



SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO

A background image showing a wide river flowing through a landscape with trees and hills under a cloudy sky. The image is partially obscured by large, overlapping blue circular and wave-like shapes.

RELATÓRIO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO XINGU 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Lilia Mascarenhas Sant'agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Cassiano de Souza Alves (Interino)

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

EQUIPE DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA

Corpo Técnico da SUREG-BE

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
Departamento de Hidrologia
Divisão de Hidrogeologia e Exploração

Programa de Gestão de Riscos e Desastres

AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

**RELATÓRIO DE OPERAÇÃO
DO SISTEMA DE ALERTA
HIDROLÓGICO DA BACIA DO
RIO XINGU 2022**

AUTORES

Daniel de Oliveira
Artur José Soares Matos

Recife
Janeiro, 2023



REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Daniel de Oliveira

Artur José Soares Matos

EQUIPE EXECUTORA

SUREG-BE

REVISÃO TÉCNICA

Luna Gripp Simões Alves

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Nelma Fabrícia da P. Ribeiro Botelho

FOTOS DA CAPA: Foto de pedrais no Rio Xingu. Por Erivelton Mimória (Técnico em Hidrologia, SUREG-BE).

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O048	Oliveira, Daniel Relatório de operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Xingu 2022. Daniel Oliveira, Artur José Soares de Matos. – Recife: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2023. 1 recurso eletrônico : PDF ; il. Programa de Gestão de Riscos e Desastres Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos. ISBN 978-65-5664-349-6 1. Hidrologia – Metodologia. 2. Hidrometria. I. Matos, Artur José Soares. IV. Título. CDD 551.48
------	--

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Nelma Botelho CRB-2 1092

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

Serviço Geológico do Brasil - CPRM
www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

RESUMO

O Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Xingu é composto de 04 estações telemétricas, em funcionamento desde 2017. O sistema atende uma população aproximada de 190.000 habitantes, principalmente na sede urbana de Altamira. Em Altamira, o nível de atenção ocorre quando a cota atinge 800 cm, o de alerta 850 cm e o de inundação 950 cm. Em 2022, o nível do rio Xingu atingiu a cota máxima de 848 cm, valor próximo ao nível de Alerta.

ABSTRACT

The hydrological warning system of the Xingu river basin is composed of 04 telemetric stations, in operation since 2017. It serves an approximate population of 190,000 inhabitants, mainly in the urban centers of Altamira. In Altamira, the level of attention occurs when the river gage reaches 800 cm, the alert level 850 cm and the flood level 950 cm. In 2022, the Xingu River reached 848 cm, value next the Alert level.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa das Estações de Monitoramento do SAH-Xingu	12
Figura 2: Isoietas médias anuais da bacia hidrográfica do Xingu.....	15
Figura 3: Municípios na sub-bacia do Rio Xingu.....	16

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Precipitação média mensal nas estações Garapu (01352001) e Brasil Novo (00352005). Fonte: Hidroweb ANA (dados consistidos), (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2023- elaborado pelo autor (2023).	13
Gráfico 2: Precipitação média anual na bacia hidrográfica do Rio Xingu nas estações de Vila São José do Xingu (01052000) e Projeto Tucumã (00651002) .	14
Gráfico 3: Distribuição temporal dos picos de cheias em Altamira – 18850000.	18
Gráfico 4. Cotas médias históricas na estação 18850000 em Altamira nos períodos de 1968 a 2014 (dados consistidos) e 2016 a 2022 (dados brutos). Fonte: Agência Nacional de Águas (2023) - Elaborado pelo autor (2023).	18
Gráfico 5: Cotas máximas Altamira – 18850000. Fonte: Agência Nacional de Águas (2023) - Elaborado pelo autor (2023).	19
Gráfico 6: Cotagrama estação 1885000 – Altamira, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).	20
Gráfico 7: Cotagrama da Estação 18460000 – Boa Sorte, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).	21
Gráfico 8: Cotagrama da Estação 18500000 – Boa Esperança, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).	21
Gráfico 9: Cotagrama da Estação 18700000 – Pedra do Ó, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista das Estações, Rios e Municípios monitorados no SAH-Xingu	11
Tabela 2: Cota de atenção, alerta e inundação do SAH – Xingu em Altamira	17
Tabela 3: Boletins emitidos em 2022 no SAH – Xingu	19

SUMÁRIO

1.	Introdução	11
2.	Pluviometria.....	13
3.	Municípios Atendidos	16
4.	Definição de Cotas de Referência	17
5.	Histórico de Cheias	17
6.	Ações realizadas.....	19
7.	Agradecimentos.....	22
8.	Conclusões	22
9.	Referências	23

1. INTRODUÇÃO

O rio Xingu é o quarto maior tributário do rio Amazonas, tem quase 2.500 km de extensão e contribui com cerca de 4% da descarga anual do rio Amazonas, cujo valor é de 131.947 m³/s (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007).

O rio nasce no encontro das Serras Formosa e do Roncador e seus formadores são: o Rio Ferro, o Rio Culuene e o Rio Sete de Setembro. Entra no Parque Indígena do Xingu, onde recebe outros importantes afluentes como o SuiáMiçu, Manissaua-Miçu e Arraias. Recebe também as contribuições do Rio Fresco, no município de São Félix do Xingu, e mais a jusante, do Rio Iriri, o afluente mais importante do Xingu, além de outro grande afluente, o Rio Bacajá. Após um trecho com muitas corredeiras, se abre em um lago, até sua foz, na cidade de Porto de Moz (adaptado de MELO; PINTO, 2022).

O rio Xingu é um afluente da margem direita do rio Amazonas e tem sua bacia hidrográfica localizada em território nacional (Estados de Mato Grosso e Pará), com área aproximada de 531.250 km².

O Sistema de Alerta do Xingu está em funcionamento desde 2017, monitorando o nível das estações dos municípios constantes da Tabela 1 /Figura 1.

Tabela 1: Lista das estações, rios e municípios monitorados no SAH-Xingu

Nome	Código	Rio	Município	Área da bacia (km ²)
Altamira	18850000	Xingu	Altamira	448.000
Pedra do Ó	18700000	Iriri	Altamira	122.000
Boa Sorte	18460000	Xingu	São Félix do Xingu	210.000
Boa Esperança	18500000	Fresco	São Félix do Xingu	42.400

Fonte: Lopes e Matos, 2021 (adaptado).

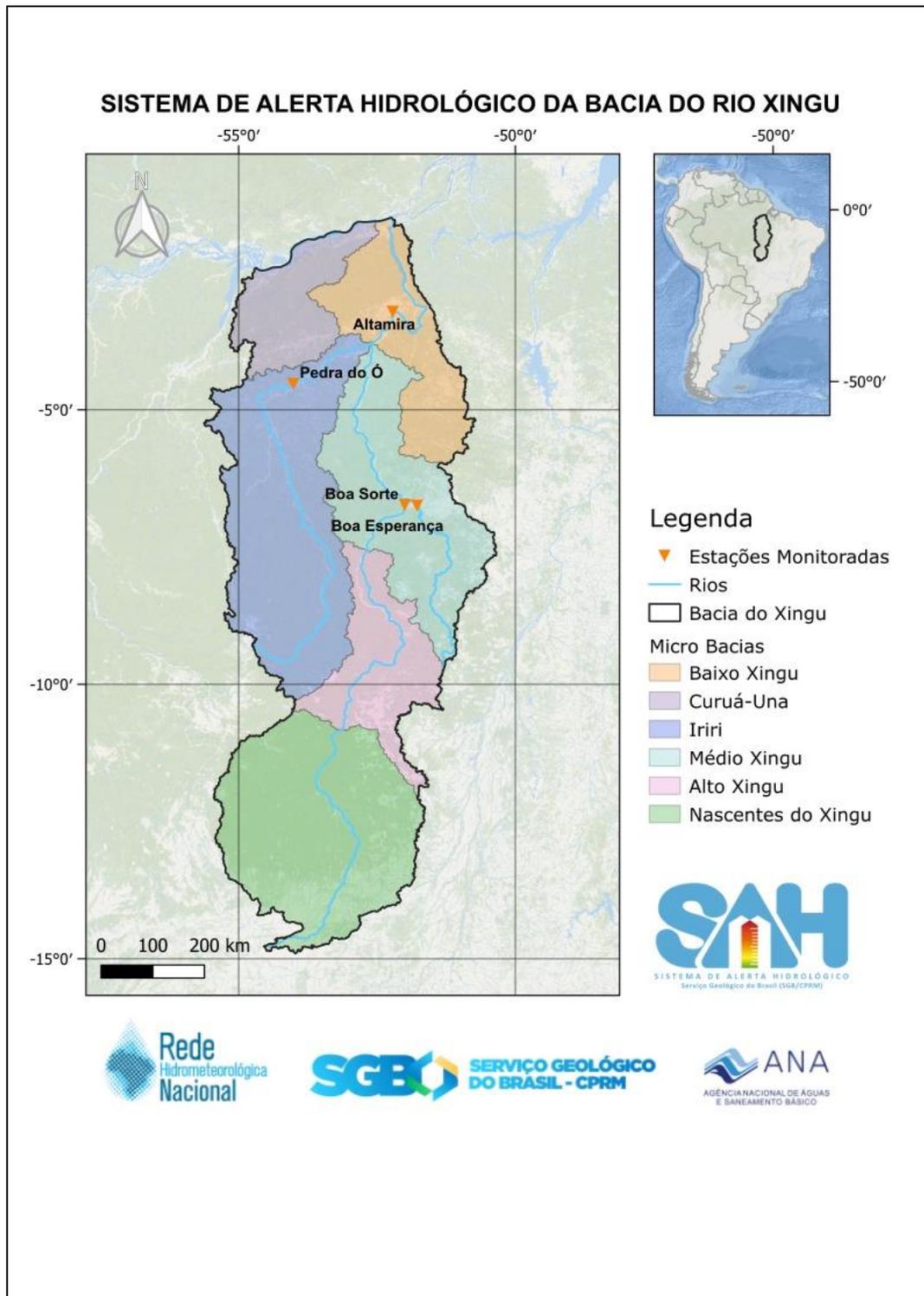


Figura 1: Mapa das estações fluviométricas de monitoramento do SAH-Xingu. Fonte: Elaborado por Tomas Lisboa-SGB/SUREG-MA.

2. PLUVIOMETRIA

Em relação a pluviometria, a bacia do rio Xingu conta com precipitações definidas durante o ano, sendo observado que a variação ao longo dos meses é caracterizada pela ocorrência de máximos durante os meses dezembro a abril e de mínimos no trimestre junho, julho e agosto. O início do período chuvoso na bacia ocorre no mês de outubro, na porção do Alto Xingu, e se encerra em maio, na região do Baixo Xingu.

No Gráfico 1, são apresentadas as precipitações médias mensais de duas estações (Garapu e Brasil Novo), uma localizada na parte norte e outra na parte sul da bacia. É possível constatar que o trimestre mais chuvoso na área a montante da bacia ocorre de dezembro a fevereiro e na parte mais a jusante, se estende de fevereiro a abril, ou seja, as precipitações ocorrem no sentido Sul-Norte da bacia hidrográfica.

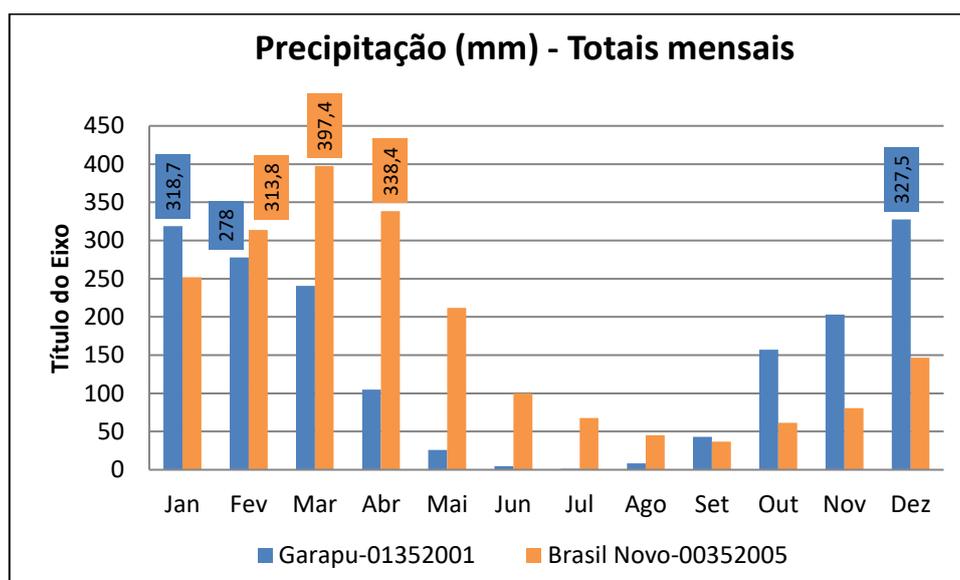


Gráfico 1: Precipitação média mensal nas estações Garapu (01352001) e Brasil Novo (00352005). Fonte: Hidroweb ANA (dados consistidos), (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2023- elaborado pelo autor (2023).

No Gráfico 2, são apresentadas as médias anuais de duas estações existentes na bacia hidrográfica, onde é possível verificar que as precipitações anuais superam os 2.000 mm/ano, indicando ser uma região com alto índice pluviométrico.

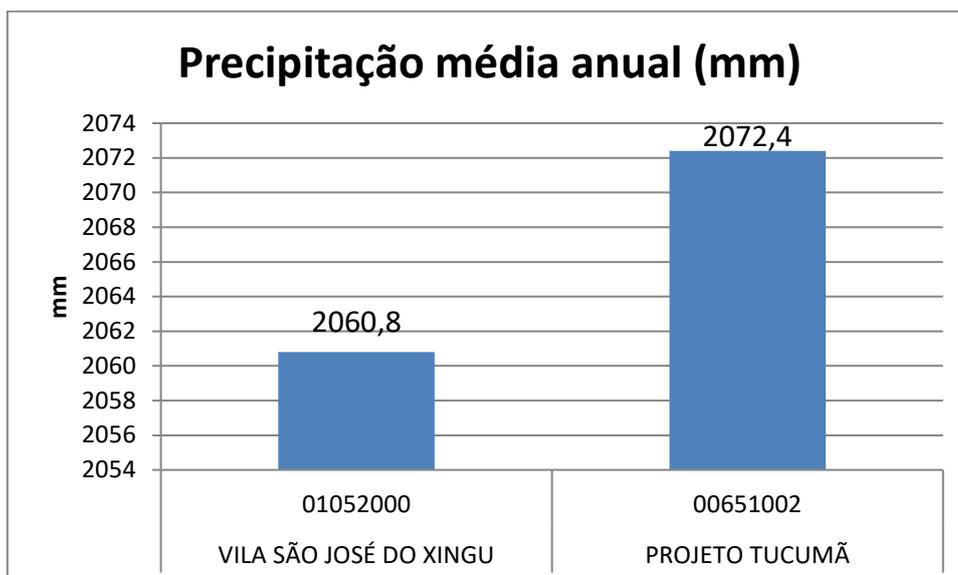


Gráfico 2: Precipitação média anual na bacia hidrográfica do Rio Xingu nas estações de Vila São José do Xingu (01052000) e Projeto Tucumã (00651002)

Fonte: Hidroweb ANA (dados consistidos), (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2023) - elaborado pelo autor (2023).

As precipitações na bacia do rio Xingu ocorrem devido à influência direta dos dois grandes sistemas meteorológicos, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), afetando diretamente o escoamento superficial do rio (LOPES; MATOS, 2021).

Na Figura 2, tem-se a as isoietas médias anuais da bacia hidrográfica do Xingu, no período de 1977 a 2006, com dados consistidos. Verifica-se que a região setentrional (< 1800 mm) apresenta índice pluviométrico inferior à porção central (> 2000 mm) (LOPES; MATOS, 2021).

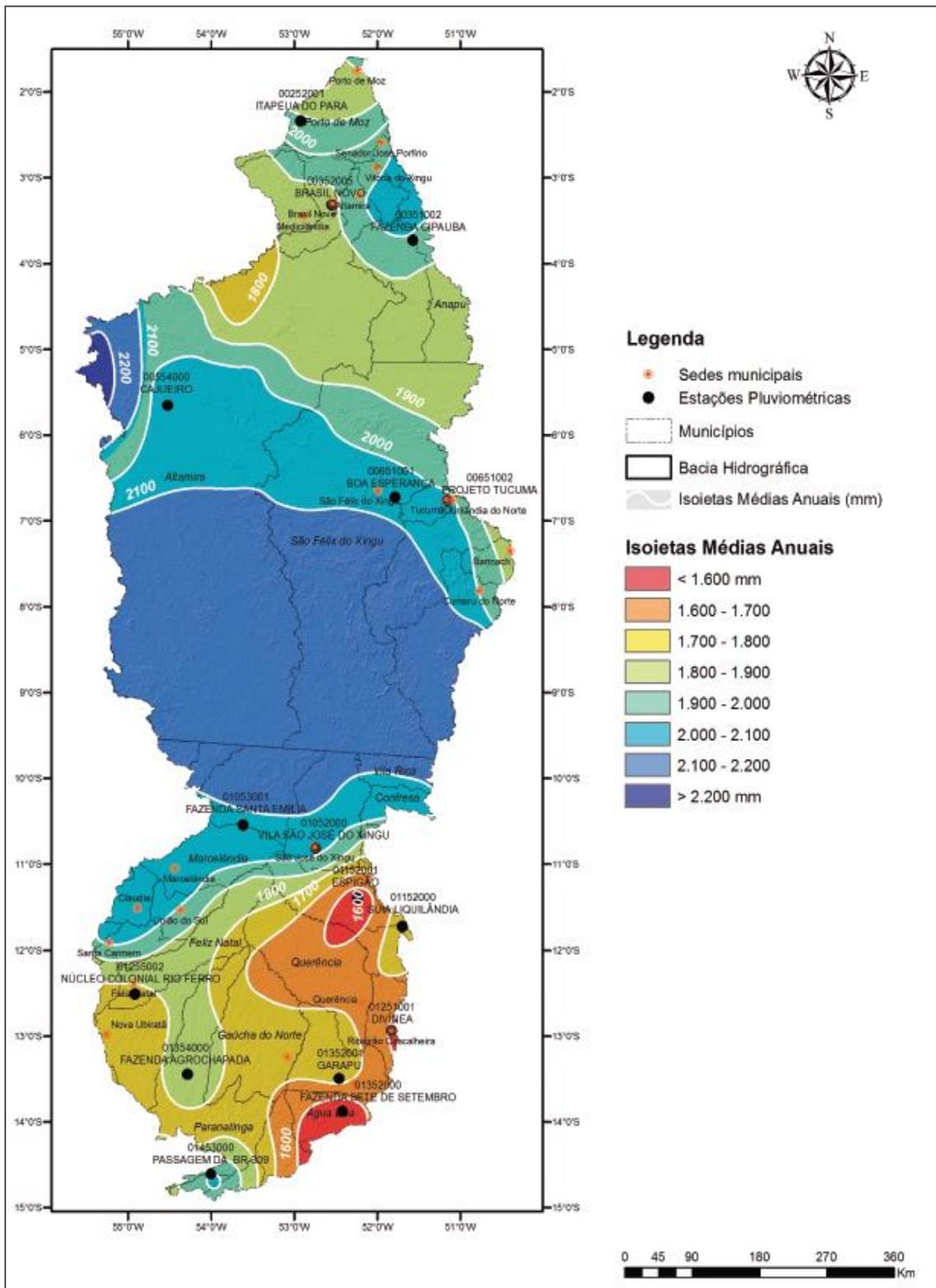


Figura 2: Isoietas médias anuais da bacia hidrográfica do Xingu (dados consistidos 1977 a 2006). Fonte: Lopes e Matos (2021).

3. MUNICÍPIOS ATENDIDOS

As bacias hidrográficas na Amazônia são bem extensas e a sub-bacia do Xingu não é diferente, contando em sua área com 69 municípios (Figura 3). Os dois municípios objeto deste monitoramento que estão inseridos na bacia são **Altamira** (99.075 hab) e **São Félix do Xingu** (91.340 hab), localidades estas que sofrem os impactos causados pelas cheias (Figura 3).

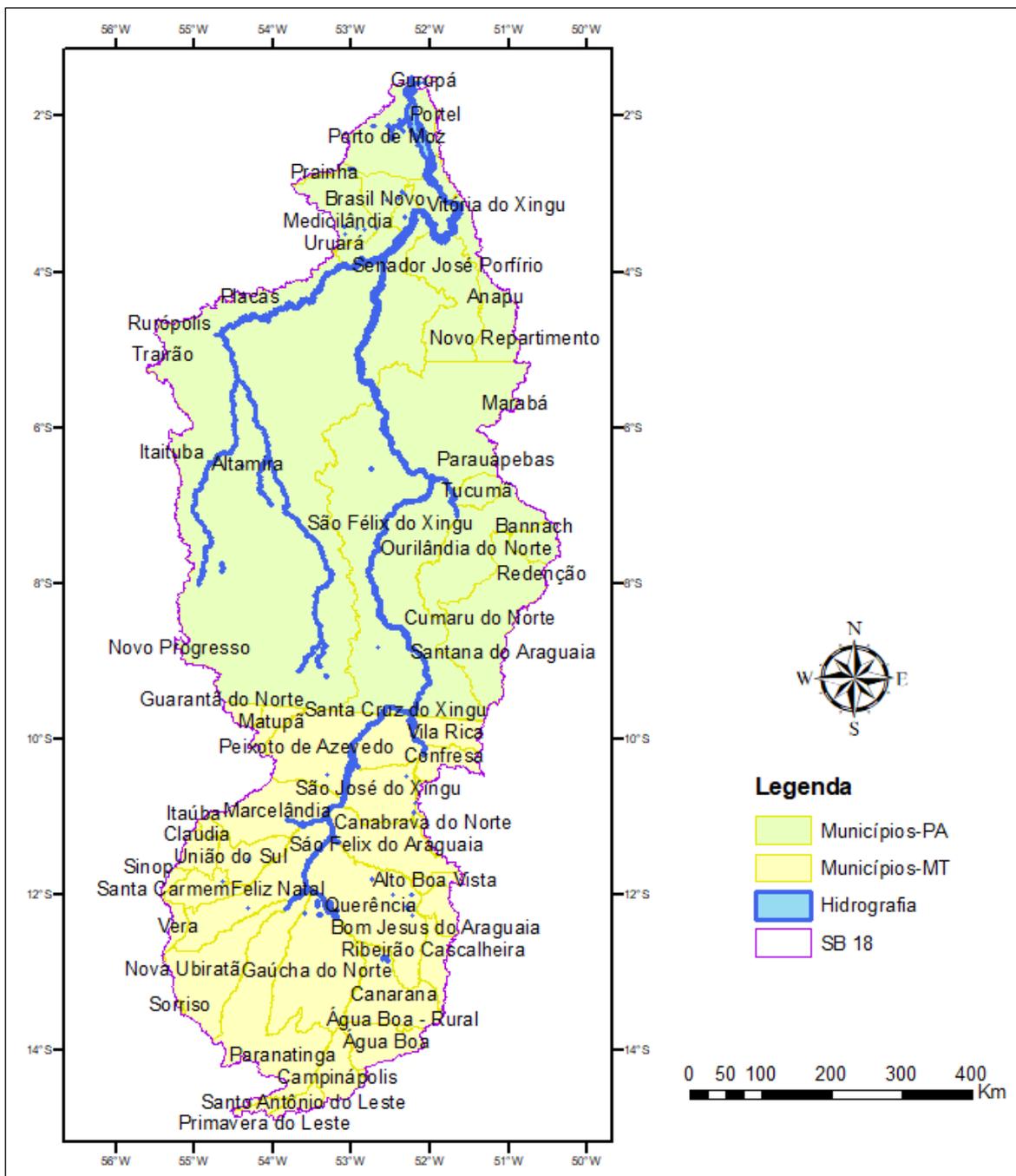


Figura 3: Municípios na sub-bacia do Rio Xingu. Fonte: Lopes e Matos (2021).

4. DEFINIÇÃO DE COTAS DE REFERÊNCIA

As cotas de referência foram estabelecidas de acordo com as seguintes definições:

- **Cota de Atenção:** é o primeiro nível para as equipes dos SAH's ficarem alertas para monitoramento do nível, com possibilidade moderada de ocorrência de inundação;
- **Cota de Alerta:** possibilidade elevada de ocorrência de inundação;
- **Cota de Inundação:** cota em que o primeiro dano é observado no município;
- **Cota de Inundação Severa:** cota em que a inundação provoca danos severos ao município.

No SAH Xingu, em 2021, foi utilizado o GPS geodésico para fazer o levantamento da cota de inundação no município de Altamira, obtendo-se um valor de 943 cm, de forma que as cotas de referência adotadas são as que seguem na Tabela 2.

Tabela 2: Cota de atenção, alerta e inundação do SAH – Xingu. Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Nome da Estação	Rio	Cotas (cm)		
		Atenção	Alerta	Inundação
Altamira	Xingu	800	850	950

5. HISTÓRICO DE CHEIAS E A CHEIA DE 2022

O fenômeno da cheia do rio Xingu em Altamira (18850000), referente ao ano hidrológico 2021/2022, foi concluído no dia 22/03/2022 e alcançou a cota máxima de 848 cm. Foram 152 dias no processo de enchente, o que equivale a aproximadamente 41% do ano civil (adaptado de CPRM, 2009).

As cheias em Altamira ocorrem predominantemente entre os meses de março a maio (Gráfico 3), estando diretamente condicionadas às chuvas que precipitam sobre a bacia hidrográfica que, em última análise, são quem definem a grandeza da cheia.

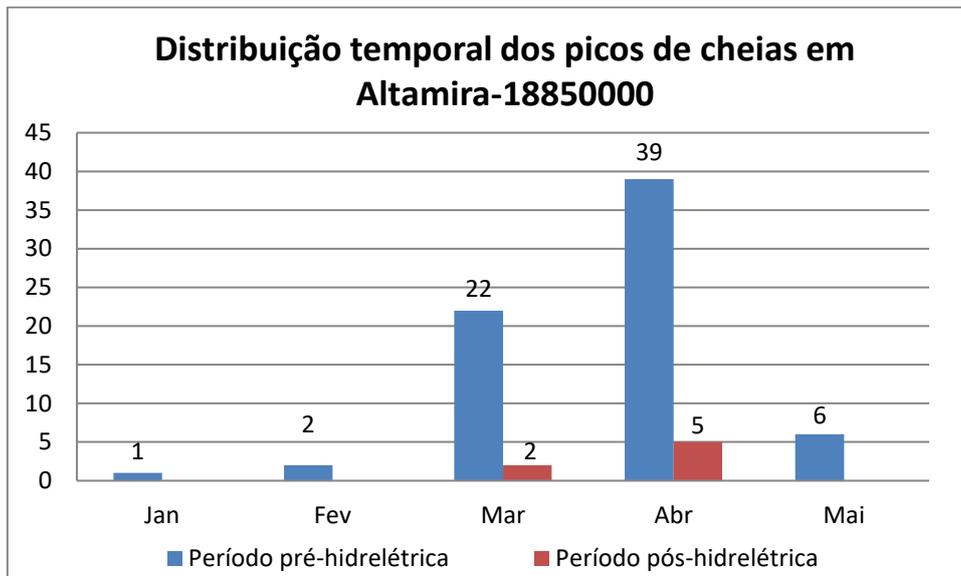


Gráfico 3: Distribuição temporal dos picos de cheias em Altamira – 18850000. Fonte: Agência Nacional de Águas (2023) (dados brutos) - Elaborado pelo autor (2023).

No gráfico acima, não foram considerados os dados dos anos/períodos 1928, 1933, 1944, 1954, 1957 a 1968, 1989 e 2015 visto que existem falhas nos meses de águas altas nos registros da série histórica.

O Gráfico 4 apresenta as cotas médias mensais na referida estação, nos períodos 1928 a 2014 (dados consistidos) e 2016 a 2022 (dados brutos), períodos pré e pós construção da usina hidrelétrica de Belo Monte.

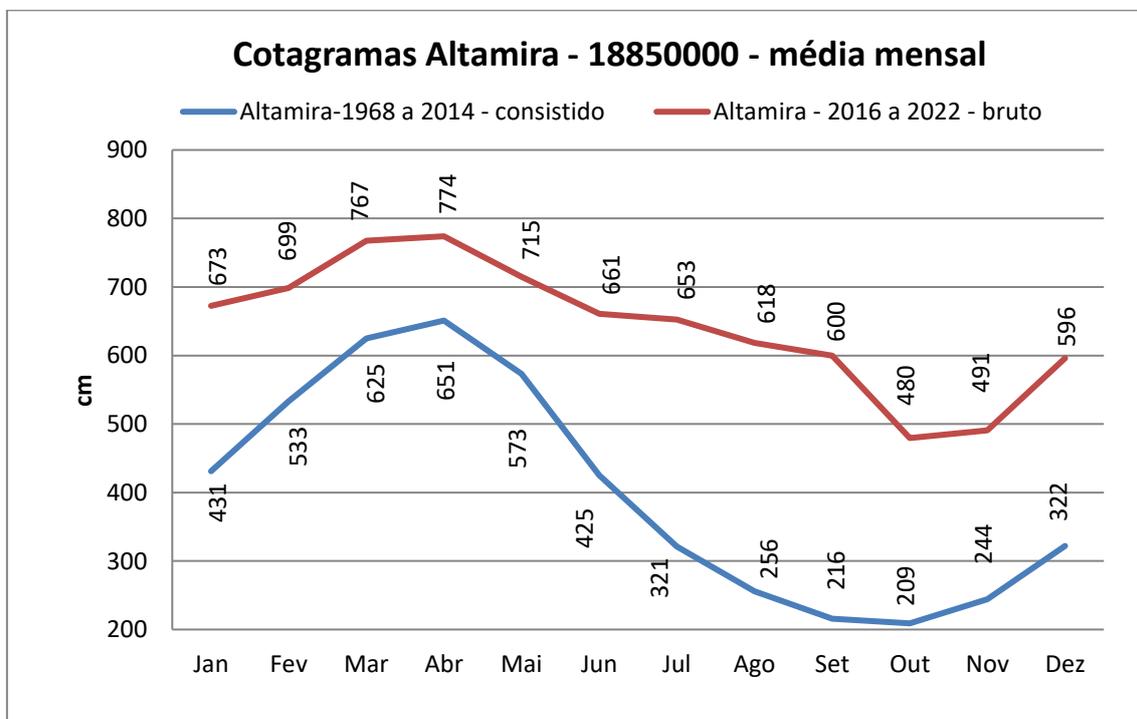


Gráfico 4. Cotas médias históricas na estação 18850000 em Altamira nos períodos de 1968 a 2014 (dados consistidos) e 2016 a 2022 (dados brutos). Fonte: Agência Nacional de Águas (2023) - Elaborado pelo autor (2023).

As cotas máximas na estação Altamira estão presentes no Gráfico 5. Observa-se que a máxima cheia registrada na série histórica ocorreu em 1980, cuja cota atingiu 886 cm, e a cheia mínima ocorreu em 1998, com cota 567cm. Em relação ao período pós-hidrelétrica, a cheia máxima ocorreu em 2017, tendo o nível superado em 1cm a cota de alerta, registrando 851cm.

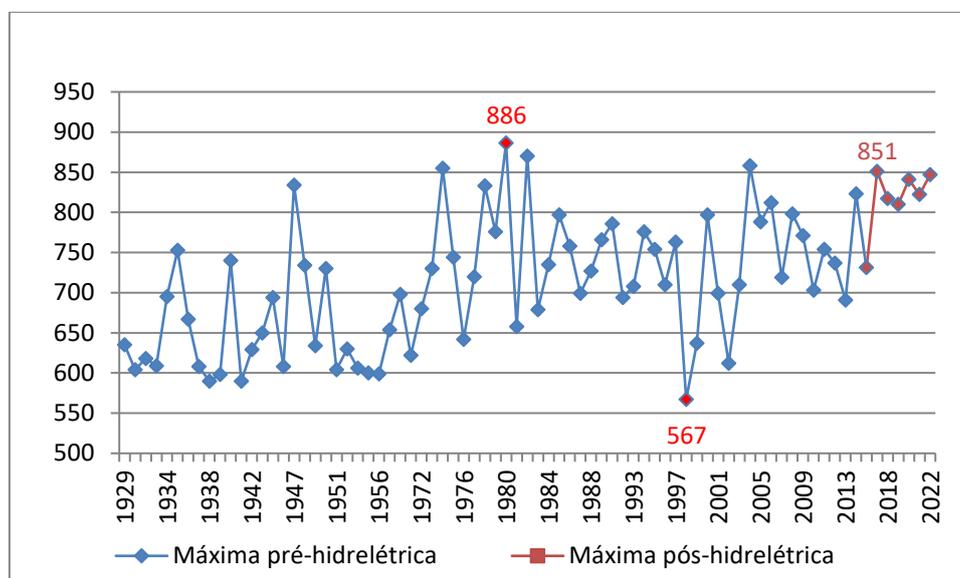


Gráfico 5: Cotas máximas Altamira – 18850000. Fonte: Agência Nacional de Águas (2023) - Elaborado pelo autor (2023).

6. AÇÕES REALIZADAS

- Boletins 2022

Em 2022 foram emitidos 09 boletins no período do trimestre de águas altas, conforme apresentado na Tabela 3.

O objetivo do boletim é oferecer às autoridades e demais órgãos competentes, informações com tempo suficiente para que sejam tomadas as devidas medidas de precauções e assistência à população que possivelmente será afetada pela subida das águas.

Tabela 3: Boletins emitidos em 2022 no SAH – Xingu. Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Mês	Boletins emitidos	Situação
Fevereiro	-	Nível superior a cota de atenção
Março	03	Nível superior a cota de Atenção/cota máxima
Abril	04	Manutenção de cota elevada/início descenso
Maiο	01	Processo vazante

No Gráfico 6, é possível observar que o nível do rio Xingu em Altamira (18850000) ultrapassou a cota de atenção apenas em um único dia no mês de janeiro (19/01/22). Em fevereiro, a partir do dia 21, o nível ultrapassou a cota de atenção, se mantendo em processo de cheia de forma mais consistente até atingir o pico em 22/03/2022, com nível máximo de 848cm, ficando apenas 2cm abaixo da cota de alerta. O nível permaneceu alto até o dia 16/04/22, quando voltou a ficar abaixo da cota de atenção para, a partir de então, entrar em seu processo de vazante.



Gráfico 6: Cotagrama estação 1885000 – Altamira, no período de janeiro a novembro de 2022.
Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).

Os gráficos a seguir apresentam os níveis no período de janeiro a novembro de 2022 nas demais estações monitoradas na bacia do Xingu: 18460000 – Boa Sorte (Gráfico 7), 18500000 – Boa Esperança (Gráfico 8) e 18700000 – Pedra do Ó (Gráfico 9):

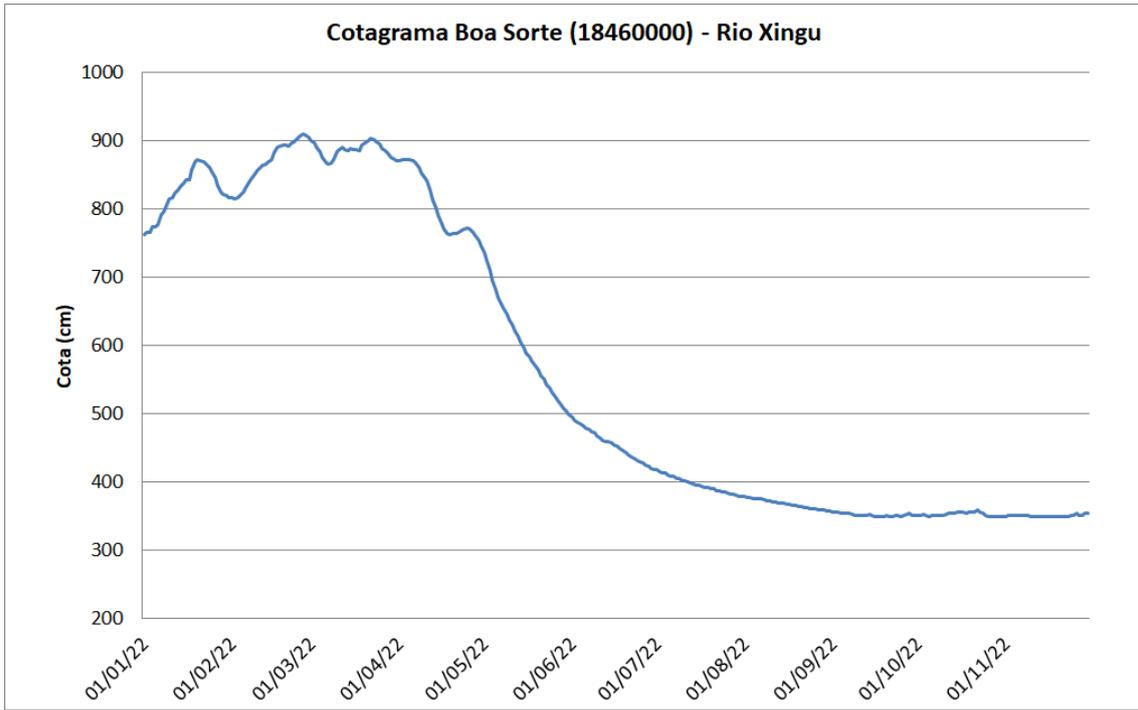


Gráfico 7: Cotograma da Estação 18460000 – Boa Sorte, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).

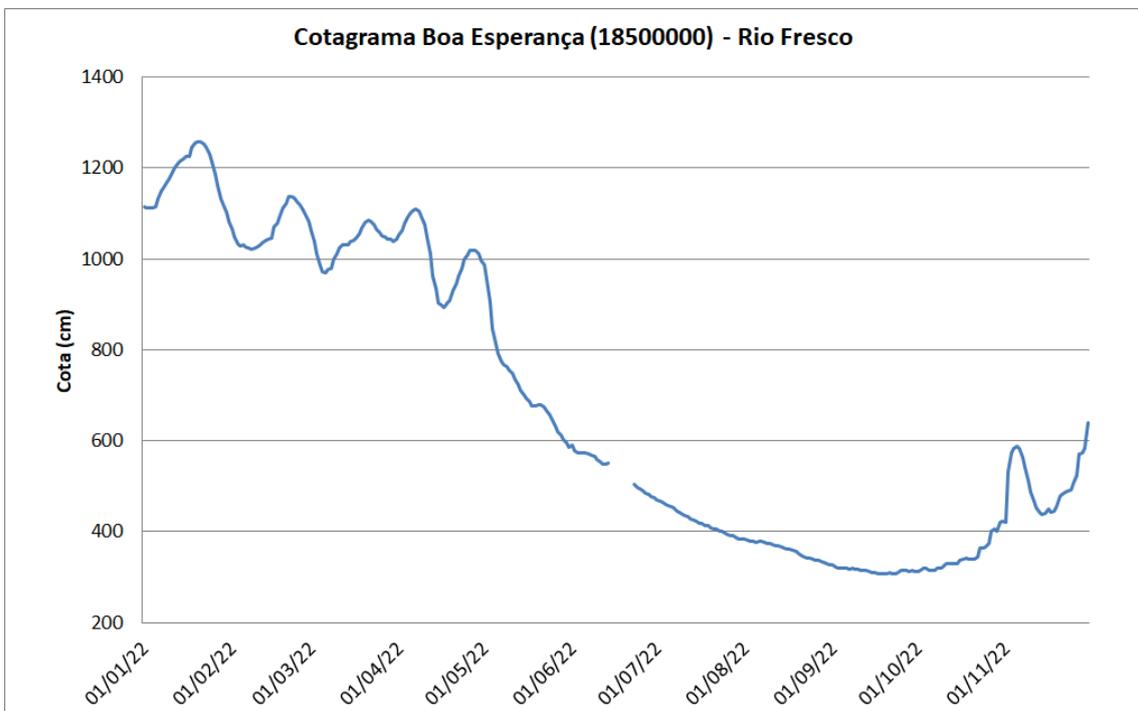


Gráfico 8: Cotograma da Estação 18500000 – Boa Esperança, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).

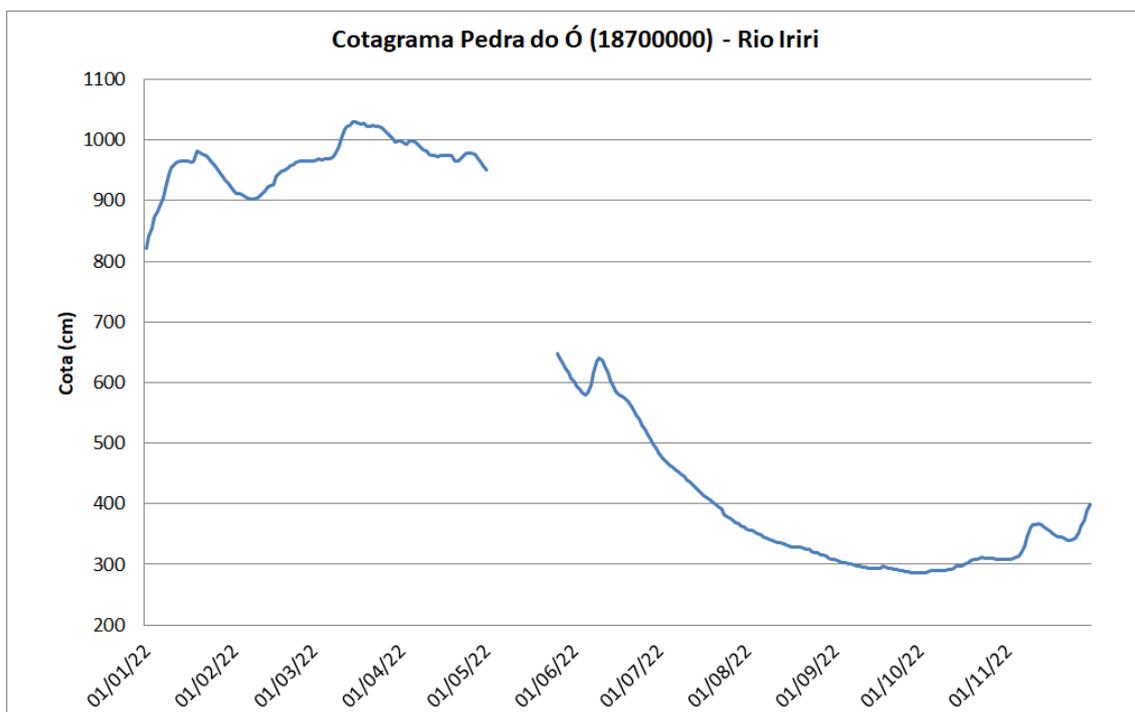


Gráfico 9: Cotograma da Estação 18700000 – Pedra do Ó, no período de janeiro a novembro de 2022. Fonte: Hidroweb ANA. Elaborado pelo autor (2023).

É importante ressaltar que as cotas indicadas nos gráficos e tabelas são valores associados a uma referência de nível local e arbitrária, válida para as régua linimétrica específicas de cada estação.

7. AGRADECIMENTOS

O Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Xingu foi resultado do trabalho conjunto das equipes da SUREG-BE, da DIHAPI/DEHID/DHT (Divisão de Hidrologia Aplicada/Departamento de Hidrologia/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial do SGB), além da ANA (Agência Nacional de Águas).

8. CONCLUSÕES

Sistemas de Alerta Hidrológico são considerados uma medida não estrutural que visam a melhor convivência da população com enchentes, inundações e secas, através do monitoramento hidrológico (GERMANO; MATOS, 2017).

O sistema hídrico do Xingu tem características únicas, como ser uma grande bacia, com variação lenta, além de sua jusante sofrer remanso do Rio Amazonas, gerando desafios ao trabalho do sistema de alerta (Relatório Técnico de Operação do rio Xingu, 2021).

Assim, é uma importante ferramenta que tem como objetivo oferecer informações sobre os níveis pluviométricos às autoridades e demais órgãos competentes (defesas civis, prefeituras e órgãos federais), de forma que haja tempo suficiente para que sejam tomadas as devidas medidas de precauções e assistência aos ribeirinhos.

9. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil**: fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2007. (Cadernos de recursos hídricos, 4). Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2016/25abr%20cad%2004.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Portal HIDROWEB**: banco de dados. 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 15 fev. 2023.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Relatório da Cheia 2009**. Manaus, CPRM, 2009. Disponível em: https://www.cprm.gov.br/sace/rehi/manaus/rel_final_2009.pdf. Acesso em: 15 fev. 2023.

GERMANO, A. de O.; MATOS, A. Metodologia para definição de cotas de referência em sistemas de alerta e previsão hidrológica. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis – SC. **Anais** [...]. Florianópolis – SC: ABRH, 2017. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/2975>. Acesso em: 15 fev. 2023.

IBGE. **Cidades**: censo 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censodemografico-2010.html?=&t=downloads. Acesso em: 15 fev. 2023.

MELO, D. C. R.; PINTO, E. J. A. **Análise de frequência de vazões dos sistemas de alerta**: sistema de alerta Bacia do Rio Xingu. Goiânia: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2022.

LOPES, D. F.; MATOS, A. J. S. **Sistema de alerta hidrológico da bacia do Rio Xingu**: relatório técnico de operação 2021. Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2021.

PINTO, E. J. *et al.* **Atlas pluviométrico do Brasil**: versão 2.0 atualizada. [S.l.]: CPRM, 2011. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/11558>. Acesso em: 15 fev. 2023.