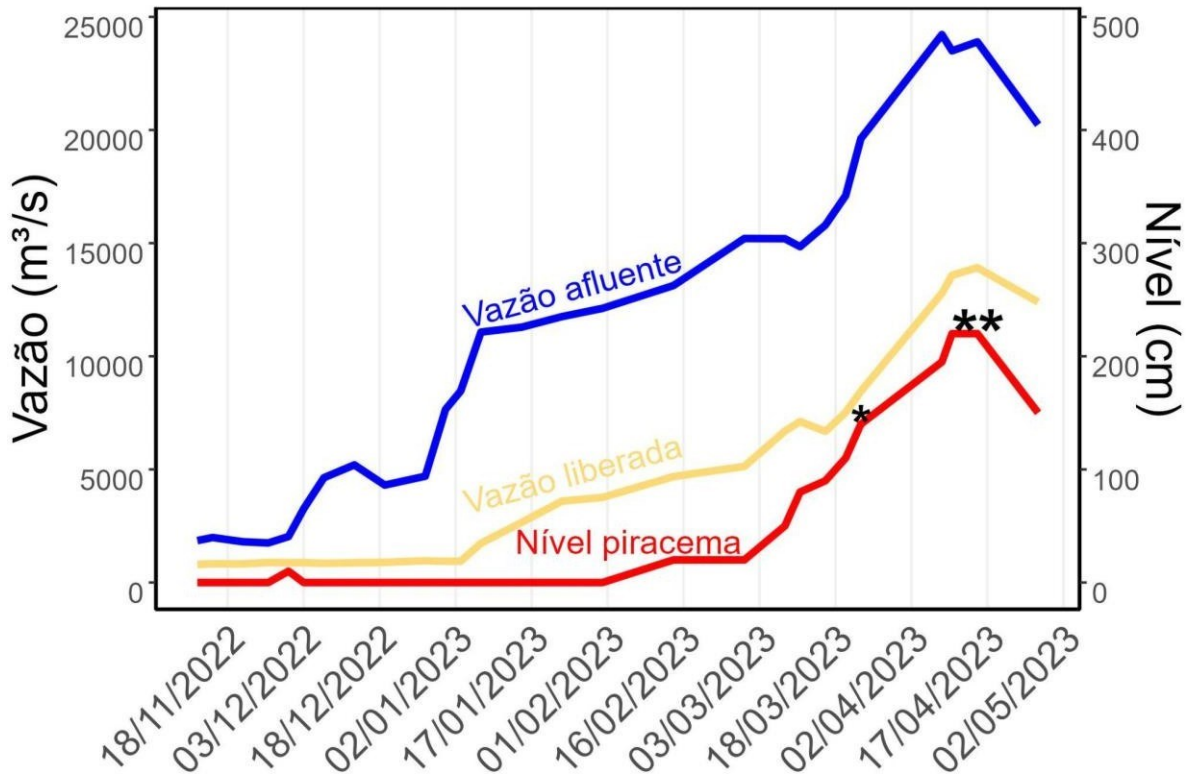


Figura 3: Nível d'água diário na piracema do Goianinho (linha vermelha, eixo vertical direito) registrado no período de enchente-cheia (novembro/2022-abril/2023). Vazão afluyente (linha azul, eixo vertical esquerdo) e vazão liberada (defluente) para a VGX (linha amarela, eixo vertical esquerdo) nas mesmas datas. O asterisco único (*) indica o nível d'água em que houve entrada de peixes na piracema, o qual correspondeu à vazão liberada de 8.450 m³/s. A medida da vazão afluyente diária indica que esse nível teria sido atingido em janeiro de 2023 em condições naturais, mas devido ao controle de vazão foi atingido na segunda quinzena de março de 2023. O asterisco duplo (**) indica o nível em que ocorreu desova com atraso, correspondendo a uma vazão liberada de 13.578 m³/s. A medida da vazão afluyente indica que esse nível teria sido atingido na segunda quinzena de janeiro em condições naturais, mas devido ao controle de vazão só foi atingido na segunda quinzena de abril. Segundo a modelagem hidrodinâmica apresentada nos Estudos Complementares conduzidos pela empresa Norte Energia, entre os valores de vazão analisados, a água atinge essa piracema a partir da vazão de 8.000 m³/s, em acordo com a observação do MATI (<https://www.xingumais.org.br/observatorios/BeloMonte>).

Nova Conquista

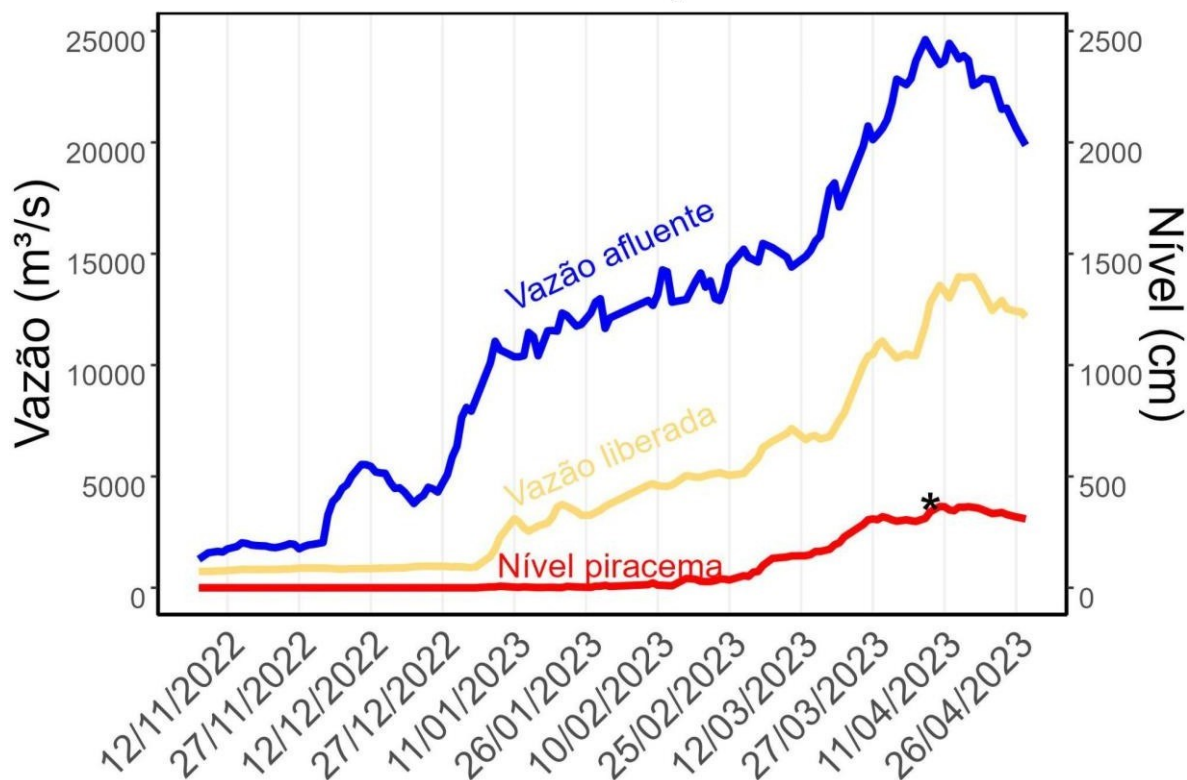


Figura 4: Nível d'água na piracema Nova Conquista (linha vermelha, eixo vertical direito) registrado por dia no período de enchente-cheia (novembro/2022-abril/2023). Vazão afluyente (linha azul, eixo vertical esquerdo) e vazão liberada (defluente) para a VGX (linha amarela, eixo vertical esquerdo) nas mesmas datas. O asterisco único (*) indica o nível d'água em que houve entrada de peixes na piracema, o qual corresponde à vazão liberada de 12.786 m³/s. A medida da vazão afluyente diária indica que esse nível teria sido atingido na segunda quinzena de dezembro em condições naturais, mas devido ao controle de vazão só foi atingido em 08 de abril em 2023. Segundo a modelagem hidrodinâmica dos Estudos Complementares da empresa Norte Energia, a água atinge essa piracema em valores de vazão entre 8.000 e 10.000 m³/s, em acordo com a observação do MATI (<https://www.xingumais.org.br/observatorios/BeloMonte>).

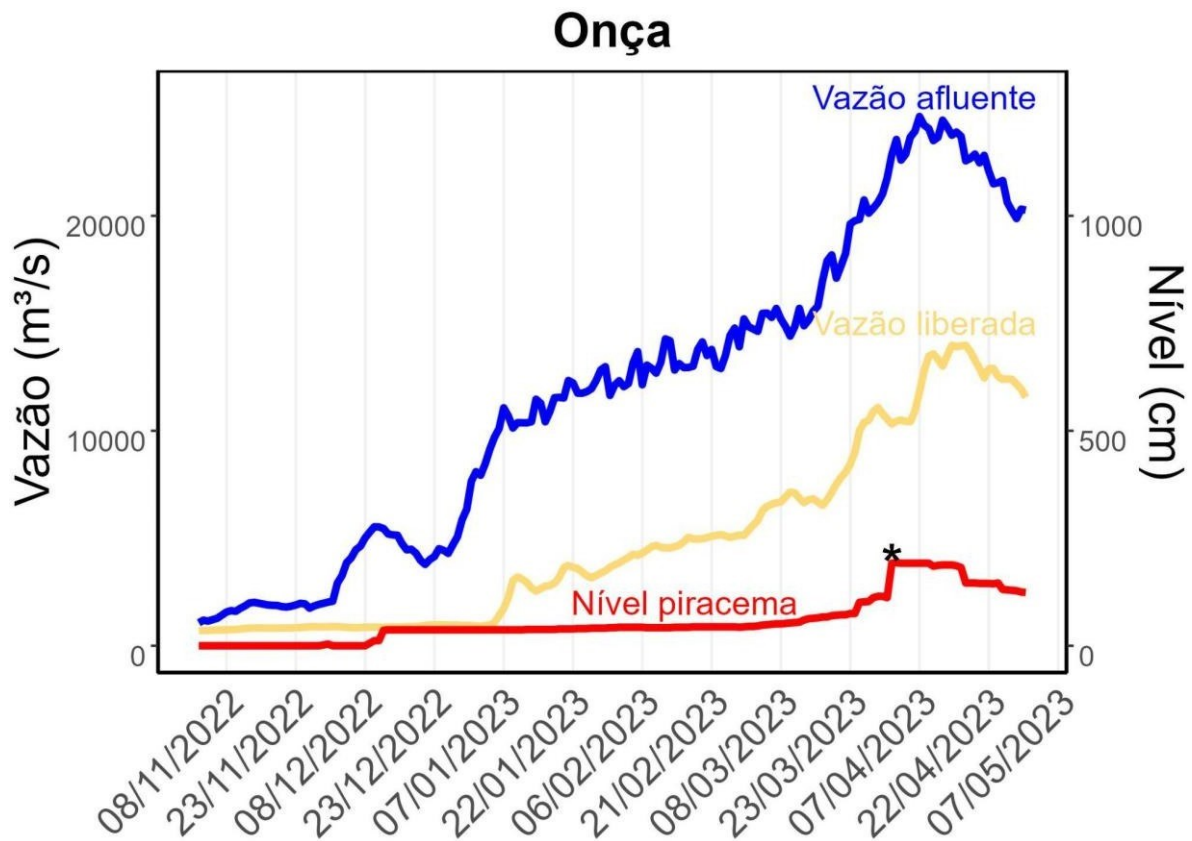


Figura 5: Nível d'água na piracema da Onça (linha vermelha, eixo vertical direito) registrado por dia no período de enchente (novembro/2022-maio/2023). Vazão afluyente (linha azul, eixo vertical esquerdo) e vazão liberada (defluente) para a VGX (linha amarela, eixo vertical esquerdo) nas mesmas datas. O asterisco único (*) indica o nível d'água em que houve entrada de peixes na piracema, o qual corresponde à vazão liberada de 10.134 m³/s. A medida da vazão afluyente diária indica que esse nível d'água teria sido atingido em janeiro em condições naturais, mas devido ao controle de vazão só foi atingido na segunda quinzena de março. De acordo com a modelagem hidrodinâmica dos Estudos Complementares da empresa Norte Energia, a água atinge essa piracema a partir da vazão de 8.000 m³/s, em acordo com a observação do MATI (<https://www.xingumais.org.br/observatorios/BeloMonte>).

Marcolina

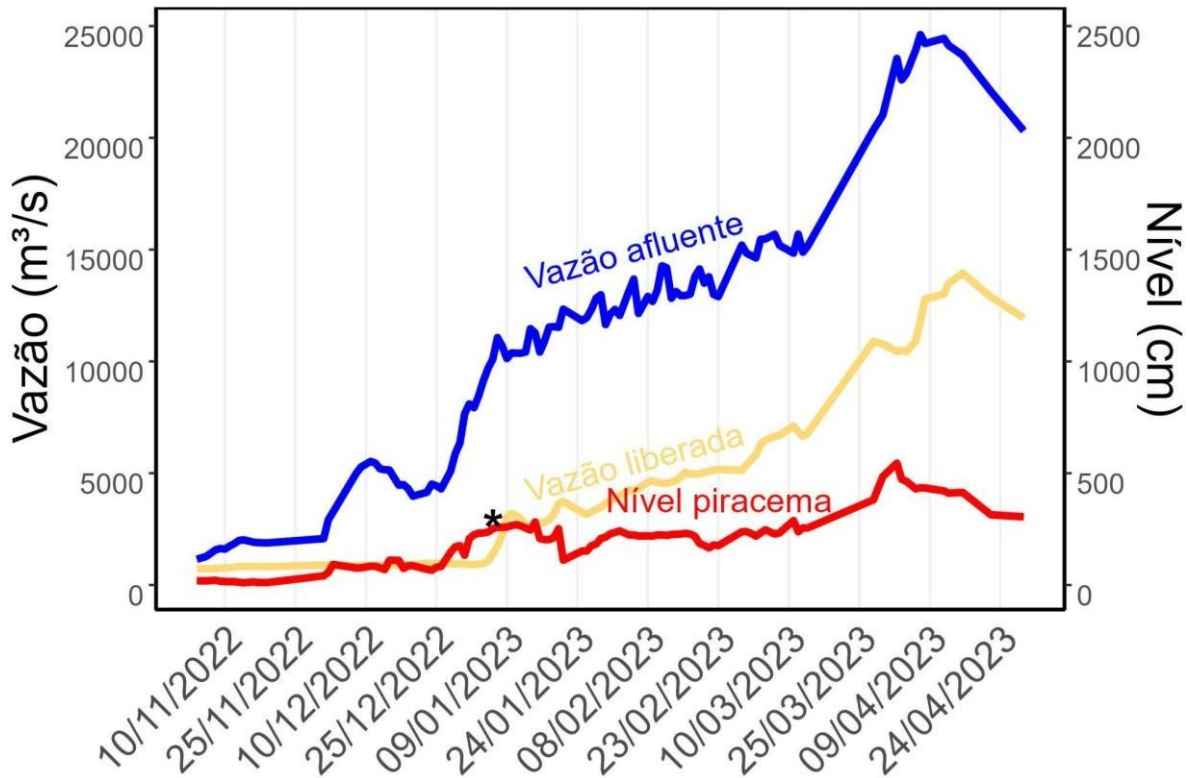


Figura 6: Nível d'água na piracema Marcolina (linha vermelha, eixo vertical direito) registrado por dia no período de enchente (novembro/2022-abril/2023). Vazão afluyente (linha azul, eixo vertical esquerdo) e vazão liberada para a VGX (linha amarela, eixo vertical esquerdo) nas mesmas datas. O asterisco único (*) indica o nível d'água em que houve entrada de peixes na piracema, o qual corresponde à vazão liberada de 1.402 m³/s. A medida da vazão afluyente diária indica que esse nível d'água teria sido atingido no final de novembro em condições naturais, mas devido ao controle de vazão só foi atingido em janeiro. O nível necessário para desova não foi atingido até meados de março. De acordo com a modelagem hidrodinâmica dos Estudos Complementares da empresa Norte Energia, a água atinge essa piracema a partir da vazão de 4.000 m³/s, em acordo com a observação do MATI (<https://www.xingumais.org.br/observatorios/BeloMonte>)

Zé Maria 2022

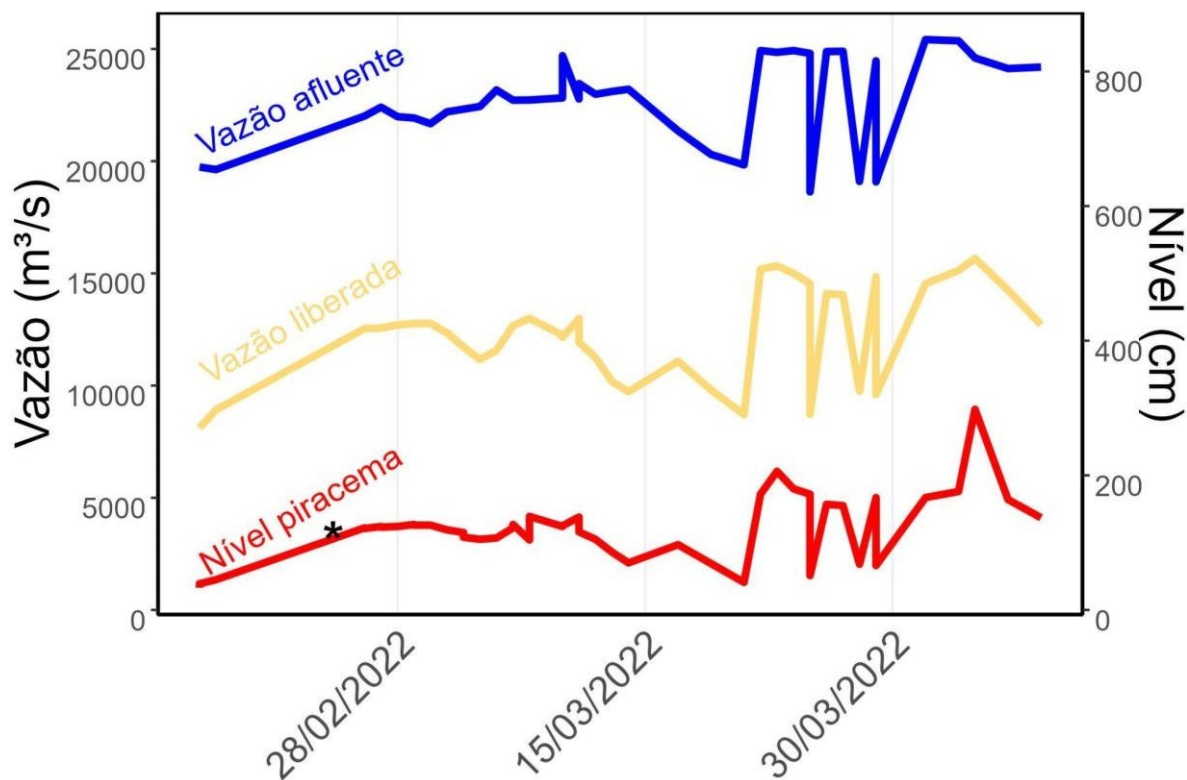


Figura 7: Vazão afluyente (azul), liberada (amarelo) e nível de alagamento (vermelho) no local da piracema “Zé Maria” entre fevereiro e março de 2022. Para que os peixes consigam entrar na piracema em dezembro, o nível d’água deve atingir no mínimo a cota de 103 cm, que ocorreu sob vazão liberada (defluente) de 12.997 m³/s, que ocorreu somente com quase três meses de atraso no dia 24 de fevereiro (* no gráfico). O nível d’água para a desova não foi atingido até meados de março de 2022 e apresentou inclusive algumas quedas. De acordo com a modelagem hidrodinâmica dos Estudos Complementares da empresa Norte Energia, a água atinge essa piracema a partir da vazão de 13.000 m³/s, em acordo com a observação do MATI (<https://www.xingumais.org.br/observatorios/BeloMonte>).

Zé Maria 2023

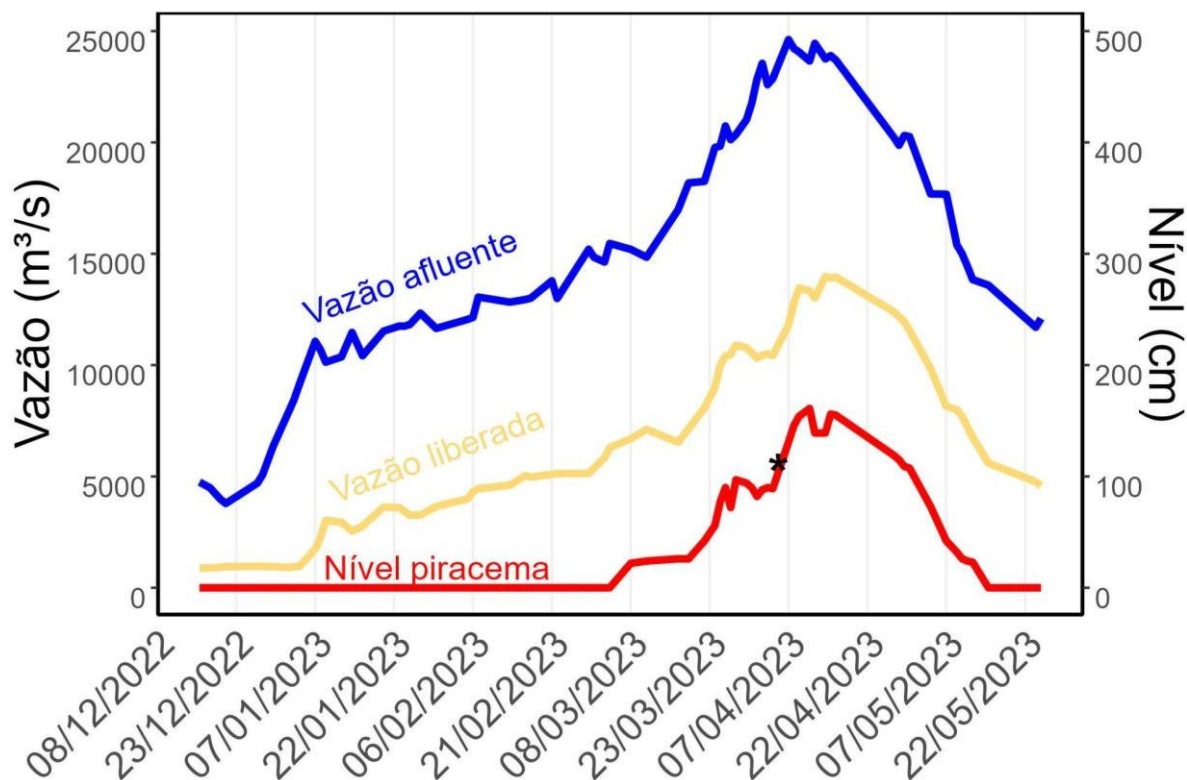


Figura 8: Vazão afluyente (azul), liberada (amarelo) e nível de alagamento (vermelho) no local da piracema “Zé Maria” entre dezembro/2022 e maio/2023. Para que os peixes consigam entrar na piracema em dezembro, é necessário atingir o nível d’água de no mínimo 103 cm (12.997 m³/s de vazão liberada), o que somente ocorreu com mais de quatro meses de atraso no dia 05 de abril (* no gráfico), com descida registrada mesmo mês, impossibilitando a desova na piracema. De acordo com a modelagem hidrodinâmica dos Estudos Complementares da empresa Norte Energia, a água atinge essa piracema a partir da vazão de 13.000 m³/s, em acordo com a observação do MATI (<https://www.xingumais.org.br/observatorios/BeloMonte>).

A análise preliminar dos dados de nível d’água nas piracemas monitoradas pelo MATI demonstra que a vazão liberada para a VGX tem sido insuficiente e em temporalidade inadequada para causar o alagamento das piracemas de modo que permita a reprodução dos peixes.

Em todas as piracemas analisadas, o nível mínimo de inundação foi atingido com atraso de 1 a 4 meses em relação aos ciclos sob vazão histórica natural. Além disso, a água não permaneceu tempo suficiente para que a reprodução dos peixes ocorresse. Assim, o atraso no início da enchente tem duas consequências deletérias: 1. a perda de sincronia natural entre o processo de enchente e inundação das piracemas que sinalizava e possibilitava a desova dos peixes; e 2. o fato de que os ovos e larvas eventualmente produzidos em atraso são conduzidos de volta ao canal do rio muito precocemente, em função do curtíssimo período de alagamento das piracemas, sem tempo para que as larvas se alimentem e cresçam nos ambientes produtivos dos igapós. Além disso, essas larvas, em condições biológicas precárias, acabam sendo transportadas para o canal do rio durante o processo de vazante, quando a quantidade de predadores naturais é muito alta e a

disponibilidade de alimento e abrigo para as larvas é muito baixa, o que compromete inevitavelmente o sucesso de eventuais desovas ocorridas fora da fase adequada do pulso de inundação.

Levantamento cartográfico das piracemas realizado junto a pescadores locais, desde a confluência do rio Xingu com o rio Iriri até localidade de Senador José Porfírio, registrou 198 habitats de piracema (Giarrizzo & Camargo, 2005). Entre os locais de piracema identificados, 58% estavam localizados em ilhas fluviais e 73% em ambientes de floresta aluvial (Dbu), evidenciando a importância das florestas aluviais para a reprodução dos peixes. Como esses ambientes também são afetados pela alteração nos pulsos de inundação, são necessárias estratégias integradas para a manutenção das piracemas.

2.2- Rendimento da pesca

2.2.1- Métodos:

O MATI monitora a produtividade pesqueira desde 2014. A partir de 2020, o monitoramento foi ampliado e atualmente inclui quatro aldeias indígenas: Yapukaka (Furo Seco), Lakarika, Miratu e Paquiçamba. Em termos metodológicos, optou-se por adotar critérios de registros que tornassem possível a comparação com os dados apresentados no "Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte – Médio e Baixo Rio Xingu (ICTIOFAUNA E PESCA)", por meio da utilização de formulários chamados de "agendas de pesca". As agendas de pesca permitem o registro diário da atividade pesqueira, com a coleta de informações básicas para determinação do volume pescado, o esforço de pesca e as áreas em que a atividade é realizada.

No presente relatório são apresentados apenas os dados coletados pelo MATI a partir de 2020 até 2023, que são comparados aos dados obtidos em período anterior ao enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, a partir do diagnóstico ambiental citado acima.

O rendimento das pescarias foi medido por meio da captura por unidade de esforço (CPUE). A CPUE foi calculada por meio da divisão da quantidade de pescado capturado (em quilogramas) pelo esforço de pesca (número de pescadores por dia). Dessa forma, quanto maior o índice de CPUE, maior o rendimento associado à atividade pesqueira naquele momento.

A CPUE média por mês foi plotada em conjunto com a vazão média histórica (1931 a 2008) e a vazão liberada nos dias monitorados (Figura 9).

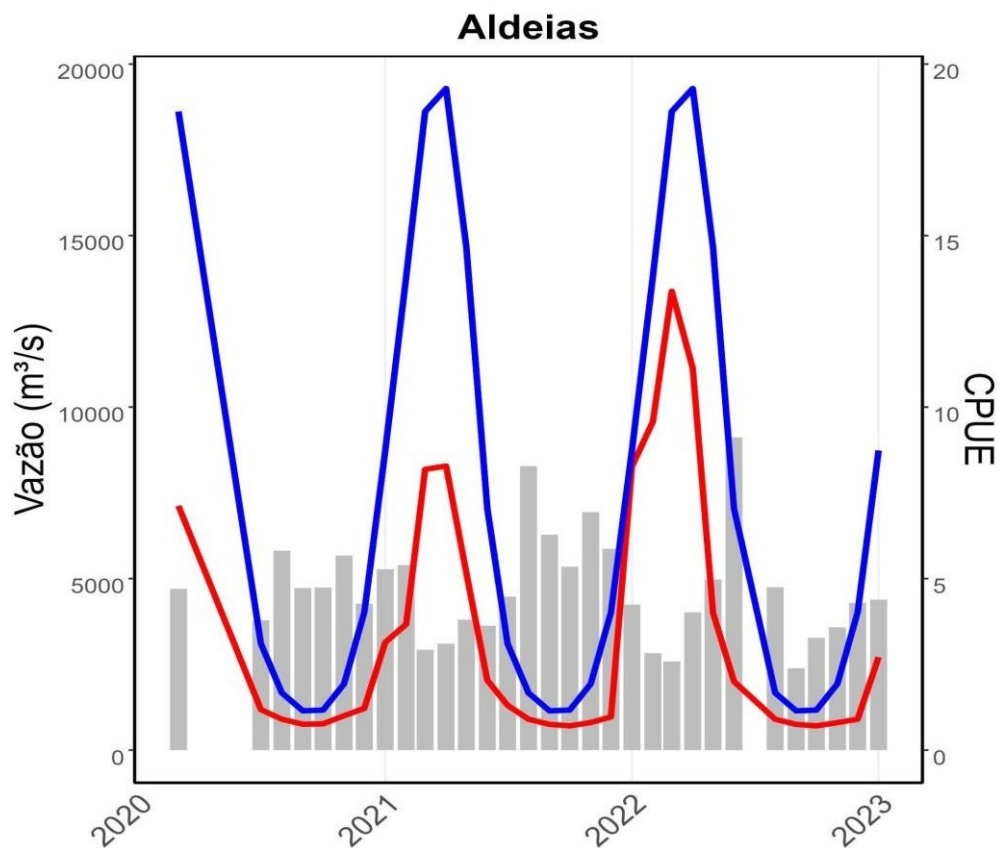


Figura 9: Variação mensal da produtividade média para a pesca entre 2020 a 2023 nas aldeias Yapukaka (Furo Seco), Lakarika, Miratu e Paquiçamba (barras cinza). Em azul é mostrada a vazão mensal da média histórica (1931 a 2008) e em vermelho a vazão mensal média liberada para a VGX no período monitorado. Os dados de vazão são apresentados em m^3/s .

Adicionalmente, os valores de CPUE foram testados quanto à normalidade e à homocedasticidade das variâncias, após o qual foram realizadas análises de variância (ANOVA) para testar diferenças entre os locais, anos, períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante), embarcação utilizada e arte de pesca. Sempre que preciso, a transformação logarítmica foi utilizada para obter a normalidade dos dados. Quando o pressuposto de normalidade não foi atingido, foi realizado teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Para as diferenças significativas, foram realizados testes de comparação múltipla para computar quais grupos são diferentes entre si.

Os dados mensais foram agrupados em quatro períodos: enchente (dez, jan, fev), cheia (mar, abr, mai), vazante (jun, jul, ago) e seca (set, out, nov). As embarcações foram classificadas, de acordo com seu aspecto físico, em quatro categorias: canoa a remo, rabeta, voadeira e a pé (quando nenhuma embarcação foi utilizada). As artes de pesca foram agrupadas também em quatro categorias: Linha, Malhadeira, Outras (arpão, flecha, puçá, tarrafa, etc.) e “Mais de uma”, quando uma combinação de várias artes foi utilizada. Como o diagnóstico não apresentou dados de CPUE por espécie, somente captura em massa de pescado (kg) por viagem, o cálculo foi feito dessa forma para fins comparativos.

2.2.2- Resultados:

2.2.2.1- Captura por unidade de esforço (CPUE) por mês e período do ano

Segundo o texto do "Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte – Médio e Baixo Rio Xingu (ICTIOFAUNA E PESCA)", a produtividade média da pesca antes do empreendimento (2001-2008) foi em torno de 13 kg (\pm 0,58 kg) por pescador por dia de pesca, com mediana de 8,9 kg, embora na tabela apresentada a média seja de 11,1 kg (\pm 12,4 kg) e a mediana 8,00 kg (Tabela 57 do Diagnóstico ambiental da AHE-Belo Monte). Variações sazonais no período pré-barramento (2001-2008) foram detectadas, sendo o período de seca o mais produtivo, com CPUE de 16 kg por pescador por dia informado no texto do relatório (13,53 kg na Tabela 57 do Diagnóstico ambiental da AHE-Belo Monte), e o período de enchente o menos produtivo, com 10 kg por pescador por dia no texto e 7,54 kg na tabela. Na Tabela 61 do "Diagnóstico" é possível notar que a CPUE média de acordo com local de pesca nos locais de pesca correspondentes à VGX (Ilha da Fazenda até Bacajá e, Bacajá até CNEC) são de 9,44 a 10,49 kg, no período de 2001-2008, antes do início da construção da barragem.

Após o barramento do rio Xingu e a redução da vazão na VGX, os dados do monitoramento quantitativo independente demonstram diferença significativa entre os períodos hidrológicos (chi-squared = 16,52, $p < 0,001$), embora somente a cheia tenha sido diferente dos demais períodos (Tabela 02). Assim, nota-se diminuição drástica da produtividade de pesca nas fases de enchente, cheia, vazante e seca no período 2020-2023 em relação ao monitoramento realizado antes do barramento, sendo a redução mais acentuada no período de seca (Tabela 02).

Tabela 02: Rendimento médio (kg.pescador.dia⁻¹) de acordo com o período do ciclo hidrológico. Para o período de 2001 a 2008 são apresentados os dados do "Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte – Médio e Baixo Rio Xingu (ICTIOFAUNA E PESCA)". Os dados de 2020-2023 foram coletados nas aldeias Yapukaka (Furo Seco), Lakarika, Miratu e Paquiçamba, como parte do MATI. As diferenças foram computadas por meio de testes de comparações múltiplas, onde letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

	Período	CPUE	N	Desvio	Mediana	Diferenças
2001 - 2008 (pré-barramento)	Seca	13,53	148	12,2	10	A
	Enchente	7,54	83	9,037	6	C
	Cheia	10,4	536	11,611	7,5	B
	Vazante	12,14	298	14,388	8,33	B
	TODOS	11,1	1065	12,442	8	
2020 - 2023 (pós-barramento)	Seca	4,89	158	4,525	3,47	A
	Enchente	4,49	141	3,806	3,34	A
	Cheia	3,28	116	2,752	2,41	B
	Vazante	5,42	109	6,156	3,40	A
	TODOS	4,53	524	4,480	3,12	

2.2.2.2- Captura por unidade de esforço (CPUE) por tipo de barco

No “Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte – Médio e Baixo Rio Xingu (ICTIOFAUNA E PESCA)”, há informação para três tipos diferentes de embarcações, os quais seriam os mais comumente registrados nos desembarques (barcos a motor, canoas à remo e canoas de rabeta), sendo que as rabetas representaram 75% dos desembarques. O relatório registrou diferenças significativas de produtividade entre os três tipos de embarcações avaliadas, sendo os barcos a motor os com maior produtividade e as canoas a remo com a menor. Em contraste, os dados levantados pelo MATI demonstram que as canoas de rabeta possuem a maior produtividade (qui-quadrado = 26,416, $p < 0,001$), emboratenham diminuído a representatividade das embarcações de 75% para 46%, e as canoas a remo aumentado de 7% para 41% (Tabela 03). Os barcos a motor registraram rendimento abaixo de canoas a remo (Tabela 03). Essa mudança, conforme análises dos pesquisadores locais, é resultado da vazão reduzida do trecho amostrado, já que em áreas muito rasas o uso de barcos a motor é dificultado, senão impedido. Esse impacto pode ser visualizado também pela necessidade de uso de mais de um tipo de ferramenta para o deslocamento emalgumas ocasiões, como o uso de remos em barcos de motor e rabetas (Tabela 03).

Tabela 03. Rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{pescador}\cdot\text{dia}^{-1}$) de acordo com o tipo de embarcação. Para o período pré-barramento (2001 a 2008), avaliou-se dados da frota que desembarca em Altamira com a comparação múltipla pelo teste LSD para o LogCPUE. Para os dados pós-barramento (2020 a 2023), os dados são do MATI com o resultado do teste de comparação múltipla, onde letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Tipo Barco	2001 - 2008 (pré-barramento)					2020 - 2023 (pós-barramento)				
	CPUE	IC	N	%	Teste	CPUE	Desvio	N	%	Teste
Canoa	9,99	2,03	133	7,02	C	3,94	3,88	301	0,41	A
Rabeta	12,61	0,64	1422	75,04	B	5,15	5,70	340	0,46	B
Motor	14,65	1,77	340	17,94	A	3,53	4,78	68	0,09	A
A pé						1,99	1,18	3	0,00	AB
A pé + Rabeta						3,55	NA	1	0,00	AB
Canoa + Rabeta						6,84	10,57	18	0,02	AB
Canoa + Motor						2,89	1,85	3	0,00	AB
Rabeta + Motor						1,32	1,08	2	0,00	AB
Todos	12,79	0,6	1895			4,49	5,3	736		

2.2.2.3- Captura por unidade de esforço (CPUE) por arte de pesca

A linha foi a arte de pesca mais utilizada para as capturas da frota comercial que desembarcou em Altamira no período amostrado no diagnóstico (2001-2008) e representou 47% dos desembarques, enquanto as malhadeiras representaram 22%. No período pós-barramento (2020-2023), houve inversão deste padrão, com aumento das malhadeiras para 77% e redução da linha para 35% da utilização (Tabela 04). Houve aumento significativo da utilização de outras artes de pesca, que somaram 16% do total de registros de pescarias. A captura por unidade de esforço demonstrou diferenças entre as artes de pesca no período pré-barramento de 2001 a 2008 (LogCPUE: $F = 19,15$, $p < 0,0001$). No período pós-barramento (2020-2023), também houve diferença significativa (LogCPUE: $F = 27,89$, $p < 0,0001$) e queda na produtividade, com a média de somente $6,29 \text{ kg}\cdot\text{pescador}\cdot\text{dia}^{-1}$ nas malhadeiras em contraste com $16 \text{ kg}\cdot\text{pescador}\cdot\text{dia}^{-1}$ no período pré-barramento analisado.

Tabela 04. Rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{pescador}\cdot\text{dia}^{-1}$) de acordo com a arte de pesca. No período pré-barramento (2001-2008), foi acompanhado o rendimento pesqueiro da frota que desembarca em Altamira por meio da comparação múltipla para o LogCPUE. Para o período pós-barramento (2020-2023), os dados são provenientes do MATI com os resultados de comparação múltipla para o LogCPUE, onde letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

	Arte	CPUE	IC	N	%	Mediana	Teste
2001 - 2008 (pré-barramento)	Linhas	9,88	0,62	910	47	7,5	C
	Malhadeira	16,75	1,56	415	22	12,5	A
	Várias	14,46	1,2	575	30	10	B
	Outras	10,8	6,37	19	1	6,5	BC
	Todas	12,75	0,59	1919		8,89	
2020 - 2023 (pós-barramento)	Linha	2,27	1,90	262	35	1,94	A
	Malhadeira	6,29	6,08	345	47	4,75	B
	Várias	9,64	12,92	12	2	6,38	ABC
	Outras	4,11	4,02	121	16	3,15	C
	Todas	4,49	5,30	740		2,85	

2.2.2.4- Captura por unidade de esforço (CPUE) por local de pesca

O "Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte – Médio e Baixo Rio Xingu (ICTIOFAUNA E PESCA)" apresenta análises por local de pesca (Tabela 61 do referido relatório). As aldeias que realizaram o monitoramento independente estão situadas no trecho "Ilha da Fazenda até Bacajá". Essa região apresentou CPUE média de $9,5 \text{ kg}\cdot\text{pescador}\cdot\text{dia}^{-1}$ antes do barramento (2001-2008). Considerando as quatro aldeias monitoradas pelo MATI, a CPUE média no

período pós barragem é de 4,88 kg-pescador-dia⁻¹, que aponta queda para menos da metade da produção durante o período anterior. Há diferença significativa da produtividade entre as aldeias monitoradas no MATI ($F = 9.93$, $p < 0,001$), sendo que a Aldeia Furo Seco teve redução média de mais de 3 vezes em relação ao estimado no período pré-barramento (Tabela 05).

Tabela 05. Produção (kg) por pescador e por dia de pesca de acordo com o local de pesca e resultados da comparação múltipla para o LogCPUE, onde letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Aldeia	Média	Desvio	N	Mediana	Teste
Furo Seco	3,01	2,46	240	2,35	A
Lakarika	5,76	5,13	163	4,18	BC
Miratu	4,18	4,93	199	2,73	AB
Paquiçamba	6,18	7,40	158	4,04	C
Todas	4,88	5,30	760	2,86	

2.2.2.5- Produção por espécie

O diagnóstico da pesca antes do barramento do rio Xingu não apresentou dados de CPUE por espécie. Os dados apresentados são a massa média (kg) desembarcada em Altamira, o que dificulta comparações. Também é importante ressaltar que os dados apresentados são de comercialização, atividade praticamente inviabilizada após o barramento do rio Xingu. No período pré-barramento, a composição das capturas destaca a produção de tucunaré (29%), aracu/piau (20%) e pescada (20%), seguidos por várias espécies de pacu (13%) e curimatá (8,5 %), além do registro de espécies não nativas à região, como o pirarucu (Tabela 06, Fig. 119 do “Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte – Médio e Baixo Rio Xingu (ICTIOFAUNA E PESCA)”). Nos dados do MATI (2020-2023), o tucunaré representou somente 5,5% das capturas. A média em kg é fortemente contrastante entre as espécies, sendo que espécies como a pescada, que apresentou média de quase 100 kg no período pré-barramento, atingiu média máxima no período pós-barramento de 1,66 kg. Fato semelhante ocorreu com a curimatá, que caiu de 68 kg para 5,4 kg após o barramento (Tabela 06).

Tabela 06. Produção (kg) por viagem de pesca para as principais espécies desembarcadas em Altamira no período pré-barramento (2001-2008) e comparação com as capturas no período pós-barragem (2020-2023).

	2001 - 2008			2020 - 2023		
	N	Captura	IC	N	Captura	Desvio
Aracu/piau	1617	51,04	6,31			
Ariduia	104	60,95	17,64	275	2,35	2,73
Curimatá	526	68,04	6,21	1465	5,40	7,48

Fidalgo	189	45,67	7,18	42	1,24	0,67
Filhote	28	90,19	57,15			
Flexeira	23	92,17	62,74	120	0,51	0,37
Pacus	1617	34,15	4,34	4314	3,09	3,69
Pescada	834	98,95	11,32	290	1,66	1,59
Pirarucu	10	64,9	20,91			
Surubim	170	41,3	12,86	27	1,83	1,11
Trairão	59	42,74	13,38	7	2,74	1,77
Tucunaré	1617	76,03	8,32	583	2,29	2,16

Essa diferença de rendimento pesqueiro entre os períodos pré-barramento (2001-2008) e pós-barramento (2020-2023) com transposição plena da vazão do rio Xingu somada à mudança de artes e tipos de embarcações utilizadas indica que o impacto sobre a produtividade pesqueira é significativo e severo. Essa redução afeta diretamente a soberania alimentar dos povos indígenas afetados pela regulação artificial da vazão da VGX. Além de afetar negativamente a geração de renda das famílias, fundamentada principalmente pela venda de pescado.

2.3 Consumo de Pescado

O MATI monitorou o consumo de pescado de forma independente por 4 anos (janeiro de 2014 e dezembro de 2017), que totalizou o registro de 675 refeições entre as famílias da aldeia Miratu. Os dados apontam que em 2014 e 2015 o peixe constituiu a principal fonte de proteína animal consumida. Em período (2016 e 2017) após o barramento e com redução da vazão da VGX, esse recurso decresceu, como também a caça e o consumo de quelônios, sendo que os produtos provenientes da cidade tornaram-se dominantes na dieta das famílias. Esses dados reforçam a ameaça à soberania alimentar das populações tradicionais, que tiveram que mudar seus hábitos alimentares devido à redução da disponibilidade dos recursos naturais.

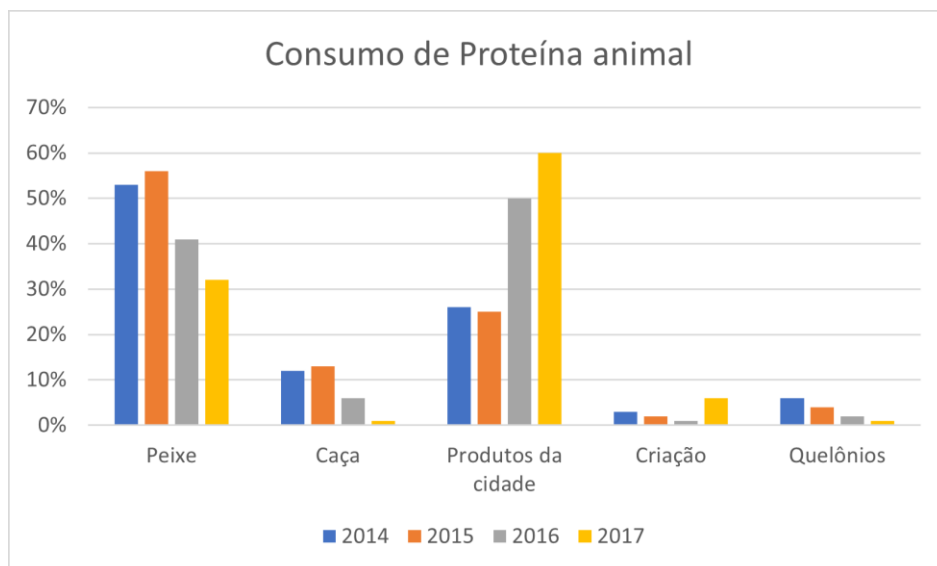


Figura 10: Consumo de proteína animal (porcentagem em peso) pelos Juruna da aldeia Miratu, TI Paquiçamba no período pré-barramento (2014-2015) e pós-barramento (2016-2017).

As análises dos dados de consumo de pescado produzidos no âmbito do próprio PBA da pesca, ou Programa de Incentivo à Pesca Sustentável (PIPS) entre 2012 e 2021 demonstram que houve redução de 58,5%. As famílias consumiam em média 0,62 kg/refeição de pescado no início do monitoramento em 2014, ao passo que em 2021 esse consumo médio reduziu-se a 0,22 kg/refeição. A composição de espécies utilizadas também foi modificada, com aumento do número de espécies consumidas, o que indica tendência conhecida de diversificação para compensar as reduções nos estoques das espécies tradicionalmente utilizadas. As espécies preferidas para consumo, como pacu e tucunaré, perderam importância na base alimentar tradicional das famílias. Ainda, diminuiu o número de pessoas que compartilham as refeições, o que indica também mudança para estratégia de compensar a dificuldade em obter pescado suficiente, além da mudança de hábitos culturais de partilha. Estes resultados gerais para a área de influência da UHE Belo Monte foram ainda mais severos na VGX (Lopes *et al.*, submetido⁵).

Esta redução da segurança e soberania alimentar fere claramente a Convenção 169 da Organização Mundial do Trabalho, ratificada e com peso de Lei no Brasil desde 2002 que dá direito a consulta prévia, informada e de boa fé, e ocorre desde o início das obras, com agravamento após o início da operação da UHE Belo Monte, e nova intensificação nos primeiros anos de plena operação. O prognóstico é de piora progressiva deste cenário, com possibilidade de mudança irreversível da segurança alimentar das populações atingidas pela redução da vazão da VGX.

Embora estes dados constem nos relatórios oficiais apresentados pela empresa operadora da UHE Belo Monte, o texto não faz menção aos impactos previstos no EIA, e não os interpreta como impacto negativo. Os últimos relatórios mencionam, simplesmente, que o consumo de pescado na área de influência da UHE Belo Monte é maior do que a média

⁵ Lopes, P.F.M.; M. Cousido, C.C. Caíneio, J.C.B. Pezzuti; E. Maítins, E. Mileno; A. Begossi and M.G. Pennino. Imposed drought in a controlled river: the impacts of Belo Monte in food sovereignty of Amazonian riverine communities. Submitted on June 2023 to Environmental Conservation.

mundial de acordo com os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), sem contextualizar as características dos povos indígenas e ribeirinhos amazônicos, altamente dependentes dos recursos pesqueiros, não somente para sua reprodução física como também cultural. Esta situação dramática, portanto, além de ferir a Convenção 169 da OIT, fere também o Decreto 6040/2007, que criou a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.

2.4- Peixes com deformidades

Após o barramento do rio Xingu e o funcionamento pleno da UHE Belo Monte, tem sido registrada a captura de peixes com deformidades corporais, principalmente na forma de encurtamento do corpo na região do pedúnculo caudal. Muitos exemplares de pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*), corvina (*Pachyurus junki*) e também piau (*Leporinus* sp.) deformados têm sido capturados durante as pescarias monitoradas pelo MATI em diversas localidades, algo que nunca havia sido observado na VGX antes do barramento do rio Xingu (Fig. 11 a 14).

Recentemente foi publicado artigo científico sobre registro dessa deformação em exemplares de pescada (*P. squamosissimus*) por Montag *et al.* (2023)⁶, que inclui membros da equipe que realiza o monitoramento oficial da ictiofauna impactada pela UHE Belo Monte. Não há causa específica reconhecida para o problema, que pode envolver contaminação por diversos tipos de poluentes, efeitos físicos das mudanças de habitat decorrentes do represamento (aumento da profundidade, por exemplo) ou da redução da vazão (perda de conectividade e isolamento de populações), ou ainda deficiências nutricionais decorrentes das enormes alterações na dinâmica trófica do ambiente e da ictiofauna. Tampouco se sabe se tais deformações têm base genética, devido à diminuição abrupta das populações de peixes na região, o que poderia representar elevado risco para a população dessa espécie (e de outras espécies com registros desse tipo de malformações na região da VGX). Entretanto, mesmo que a proporção de peixes deformados pareça baixa (pouco menos de 2% dos exemplares analisados, segundo Montag *et al.*, 2023), essa porcentagem pode ser considerada alta em termos populacionais, pois o efeito desse distúrbio ao longo de gerações pode resultar em impactos danosos para as populações locais de peixes.

Dado que o problema foi publicado por parte da equipe de monitoramento ictiofaunístico da empresa Norte Energia, é fundamental que as deformidades nos peixes seja oficiada nos relatórios da empresa, e que o problema seja acompanhado e estudado como parte dos estudos socioambientais da UHE Belo Monte, o que é indefinido no momento.

Por meio do nome da espécie citada no artigo (*Plagioscion squamosissimus*) e termos como “forma” e “morfo”, foi feita busca por menções à ocorrência de peixes deformados no Relatório Técnico de Ictiofauna dos Estudos Complementares do TVR (Dezembro de 2021) e nos 14 anexos do Monitoramento da Ictiofauna (2013 - 2021). Informação sobre o problema descrito no artigo Montag *et al.* (2023) não foi encontrada, mesmo que os autores tenham mencionado explicitamente que o material analisado para o artigo científico foi coletado durante o ano de 2021, como parte do Programa de Monitoramento da Ictiofauna na área de influência da UHE Belo Monte. Neste sentido, a ausência dessas informações nos documentos técnicos oficiais do Programa de Monitoramento Ambiental desenvolvido pela

⁶ Montag, L.F.d.A.; Peixoto, L.A.W.; Seabra, L.B.; Gonçalves, L.A.B.; Lobato, C.M.C.; Mendonça, M.B.; Begot, T.O.; Prata, E.G.; Freitas, T.M.d.S. First Record of Spinal Deformity in the South American Silver Croaker *Plagioscion squamosissimus* (Eupercaria: Sciaenidae) in the Xingu River, Brazil. *Fishes* 2023, 8, 363. <https://doi.org/10.3390/fishes8070363>

empresa Norte Energia constitui omissão grave, com potenciais consequências negativas para a ictiofauna e para a saúde das populações tradicionais e urbanas na área de influência da UHE Belo Monte. Adicionalmente, ocorrências de peixes com deformações corporais registradas exclusivamente após a instalação e operação da UHE Belo Monte aparentemente representam impacto ambiental não previsto no EIA, o que reforça a necessidade de revisão dos estudos de monitoramento ambiental e, principalmente, dos critérios de uso e partilha da água da VGX.

Adicionalmente, no Anexo 13.3.4-11 (do 23 RC - CAP 2 - REL - 13.3.4), referente à análise de elementos-traço potencialmente danosos à saúde (As, Hg, Pb, Cd), é informado que alguns exemplares de *Caenotropus labyrinthicus* (detritívoro), *Serrasalmus rhombeus* e *Plagioscion squamosissimus* (piscívoros) apresentaram níveis de mercúrio acima do permitido pela ANVISA para consumo. Embora essas análises sejam realizadas desde 2013, todos os casos de contaminação acima dos limites permitidos pela ANVISA foram detectados em 2020, o que sugere relação com efeitos tardios após a instalação e operação da UHE Belo Monte naquele trecho do rio Xingu.

Com base no exposto, é urgente realizar estudos para avaliar a possível ocorrência de contaminação nas espécies de peixes mencionadas, tanto como causa possível das deformações corporais observadas crescentemente na região da VGX, mas principalmente para resguardar a saúde das populações humanas que vivem na região. Da mesma forma, análises genéticas são necessárias para verificar a possível ocorrência de mutações ou outros indicadores de risco de disseminação das deformidades nas populações naturais de peixes, o que poderia comprometer ainda mais a estrutura e dinâmica ecológica da ictiofauna e a segurança alimentar das populações indígenas e ribeirinhas. Adicionalmente, recomenda-se que sejam investigadas outras causas possíveis para as malformações, como deficiências nutricionais relacionadas com mudanças na cadeia trófica aquática, ou outras causas descritas na literatura científica disponível sobre malformações corporais em peixes.



Figura 11. Exemplos de corvina (*Pachyurus junki*) capturados em Novembro de 2022 na VGX, com indivíduo normal (acima) e dois indivíduos com malformações (encurtamento da parte posterior do corpo). Foto de Orcylene Reis/MATI.

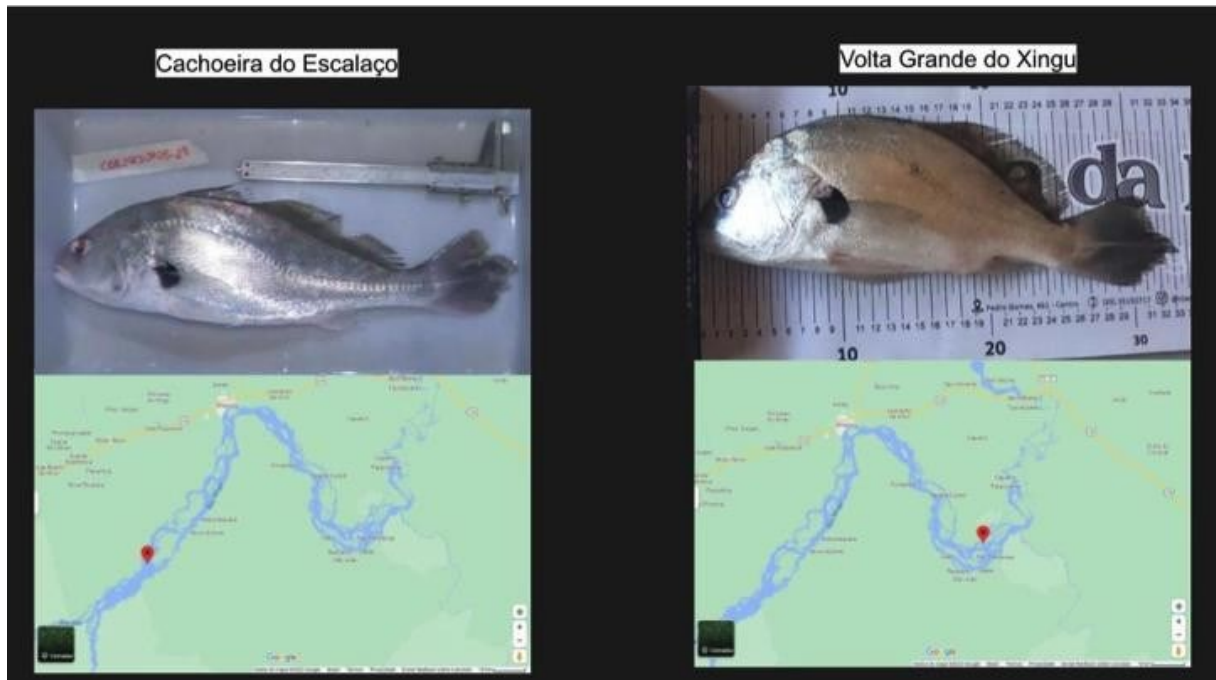


Figura 12. Exemplos de pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*) capturados em setembro de 2023: i) exemplar a esquerda, com anatomia normal, da região da Cachoeira do Espelho, a montante do reservatório da UHE Belo Monte; ii) exemplar a direita da Volta Grande do Xingu com malformação (encurtamento da parte posterior do corpo).



Figura 13. Exemplares de piau (*Leporinus* sp.), com indivíduo normal a esquerda no topo e indivíduo com deformidade a esquerda em baixo e a direita, todos capturados na TI Paquiçamba, VGX em setembro de 2023.

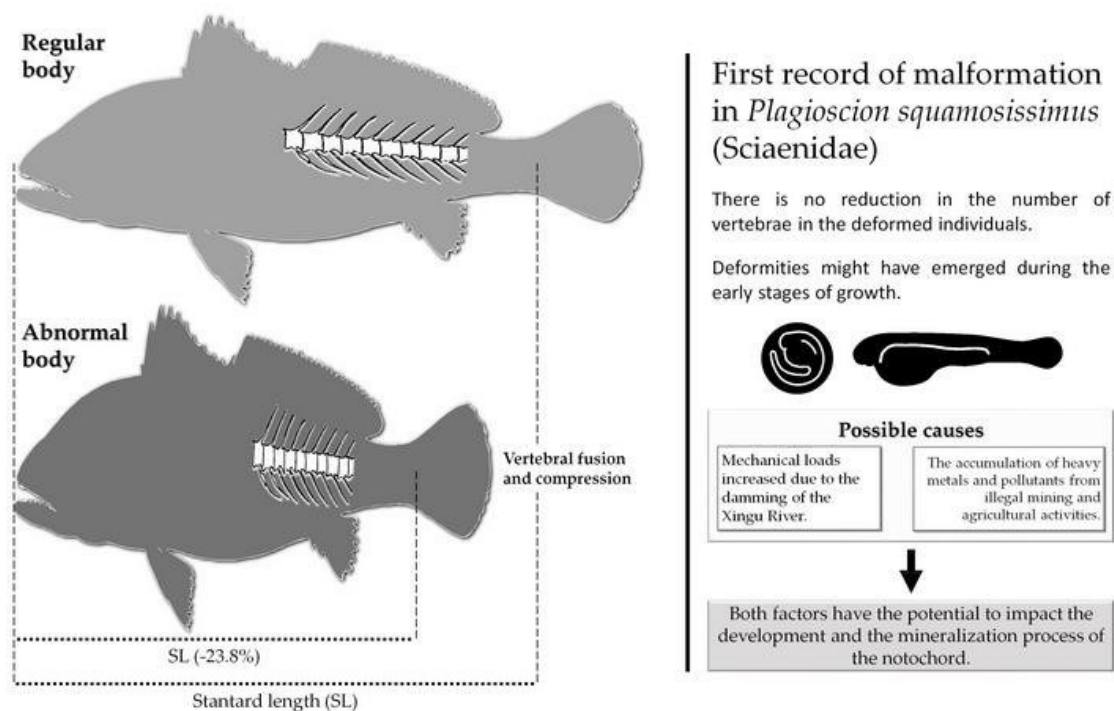


Figura 14. Registro de má formação em exemplares de pescada-branca capturados em cinco localidades da VGX e possíveis causas propostas por Montag et al. (2023). Estes registros não foram localizados nos relatórios oficiais da empresa Norte Energia. Imagens extraídas de Montag et al. (2023).

2.5- Peixes Ornamentais e espécies endêmicas do Xingu

Os impactos do barramento e da transposição do rio Xingu para a operação da UHE Belo Monte apresentam-se cada vez mais intensos e cumulativos na VGX, os quais apontam rumo oposto aos instrumentos de gestão para conservação, como o Plano de Ação Nacional para a Conservação de Espécies de Peixes Ameaçados de Extinção da Amazônia – PAN Peixes Amazônicos⁷. O plano estabelece estratégias prioritárias de conservação para 38 táxons da Amazônia ameaçados de extinção constantes da Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portarias MMA nº 444 e 445/2014). Destas, dezenove (19) espécies são endêmicas do rio Xingu, da confluência com o rio Iriri até a localidade de Belo Monte, e estão classificadas com graus de ameaça, sendo duas classificadas como Criticamente em Perigo (CR), cinco como Em Perigo (EN), uma como Vulnerável (VU).

Na VGX, ocorrem 9 espécies endêmicas (Tabela 07 e Figura 15), que só podem ser encontradas neste trecho do rio Xingu: *Hypancistrus zebra*, *Sternarchogiton zuanoni*, *Sternarchorhynchus kokraimoro*, *Sternarchorhynchus villasboasi*, *Typhlobelus auriculatus*, *Anablepsoides xinguensis*, *Phallobrycon synarmacanthus*, *Hypancistrus* sp. 1 (Zebra Marrom) - L174, *Peckoltia* cf. *cavatica*. Estas espécies correm risco sem precedentes a cada ciclo hidrológico alterado pela operação da UHE Belo Monte. Sendo de conhecimento oficial e da empresa Norte Energia, a existência das espécies endêmicas, criticamente em perigo (CR) e em perigo (EN) na VGX, destaca-se que não há direito legal, moral, ético de levar estas espécies à extinção. Assim, é dever constitucional dos órgãos ambientais proteger a existência e o funcionamento dos ecossistemas dos quais estas espécies dependem para as gerações atuais e futuras.

Eventuais frustrações dos objetivos propostos para o PAN peixes Amazônicos em relação às espécies endêmicas da VGX irão se somar aos impactos ao modo de vida de indígenas e ribeirinhos na VGX. Recomenda-se a participação da comunidade local para a estabelecimento das estratégias para o cumprimento do PAN, em especial nos objetivos 02 e 03⁸ (Tabela 08).

Tabela 07: Lista de espécies de peixes endêmicos do rio Xingu, entre a confluência do rio Iriri e a localidade de Belo Monte. 1- Espécies endêmicas da VGX; 2 - Espécie endêmica dorio Bacajá; 3 - Espécie endêmica do rio Bacajá. Fonte de Dados: Camargo *et al.* (2013); ICMBio (2023).

Espécie	Categoria oficial vigente (IUCN)	Uso	Planos de ação	Listas e convenções
1 <i>Hypancistrus zebra</i> ¹	Criticamente em Perigo (CR)	Ornamental	PAN Peixes Amazônicos (Existente) PAN Fauna do Xingu (Concluída)	CITES - Anexo II Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção 2014 e 2022

⁷ Aprovado pela Portaria ICMBio nº 374/2019, coordenado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Amazônica (ICMBio/CEPAM) e possui vigência até julho de 2024.

⁸<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-peixes-amazonicos/1-ciclo/pan-peixes-amazonicos-sumario.pdf>

2	<i>Spectrolebias reticulatus</i>	Criticamente em Perigo (CR)	Ornamental	PAN Rivulídeos - 2º ciclo (Existente)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
3	<i>Parancistrus nudiventris</i>	Em Perigo (EN)	Ornamental	PAN Peixes Amazônicos (Existente)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
4	<i>Sternarchogiton zuanoni</i> ¹	Em Perigo (EN)		PAN Peixes Amazônicos (Existente)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
5	<i>Sternarchorhynchus kokraimoro</i> ¹	Em Perigo (EN)		PAN Peixes Amazônicos (Existente)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
6	<i>Sternarchorhynchus villasboasi</i> ¹	Em Perigo (EN)		PAN Peixes Amazônicos (Existente)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
7	<i>Teleocichla centisquama</i>	Em Perigo (EN)		PAN Peixes Amazônicos (Existente)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
8	<i>Ossubtus xinguense</i>	Vulnerável (VU)	Comercial	PAN Peixes Amazônicos (Existente) PAN Fauna do Xingu (Concluída)	Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção: 2014 e 2022
9	<i>Bryconops rheoruber</i>	Dados Insuficientes (DD)			
10	<i>Typhlobelus auriculatus</i> ¹	Dados Insuficientes (DD)			
11	<i>Anablepsoides xinguensis</i> ¹	Menos Preocupante (LC)	Ornamental		
12	<i>Creagrutus yudja</i>	Menos Preocupante (LC)			
13	<i>Hemiodus tucupi</i>	Menos Preocupante (LC)			
14	<i>Melanorivulus rubroreticulatus</i>	Menos Preocupante (LC)	Ornamental		
15	<i>Phallobrycon synarmacanthus</i> ^{1,2}	Menos Preocupante (LC)			
16	<i>Hypancistrus</i> sp. ¹ (Zebra Marrom) - L174	Não avaliada (sp. não descrita)	Ornamental		

17	<i>Parancistrus aff. aurantiacus</i> (Acari Borracha)	Não avaliada (sp. não descrita)	Ornamental
18	<i>Peckotia cf. cavatica</i> ^{1,3}	Não avaliada (sp. não descrita)	Ornamental
19	<i>Scobinancistrus sp.</i> (Tubarão) - L82	Não avaliada (sp. não descrita)	Ornamental

Tabela 08: Quadro de objetivos do Plano de Ação Nacional para a Conservação de Espécies de Peixes Ameaçados de Extinção da Amazônia – PAN Peixes Amazônicos.

Objetivo Geral			
Nº	Objetivos Específicos	Nº de Ações	Custo Estimado (R\$)
1	Promoção de ações para proteção das espécies-alvo do PAN em áreas de atividades de mineração e agropecuária.	3	330.000,00
2	Estabelecimento de estratégias para melhorar o estado de conservação das espécies-alvo do PAN sensíveis aos impactos de empreendimentos hidrelétricos e hidroviários.	9	560.000,00
3	Estímulo à pesquisa e monitoramento para promover a conservação e o uso sustentável das espécies-alvo do PAN.	12	1.171.300,00
4	Redução da captura e do comércio das espécies-alvo do PAN.	4	60.000,00
5	Aprimoramento do ordenamento das espécies-alvo do PAN.	4	240.000,00

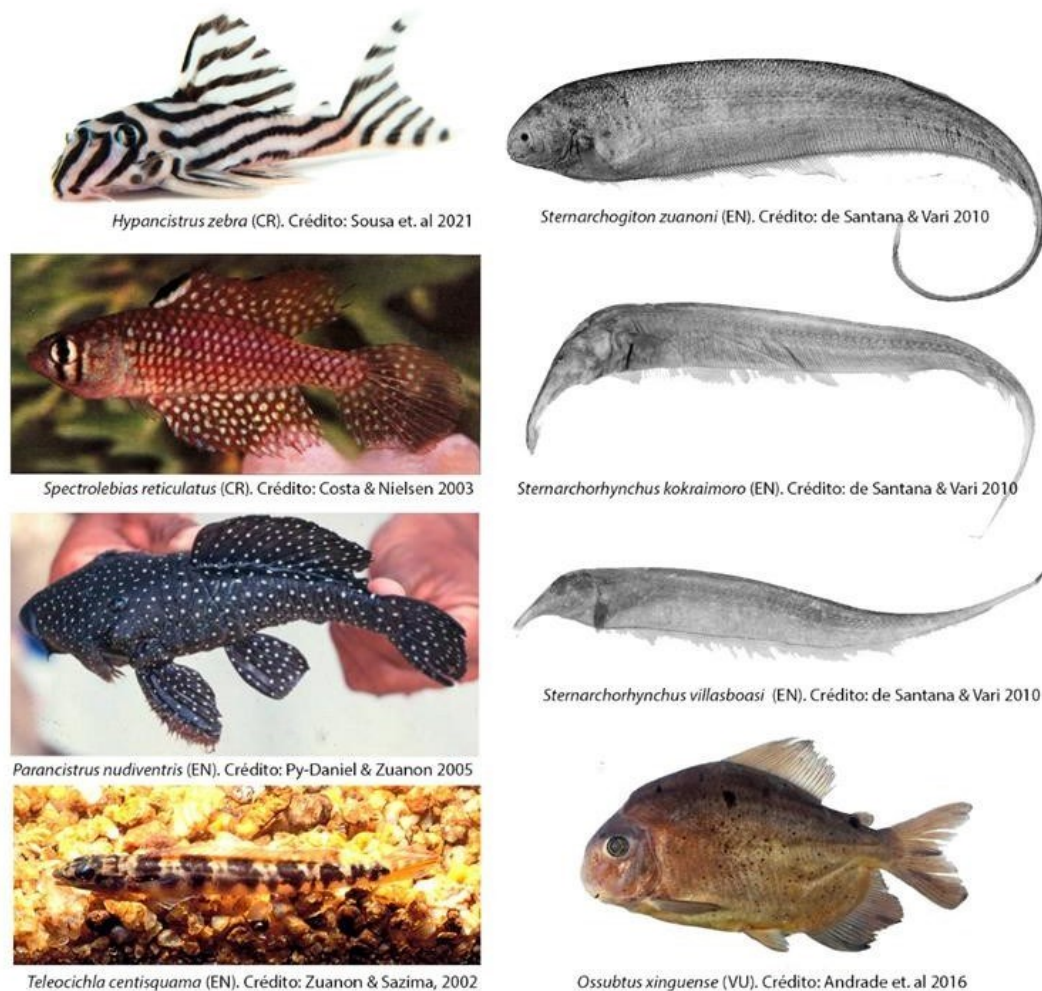


Figura 15: Exemplos de espécies de peixes ameaçadas e endêmicas do trecho do rio Xingu entre a confluência com o rio Iriri e a localidade de Belo Monte.

2.6- Impactos nos tracajás (*Podocnemis unifilis*)

Com base em dados de quelônios (tracajás, *Podocnemis unifilis*) coletados pelo EIA em período anterior às obras da UHE Belo Monte (2007-2008) e em período posterior no âmbito do MATI, foram realizadas comparações para avaliar o efeito da UHE Belo Monte na população de quelônios. Isto considerou dados do período anterior ao início das obras, durante a construção e finalmente durante a operação da UHE Belo Monte sob o Hidrograma B. Observa-se nas Figuras 16 a 18 que houve reduções significativas no tamanho, no peso (de forma mais acentuada) e no fator de condição dos animais, ou seja, na sua relação peso-comprimento. Isto indica dois impactos relacionados com o empreendimento. Primeiro, a redução no tamanho, que está relacionada à intensificação das capturas para consumo e comercialização, e que é seletiva para animais maiores. Este impacto indireto foi agravado pela distribuição indiscriminada de embarcações e de combustível no âmbito dos Planos Básicos Ambientais (PBAs) e PBAs das Componentes Indígenas (CIs), o que estimulou a intensificação da captura, já que o principal método de captura destes animais envolve circular com a embarcação nos “boiadores” (locais mais profundos dos canais onde os animais se aglomeram durante o período seco) para captura manual dos animais (saltando

sobre eles a partir da canoa) ou com puçá (Pezzuti *et al.* 2008⁸; Alcântara *et al.* 2013⁹). Embora fosse esperada a intensificação da pressão sobre os recursos naturais, em especial os aquáticos, este aspecto do aumento de embarcações disponíveis é fato novo e inquestionável, sendo observado não somente na VGX, mas em toda a área de atuação dos PBAs e PBA-CIs. Segundo a redução da condição física dos animais está diretamente relacionada à ausência dos pulsos de inundação, como esperado, prognosticado e agora observado. Trata-se de constatação de alta gravidade devido à natureza generalista da espécie em questão. Espécies de quelônios de hábito mais especialista, embora não monitoradas, devem padecer de forma mais severa sob os efeitos da redução de vazão da VGX.

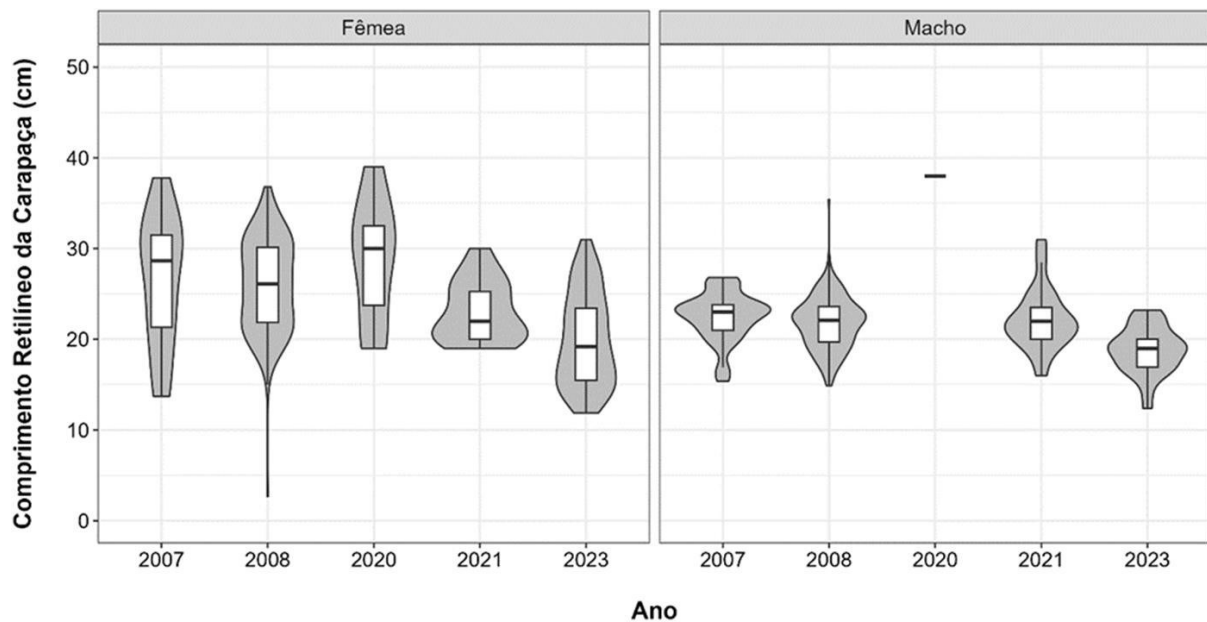


Figura 16: Comprimento Retilíneo da Carapaça (CRC) de de tracajás (*Podocnemis unifilis*): Kruskal-Wallis qui-quadrado = 52,16, df = 4, p-value = 1.276e-10; Dunn test: o CRC dos indivíduos capturados em 2023 (dentro do período de implementação do Hidrograma B) foram menores do que os capturados em 2007 (Z = 5,43, *adj. p-value* = 0,0004), 2008 (Z = 6,85, *adj. p-value* = 0,0007), 2020 (Z = 4,49, *adj. p-value* = 0,005) e 2021 (Z = 3,45, *adj. p-value* = 0,003).

⁸Pezzuti, J.C.B.; D. Felix-Silva; R.S.L. Baíboza; M.S.L. Baíboza ;R.S.L. Baíboza; L. Feinandes; A. Alcântara; C. Carneiro. 2008. Quelônios e Cícodilianos. Diagnóstico do Meio Biótico na área de influência do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Belo Monte. Belém, 186p.

⁹Alcântara, A.S, da Silva, D.F. and Pezzuti, J.C.B. 2013. Effects of the hydrological cycle and human settlements on the population status of *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) in the Xingu River, Brazil. Chelonian Conservation and Biology, 12(1), pp.134-142.

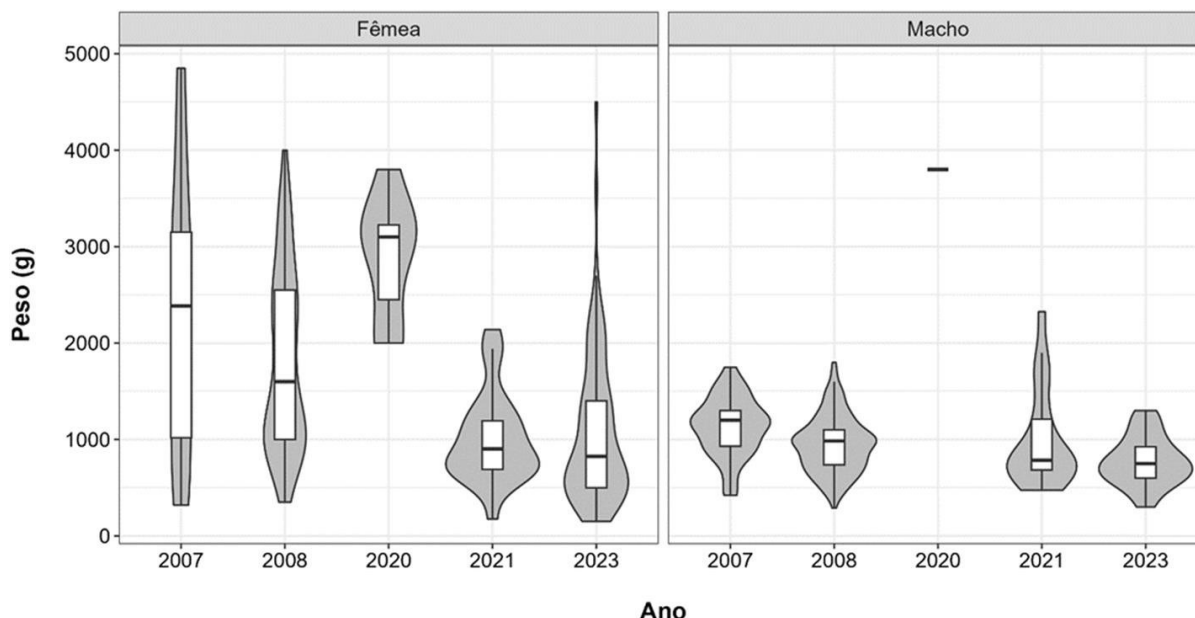


Figura 17: Peso por ano (Fêmeas e Machos) de tracajás (*Podocnemis unifilis*): Kruskal-Wallis qui-quadrado = 58,16, $df = 4$, $p\text{-value} = 7.046e-12$. Dunn test: o peso das fêmeas capturadas em 2023 (dentro do período de implementação do Hidrograma B) foi menor do que as capturadas em 2007 ($Z = 3,85$, $adj. p\text{-value} = 0,0008$), 2008 ($Z = 5,92$, $adj. p\text{-value} = 0,0003$) e 2020 ($Z = 4,75$, $adj. p\text{-value} = 0,001$). Peso por ano (Machos, obs.: só um macho em 2020): Kruskal-Wallis: Kruskal-Wallis qui-quadrado = 23,36, $df = 4$, $p\text{-value} = 0,0001073$. Dunn test: o peso dos machos capturados em 2023 (dentro do período de implementação do hidrograma B) foi menor do que os capturados em 2007 ($Z = 4,34$, $adj. p\text{-value} = 0,0001$).

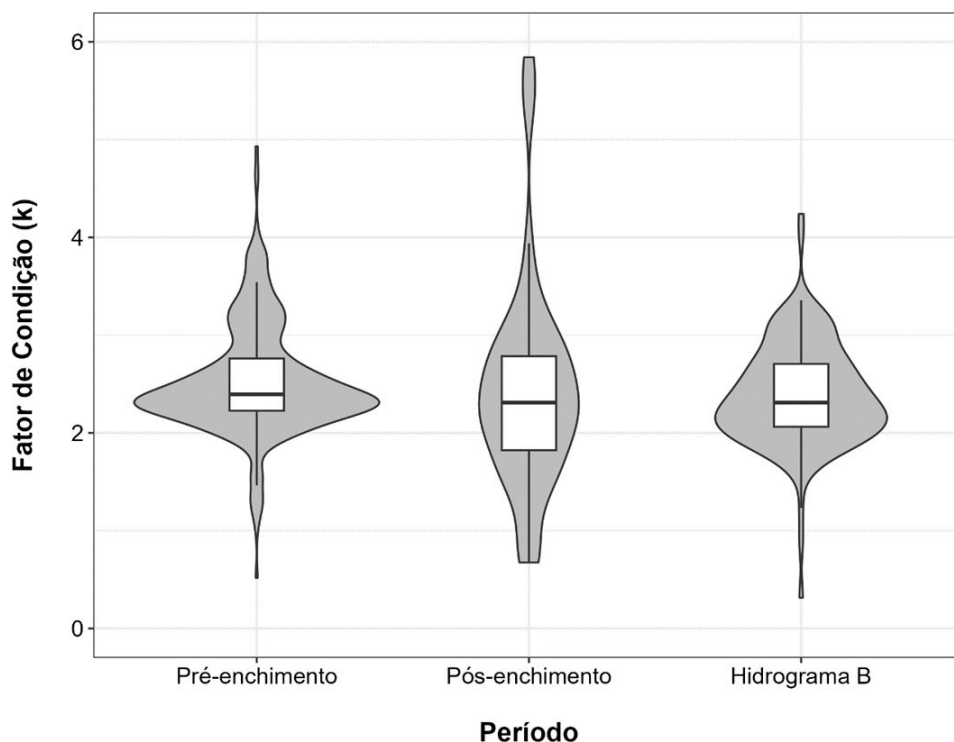


Figura 18: Fator de Condição de tracajás (*Podocnemis unifilis*): $k = P/Cb$. Kruskal-Wallis qui-quadrado = 7,10, $df = 2$, $p\text{-value} = 0,02858$; Dunn test: diferença Hidrograma B e período de pré-enchimento ($Z = -2,61$, $adj. p\text{-value} = 0,02$). Os períodos de pré-enchimento, pós-enchimento e do Hidrograma B correspondem respectivamente aos anos de 2007-2008, 2020-2021 e 2023.

2.7- Estado atual das florestas aluviais afetadas pela ausência de alagamento

2.7.1 - Origem dos dados

Os resultados apresentados neste relatório são oriundos da combinação de observações feitas em campo e por satélite. Em campo, foram realizadas observações tanto pelos pesquisadores locais do MATI quanto por pesquisadores vinculados a instituições acadêmicas, que estabeleceram quatro parcelas permanentes de 0,5 hectares nas florestas de igapós nas ilhas do Zé Maria e na Ilha das Meninas (região da VGX) e outras quatro parcelas em ilha (Ilha Grande) na região da Cachoeira do Espelho, área sem efeito de restrição de vazão relacionado à implantação da barragem. As parcelas foram estabelecidas em agosto de 2023 e todas as árvores com diâmetro a altura do peito maiores que 10 cm foram identificadas e medidas para serem monitoradas. Também foram feitas observações sobre a regeneração do sub-bosque nas parcelas e sobre o estado da vegetação no entorno das parcelas, como os sarobais próximos. Essas parcelas serão monitoradas anualmente para avaliar o crescimento, o ingresso e a mortalidade das árvores de igapó, bem como o estado de regeneração do sub bosque.

2.7.2 - Impactos da alteração do regime de alagamento

2.7.2.1 - Composição de espécies e estrutura do Igapó

A ausência de alagamento sazonal das florestas de igapó da VGX, impactadas pela vazão reduzida, acarreta nítidas transformações estruturais na composição e abundância de espécies vegetais desse sistema ecológico. A primeira grande transformação está ocorrendo no sub-bosque dessas florestas, onde a densidade de plântulas aumentou consideravelmente em relação a igapós prístinos, pois o principal fator que limitava o estabelecimento de plântulas nesses ambientes era a inundação. Com o aumento do número de plântulas, que possuem folhas novas e mais palatáveis, houve aumento considerável nas populações de formigas cortadeiras (*Atta* spp.), que sob grande disponibilidade de recurso e ausência de inundação sazonal para limitar a construção de ninhos, formam grandes aglomerados de ninhos nas florestas de igapó (Figura 19). Mesmo o relatório de avaliação de impacto ambiental evidenciou que em período anterior à construção da barragem, o sub-bosque dessas florestas era "*(...) limpo, com pouca regeneração das espécies do dossel. Provavelmente a mortalidade produzida pela inundação selecionou poucas mudas, reduzindo drasticamente o número de indivíduos jovens*" (RELATÓRIO FINAL DE VEGETAÇÃO -2008 - CONVÊNIO: MPEG / CAMARGO CORRÊA / ODEBRECHT / ANDRADE GUTIERREZ / ELETROBRAS / FIDESA). Vale ressaltar que tanto o adensamento de plântulas no sub-bosque quanto o aumento significativo da população de formigas cortadeiras não estão entre os impactos prognosticados nas avaliações prévias.



Figura 19: Aumento da abundância e tamanho de ninhos de formigas cortadeiras (*Atta* spp.) no igapó devido ao não alagamento e a alta disponibilidade plântulas evidenciam a alteração e o comprometimento da integridade das florestas alagáveis da VGX.

Outro impacto evidente é a colonização do igapó por espécies de plantas típicas de áreas não alagáveis, como a floresta de terra firme. Espécies herbáceas e arbustivas típicas da terra firme do entorno, como *Adiantum argutum* Splitg., que antes ocupavam apenas pequenas elevações de terra no igapó (conhecidas localmente como restinga alta), foram registradas em abundância e até dominância no sub-bosque de alguns igapós alterados (Figura 20). Esta espécie é tipicamente ausente em áreas sujeitas a longos períodos de alagamento nas florestas de igapó, pois não é adaptada às condições abióticas associadas ao pulso de inundação do rio. De forma similar, registra-se a presença de *Cecropia obtusa* Trécul., espécie típica da terra firme, colonizando uma clareira que, possivelmente em condições normais de inundação sazonal, seria colonizada pela espécie do mesmo gênero *Cecropia latiloba* Miq., que é característica das florestas de igapó. Outro exemplo é a ocorrência de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne & Planch conhecida localmente como Mandiocão ou Morototó, que também constitui espécie invasora típica de terra firme. A invasão de espécies de terra firme nas florestas alagáveis também não estava prevista nas avaliações prévias, porém, foi prevista nos relatórios independentes constantes nos Pareceres Técnicos 001/2021 e 002/2022 - MPF.



Figura 20: Invasão das florestas de igapó por espécies de áreas não alagáveis. Na imagem, *Adiantum argutum*, uma espécie abundante em terra-firme e não adaptada a longos períodos de alagamento, domina o sub bosque dos igapós, demonstrando que o alagamento que deixou de ocorrer, compromete a sobrevivência e potencialmente suprime espécies de igapó.

Importante ressaltar que esse processo de transformação estrutural das florestas de igapó é lento, como evidenciado em outros rios com fluxo interrompido por barragens (Rocha *et al.* 2019¹⁰, Lobo *et al.* 2019¹¹, Schöngart *et al.* 2021¹²). Porém, passados oito anos da

¹⁰ Rocha, M., Assis, R.L., Piedade, M. T. F., Feitosa, Y. O. et al. 2019. Thirty years after Balbina Dam: Diversity and floristic composition of the downstream floodplain forest, Central Amazon, Brazil. *Ecohydrology*, 12, e2144.

¹¹ Lobo, G. S., Wittmann, F., Piedade, M. T. F. 2019. Response of black-water floodplain (igapo) forests to flood pulse regulation in a dammed Amazonian river. *Forest Ecology and Management*, 434, 110-118.

¹² Schöngart J, Wittmann F, Resende AF, et al. 2021. The shadow of Balbina dam: A synthesis of over 35 years of downstream impacts on floodplain forests in Central Amazonia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31:1117-1135.

construção da UHE Belo Monte, o processo de substituição de espécies já é nítido. A abundante ocorrência dessas espécies é forte indício de que os igapós estão em processo de perda de suas características e funções ecológicas, o que indica comprometimento **da integridade dos ambientes sazonalmente alagáveis** e das espécies que dependem desse tipo de ambiente, como animais que se alimentam de frutos desse tipo de vegetação.

2.7.2.2 - Fenologia e serviços ecossistêmicos

Foi observado, através do monitoramento realizado pelos pesquisadores locais ao longo dos anos de 2022 e 2023, que frutos que são base alimentar de peixes e quelônios e tipicamente caem durante o período de águas altas, como a golosa (*Chrysophyllum sanguinolentum* (Pierre) Baehni), a seringa (*Hevea Guianensis* Aubl.), o cajá (*Spondias mombin* L.), o camu-camu (*Myrciaria dubia* H. B. K. (McVough)) e o Arapari (*Macrobium acaciifolium* (Benth.) Benth) estão atualmente caindo sobre o solo do igapó seco e, portanto, não estão mais disponíveis para alimentação da fauna aquática.

Dados coletados pelo MATI nas florestas de igapós próximas às piracemas evidenciam que de novembro de 2022 a abril de 2023, das 401 observações de frutos caídos no chão da floresta, houve apenas 74 registros (18,5%) de frutos caídos na água, ou seja, quando a floresta estava alagada (Figura 21). Essa dessincronização entre o período de dispersão das sementes e o alagamento sazonal dessas florestas, validados por mais de 400 observações independentes dos pesquisadores locais indígenas e ribeirinhos, reforçam novamente o que o Relatório Final de Vegetação (2008) menciona para essas florestas quando afirmava que o ciclo sazonal de subida e descida das águas "*resulta em uma sincronização da maioria dos processos ecológicos de plantas, animais e das populações humanas, tais como reprodução das plantas, migração de animais e atividades de pesca, pecuária e agricultura*" e que "*Alterações não naturais que modifiquem o ciclo hidrológico dos rios da Amazônia podem ter consequências graves para a conservação e manejo dos recursos naturais*". De fato, a dessincronização dos processos fenológicos com o ciclo de inundação gera desregulação na cadeia alimentar dos peixes e quelônios que se alimentam dos frutos dentro da floresta alagada (que também serve como refúgio reprodutivo), o que gera decréscimo na disponibilidade de alimentos para os peixes e quelônios, além de decréscimo na quantidade de peixes ao longo dos anos, com consequências de retroalimentação negativa dos impactos de toda a sociobiodiversidade local.



Figura 21: O monitoramento independente realizado pelos pesquisadores locais reforça as observações do comprometimento dos serviços ecossistêmicos das florestas de igapó. Frutos que antes caíam na água e serviam como alimento para os peixes e tracajás, hoje estão caindo no seco, comprometendo toda a cadeia alimentar.

2.7.2.3 - Mudanças na vegetação detectadas por imagens de satélite

Além das observações em campo, a análise de imagens de satélite (Figura 22) aponta que a vegetação sazonalmente alagável da VGX sofre modificações persistentes desde a implantação da UHE Belo Monte¹³. Imagens do satélite Landsat foram utilizadas para gerar dados de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). O NDVI é calculado a partir de dados espectrométricos das bandas na faixa do vermelho e infravermelho, sendo amplamente utilizado para estimar o estado de saúde e densidade da vegetação. Além disso, foram obtidos dados do nível d'água (NCA – Estação Altamira 18850000), que representam a temporalidade das alterações hidrológicas impostas à VGX devido à implantação e operação da UHE Belo Monte. A série temporal analisada abrange o período de 2012 a 2022. A abordagem de modelos lineares de cointegração Autorregressivo de Defasagem Distribuída (ARDL) demonstrou que há cointegração, também chamado de período de correlação de longo prazo, entre o NCA e o NDVI. Isto significa que essas variáveis partilham tendência comum de longo prazo. Este período de correlação está ligado ao fato de que a vegetação inundada depende da água do rio para a sua sobrevivência e, portanto, as alterações no nível d'água do rio impactam a longo prazo a vegetação. Além disso, é importante notar que embora o modelo ARDL forneça evidências de relação de longo prazo, também pode haver fatores de curto prazo que afetam a relação entre o NCA e o NDVI na VGX. Estes fatores de curto prazo podem incluir variações sazonais no nível d'água do rio na vegetação, bem como eventos extremos, como secas ou inundações. Além disso,

¹³ Molina, K.A.F., Pupim, F. 2023. Changes in the Xingu River flooded vegetation caused by Belo Monte dam: an approach using cointegration analysis and remote sensing images. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

realizou-se análise de variância (ANOVA) para avaliar se houve mudanças significativas no NDVI antes e após a implantação da UHE Belo Monte. Os resultados indicam que existem diferenças significativas entre os valores de NDVI calculados para períodos anteriores e posteriores à implantação da UHE Belo Monte ($p = 0,046$; Figura 23). Isso significa aumento de áreas com afloramento rochoso e praias e a diminuição nas condições de saúde ou densidade da vegetação e até o gradual desaparecimento de ilhas de vegetação após a implantação da UHE Belo Monte (Figura 25). Esse efeito fica mais evidente quando compara-se o NDVI da região estudada antes e depois da barragem apenas durante os meses da época de seca do rio Xingu ($p = 0,008$; Figura 24). Estas observações são preocupantes e podem ser consideradas impacto não-previsto, pois as previsões eram de que haveria processo de secundarização desta área, pela ocupação por espécies de plantas de outras áreas, através de sementes trazidas por dispersores.

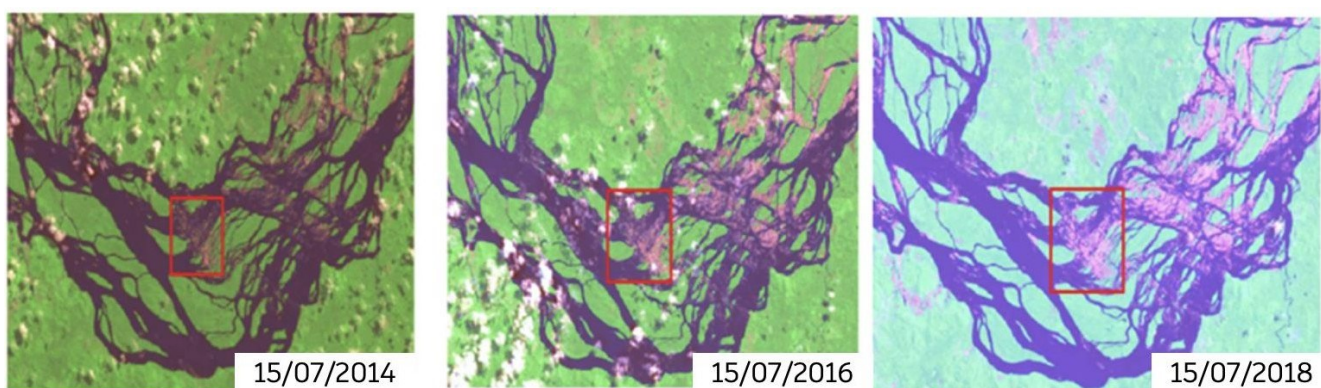


Figura 22: Mudanças na vegetação sazonalmente alagável da VGX observadas em imagens do satélite Landsat para o período entre 2014 e 2018. Evidencia-se a rápida supressão da vegetação alagável da VGX.

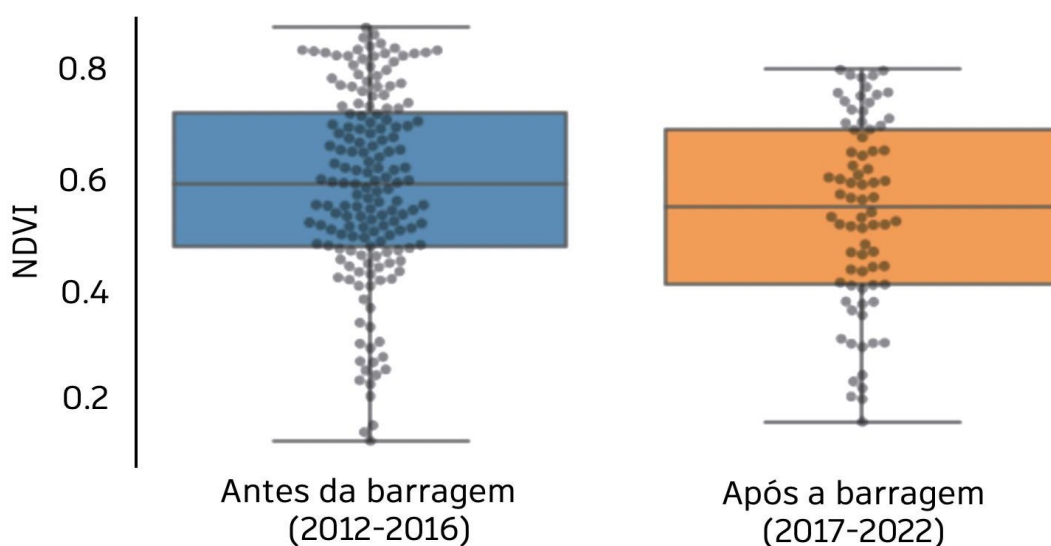


Figura 23: Diferença entre o NDVI da vegetação sazonalmente alagável da VGX para períodos anterior (2012-2016) e posterior (2017-2022) à implantação da UHE Belo Monte. NDVI calculado a partir de imagens de Landsat. Cada ponto representa o NDVI calculado para uma imagem por mês para o período indicado.

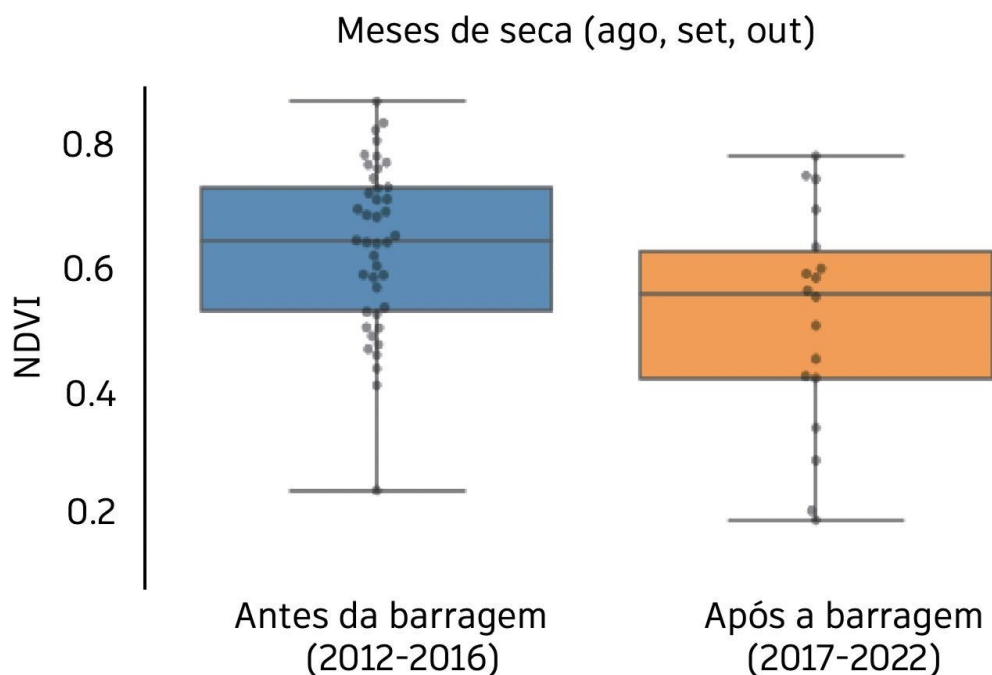


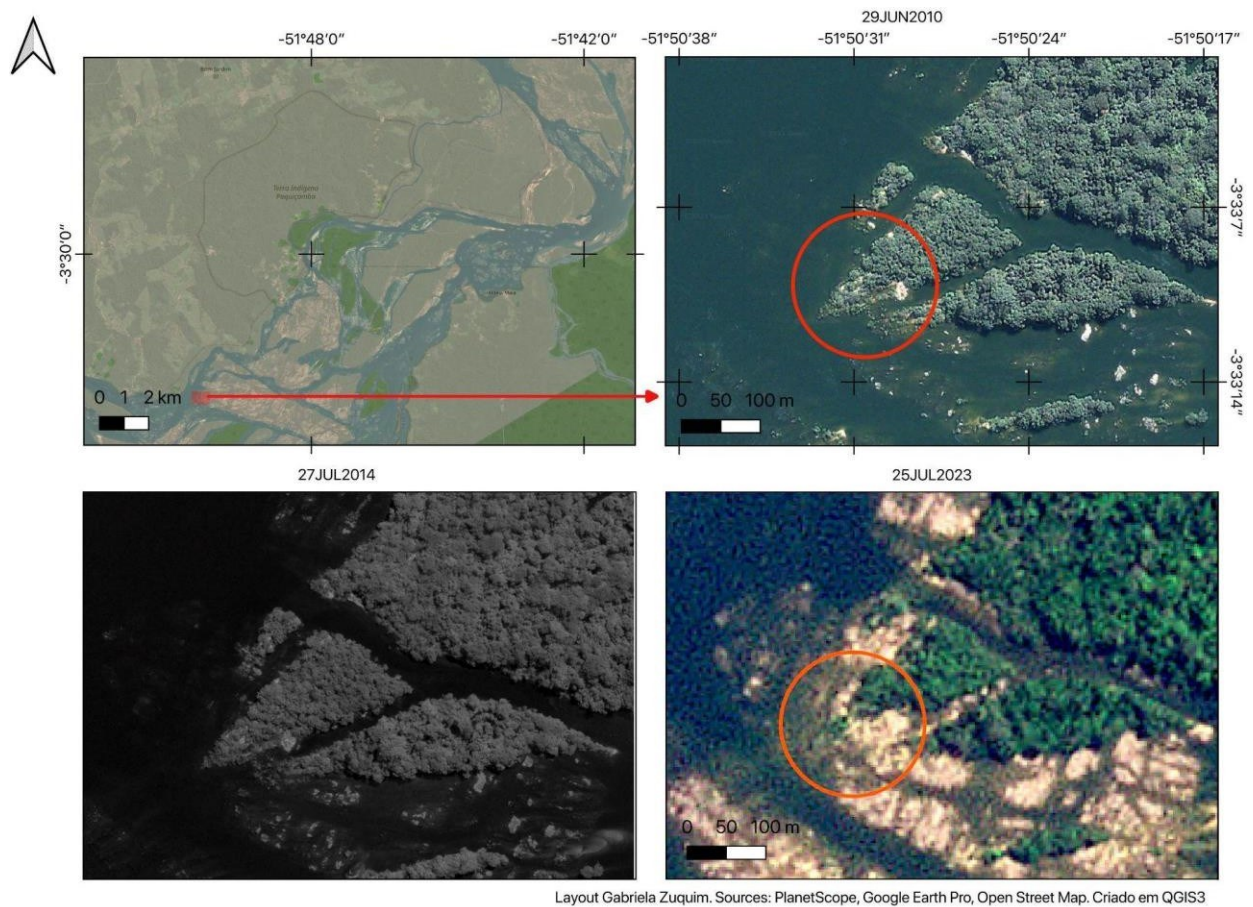
Figura 24: Diferença entre o NDVI da vegetação sazonalmente alagável da VGX para períodos anteriores (2012-2016) e posteriores (2017-2022) à implantação da UHE Belo Monte. NDVI calculado apenas para imagens do satélite Landsat obtidas nos meses de seca. Cada ponto representa o NDVI calculado para uma imagem por mês para o período indicado.

2.7.2.4 - Mudanças na vegetação de ilhas rochosas e arenosas - Sarobais

Quanto às formações pioneiras arbóreo-arbustivas que crescem em pedrais com cobertura arenosa, localmente conhecidas como sarobais, a ausência do alagamento sazonal tem causado alta mortalidade e portanto, perda significativa de biodiversidade. Os indivíduos pioneiros sobre substratos arenosos em formações rochosas têm raízes longas e profundas para alcançar o nível do rio/nível freático em período de estiagem. Estas formações contêm elevado número de espécies endêmicas. Com a vazão diminuída, parte significativa dos indivíduos possivelmente perde o contato com a água freática durante o período de seca, o que resulta em elevadas taxas de mortalidade. Este processo é irreversível, já que nenhuma espécie arbórea-arbustiva será capaz de se estabelecer nestes habitats no futuro. Muitas destas espécies produzem frutos que compõem a dieta de peixes, quelônios e mamíferos aquáticos (como as mirtáceas *Myrciaria dubia*, *Eugenia* spp.).

É nítido que em diversos locais da VGX, a vegetação das ilhas rochosas com cobertura arenosa está sendo suprimida (Figura 25). Observações de campo e imagens de satélite evidenciam que parte expressiva dessa vegetação altamente adaptada ao alagamento sazonal está morta ou em processo de mortalidade, com suas folhas amareladas ou extremamente secas. Esse processo de mortalidade da vegetação é relativamente rápido e se agrava em anos de eventos climáticos extremos, como o verificado no ano corrente (2023), os quais têm sido intensificados pela mudança climática. A sinergia entre a desregulação do ciclo hidrológico devido à operação da UHE Belo Monte e eventos climáticos extremos de seca pode acelerar o processo de mortalidade dos sarobais. Isso explica por que em menos de 10 anos após a construção da UHE Belo Monte, parcela significativa da vegetação dos sarobais está morta, conforme documentado pelo MATI e visível em imagens de satélites de alta resolução. A exata dimensão da supressão desse tipo de vegetação ainda

é alvo de análises mais precisas, mas os registros são alarmantes e demonstram claramente a gravidade do processo (Figura 26).



Layout Gabriela Zuquim. Sources: PlanetScope, Google Earth Pro, Open Street Map. Criado em QGIS3

Figura 25: Série temporal de imagens de satélite de períodos anterior e posterior à construção da UHE Belo Monte revelam o desaparecimento de ilhas de vegetação, provavelmente devido à morte dos indivíduos. As imagens foram obtidas do OpenStreetMap, Google Earth Pro e PlanetScope. Layout desenvolvido em QGIS3.

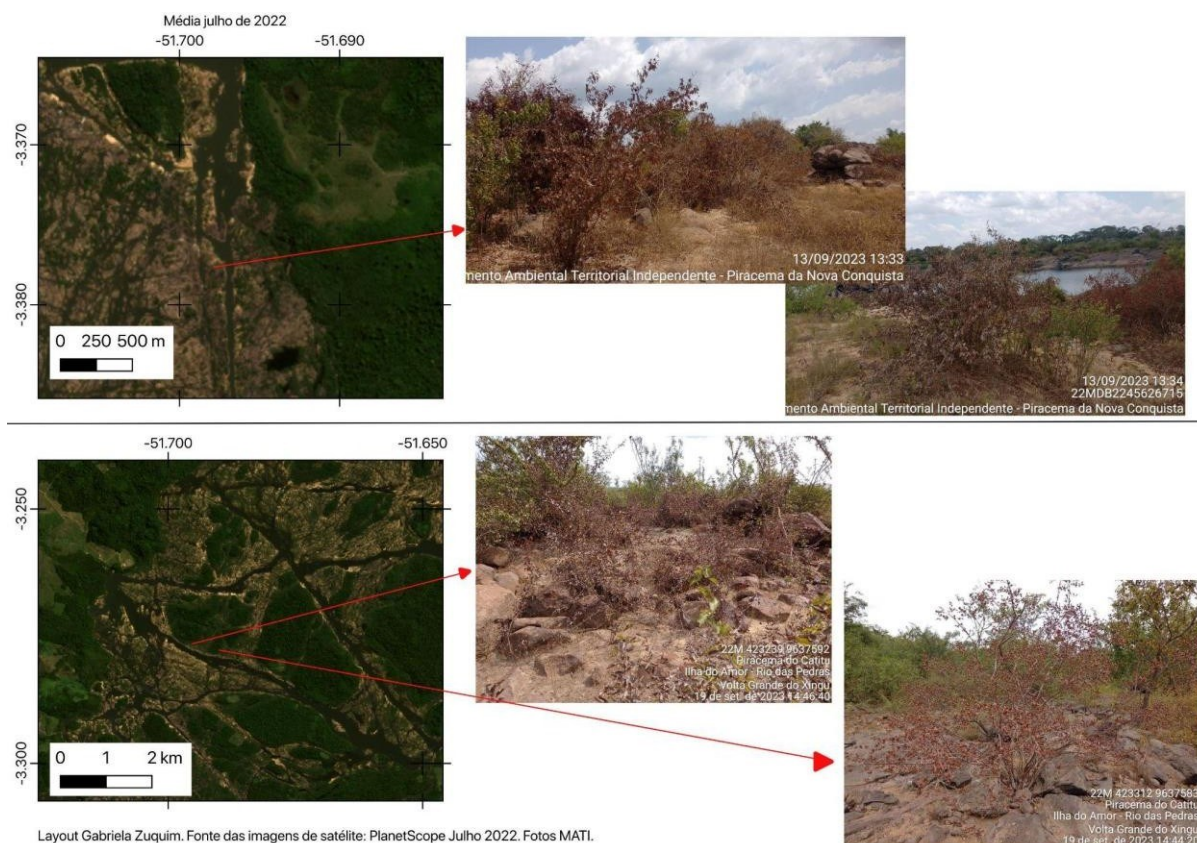


Figura 26: Fotos georreferenciadas recentes obtidas por monitores do MATI na Piracema da Nova Conquista e na piracema da Ilha do Amor. As imagens revelam as condições locais da vegetação. A localização onde as fotos foram obtidas estão indicadas nas imagens de satélite feitas pelo PlanetScope.

2.7.4 - Considerações finais sobre vegetação alagável

As observações do MATI apontam processo de alteração florística e depauperamento da vegetação dos igapós e sarobais e o comprometimento dos serviços ecológicos providos pelas florestas alagáveis. Esses processos estão em curso e provavelmente acarretarão em danos socioambientais irreversíveis, como a morte da vegetação de igapós e extinção local de algumas espécies mais especializadas em sobreviver sob condições de alagamento sazonal, como evidenciado em florestas de igapós que tiveram seu funcionamento modificado pela construção de barragens (Schöngart *et al.*, 2021). Trata-se então de impacto cuja única medida de mitigação seria a restituição da vazão da VGX, pois o plantio de mudas nesses ambientes aluviais seria inócuo, já que os adultos perecem pela mudança nas características ambientais associadas ao baixo nível da água, e portanto, é improvável que as mudas se estabeleçam. Além disso, os sarobais crescem sobre formações rochosas com cobertura arenosa e a taxa de sobrevivência de mudas em ambientes extremos é ínfima devido à falta de água e ao calor dos substratos destes ambientes.

As evidentes mudanças na vegetação e disruptura dos ciclos naturais de inundação sazonal tornam-se ainda mais preocupantes do que antecipado considerando o fato de que eventos extremos, principalmente secas, tendem a se tornar cada vez mais frequentes de acordo com as projeções climáticas que abrangem a Amazônia (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>). Como já foi observado em outras regiões da Amazônia, a resiliência da vegetação alagada diminui com o aumento da frequência da perturbação. Considerando que a UHE Belo Monte impactou drasticamente a vegetação alagável e que o

intervalo necessário para que a vegetação se recupere de eventos de secas prolongadas tem se tornado cada vez mais curto, é esperado que esses efeitos cumulativos intensifiquem a perda desse habitat além do previsto. Nos locais de alta mortalidade registrados pelo MATI, é provável que o processo já seja irreversível. Nas demais áreas, é possível que no futuro, o controle da água para permitir maiores níveis e maior duração de alagamento possam condicionar a maior resiliência e possível recuperação dos ciclos fenológicos a níveis mais saudáveis ao ambiente. Esta questão é crucial para a manutenção da vida na VGX e deve ser cuidadosamente acompanhada e sistematicamente monitorada no contexto da preservação do serviço ecossistêmico provido pela vegetação alagável.

2.8 - Comunidades de aves nos igapós - indicadores de integridade dos ambientes sazonalmente alagáveis

Foram realizados levantamentos de avifauna em igapós de duas ilhas na região da VGX (Ilha do Zé Maria e Ilha das Meninas) em agosto de 2023. Foram utilizadas redes de neblina (20 redes abertas de 6h a 12h por 3 dias em cada localidade) e gravadores autônomos (gravando 1 minuto de 10 em 10 minutos por 7 dias em cada localidade). Os dados das gravações ainda não foram analisados.

Por meio do uso de redes de neblina, foram capturadas ao todo 26 espécies no igapó, sendo apenas 9 aves especialistas em ambientes alagáveis. As outras 17 espécies se dividiram entre espécies associadas a ambientes aquáticos e beiras de rio (*Chloroceryle aenea*), espécies que ocorrem tanto em florestas alagáveis quanto em florestas de terra firme (3 espécies), espécies generalistas que podem ser encontradas em bordas de florestas de terra firme e em florestas de terra firme degradadas (7 espécies) e 6 espécies especialistas em florestas maduras de terra firme, que normalmente não ocupam áreas alagáveis (ver Tabela 09).

Tabela 09: Espécies de aves capturadas em áreas de igapó nas duas localidades amostradas e sua respectiva classificação quanto ao tipo de habitat utilizado.

	Espécie	Especialização de habitat	Zé Maria	Ilha das Meninas
1	<i>Pipra fasciata</i>	florestas alagáveis	X	X
2	<i>Pipra aureola</i>	florestas alagáveis		X
	<i>Hypocnemoides</i>			
3	<i>maculicauda</i>	florestas alagáveis	X	X
4	<i>Sakesphorus luctuosus</i>	florestas alagáveis	X	
5	<i>Xiphorhynchus obsoletus</i>	florestas alagáveis	X	X
6	<i>Dendroplex kienerii</i>	florestas alagáveis		X
7	<i>Sclateria naevia</i>	florestas alagáveis	X	
8	<i>Hylophylax punctulatus</i>	florestas alagáveis	X	X
9	<i>Monasa nigrifrons</i>	florestas alagáveis	X	X
10	<i>Chloroceryle aenea</i>	beira de rio	X	
11	<i>Thamnomanes caesius</i>	terra firme e florestas alagáveis	X	
12	<i>Pygiptila stellaris</i>	terra firme e florestas alagáveis		X
13	<i>Xenops minutus</i>	terra firme e florestas alagáveis		X
14	<i>Cercomacroides tyrannina</i>	terra firme - bordas, secundária	X	
15	<i>Myrmotherula axillaris</i>	terra firme - bordas, secundária	X	X
16	<i>Thamnophilus amazonicus</i>	terra firme - bordas, secundária	X	X

17	<i>Dendrocolaptes certhia</i>	terra firme - bordas, secundária	X	
18	<i>Turdus fumigatus</i>	terra firme - bordas, secundária	X	X
19	<i>Tolmomyias sulfurescens</i>	terra firme - bordas, secundária		X
20	<i>Galbula ruficauda</i>	terra firme - bordas, secundária	X	
21	<i>Dendrocolaptes certhia</i>	terra firme		X
22	<i>Thamnomanes saturninus</i>	terra firme		X
23	<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	terra firme	X	X
24	<i>Synallaxis rutilans</i>	terra firme	X	
25	<i>Arremon taciturnus</i>	terra firme	X	
26	<i>Veniliornis affinis</i>	terra firme	X	

Análises mais detalhadas serão realizadas quando os dados acústicos forem processados, incluindo comparações estatísticas com as comunidades de outros igapós do Xingu e das florestas de terra firme adjacentes. No entanto, a detecção de uma avifauna mista, incluindo tanto aves especialistas de ambientes alagáveis quanto especialistas de floresta de terra firme é um forte indicativo de que a biota associada aos igapós está sendo gradativamente substituída pela biota associada às florestas de terra firme adjacentes. Fica evidente também a grande proporção de espécies generalistas, associadas a bordas, fragmentos e florestas secundárias. Isso indica que o ambiente que está se estabelecendo na região antes ocupada por vegetação sazonalmente alagável e agora afetada pela ausência de alagamento tende a se assemelhar a uma floresta degradada, que não provê os serviços ambientais de ambientes íntegros.

2.9 - Comunidade de macroinvertebrados aquáticos - insetos aquáticos como bioindicadores de qualidade da água e perturbação ambiental

Em estudos realizados antes do barramento do rio Xingu pela UHE Belo Monte, Jesus *et al.* (2009)¹⁴ indicaram que a riqueza de macroinvertebrados registrados para o médio rio Xingu é maior em regiões de corredeiras, quando comparada à de ambientes de remanso no rio, suas margens e em ambientes de maior profundidade. Regiões de corredeiras são caracterizadas pelo alto nível de oxigenação das águas e maior disponibilidade de micro-habitats para os macroinvertebrados aquáticos. Neste contexto, a VGX destaca-se por representar o maior sistema de corredeiras da Amazônia.

Alguns estudos indicam que o barramento de rios pode modificar a composição e abundância de macroinvertebrados (Benedito-Cecílio & Agostinho, 1997)¹⁵, sendo a homogeneidade do habitat um dos principais fatores responsáveis pela perda de espécies (Camargo *et al.*, 2004)¹⁶. Isto ocorre devido à redução do aporte de sedimentos e material

¹⁴ Jesus, A.J.S. et al. 2009. Capítulo IV - Macroinvertebrados aquáticos. p.157-192. In: Camargo, M. & Guilhard Jr., R. (eds.). Entre a terra, as águas e os pescadores do médio Rio Xingu: uma abordagem ecológica. Belém. 329p.

¹⁵ Benedito-Cecílio, E. & Agostinho, A.A. 1997. Estrutura das populações de peixes no reservatório de Segredo. In: Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo (A.A. Agostinho & L.C. Gomes, orgs.). EDUEM, Maringá, p. 113-139.

¹⁶ Camargo, M. et al. 2004. Review of the geographic distribution of fish fauna of the Xingu River Basin, Brazil. *Ecotropica* 10, 123–147.

orgânico, que alteram características ambientais, tais como profundidade de canais e turbidez da água.

A estrutura e dinâmica de comunidades podem ser entendidas a partir do estudo das relações tróficas entre as espécies de um determinado habitat (Pimm *et al.*, 1991)¹⁷. No ambiente aquático, estas interações têm um papel de destaque no fluxo de nutrientes e na manutenção dos recursos tróficos, sendo os insetos aquáticos elementos importantes na dinâmica ecológica deste ambiente (Hynes, 1970)¹⁸.

Os insetos aquáticos são aqueles organismos que possuem pelo menos um dos seus estágios de desenvolvimento ligados ao ambiente aquático. Como consequência, essa fauna pode ser afetada por variados fatores ambientais relacionados com a qualidade da d'água, a velocidade de correnteza, o relevo do riacho, a textura do substrato, a disponibilidade de alimento e a relação de predação e competição (Diniz-Filho *et al.*, 1998)¹⁹. Desta forma, compreender como a comunidade de insetos aquáticos é estruturada e identificar os principais fatores que determinam a riqueza e abundância dessas espécies é um dos elementos chaves para fornecer informações de manejo e conservação, além de estabelecer bases científicas sólidas para tomada de decisões.

Assim, os insetos aquáticos são mais uma ferramenta de caracterização ambiental. Considerando as características típicas do rio Xingu e a diminuição da vazão da VGX em decorrência da operação da UHE Belo Monte, o monitoramento do MATI foi ampliado com a coleta dos insetos aquáticos como bioindicadores de qualidade de água e perturbação ambiental. Espera-se descrever a composição faunística e diversidade taxonômica e funcional de algumas ordens de insetos aquáticos, avaliando os efeitos dos impactos na VGX, utilizando outras áreas do rio Xingu, não afetadas pela redução de vazão, como regiões controle.

Em agosto de 2023 foi realizada, como parte do MATI, a coleta de insetos aquáticos na forma imatura (fase aquática desses animais) e adulta (fase terrestre/alada) nos habitats aquáticos na região da aldeia Miratu (Tabela 10). As formas imaturas foram amostradas com redes de mão com malha de 1mm, ao longo do corpo d'água, nas proximidades dos canais de piracema, em corredeiras e praias; e de forma manual, virando rochas que se encontravam submersas. Os adultos foram coletados com o auxílio de armadilhas luminosas (Calor & Mariano, 2012)²⁰. Todo o material foi acondicionado em recipientes contendo álcool 80% e levado para o laboratório para triagem, identificação taxonômica e análise dos dados. Todo o material biológico referente a esta coleta encontra-se em processo de identificação.

O monitoramento dos insetos aquáticos se dá por um processo contínuo e conjunto, onde a utilização de variáveis bióticas e abióticas são importantes ferramentas a serem avaliadas e correlacionadas. Além dessas coletas, integrantes do MATI realizarão, mensalmente, a coleta dos imaturos em habitats de diferentes piracemas monitoradas, para posterior análise espacial e temporal.

¹⁷ Pimm, S.L.; Lawton, J.H. & Cohen, J.E. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature*, vol. 350, 669-674.

¹⁸ Hynes, H.B.N. 1970 *The Ecology of Running Waters*. University of Toronto Press, Toronto, 555 pp.

¹⁹ Diniz-Filho *et al.* 1998. Explaining the beta diversity of aquatic insects in "cerrado" streams from Central Brazil using multiple Mantel Test. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 58(2), p. 223–231, 1998.

²⁰ Calor, A.R. & Mariano, R. 2012 UV Light Pan Traps for Collecting Aquatic Insects. *Entomobrasilis* 5, 164–166.

Tabela 10: Dados de localidade das coletas de imaturos e adultos de insetos aquáticos seguido dos coletores.

Localidade	Latitude:	Longitude:	Data:	Coletores:
Pedrais próximo a sede Miratu	03°31'11,3" S	51°48'32,5"W	27.08.2023	Quinteiro, F.B.; Costa, A.M. & Juruna, J.
Piracema do Zé Maria	03°31'57,2" S	51°48'12,5"W	28.08.2023	Quinteiro, F.B.; Costa, A.M.; Lima, S.R.; Ferreira, P.P.
Ilha das meninas	03°32'47,3" S	51°47'57,7"W	29.08.2023	Quinteiro, F.B.; Costa, A.M.; Ferreira, P.P.
Cachoeira do Limão	03°32'11,8" S	51°49'08,1"W	30.08.2023	Quinteiro, F.B.; Costa, A.M & Santos, R.R.
Igarapé Genipapo	03°29'14,0" S	51°48'32,1"W	31.08.2023	Quinteiro, F.B.; Costa, A.M.; Ferreira, P.P.
Pedrais perto do porto da Miratu	03°31'03,1" S	51°48'33,1"W	01.09.2023	Quinteiro, F.B. & Costa, A.M.

3 - Conclusões da análise dos dados do MATI

Os dados do monitoramento independente das piracemas, pesca, peixes, quelônios, vegetação, aves e invertebrados analisados aqui foram coletados entre 2020 e 2023, período durante o qual as vazões na VGX foram regidas pelo Hidrograma B. Os resultados indicam que os impactos causados pela vazão reduzida incluem perda de habitat, perda de conectividade e dessincronização dos processos ecológicos dos ambientes aquáticos e de alagamento sazonal. Em especial, o adiamento do início da fase de enchente desde 2017 gerou impacto recorrente e cumulativo na ictiofauna por impedir a ocorrência de piracemas, provocar perda da vegetação adaptada ao alagamento sazonal e restringir o acesso da fauna aquática aos recursos alimentares provenientes deste tipo de vegetação. Corroborando o impacto observado nas piracemas, as análises apontam também a redução da CPUE, mudança na locomoção, arte de pesca e no hábito alimentar das populações indígenas e ribeirinhas, reduzindo a segurança alimentar das populações tradicionais e eliminando a soberania alimentar dessas populações.

Portanto, os dados obtidos no MATI e no monitoramento ambiental conduzido pela empresa Norte Energia demonstram de forma inequívoca que o hidrograma aplicado para geração de energia (Hidrograma B) gera impactos severos e possivelmente irreversíveis, sendo, portanto, incapaz de atender o objetivo de manutenção de parte dos ecossistemas aquáticos e de alagamento sazonal da VGX. Estas perturbações variaram desde 2016, ano hidrológico de seca extrema e início da transposição das águas da VGX, e incluem a redução da amplitude e duração do pulso de inundação, redução das variabilidades diária e interanual de vazão e desacoplamento entre vazões afluente e defluente.

Deste modo, conclui-se que o "Hidrograma de Consenso", apresentado no âmbito do EIA como seguro quanto a manutenção dos processos ecológicos da VGX, provoca degradação ambiental, colonização das florestas aluviais por espécies de plantas e animais estranhas a estes ambientes, morte da vegetação, ruptura dos ciclos anuais de interação entre ambientes aquáticos perenes (canais) e as áreas alagáveis sazonalmente, inviabilizando as piracemas, provocando mortalidade e deformidade de peixes,

comprometendo o sucesso reprodutivo dos quelônios aquáticos, e arruinando a soberania alimentar e a cultura dos povos indígenas e tradicionais afetados.

As novas evidências apresentadas confirmam que não há como o sistema socioecológico da VGX sobreviver à redução de vazão imposta pelo Hidrograma B. A utilização deste Hidrograma, mesmo que de forma intermitente, fere, portanto, o Princípio da Precaução, que deveria ser priorizado na tomada de decisões sobre impactos socioambientais, em especial aqueles que afetam diretamente Terras Indígenas.

São necessários estudos e monitoramento em parceria com as populações locais para avaliar os efeitos graduais da diminuição das áreas de reprodução da ictiofauna, bem como das florestas de alagamento sazonal, necessárias para garantir os ciclos de frutificação para o desenvolvimento das espécies de peixes frugívoros. Enquanto esses estudos mais aprofundados não estiverem disponíveis, é necessário que sejam mantidos na VGX níveis mínimos de vazão defluente que possibilitem a ocorrência de piracemas e o alagamento sazonal de maiores extensões de ambientes aluviais, conforme o conhecimento dos pesquisadores locais.

4- Propostas para mitigação dos impactos: critérios para revisão dos hidrogramas

4.1 - Características hidrológicas naturais e perturbações pela operação da UHE Belo Monte

A sazonalidade e a variabilidade interanual da vazão do rio Xingu são controladas pelo regime de chuvas da Monção da América do Sul (MAS)²¹, que gera e distribui a precipitação na América do Sul tropical durante o verão austral. A MAS é influenciada por gradientes de temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico, cuja variabilidade interanual modula a intensidade das chuvas da MAS. Isto inclui por exemplo os eventos El Niño, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e a Variabilidade Multidecadal do Atlântico. A combinação da sazonalidade com a variação interanual da MAS em diversas escalas de tempo promove a variabilidade histórica do pulso de inundação do rio Xingu (Figura 27), a qual tem papel importante para a elevada diversidade e heterogeneidade de habitats aquáticos e de alagamento sazonal da VGX.

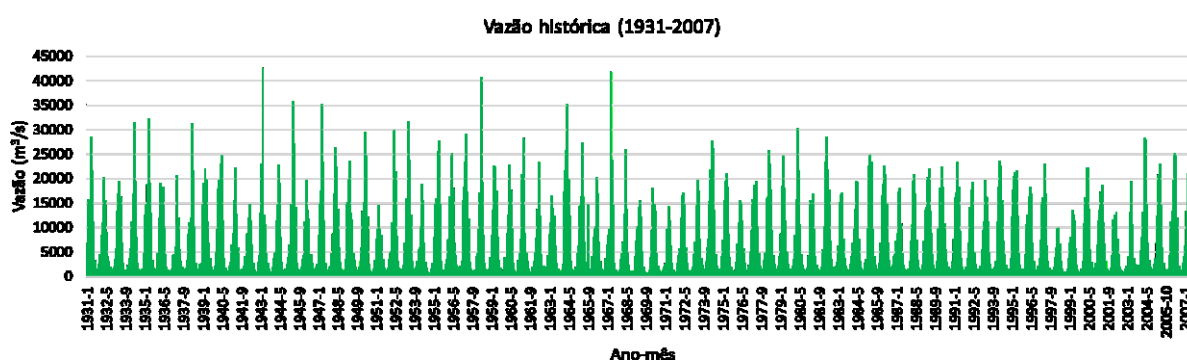


Figura 27: Variabilidade (média mensal) da vazão do rio Xingu em Altamira (vazão afluente) no período entre 1931 e 2007.

²¹ Nils Bochow Niklas Boers, 'The South American monsoon approaches a critical transition in response to deforestation. Sci. Adv.9,eadd9973(2023).DOI:10.1126/sciadv.add9973

A UHE Belo Monte representa um projeto hidrelétrico particular por depender da transposição das águas do rio Xingu para geração de energia na casa de força principal. Trata-se de transposição de rio de grande porte, que foi proposta para reduzir a área ocupada pelo reservatório, mas que gerou dessecamento da VGX, cujos impactos são igualmente severos e pouco compreendidos devido ao caráter atípico da UHE Belo Monte. Esses impactos são em parte modulados pela variabilidade interanual da vazão afluyente do rio Xingu, com destaque para vazões reduzidas da fase de cheia do ano de 2016 devido à ocorrência de El Niño de alta intensidade (Figura 28). A transposição para enchimento do reservatório intermediário e geração de energia na casa de força principal ocorreu a partir de 2016, com redução progressiva da vazão da VGX (Figuras 29 e 30). **Durante este período, ocorreram perturbações da vazão defluente (VGX) caracterizadas por picos de vazão de frequência semanal a mensal desacoplados da vazão afluyente principalmente nos anos de 2019 e 2021 (Figura 29). A ocorrência desse desacoplamento pode gerar impactos específicos nos ecossistemas aquáticos e de alagamento.**

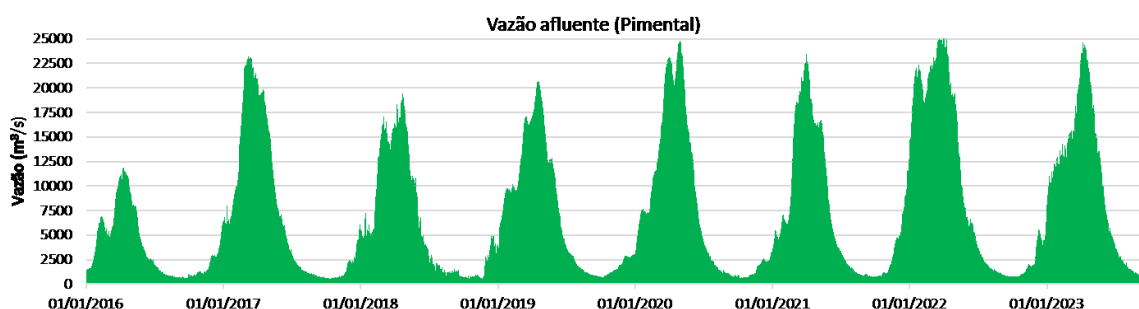


Figura 28: Vazão afluyente (Pimental) do rio Xingu no período entre 2016 e 2023, posterior ao barramento do rio Xingu.

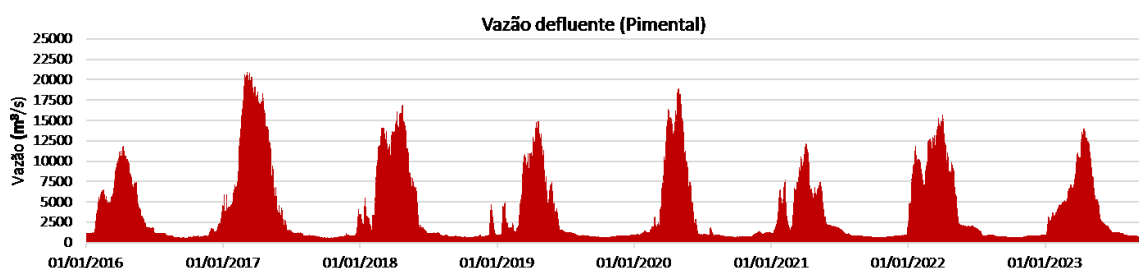


Figura 29: Vazão transferida (defluente Pimental) para a VGX no período entre 2016 e 2023.

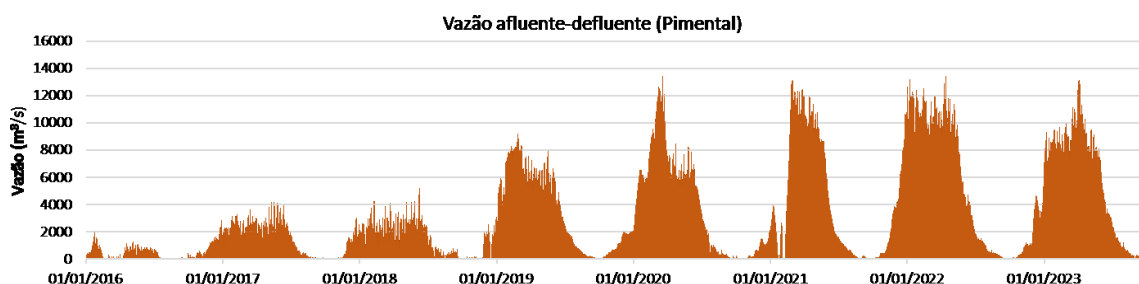


Figura 30: Diferença entre as vazões afluyente e defluente (Pimental) no período entre 2016 e 2023 (vazão transferida para geração de energia).

Além de reduzir a amplitude do pulso de inundação natural, a transposição do rio Xingu, tal como proposta no Hidrograma B, altera fortemente a duração e a variabilidade

diária do pulso (Figura 31). Nota-se que as variações diárias da vazão afluente (repiquetes) não são reproduzidas na vazão defluente (VGX) regida pelo Hidrograma B (Figuras 31 e 32). Isto ocorre devido ao fato dos hidrogramas para geração de energia (A e B) serem representados por vazões médias mensais. **A perda desta variabilidade natural de frequência diária também tem impactos nos ecossistemas de alagamento por eliminar sinais ecológicos (subida e descida com oscilações de pequena amplitude) das fases de enchente e vazante.**

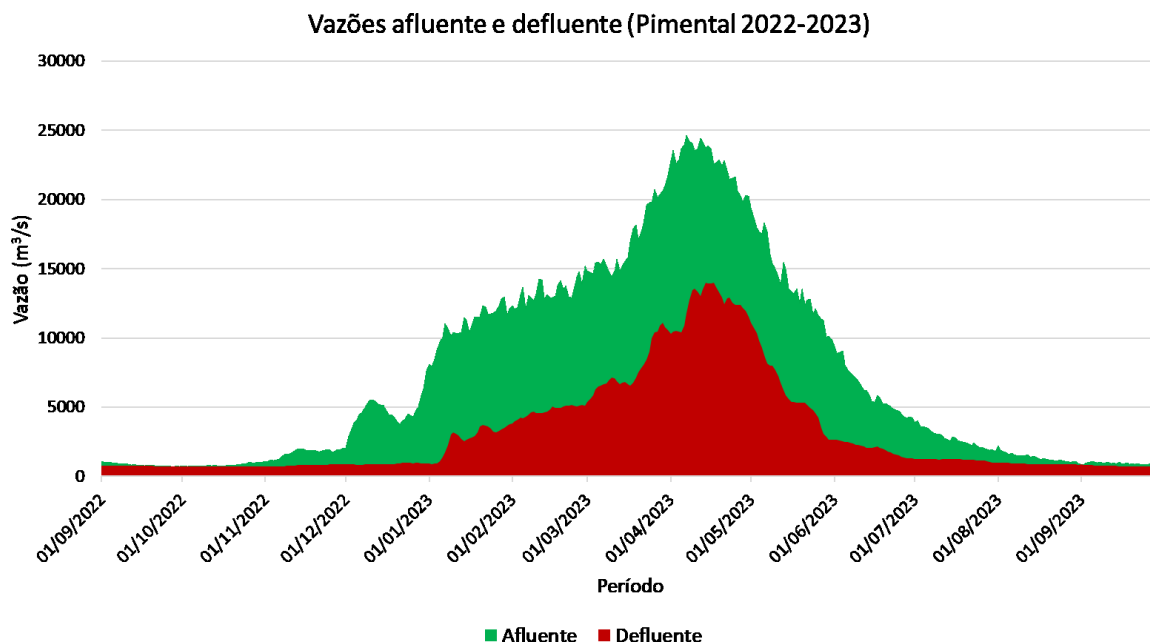


Figura 31: Comparação entre vazões afluente (rio Xingu a montante de Pimental) e defluente (VGX) no ciclo hidrológico 2022-2023.

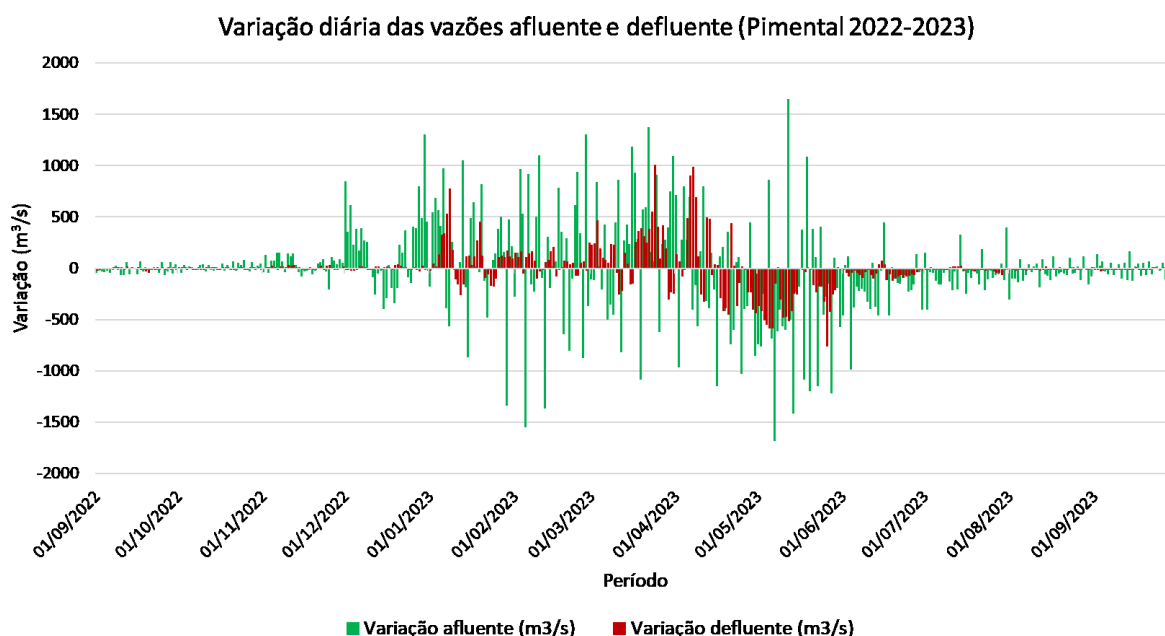


Figura 32: Variação diária das vazões afluente (rio Xingu a montante de Pimental) e defluente (VGX) durante o ciclo hidrológico 2022-2023. Notar as variações reduzidas da vazão defluente em relação às variações da vazão afluente.

O pulso de inundação natural tem início em novembro com o início da enchente e termina em agosto/setembro, quando termina a vazante, com duração total de cerca de 10

meses. Os hidrogramas propostos para operação da UHE Belo Monte (Hidrogramas A e B) restringem a duração do pulso de inundação para o período entre fevereiro e junho/julho (Figura 36). Como pode ser observado na análise das vazões aplicadas nos anos de 2022 e 2023, sob vazões mínimas definidas pelo Hidrograma B, a fase de enchente foi retardada em cerca de dois meses (Figura 33) e a fase de vazante teve seu final antecipado também em cerca de dois meses (Figura 34).

A redução da amplitude e da duração do pulso de inundação induzem respectivamente a diminuição abrupta da área e a conectividade dos habitats alagáveis e a dessincronização dos seus processos ecológicos, responsáveis pelos impactos e mudanças que afetam a ictiofauna, quelônios e vegetação de alagamento sazonal relatados no MATI. O desacoplamento entre as vazões afluente e defluente é mais crítico para vazões abaixo de 15.000 m³/s (Figura 33), as quais abrangem as fases de enchente e vazante. Portanto, restabelecer parcialmente as vazões defluentes durante as fases de enchente e vazante é fundamental para mitigar os impactos nos ecossistemas aquáticos e de alagamento sazonal da VGX.

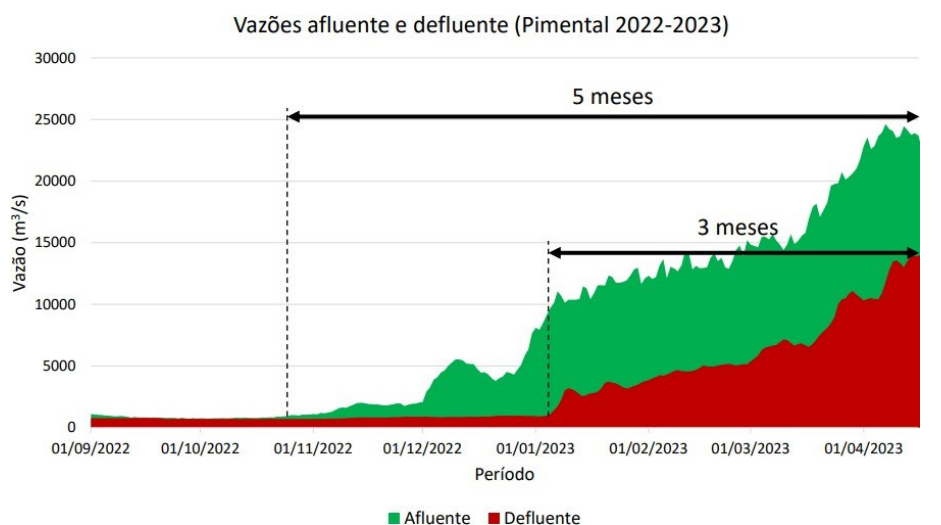


Figura 33: Vazões da fase de enchente no rio Xingu (vazão afluente) e na VGX (vazão defluente) durante o ciclo hidrológico 2022-2023.

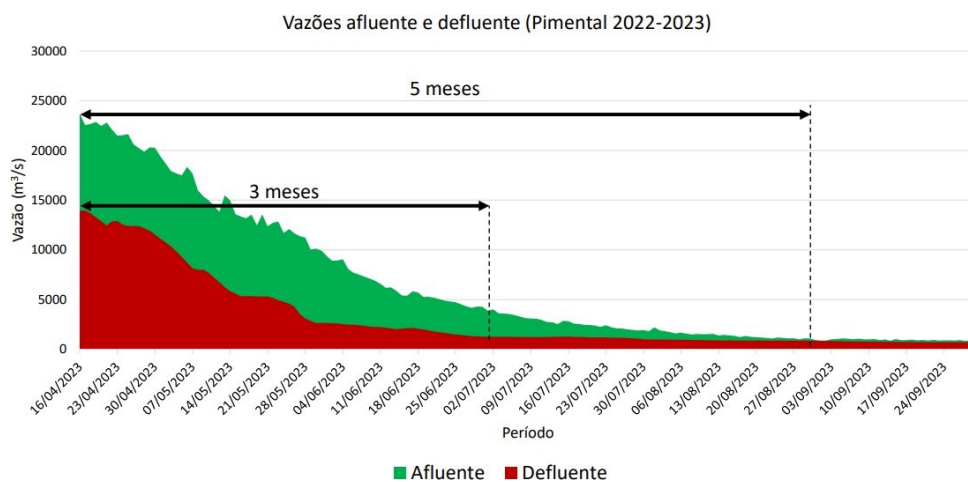


Figura 34: Vazões da fase de vazante no rio Xingu (vazão afluente) e na VGX (vazão defluente) durante o ciclo hidrológico 2022-2023.

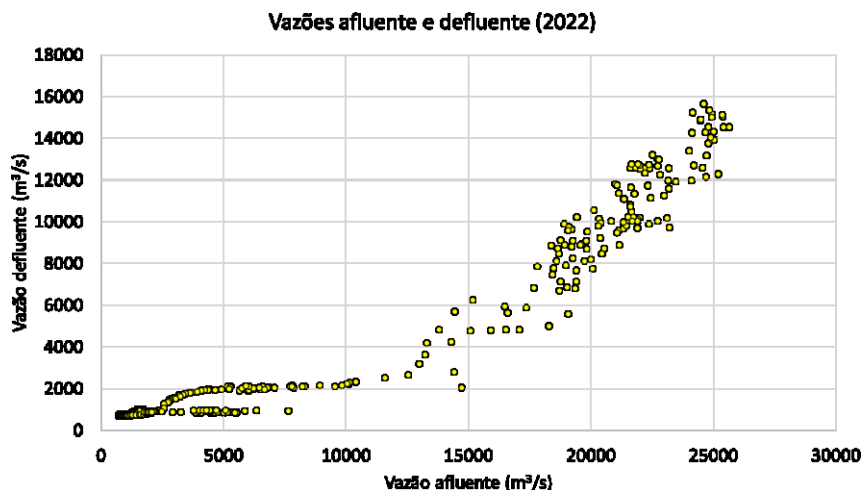


Figura 35: Comparação entre as vazões afluente (rio Xingu a montante de Pimental) e defluente (VGX) do ano de 2022.

6.2 - Ajuste no Hidrograma Provisório (Hidrograma Piracema) a ser aplicado a partir de novembro de 2023

6.2.1- Ajuste no Hidrograma Provisório

No Parecer 02/2022 foi apresentada uma sugestão de ajuste do Hidrograma Provisório proposto pelo Ibama no **Parecer Técnico nº133/2019**, visando reproduzir a variação de vazão que ocorria naturalmente antes da implantação da UHE Belo Monte. O Hidrograma proposto no Parecer 02/2022 definiu 14.000 m³/s como vazão mínima do mês em que ocorre o pico da cheia. Esse valor de vazão foi determinado com base nas observações de alagamento de piracemas, que foram corroboradas nas análises apresentadas no presente relatório. Para determinar a vazão média de cada mês foi utilizado como critério manter a variação da vazão de cada mês em relação ao mês anterior o mais próximo possível da variação natural, calculada com base na série histórica (Tabela 11, Figura 36). **Caso a vazão mínima do Hidrograma Piracema (vazão defluente) seja menor que a vazão afluente, deve-se adotar vazão defluente correspondente a 70% da vazão afluente do dia anterior, descontada a vazão mínima (atualmente 300 m³/s) necessária para manter a qualidade da água no canal de derivação para o reservatório intermediário.**

Sugere-se que este Hidrograma Provisório Ajustado (chamado de Hidrograma Piracema) seja aplicado enquanto são realizados estudos adicionais para elaboração de hidrogramas que possibilitem o balanço adequado entre viabilidade dos ecossistemas e modos de vidas das populações ribeirinhas e indígenas da VGX e a operação da UHE Belo Monte.

Tabela 11: Valores médios de vazão mensal histórica (1971-2019) e nos diferentes hidrogramas propostos para a VGX. Para cada valor de vazão mensal é apresentada também a variação em relação à vazão média do mês anterior. Nos meses em azul há variação positiva (enchente) e nos meses em laranja há variação negativa (vazante). Cores mais escuras indicam a vazão média máxima da cheia (azul) e a vazão média mínima da seca (laranja) em cada hidrograma.

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Média das vazões históricas (1971-2019)	1169	1942	4036	8476	13544	18531	19088	14332	6743	3037	1632	1123
Varição em relação ao mês anterior (%)	4,10	66,12	107,83	110,01	59,79	36,82	3,01	-24,92	-52,95	-54,96	-46,26	-31,19
Proposta de ajuste do hidrograma provisório (PIRACEMA)	850	1500	3000	6200	10000	13500	14000	10500	5000	2500	1200	800
Varição em relação ao mês anterior (%)	6,25	76,47	100,00	106,67	61,29	35,00	3,70	-25,00	-52,38	-50,00	-52,00	-33,33
HIDROGRAMA Provisório (133/lbama)	760	1000	1200	3100	10900	14200	13400	5200	1800	1300	900	750
Varição em relação ao mês anterior (%)	1,33	31,58	20,00	158,33	251,61	30,28	-5,63	-61,19	-65,38	-27,78	-30,77	-16,67
HIDROGRAMA B	700	800	900	1100	1600	4000	8000	4000	2000	1200	900	750
Varição em relação ao mês anterior (%)	-6,67	14,29	12,50	22,22	45,45	150,00	100,00	-50,00	-50,00	-40,00	-25,00	-16,67
HIDROGRAMA A	700	800	900	1100	1600	2500	4000	1800	1200	1000	900	750
Varição em relação ao mês anterior (%)	-6,67	14,29	12,50	22,22	45,45	56,25	60,00	-55,00	-33,33	-16,67	-10,00	-16,67

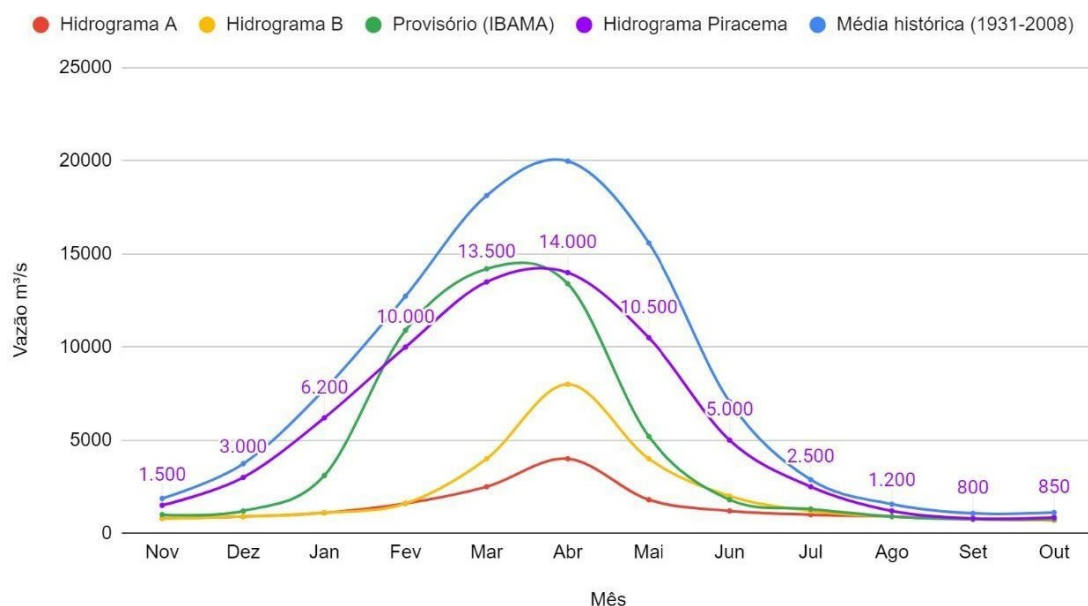


Figura 36: Vazões mínimas mensais determinadas pelos Hidrogramas A, B, Provisório e Piracema (provisório ajustado) e média das vazões históricas entre 1931 e 2008. Figura reproduzida de Rosa (2023)²². Salienta-se que as vazões do Hidrograma Piracema devem seguir médias diárias que são apresentadas em médias mensais para comparação com os demais hidrogramas.

²² Rosa, L.G. 2023. UHE Belo Monte e a soberania alimentar dos povos indígenas na Volta Grande do Xingu. Dissertação de mestrado. PPG em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido - NAEA, UFPA.

6.2.2- Sugestão de metodologia e critérios para estabelecimento de hidrogramas socioecológicos para a VGX

Com base nas avaliações de impactos evidenciadas pelo MATI e no maior entendimento das causas desses impactos em termos das perturbações hidrológicas ocorridas desde o barramento e transposição do rio Xingu em 2016, sugere-se a formação de um grupo de trabalho multidisciplinar e com participação de representantes das comunidades da VGX. A partir do conhecimento científico e tradicional acerca dos impactos registrados na VGX desde a construção da UHE Belo Monte, recomenda-se um novo hidrograma dinâmico para manutenção do sistema socioecológico da VGX que considere o seguinte arcabouço:

I. Acoplamento entre vazões afluente e defluente em escala diária para atender aos seguintes objetivos mitigatórios:

a) A manutenção das oscilações de alta frequência e baixa amplitude que transmitem sinais ecológicos sobre as fases de enchente e vazante. O acoplamento entre as vazões afluente e defluente também visa eliminar a ocorrência de variações abruptas de alta amplitude (hidropicos) que geram impactos nos ecossistemas, favorecendo a erosão de depósitos de margem de canal, com consequente assoreamento e transtornos à navegação.

b) O acoplamento diário das vazões afluente e defluente garantirá a duração natural do pulso de inundação, com o início da fase de enchente em outubro e o término da fase de vazante em agosto. Iniciar a enchente em outubro é essencial para que ocorram ciclos naturais de reprodução dos peixes, em sincronia com os processos fenológicos da vegetação alagável, visto que o aumento gradual do nível do rio é responsável por dar início ao processo de piracema (migração reprodutiva) ao longo da VGX. Na enchente, a desova dos peixes ocorre a partir do momento que o rio atinge determinados níveis em diferentes partes da VGX, alagando as piracemas; caso o nível volte a cair abruptamente após ter sido atingido, isso inviabiliza a sobrevivência de ovos e larvas. Na vazante, a postura de ovos de tracajás ocorre em determinado momento após emersão das praias. A reincidência de enchente após a postura alaga os ninhos e inviabiliza os ovos.

c) O nível de alagamento de pelo menos parte do igapó deve ser atingido concomitantemente ao período de frutificação das plantas da floresta alagável, de modo que pelo menos parte dos frutos caiam na água e sirvam de alimento para a fauna aquática. O alagamento do sarobal deve ocorrer por tempo suficiente para manter sua viabilidade, visto que é recurso essencial para a fauna aquática. Após a enchente, a vazão de cheia deve ser mantida por tempo suficiente para ocorrer o desenvolvimento dos peixes dentro dos lagos e igapós: após a desova é necessário haver ao menos 3 meses de manutenção de um nível d'água mais alto para desenvolvimento dos peixes, sem oscilações abruptas que levem à seca dos lagos e igapós e consequente morte dos peixes em desenvolvimento (por dessecação, e/ou predação mais intensa do que a usual).

II. Aumento da amplitude do pulso de inundação: isto também visa atender os objetivos listados no critério I (acoplamento de vazões afluente e defluente em escala diária) e proporcionar a inundação do igapó conectado a canais com maior restrição hidrológica devido à partição da vazão entre as margens esquerda e direita no setor de montante do Trecho de Vazão Reduzida. Deve ser considerada a alta heterogeneidade do alagamento da VGX e dos

igarapés, além das vazões críticas para ultrapassar barreiras naturais, como as cachoeiras de Itamaracá, Jericoá, Percata no Bacajá entre outras, para migração de peixes.

III. Manutenção do efeito de remanso nos igarapés e afluentes da VGX (Bacajá, Bacajaí, Ituna e Itatá): a redução da vazão do rio Xingu inibe o efeito de remanso e induz erosão em canais tributários e assoreamento das zonas de confluência com o rio Xingu. Este processo ocorre quando há eventos de maior vazão no canal tributário combinada com baixa vazão no rio tronco (Xingu). Assim, deve-se evitar reduções abruptas da vazão da VGX durante períodos de maior precipitação nas bacias dos tributários.

IV. Consideração das incertezas acerca da disponibilidade hídrica futura na bacia do Xingu: projeta-se redução da vazão futura na bacia do rio Xingu devido à mudança climática e perda histórica da cobertura florestal na Amazônia. Isto implica eventos extremos de seca com maior frequência e intensidade, os quais amplificam os impactos ambientais na VGX. Assim, deve-se pensar em hidrograma específico para mitigação subsequente dos impactos sinérgicos dos eventos climáticos extremos combinados à redução de vazão para geração de energia.

V. Realização de revisões periódicas orientadas por monitoramento socioambiental: inclusão da equipe do MATI no processo formal de monitoramento socioambiental da VGX, com acesso independente a recursos financeiros para garantir a continuidade do monitoramento em longo prazo. Os dados do monitoramento devem orientar revisões periódicas do hidrograma.

ANEXO 1- Considerações sobre os Estudos Complementares relativos à quelônios e ictiofauna

Os Estudos Complementares (ECs) foram propostos pela Norte Energia, em resposta ao Parecer Técnico nº 111/2019-COVID/CGTEF/DILIC, de 6/10/2019, que apresenta diversas demandas, e estabelece alguns questionamentos, incluindo:

"- Quais eram os pontos chaves de alimentação/reprodução de peixes anteriormente à instalação do TVR? E quais eram os de quelônios? Tais pontos foram mantidos?"

Em resposta, através do documento CE 066/2019 — PR encaminhado pela Norte Energia ao IBAMA no dia 15 de outubro de 2019, a norte energia informa que seriam necessários *"levantamentos e estudos complementares"* para atender aos questionamentos apresentados pelo IBAMA, listando os mesmos tal qual apresentados no referido parecer, e solicita uma reunião com o IBAMA/DILIC *"visando detalhar diretrizes para que a Norte Energia possa realizar os levantamentos e estudos complementares de forma a atender ao Parecer Técnico"*. Em seguida, no documento (NE-PR-SSAI-NT-0323-0) enviado em novembro deste mesmo ano ao IBAMA/DILIC, a Norte Energia apresenta proposta metodológica para os estudos complementares, novamente visando responder aos mesmos questionamentos, citando-os textualmente novamente no início do documento, e em seguida afirma que *"Para atingir o objetivo ora proposto é apresentada metodologia robusta e atual, capaz de fornecer resposta às perguntas listadas acima e também permitirá a proposição de medidas para mitigação dos impactos identificados"*.

Em 15 de dezembro de 2021 e, portanto, dois anos depois, a Norte Energia encaminha ao IBAMA, através do documento "CE 1112/2021-SSA", os "Resultados do Eixo Biótico dos Estudos Complementares (EC)." O referido documento menciona, mais uma vez, os questionamentos apresentados pelo IBAMA. A seguir, o documento menciona que *"foi possível observar padrões de atividades alimentares e reprodutivas de quelônios e peixes no TVR da UHE Belo Monte, sob a aplicação do Hidrograma B"*. A seguir, são apresentadas as seguintes conclusões, que transcrevemos abaixo na íntegra:

"12. Os resultados obtidos até aqui destacam os setores São Pedro e Ilha da Fazenda/Ressaca, além dos pedrais no setor Jusante do Bacajá, como os locais fundamentais para as atividades de alimentação e reprodução dos peixes e quelônios, assim como para a regulação dos processos ecológicos da região como um todo – produção primária, fonte para dispersão de sementes, e manutenção da cadeia trófica dos consumidores.

13. Foi identificado processo alimentar e reprodutivo de quelônios ao longo de todo o TVR, entretanto, identificou-se maior abundância de quelônios nas áreas de pedrais no setor Jusante do Bacajá, e foi observada maior atividade reprodutiva nos setores São Pedro e Ilha da Fazenda/Ressaca.

14. Em relação à ictiofauna, ao longo de todo o TVR há áreas importantes para a alimentação das espécies-alvo analisadas, de forma variada para cada uma delas. Apesar disso, os setores São Pedro e Ressaca/Ilha da Fazenda, além dos pedrais abrigados pelo setor Jusante do Bacajá, se destacaram. Em relação à reprodução, os setores São Pedro e Ressaca/Ilha da Fazenda se destacaram, além da região bem próxima a Belo Monte."

Pelo texto acima, verificamos que o quarto questionamento do IBAMA, “- Quais eram os pontos chaves de alimentação/reprodução de peixes anteriormente à instalação do TVR? E quais eram os de quelônios? Tais pontos foram mantidos?”, não foi atendido. O que os ECs fazem é apresentar, como o próprio documento acima mencionado descreve, uma caracterização de atividades alimentares e reprodutivas de peixes e quelônios durante um ciclo hidrológico alterado, com descargas mensais de acordo com o Hidrograma B, com cerca de 70% de redução de descarga na VGX. Mesmo após mais de dez anos de PBAs voltados para ictiofauna, pesca e quelônios, não foram construídas as bases de dados necessárias para posterior monitoramento das mudanças e dos impactos. Tampouco foram apresentadas informações sobre as áreas efetivas de alimentação e reprodução ao longo do VGX em condições normais e, portanto, nem o primeiro nem o segundo questionamento do IBAMA foram respondidos. Por essa razão, não há como inferir que o Hidrograma B é seguro e que não impacta na ecologia alimentar e reprodutiva de peixes e quelônios, pois a comparação destes processos ecológicos sob o Hidrograma B com estudos pretéritos não foi realizada. O MATI já contribuiu com pareceres mostrando esta falha metodológica fundamental, que é a ausência da comparação dos padrões sob o hidrograma B com os padrões pretéritos.

A última conclusão apresentada diz:

"15. Dessa forma, a partir dos resultados apresentados pelos estudos executados nos três eixos que compõem os EC, as análises quali-quantitativas do EIA foram ratificadas pelos resultados apresentados, sendo que, quando integrados com os dados do Projeto Básico Ambiental ("PBA") demonstram a segurança da aplicação do Hidrograma do TVR, baseado no robusto monitoramento mantido no âmbito do licenciamento."

Esta afirmação é surpreendente e claramente falaciosa, dado que os ECs não apresentam uma única análise estatística que demonstre a relação/correlação entre variáveis hidrológicas e limnológicas do rio Xingu sob o Hidrograma B e variáveis-resposta referentes à biologia e ecologia da ictiofauna e da herpetofauna aquática. Neste sentido, a afirmação de que a aplicação do Hidrograma B é (sócio)ambientalmente seguro é completamente infundada. Na ausência de comparações objetivas com dados pretéritos, sob condições naturais (anteriores às perturbações ambientais geradas pela subtração da água da Volta Grande do Xingu com a aplicação do Hidrograma B), nada pode ser concluído sobre a segurança de uma perturbação ambiental dessa magnitude.

Ainda sobre a precariedade dos ECs, em resposta a uma análise feita pelo IBAMA sobre o componente de quelônios, a Norte Energia, no documento NE-PR-SSA-2023-227-0-NT, afirma que *"É importante ressaltar que o objetivo principal dos Estudos Complementares foi identificar as principais áreas de alimentação de quelônios do TVR"*, o que contraria seus próprios argumentos quando propôs os ECs em 2019. Sobre os dados de reprodução, a referida nota técnica afirma que *"Vale lembrar que os ECs tiveram como objetivo avaliar somente o período de desova dos tracajás do TVR, coletando informações de ninhos e biometria dos ovos, assim, dados de taxa de eclosão são coletados somente pelo PBA"*. As afirmações também são improcedentes, pois o questionamento envolvia uma comparação com padrões reprodutivos anteriores à aplicação do hidrograma B.

Outra incongruência do EC é que o mesmo apresenta uma informação altamente relevante quanto ao investimento reprodutivo das fêmeas de tracajás no TVR, informando que o número médio de ovos por ninho decresceu de 13,17 ovos/ninho para 8,95 ovos/ninho, com a ressalva de que os resultados não são estatisticamente significativos. O estudo

também sugere que *“número de ovos pode estar relacionado ao menor tamanho das fêmeas reprodutivas, decorrente da intensificação da pesca de quelônios, uma vez que os animais de maiores dimensões são em geral os mais visados pela atividade.”* Se uma redução de investimento reprodutivo da ordem de 32,6% não é estatisticamente significativa, tudo nos leva a crer que a amostragem foi deficiente. A empresa se nega a considerar que a redução do número médio de ovos possa ser causada pelo empreendimento, que é um resultado óbvio e esperado, já que estes animais acumulam energia durante o período de enchente e cheia, alimentando-se na floresta alagada. Segundo os próprios dados e relatórios do PBA não apontam para uma redução no tamanho médio das fêmeas ao longo dos anos. Portanto, não cabe a interpretação que é sugerida. Finalmente, na apresentação dos ECs, a Norte Energia afirma que *“Conforme já destacado, considerando as diferenças quanto à área de amostragem e esforço empregado entre os estudos, tais como número de equipes e anos de amostragem, ressaltando que os Estudos Complementares tiveram o papel de apresentar dados robustos sob uma perspectiva biológica da reprodução de quelônios, enquanto o PBA trata de estudo ecológico e sistemático da reprodução, não há como comparar a densidade de ninhos entre os estudos, que têm esforços e objetivos diferentes”*. O principal objetivo do PBA é detectar impactos, e o objetivo dos ECs foi atender aos questionamentos do IBAMA solicitando uma comparação temporal. Com essa afirmação, a Norte Energia confirma que os procedimentos adotados não foram adequados, pois não permitem avaliação de tendências, e que não atendeu ao principal questionamento.

Finalmente, fica evidente que há um desvio de finalidade no estudo apresentado pela empresa (cujos consultores trabalham com base em um contrato com cláusula de sigilo). O objetivo principal de um PBA é avaliar e monitorar mudanças e impactos provocados pelo empreendimento em questão. Quaisquer impactos, alterações e tendências detectadas deveriam considerar, primariamente, o empreendimento em questão como agente causador. O que vemos ao longo da execução de PBAs e ECs, conduzidos por consultores trabalhando sem a devida independência, é justamente o contrário. São sistematicamente sugeridas quaisquer outras possibilidades, e as interpretações são evasivas ou enfatizam a não existência de provas denexo causal. Em um sistema de monitoramento desenvolvido e mantido para detectar impactos no meio ambiente por um potencial causador de dano, as primeiras hipóteses a serem consideradas deveriam ser justamente as de que o dano foi causado pelo agente, sobretudo considerando os impactos cada vez mais detalhadamente documentados de barragens sobre os ecossistemas aquáticos, a biodiversidade aquática, a produtividade, a produção pesqueira, a biodiversidade pesqueira, a pesca, os estoques, a segurança alimentar e a qualidade de vida das populações ribeirinhas. São impactos conhecidos, previstos, prognosticados (EIA) e observados. Tanto pelos estudos do licenciamento como por pesquisas independentes. Alegar inexistência de prova do nexocausal é algo que caberia ao empreendedor comprovar.

Anexo 2- Análise das medidas mitigatórias para quelônios e ictiofauna propostas pela Norte Energia

A Norte Energia apresentou, ainda o Xingu+, um “robusto” programa de medidas mitigatórias, que incluem a construção de estruturas flutuantes para alimentação de peixes e quelônios, mutirões para coleta de frutos e sementes que seriam lançados na água para serem então consumidos pelos animais aquáticos. Propõe, ainda, produção de alevinos de peixes para soltura na Volta Grande

Estas propostas, constituem um conjunto de experimentos nunca testados e que, portanto, não garantem eficácia ou impacto desejado. Muito menos podem ser apresentados como um programa robusto e capaz de fornecer qualquer segurança para justificar a aplicação de um hidrograma como o B, que altera drasticamente o ciclo natural. Ainda, os custos elevados do experimento em escala de alguns hectares (orçamentos estão na casa dos milhões de reais) são obviamente impraticáveis para uma escala de dezenas de milhares de hectares, mesmo que já tivessem sido testados e sua eficácia tivesse sido comprovada. O projeto de produção de mudas de espécies de igapó, em particular, está certamente fadado ao fracasso, pois o ambiente dos igapós e sarobais está drasticamente alterado e as plantas adultas estão morrendo. Não serão as mudas a sobreviver num ambiente agora ecologicamente hostil. Sobre estas ações do Xingu+, a única já devidamente testada, e considerada ineficiente em diversos experimentos em rios barrados no Brasil e em outras partes do mundo, é o repovoamento de peixes.