




SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO



**RELATÓRIO ANUAL DE OPERAÇÃO DO
SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA
BACIA DO RIO ITAPECURU - 2024**

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

Programa Gestão de Riscos e de Desastres

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

**RELATÓRIO ANUAL DE
OPERAÇÃO DO SISTEMA DE
ALERTA HIDROLÓGICO DA
BACIA DO RIO ITAPECURU -
2024**

AUTORES

Hérculys Pessoa e Castro

Roberto José A. R. Fernandes

Djalena Marques de Melo

Artur Jose Soares Matos

São Luís/MA
Novembro, 2024



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Gois

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Emanuel Duarte Silva

Coordenador Nacional dos Sistemas de Alerta Hidrológico

Artur Jose Soares Matos

RELATÓRIO ANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ITAPECURU - 2024

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Hérculys Pessoa e Castro

Roberto José A. R. Fernandes

Djalena Marques de Melo

Artur Jose Soares Matos

FOTO DA CAPA: Arte sobre imagem Google Earth do centro histórico de Codó/MA e sua interação com o rio Itapecuru.

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C355r Castro, Hérculys Pessoa e.
Relatório anual de operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Itapecuru. / Autores Hérculys Pessoa e Castro, Roberto José Amorim Rufino Fernandes, Djalena Marques de Melo e Artur José Soares Matos.
- São Luís : SGB, 2024.

1 recurso eletrônico : PDF.

1. Hidrologia - Metodologia. 2. Hidrometria. I. Fernandes, Roberto José Amorim. II. Melo, Djalena Marques de. III. Matos, Artur José Soares. IV. Título.

CDD 551.48072

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Paula da Silva – CRB3 - 1441

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

Serviço Geológico do Brasil - SGB
www.sgb.gov.br
seus@sgb.gov.br

Este relatório está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)¹. A Agenda 2030 e os ODS afirmam que para por o mundo em um caminho sustentável é urgentemente necessário tomar medidas ousadas e transformadoras. Os ODS constituem uma ambiciosa lista de tarefas para todas as pessoas, em todas as partes, a serem cumpridas até 2030. Se cumprirmos suas metas, seremos a primeira geração a erradicar a pobreza extrema e iremos poupar as gerações futuras dos piores efeitos adversos da mudança do clima. Os Sistemas de Alertas Hidrológicos (SAH) estão inseridos nos seguintes objetivos da ODS:



¹ Link para cartilha da ODS dos SAHs:

http://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/21778/1/7_sistemas_de_alerta_hidrologico_outubro_ok.pdf

APRESENTAÇÃO

Considerado o mais extenso rio maranhense, o rio Itapecuru é um dos principais mananciais hídricos do estado do Maranhão, inclusive abastecendo a capital São Luís/MA por meio do projeto ITALUÍS.

Drenando uma significativa bacia hidrográfica, totalmente restrita ao território maranhense, o rio banha importantes cidades como Caxias/MA, Codó/MA, Coroatá/MA, Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, dentre outras.

Se por um lado o rio é fonte de riqueza e pujança hídrica, por outro lado, especialmente em seu baixo curso, caracterizado por terrenos de pequena declividade, a ocupação desordenada de suas várzeas de inundação em áreas urbanas acaba por ocasionar sérios prejuízos quando da ocorrência de cheias mais severas, como as observadas em 1986 e 2009.

Buscando salvaguardar a vida das populações mais vulneráveis que residem nas áreas de risco, o Serviço Geológico do Brasil – SGB implantou o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru - SAH/Itapecuru no ano de 2019 e o vem operando desde então.

Este relatório visa apresentar resumidamente as ações desenvolvidas durante a operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2024 e fazer a caracterização das condições hidrológicas observadas.

RESUMO

O presente relatório apresenta um resumo das operações realizadas pelo SAH Itapecuru referente ao período chuvoso do ano de 2024. De forma geral, considerando a área total da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, o quadrimestre mais chuvoso da região apresentou um acumulado de chuva dentro do esperado, com desvios em relação à média histórica de menos de 1%, tendo sido acumulados 889 mm de chuva entre os meses de janeiro e abril de 2024 ante os 893 mm esperados. No entanto, as chuvas se concentraram mais na parte superior da bacia hidrográfica e, devido a chuvas intensas ocorridas nas regiões de Caxias e Codó, foram registrados eventos de inundação nessas duas cidades. Em Caxias/MA, a cota máxima alcançada pelo rio foi de 6,91 m correspondendo a uma lâmina de inundação de 91 cm. O nível máximo do rio Itapecuru foi alcançado no dia 26 de março de 2024, tendo um tempo de recorrência estimado em 4 anos. Já em Codó/MA, a cota máxima alcançada pelo rio foi de 7,52 m correspondendo a uma lâmina de inundação de 5 cm. O nível máximo do rio Itapecuru foi alcançado no dia 04 de abril de 2024, tendo um tempo de recorrência estimado também em 4 anos. Em função da cheia, o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru emitiu, no ano de 2024, 101 boletins de alerta hidrológico, em dois períodos distintos, de 13/03 a 18/03, quando o rio suplantou a cota de alerta em Caxias e Codó, e de 26/03 a 28/04, quando ocorreram cotas de alerta nas cinco cidades monitoradas e inundação em duas. Também foram emitidos 14 boletins semanais de monitoramento hidrológico, que auxiliaram as Defesas Civas no planejamento futuro, tendo em vista a apresentação das previsões pluviométricas e dos prognósticos hidrológicos. O bom desempenho dos modelos de previsão e o monitoramento em tempo real amplamente divulgado, deram continuidade ao reconhecimento da importância dos trabalhos e auxiliaram, efetivamente, as ações dos órgãos de salvaguarda no apoio às populações atingidas.

ABSTRACT

This report presents a summary of the operations carried out by SAH Itapecuru for the rainy season of 2024. In general, considering the total area of the Itapecuru watershed, the rainiest four-month period in the region presented an accumulated rainfall within the expected range, with deviations from the historical average of less than 1%, with 889 mm of rain accumulated between January and April 2024, compared to the expected 893 mm. However, the rainfall was more concentrated in the upper part of the watershed and, due to heavy rainfall in the regions of Caxias and Codó, flooding events were recorded in these two cities. In Caxias/MA, the maximum level reached by the river was 6.91 m, corresponding to a flood depth of 91 cm. The maximum level of the Itapecuru River was reached on March 26, with an estimated recurrence time of 4 years. In Codó/MA, the maximum level reached by the river was 7.52 m, corresponding to a flood level of 5 cm. The maximum level of the Itapecuru River was reached on April 4, with an estimated recurrence time of 4 years. Due to the flood, the Itapecuru Watershed Hydrological Alert System issued 101 hydrological alert bulletins in 2024, in two different periods, from 03/13 to 03/18, when the river exceeded the alert level in Caxias and Codó, and from 03/26 to 04/28, when alert levels occurred in the five monitored cities and flooding occurred in two. 14 weekly hydrological monitoring bulletins were also issued, which assisted the Civil Defense in future planning, in view of the presentation of rainfall forecasts and hydrological prognoses. The good performance of the forecast models and the widely publicized real-time monitoring continued to recognize the importance of the work and effectively assisted the actions of the safeguarding agencies in supporting the affected populations.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. ÁREA DE ATUAÇÃO	13
3. HISTÓRICO DO SAH ITAPECURU	16
4. CIDADES BENEFICIADAS	20
5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ANO DE 2024	23
5.1. Pluviometria.....	23
5.2. Fluviometria.....	26
6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	33
7. CONCLUSÕES.....	35
8. AGRADECIMENTOS.....	36
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. BACIA DO RIO ITAPECURU.	14
FIGURA 2. MAPA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS QUE COMPÕE O SAH ITAPECURU.	21
FIGURA 3. PRECIPITAÇÕES MENSAIS ENTRE JANEIRO E MAIO DE 2024, ESPERADAS E OBSERVADAS.	24
FIGURA 4. VARIAÇÃO DA VAZÃO DO RIO ITAPECURU NA ESTAÇÃO MONTEVIDÉU (33530000).	28
FIGURA 5. VARIAÇÃO DA VAZÃO DO RIO ITAPECURU EM CAXIAS/MA.	29
FIGURA 6. VARIAÇÃO DA VAZÃO DO RIO ITAPECURU EM CODÓ/MA.	30
FIGURA 7. VARIAÇÃO DA VAZÃO DO RIO ITAPECURU EM COROATÁ/MA.	31
FIGURA 8. VARIAÇÃO DA VAZÃO DO RIO ITAPECURU EM CANTANHEDE/MA.	32
FIGURA 9. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM ITAPECURU-MIRIM/MA.	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. NÚMERO DE BOLETINS EMITIDOS PELO SAH ITAPECURU.	19
TABELA 2. MUNICÍPIOS BENEFICIADOS E ANTECEDÊNCIA DA PREVISÃO.	20
TABELA 3. ESTAÇÕES QUE COMPÕE O SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DO RIO ITAPECURU.	22
TABELA 4. DEFINIÇÕES DAS COTAS DE REFERÊNCIA E AÇÕES DECORRENTES.	22
TABELA 5. COTAS DE REFERÊNCIA PARA AS CIDADES BENEFICIADAS.	23
TABELA 6. COTAS MÁXIMAS OBSERVADAS E TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR) DA CHEIA DE 2024.	27
TABELA 7. DATA DAS EMISSÕES DOS BOLETINS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO.	34
TABELA 8. PERÍODOS DAS EMISSÕES DOS BOLETINS DE ALERTA HIDROLÓGICO.	34

1. INTRODUÇÃO

O Itapecuru é um dos principais rios do estado do Maranhão. Sua bacia se desenvolve ao longo de 52.972 km², o que corresponde a cerca de 16% da superfície do estado, e nos seus 1.050 km de extensão atravessa a zona urbana de 10 municípios maranhenses.

Sinônimo de riqueza hídrica, o rio se converte em fonte de preocupação nas cidades por ele banhadas quando da ocorrência do período chuvoso, especialmente nos meses de março a maio, quando são observadas suas maiores cheias.

A ocupação indevida de suas várzeas de inundação nas cidades ribeirinhas acaba por provocar grandes prejuízos materiais e risco às vidas humanas quando da ocorrência de períodos chuvosos mais rigorosos, como os observados em 1974, 1985, 1986 e 2009.

Uma das formas recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para gerenciar ou reduzir o impacto causado pelas inundações ribeirinhas é a implantação de sistemas de alerta e previsão de cheias. Esta é considerada uma medida não estrutural que pode ser utilizada em conjunto com outras medidas, tais como, o planejamento do uso do solo, ou mesmo o uso de seguro para desestimular a ocupação de áreas sujeitas a inundação.

Desta forma, buscando a minimização dos impactos adversos das inundações ribeirinhas do rio Itapecuru, em especial quanto à vida humana, o Serviço Geológico do Brasil – SGB vem operando o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru, o SAH Itapecuru, desde o ano de 2019. A partir do monitoramento em tempo real, são realizadas previsões de comportamento futuro de curto prazo que permitem um tempo mínimo de ação dos órgãos de salvaguarda, especialmente a Defesa Civil, quando da ocorrência iminente de uma inundação ribeirinha.

Beneficiando inicialmente as cidades de Caxias/MA, Codó/MA e Coroatá/MA, a partir do ano de 2021 a operação do sistema foi estendida para as cidades de Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, concluindo a meta prevista de municípios atendidos pelo sistema.

Este relatório visa apresentar resumidamente as ações desenvolvidas durante a operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2024, bem como apresentar a caracterização das condições hidrológicas observadas.

2. ÁREA DE ATUAÇÃO

O rio Itapecuru nasce a sul do estado do Maranhão, no sistema formado pelas serras de Cruzeiras, Itapecuru e Alpercatas, a cerca de 530 m de altitude. Partindo de suas nascentes, corre inicialmente na direção oeste-leste até Várzea do Cerco, onde toma rumo norte até a barra do rio Alpercatas. Deste ponto em diante, muda de direção para nordeste, persistindo até encontrar o rio Correntes, onde, subitamente, inflete para noroeste. Nas proximidades de Caxias/MA assume direção geral norte-noroeste. Deságua na baía do Arraial, a sudeste da ilha de São Luís, através de dois braços denominados Tucha e Mojó. Os principais afluentes pela margem direita são os rios Correntes, Pirapemas e Itapecuruzinho e os riachos Seco, do Ouro, Gameleira, Cachimbo e Guariba. Pela margem esquerda, destacam-se os rios Alpercatas, Peritoró, Pucumã, Codozinho, dos Porcos e Igarapé Grande, além dos riachos São Felinho, da Prata e dos Cocos (IBGE, 1997).

Drenando uma área total da ordem de 52.972 km², o que corresponde a cerca de 16% da superfície do estado do Maranhão, a bacia hidrográfica do rio Itapecuru tem forma geométrica de uma foice com a concavidade voltada para a bacia do Rio Mearim, limitando-se com Baía do Arraial pelo norte, com a bacia do Mearim pelo oeste, com a bacia do Munim por nordeste e, a leste, com a bacia do rio Parnaíba, conforme pode ser observado na Figura 1.

Segundo Alcântara (2004), a bacia abrange, total ou parcialmente, 45 municípios, dos quais 10 têm suas sedes municipais banhadas pelo rio principal. A população total residente na bacia, segundo o Censo 2010 do IBGE, é de 1.622.875 habitantes, correspondendo a uma densidade populacional de 30,6 hab/km².

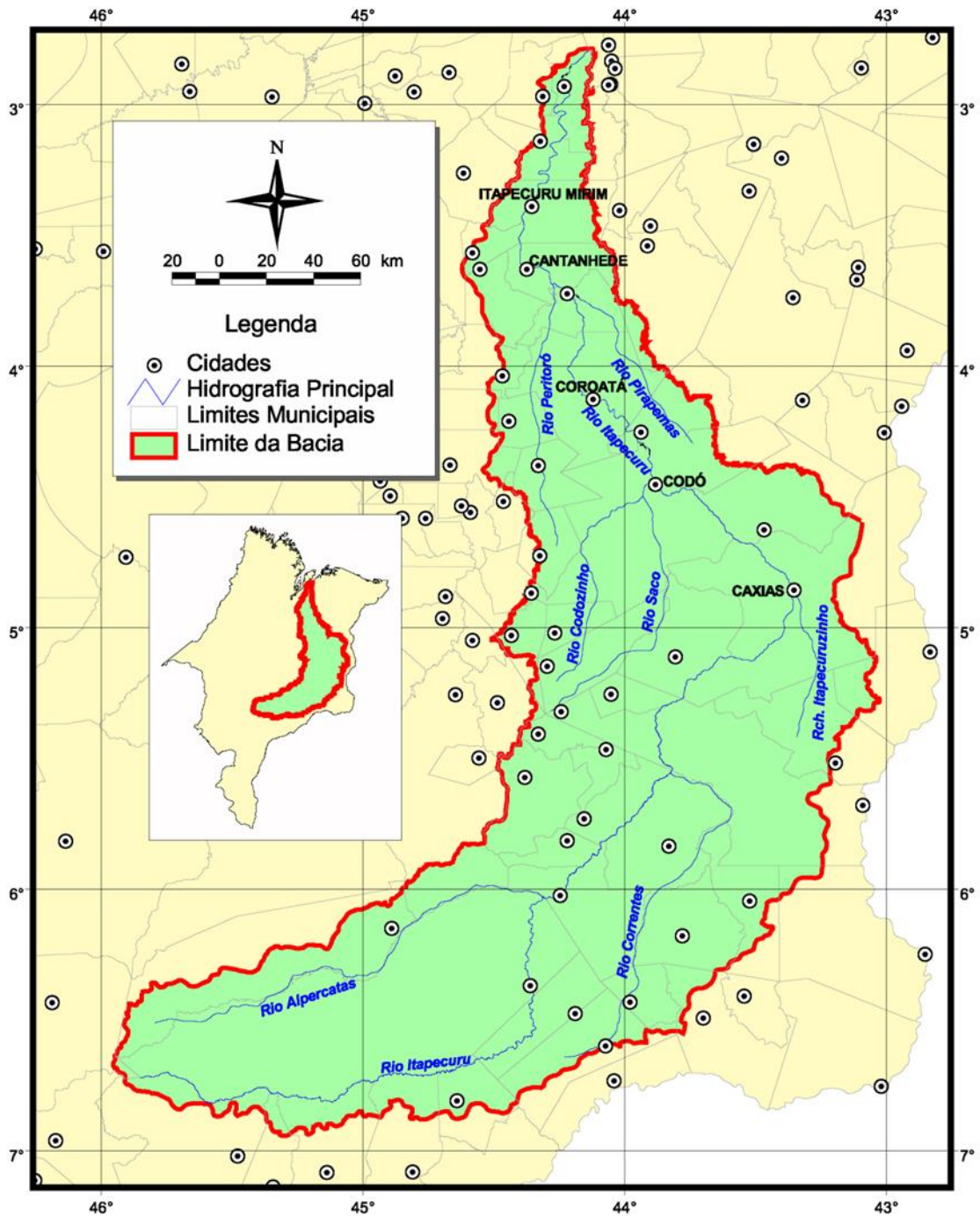


Figura 1. Bacia do rio Itapecuru.

Obs.: Em destaque a localização da bacia em relação ao estado do Maranhão.

Localizada em uma zona de transição climática entre o semiárido nordestino e o equatorial amazônico, a bacia apresenta precipitações médias anuais na faixa de 1.200 a 1.400 mm em sua porção mais alta, ao sul, chegando a

valores entre 1.600 e 2.000 mm na porção mais baixa, a jusante da cidade de Cantanhede.

O rio principal percorre uma extensão da ordem de 1.050 km, tendo seu curso dividido em (Bezerra, 1984):

a) Alto Itapecuru - vai da nascente até o município de Colinas/MA. Geomorfologicamente há uma predominância de chapadões, chapadas e cuestras, apresentado um relevo forte ondulado compondo as partes mais elevadas (350 metros) da baía com as serras de Itapecuru, Alpercatas, Crujeiras e Boa Vista. Recebendo a contribuição mais significativa do rio Alpercatas, a vazão média do rio Itapecuru em Colinas (posto fluviométrico 33480000) é de 54,3 m³/s, sendo que a maior vazão registrada de 289 m³/s em janeiro de 2022;

b) Médio Itapecuru - vai do município de Colinas até o município de Caxias/MA. Esta área apresenta uma situação morfológica denominada testemunhos, onde predomina o relevo de chapadas baixas e uma superfície suave ondulado a forte ondulado, com uma diferença de altitude de 60 metros. Na estação fluviométrica Caxias (33550000), a vazão média do rio corresponde a 71,0 m³/s e a máxima registrada foi observada em abril de 1974, 743 m³/s;

c) Baixo Itapecuru - vai do município de Caxias/MA até a foz, na baía de São José. Essa área possui uma geomorfologia caracterizada pela presença da superfície maranhense com testemunho e na sua foz pelo Golfão Maranhense, com um relevo de superfície suave ondulado. Considerando os dados da estação Cantanhede (33680000), a mais a jusante do rio, a vazão média chega a 221,3 m³/s. Em termos de vazões máximas, o maior valor registrado foi em abril de 1986, correspondendo a 3.220 m³/s.

As cidades banhadas pelo rio principal e suas respectivas populações urbanas segundo o Censo 2010 do IBGE são: Mirador/MA – 9.373 hab (97ª maior cidade do estado); Colinas/MA – 25.575 hab (29ª); Caxias/MA – 118.534 hab (4ª); Codó/MA – 81.045 hab (5ª); Timbiras/MA - 17.471 hab (43ª); Coroatá/MA – 43.057 hab (14ª); Pirapemas/MA – 11.146 hab (80ª); Cantanhede/MA – 12.959 hab (68ª); Itapecuru-Mirim/MA – 34.668 hab (19ª); e Rosário/MA – 23.252 hab (31ª).

3. HISTÓRICO DO SAH ITAPECURU

A decisão pela criação do SAH Itapecuru se deu em 2018, face ao pedido do Governo do Estado do Maranhão, que pretendia implantar um sistema próprio cobrindo a bacia do Mearim, um dos produtos do seu plano de bacia, e desejava utilizar da expertise do SGB para atender a bacia do rio Itapecuru em função da grande quantidade de pessoas potencialmente afetadas pela cheia deste rio, especialmente no seu médio e baixo curso.

Após a realização de reuniões na sede da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA/MA, foram definidas as cidades a serem beneficiadas e que as estações automáticas a serem instaladas ou reinstaladas por parte do SGB teriam o apoio da SEMA/MA e do Corpo de Bombeiros.

As cidades alvos do SAH Itapecuru foram: Caxias/MA (118.559 hab), Codó/MA (81.043 hab), Coroatá/MA (43.017hab), Cantanhede/MA (12.959 hab) e Itapecuru-Mirim/MA (34.668 hab). Considerando a rede telemétrica existente, restrita às cidades beneficiadas de Caxias/MA e Codó/MA, decidiu-se pela instalação de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) nos postos fluviométricos Montevideú (33530000), a montante de Caxias/MA, Coroatá (33630000), Cantanhede (33680000), e pela instalação de uma estação fluviométrica convencional para monitoramento do nível do rio Itapecuru na cidade de Itapecuru-Mirim/MA, de forma a se avaliar a viabilidade da realização de previsões para esta cidade dada a proximidade com a foz e o possível efeito de maré. Também foi decidido pela instalação de uma PCD junto à estação convencional de forma a se ter um retrato mais fiel das variações de nível.

Foi inicialmente realizada uma viagem de reconhecimento das estações em conjunto com o pessoal da SEMA/MA em julho de 2018, e nos meses de outubro e novembro daquele ano foram feitas as instalações das estações automáticas e da estação fluviométrica de Itapecuru-Mirim/MA. Também foi feita a reinstalação das PCDs de Caxias (33550000) e Codó (33590000), que foram remanejadas de postes de concreto para postes metálicos devido à grande altura dos primeiros.

O SAH Itapecuru foi programado para entrar em operação em caráter de testes no ano de 2019, beneficiando, inicialmente, as cidades maranhenses de

Caxias/MA, Codó/MA e Coroatá/MA a partir de modelos de previsão do tipo cota-cota desenvolvidos com dados das estações convencionais. Entretanto, os eventos de cheia observados nos primeiros dias do mês de abril de 2019 anteciparam sua entrada em operação antes do lançamento oficial.

Entre os dias 01 de abril e 07 de abril foram emitidos 12 boletins de alerta hidrológico acompanhando as inundações observadas nas cidades de Caxias/MA (dias 05 e 06), Codó/MA e Coroatá/MA (05 a 07 de abril).

Oficialmente o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru foi lançado em um evento em São Luís/MA em dezembro de 2019.

No ano de 2020 foram observados eventos de cheia que provocaram inundação nas cidades de Caxias/MA, Codó/MA, Coroatá/MA e Cantanhede/MA. Em Itapecuru-Mirim/MA houve a inundação de uma importante via de tráfego e algumas famílias foram removidas preventivamente. Era previsto que o SAH Itapecuru fosse ampliado para as cidades de Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA em 2020, o que acabou não sendo possível em grande parte pela pandemia da Covid19.

Com o evento máximo de cheia alcançando um tempo de recorrência da ordem de 10 anos, foram emitidos 84 boletins de alerta hidrológico em 2020, cuja distribuição temporal obedeceu ao comportamento hidrológico do rio Itapecuru, que apresentou uma primeira onda de cheia em março, e uma segunda menor em abril.

Em 2021 o Sistema de Alerta foi ampliado para as cidades de Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA. Naquele ano as condições climáticas observadas, com precipitação abaixo da média nas porções sul e central da bacia, acabaram por não permitir o desenvolvimento de eventos de cheia significativos do rio Itapecuru.

O maior evento foi observado na cidade de Codó/MA entre os dias 28 e 29 de março, quando o nível do rio praticamente igualou a cota de inundação (6,80 m). Em função de tal cheia, foram emitidos 13 boletins de alerta entre os dias 28 de março e 02 de abril de 2021.

A partir de 2021 também foi iniciada a emissão de boletins semanais de monitoramento, apresentando a situação geral observada nos últimos sete dias

e a previsão pluviométrica segundo imagens de satélite, de forma a embasar um prognóstico sobre as condições futuras de médio prazo (7 e 15 dias). Assim, foram emitidos 15 boletins de monitoramento hidrológico durante a operação sistemática do SAH Itapecuru naquele ano, entre 15/02/2021 e 17/05/2021.

No ano de 2022 foi observada uma cheia atípica que atingiu o alto Itapecuru, em função do período de ocorrência. Chuvas excepcionais verificadas na porção sul da bacia no final de dezembro de 2021 e início de janeiro de 2022 ocasionaram cheias históricas nas cidades de Mirador/MA, Colinas/MA e na estação Montevideu (33530000), as maiores registradas nas estações fluviométricas existentes. Como tais chuvas não se estenderam para a porção mais central, no referido período somente foi observada inundação na cidade de Caxias/MA dentre aquelas monitoradas pelo SAH. Ainda assim, a cota máxima registrada de 7,05 m em 15 de janeiro ficou bem aquém da observada em 2020, 7,53 m, como exemplo de cheia mais recente, e também muito distante dos 8,59 m registrados em 1974, valor máximo da série histórica até o momento.

Em um outro momento, a cidade de Codó/MA registrou inundação, sendo a cota máxima observada em 2022 de 7,82 m, ocorrida em 24 de abril, também inferior   máxima registrada em 2020, 9,12 m, bem como bem distante da cota máxima de 10,74 m ocorrida em 2009.

Assim, o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru emitiu, no ano de 2022, 117 boletins de alerta hidrológico, em três períodos distintos, de 11/01/2022 a 21/01/2022, acompanhando a cheia do alto Itapecuru que também atingiu a cidade de Caxias/MA, de 16/03/2022 a 13/04/2022, quando foram observadas pequenas inundações em Caxias/MA e Codó, e de 24/04/2022 a 28/04/2022, quando ocorreu a inundação mais significativa em Codó/AM.

Ano passado, em 2023, A operação sistemática do SAH Itapecuru se estendeu de 15 de fevereiro a 17 de maio. Neste intervalo foram emitidos 14 boletins semanais de monitoramento e 85 boletins de alerta hidrológico, com periodicidade variando entre dois e cinco boletins diários.

O primeiro intervalo temporal de emissão de boletins de alerta se desenvolveu entre os dias 15 e 17 de març o, devido a uma onda de cheia que iniciou na cidade de Codó/MA e se estendeu para as cidades   jusante. No

período foram emitidos 7 boletins de alerta, não tendo sido observados eventos de inundação. Já entre 21 de março e 14 de abril foram emitidos 78 boletins de alerta, acompanhando os efeitos da grande concentração de chuvas a partir da porção centro-norte da bacia, especialmente na faixa entre Codó/MA e Coroatá/MA.

Em Codó/MA foram observadas inundações entre os dias 01 e 07 de abril, com cota máxima de 8,87 m no dia 04/04/2023 e entre 09 e 11 de abril, com cota máxima de 8,39 m no dia 09/04/2023. Na cidade de Coroatá/MA também foram observados dois eventos de inundação no período, o primeiro também de 01 a 07 de abril, com cota máxima de 11,31 m no dia 03/04/2023, e o segundo entre 10 e 11 de abril, com cota de 10,38 m no dia 11/04/2023. Em Cantanhede/MA o evento de inundação foi o mais persistente, se desenvolvendo ininterruptamente entre os dias 01 e 12 de abril, com cota máxima de 15,05 m no dia 05/04/2023. Já na cidade de Itapecuru-Mirim/MA, o evento de inundação foi mais breve, ocorrendo entre os dias 04 e 10 de abril, com cota máxima de 15,19 m no dia 06/04/2023.

A Tabela 1 apresenta um resumo do número de boletins emitidos a cada ano de operação do sistema. Todos os boletins já emitidos estão disponibilizados no portal SACE e podem ser acessados livremente no endereço eletrônico <http://www.sgb.gov.br/sace/itapecuru/>.

Tabela 1. Número de boletins emitidos pelo SAH Itapecuru.

Ano	Boletins de Alerta	Boletins de Monitoramento
2019	12	-
2020	84	-
2021	13	15
2022	117	15
2023	85	14

4. CIDADES BENEFICIADAS

Em 2019 o sistema foi iniciado beneficiando as cidades de Caxias/MA, Codó/MA e Coroatá/MA com previsões variando entre 8 e 12 h. Em 2020, optou-se por trabalhar todas as cidades com previsões de 8 h de antecedência, de forma a aumentar a qualidade das mesmas em seu primeiro ano efetivo de funcionamento.

Em 2021 foram acrescentadas as cidades de Cantanhede/MA e de Itapecuru-Mirim/MA ao rol de localidades beneficiadas com previsão, completando as cidades alvos previstas quando da implantação do sistema, que foram mantidas em 2024. A Tabela 2 apresenta a população total de cada município segundo a prévia do Censo 2022 do IBGE e a antecedência empregada para as previsões.

Tabela 2. Municípios beneficiados e antecedência da previsão.

Início da Operação	Cidade	População Total* (hab)	Antecedência de Previsão (h)
2020	Caxias/MA	153.634	8 horas
	Codó/MA	112.110	8 horas
	Coroatá/MA	59.563	8 horas
2021	Cantanhede/MA	17.355	12 horas
	Itapecuru-Mirim/MA	65.721	8 horas

*Fonte: Prévia do Censo 2022 do IBGE

Para a operação do sistema, o rio Itapecuru é monitorado em seis pontos através de estações automáticas mantidas pela Agência Nacional de Águas – ANA e pelo próprio SGB, o que permite o acompanhamento da variação das cotas do rio em tempo quase real, bem como fornece o subsídio necessário para a realização das previsões. As estações fluviométricas utilizadas no monitoramento e as sub-bacias incrementais entre as referidas estações estão apresentadas na Figura 2 e detalhadas na Tabela 3.



Figura 2. Mapa das estações fluviométricas que compõe o SAH Itaipicuru.

Tabela 3. Estações que compõe o Sistema de Alerta Hidrológico do rio Itapecuru.

Nome	Código	Rio	Município	Área total de drenagem (km ²)	Área de drenagem correspondente a Figura 2.
Montevidéu	33530000	Itapecuru	Gov. Eugênio Barros	27.280	1
Caxias	33550000	Itapecuru	Caxias	32.648	1+2
Codó	33590000	Itapecuru	Codó	37.140	1+2+3
Coroatá	33630000	Itapecuru	Coroatá	43.739	1+2+3+4
Cantanhede	33680000	Itapecuru	Cantanhede	49.834	1+2+3+4+5
Itapecuru-Mirim	33690100	Itapecuru	Itapecuru-Mirim	51.129	1+2+3+4+5+6

Ainda em relação à operação do SAH Itapecuru, tem-se a definição de cotas de referência mantidas pelo rio em cada seção de interesse o que permite avaliar o risco da ocorrência de eventos de inundação no curto prazo e condicionam as ações decorrentes como a emissão de boletins de alerta hidrológico e avisos às Defesas Civas e à sociedade em geral. Tais cotas são classificadas por cor e tem as definições e ações decorrentes listadas na Tabela 4. Já a Tabela 5 traz as cotas de referência para as cinco cidades beneficiadas pelo sistema.

Tabela 4. Definições das cotas de referência e ações decorrentes.

Cor	Nome	Descrição	Ação Decorrente
Verde	Cota Normal	Não há risco significativo de ocorrência de inundação.	Apenas monitoramento.
Amarelo	Cota de Atenção	Possibilidade moderada de ocorrência de inundação.	Aumento da frequência de monitoramento. Inicia a observação das previsões climáticas de curto prazo.
Laranja	Cota de Alerta	Possibilidade elevada de ocorrência de inundação.	Operação em regime de plantão. Emissão de boletins de alerta hidrológico com as previsões de comportamento futuro. Contato com as Defesas Civas.
Vermelho	Cota de Inundação	Cota em que o primeiro dano é observado no município.	Segue a operação em regime de plantão e a emissão de boletins de alerta hidrológico com as previsões, permitindo avaliar se o quadro deve melhorar ou piorar no curto prazo.

Tabela 5. Cotas de referência para as cidades beneficiadas.

Cidade	Cota de Atenção	Cota de Alerta	Cota de Inundação
Caxias/MA	4,00 m	5,00 m	6,00 m
Codó/MA*	5,15 m	6,15 m	7,47 m
Coroatá/MA*	7,40 m	8,60 m	10,28 m
Cantanhede/MA	10,50 m	12,30 m	13,60 m
Itapecuru-Mirim/MA	11,50 m	13,30 m	14,60 m

*Cotas de referência atualizadas em 07/03/2023.

5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ANO DE 2024

De forma geral, considerando a área total da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, o quadrimestre mais chuvoso da região apresentou um acumulado de chuva dentro do esperado, com desvios em relação à média histórica de menos de 1%, tendo sido acumulados 889 mm de chuva entre os meses de janeiro e abril de 2024 ante os 893 mm esperados. No entanto, as chuvas se concentraram mais na parte superior da bacia hidrográfica e, devido a chuvas intensas ocorridas nas regiões de Caxias e Codó, foram registrados eventos de inundação nessas duas cidades.

A seguir é feito um breve relato sobre os registros pluviométricos e pluviométricos e um melhor detalhamento sobre as inundações observadas nos pontos de monitoramento.

5.1. Pluviometria

Para a análise pluviométrica foram considerados os dados extraídos do modelo MERGE (Rozante et al., 2010), que estima, através da combinação de imagens de satélite e registro de estações pluviométricas, o volume de chuvas ocorridas em todo o território brasileiro, tendo o seu produto disponibilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A comparação entre os volumes pluviométricos esperados, segundo a média de 2001 a 2021, e os observados em tais estações no período de janeiro a maio de 2024 estão apresentados na Figura 3.

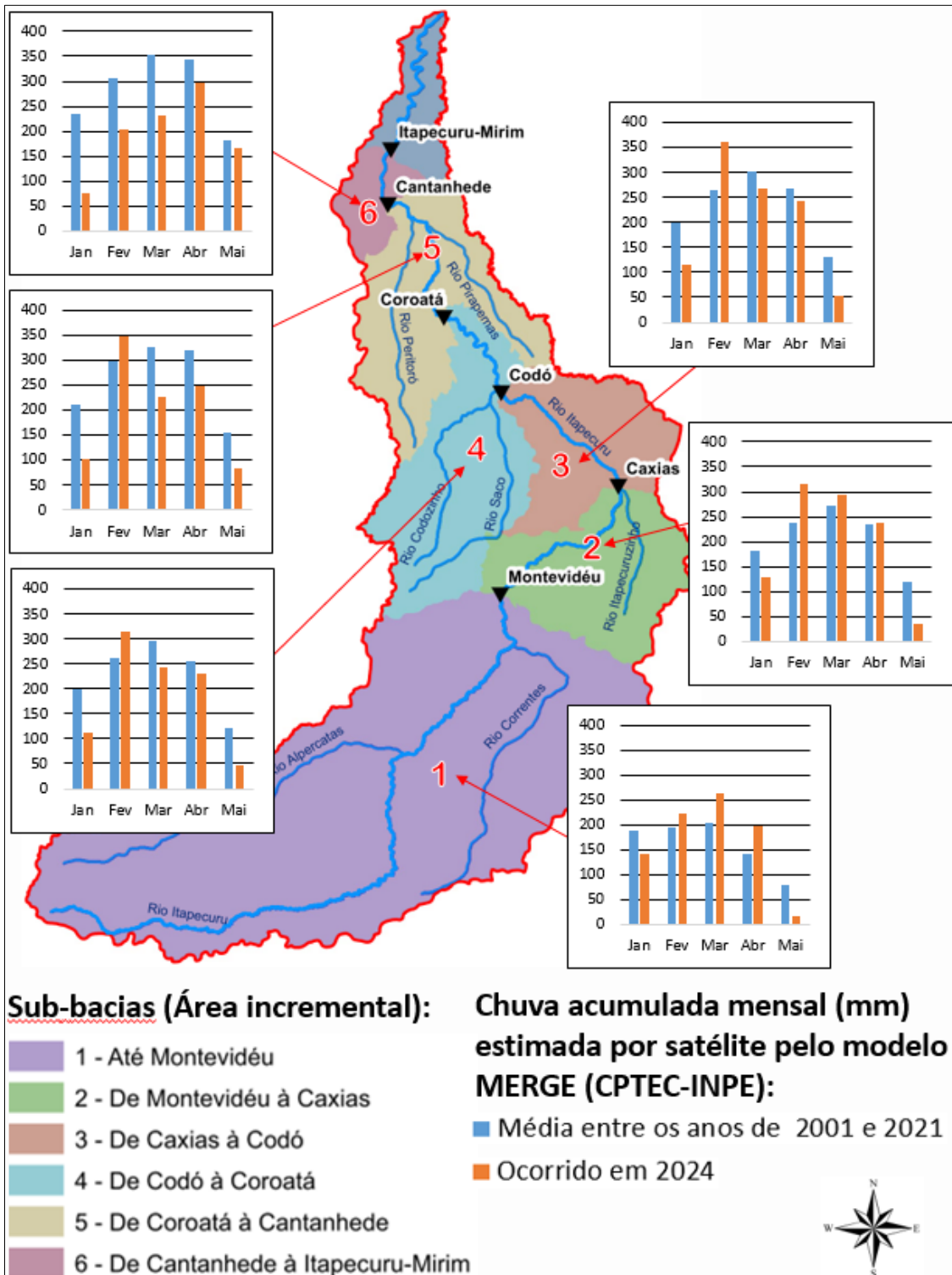


Figura 3. Precipitações mensais entre janeiro e maio de 2024, esperadas e observadas.

Apesar de, no geral, a chuva média distribuída na bacia hidrográfica ter fechado o quadrimestre chuvoso (janeiro a abril) próximo a média histórica, houve anomalia negativa apenas no mês de janeiro, tendo ocorrido 127 mm, 69 mm a menos que a média esperada para a bacia hidrográfica nesse mês. Este déficit de chuva ocorreu em todas as regiões, principalmente a jusante de Caxias, onde as regiões 3, 4, 5 e 6 da Figura 3 apresentaram respectivas anomalias negativas de 43, 44, 52 e 68 %.

No mês de fevereiro houve chuvas acima da média em toda a área a montante de Cantanhede (regiões 1, 2, 3,4 e 5 da Figura 3), tendo ocorrido no referido mês um acumulado de 273 mm, que corresponde a 41 mm a mais que o esperado, e maior concentração de chuvas na região central da bacia, entre Montevideú e Cantanhede. De forma mais detalhada a área de drenagem a montante de Montevideú (região 1 da Figura 3) apresentou um acumulado mensal de 222 mm (15% a mais que o esperado), a área entre Montevideú e Caxias (região 2 da Figura 3) apresentou um acumulado mensal de 316 mm (33% a mais que o esperado), entre Caxias e Codó (região 3 da Figura 3) houve 361 mm (35% a mais que o esperado), entre Codó e Coroatá (região 4 da Figura 3) houve 316 mm (21% a mais que o esperado) e entre Coroatá e Cantanhede (região 5 da Figura 3) houve 347 mm (16% a mais que o esperado). Já a área de drenagem compreendida entre Cantanhede e Itapecuru-Mirim (região 6 da Figura 3) apresentou 203 mm, correspondente a um acumulado mensal 34% abaixo do esperado.

No mês de março toda a área da bacia hidrográfica a montante da cidade de Caxias apresentou anomalias de chuvas positivas, enquanto a região a jusante apresentou anomalias negativas, tendo o total da bacia hidrográfica acumulado 265 mm de chuva ante os 255 mm esperados. De forma mais detalhada a área de drenagem a montante de Montevideú (região 1 da Figura 3) apresentou um acumulado mensal de 263 mm (28% a mais que o esperado) e a área entre Montevideú e Caxias (região 2 da Figura 3) apresentou um acumulado mensal de 293 mm (8% a mais que o esperado). Já a área de drenagem compreendida entre Caxias e Codó (região 3 da Figura 3) apresentou 269 mm (11% a menos que o esperado), entre Codó e Coroatá (região 4 da Figura 3) houve 244 mm (18% a menos que o esperado), entre Coroatá e Cantanhede (região 5 da Figura 3) houve

228 mm (30% a menos que o esperado) e entre Cantanhede e Itapecuru-Mirim (região 6 da Figura 3) ocorreram 232 mm de chuva, correspondente a um acumulado mensal 34% abaixo do esperado.

O mês de abril seguiu a tendência de março, onde toda a área da bacia hidrográfica a montante da cidade de Caxias apresentou anomalias de chuvas positivas, enquanto a região a jusante apresentou anomalias negativas. A área de drenagem a montante de Montevidéu apresentou um acumulado mensal de 199 mm (41% a mais que o esperado) e a área entre Montevidéu e Caxias apresentou um acumulado mensal de 238 mm (2% a mais que o esperado). Já a área de drenagem compreendida entre Caxias e Codó apresentou 242 mm (9% a menos que o esperado), entre Codó e Coroatá houve 232 mm (9% a menos que o esperado), entre Coroatá e Cantanhede houve 249 mm (22% a menos que o esperado) e entre Cantanhede e Itapecuru-Mirim ocorreram 296 mm de chuva, correspondente a um acumulado mensal 14% abaixo do esperado.

5.2. Fluviometria

Neste ano de 2024 a cheia do rio Itapecuru se comportou dentro do intervalo temporal esperado, com seu pico sendo atingido nos pontos de monitoramento entre os meses de março a abril. A distribuição da chuva com anomalias prioritariamente positivas na porção sul da bacia hidrográfica e negativas na porção norte, conforme descrito no Item 5.1, refletiu picos de cheia com maiores Tempos de Recorrência (TR) nas estações de montante e menores nas de jusante, variando entre 6 e 2 anos de recorrência, respectivamente.

Apesar de terem ocorrido quatro eventos de inundação, três em Caxias e um em Codó, no geral a cheia deste ano ocorreu dentro da normalidade, não havendo registro de grandes transtornos nas cidades monitoradas. A Tabela 6 apresenta as cotas máximas registrada nos pontos de monitoramento e os Tempos de Retorno obtidos pelas vazões médias diárias registradas no pico da cheia e aplicadas na distribuição probabilística de Gumbel.

Tabela 6. Cotas máximas observadas e tempo de recorrência (TR) da cheia de 2024.

Código	Estação	Cota de Inundação (m)	Cota Máxima (m)	Data	Vazão média diário do pico da cheia (m ³ /s)	TR (anos)
33530000	Montevidéu	-	6,35	18/04/2024 23:30	274	6
33550000	Caxias	6	6,91	26/03/2024 22:00	340	4
33590000	Codó	7,47	7,52	04/04/2024 15:45	732	4
33630000	Coroatá	10,28	9,33	15/04/2024 22:15	815	2
33680000	Cantanhede	13,6	13,16	31/03/2024 21:45	1343	2
33690100	Itapecuru-Mirim	14,6	13,84	31/03/2024 22:45	*	*

*Estação não dispõe de série histórica que permita o cálculo

As Figuras de 4 a 8 apresentam a variação da vazão do rio Itapecuru entre janeiro e maio de 2024 na estação Montevidéu (33530000) e nas cidades beneficiadas, bem como as vazões medianas e as faixas dos valores considerados normais (frequência entre 10% e 90% - região transparente do gráfico). Considerando que nos últimos anos houveram mudanças nas referências de nível das réguas Cantanhede e Caxias, optou-se por adotar a vazão como variável de comparação de magnitude da cheia em relação ao histórico de monitoramento, pois as curvas-chave das referidas estações foram recalibradas para absorver tais mudanças. No caso da estação de Itapecuru-Mirim (33690100), devido a sua instalação recente e a não realização de medições de descarga líquida, a comparação da cheia de 2024 está sendo feita apenas com a cheia de 2023 em termos de cota, conforme mostra a Figura 9.

Na estação Montevidéu (33530000) a situação mais comum foi a manutenção do nível do rio Itapecuru dentro da faixa de valores mais frequentes (região transparente da Figura 4), tendo permanecido com vazões abaixo do esperado até meados de fevereiro, quando cruzou a linha de vazões medianas, tendo permanecido até meados do mês de maio com volumes de água corrente acima da média e durante quase todo o mês de abril com vazões dentre as 10% mais altas (região azul da Figura 4) já registradas na série histórica da estação para

os referido mês. A maior cota foi observada no dia 18 de abril, 6,35 m às 23:30, com um tempo de retorno da ordem de 6 anos, sendo a nona maior cheia dentre os 50 anos de monitoramento.

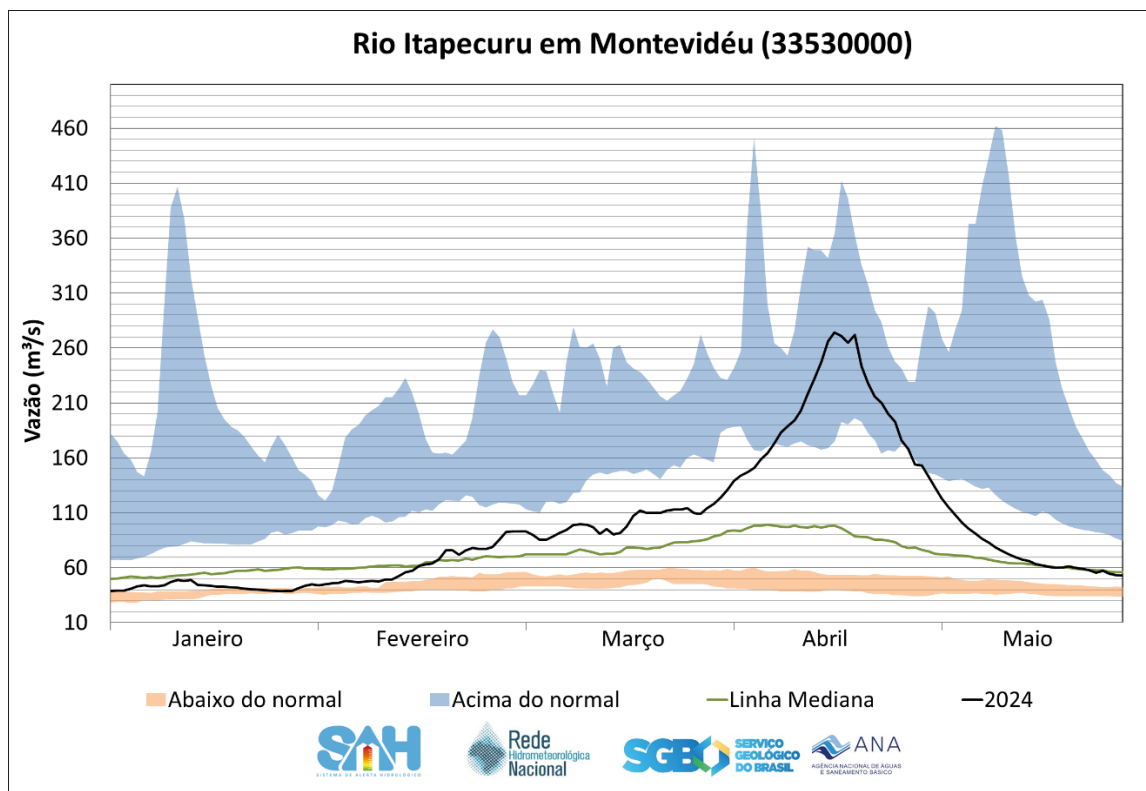


Figura 4. Variação da vazão do rio Itapecuru na estação Montevidéu (33530000).
*Obs.: Cotas de referência (Atenção, Alerta e Inundação) não definidas para a estação

Em Caxias (33550000), assim em Montevidéu, as cotas do rio Itapecuru se mantiveram abaixo da média até a primeira quinzena de fevereiro. A partir daí a intensificação das chuvas levou o rio a apresentar níveis acima da média, porém dentro da faixa de normalidade (região transparente da Figura 5), tendo ultrapassado a cota de alerta e entrado na faixa de vazões acima do normal (região azul da Figura 5) apenas de forma pontual no mês de março até meados de abril, quando passou a ficar permanentemente na zona das 10% maiores vazões históricas do referido ponto de monitoramento, voltando a ter vazões próximas à média no mês de maio.

Foram observados três eventos de inundação em Caxias (cota acima de 6 metros), o primeiro entre os dias 26 e 27 de março, com cota máxima horária de

6,91 m às 21:15 h do dia 26/03/2024, o segundo entre 07 e 10 de abril, com cota máxima horária de 6,78 m às 03:30 h do dia 09/04/2024, e o último entre os dias 20 e 26 de abril, com cota máxima horária de 6,59 m às 04:00 h do dia 24/04/2024.

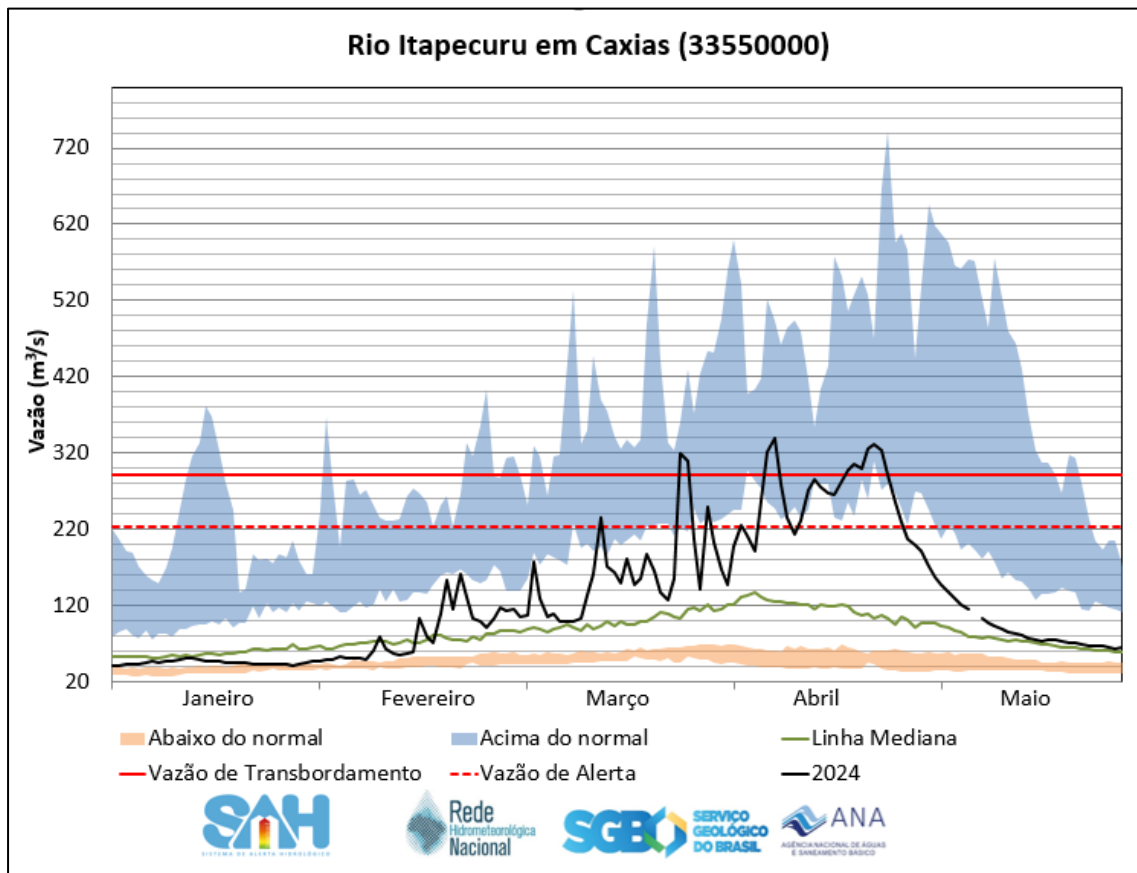


Figura 5. Variação da vazão do rio Itapecuru em Caxias/MA.

A análise das vazões máximas deve comparar as médias registradas em cada dia, considerando-se que o monitoramento da estação de Caxias começou no ano de 1963, que na época do início do monitoramento não havia equipamentos automáticos coletando dados a cada 15 minutos e que a comparação histórica deve levar em consideração as mesmas variáveis. Nesse sentido, apesar do maior pico horário ter sido registrado no dia 26 de março, ele teve duração mais curta que outros picos de ondas de cheia neste ano de 2024, em termos de cotas e vazões médias diárias o pico ocorrido em 09 de abril foi o maior, tendo ocorrida uma vazão de 340 m³/s, sendo estimado um tempo de

retorno da ordem de 4 anos. Dentre os 62 anos de monitoramento, esta foi a 13ª maior cheia na estação.

Já em Codó (33590000) a vazão do rio Itapecuru, se apresentou com elevações e recessões mais acentuadas, onde a partir de meados de fevereiro oscilou bastante entre a faixa de normalidade e a região acima de 10% de permanência (Figura 6), tendo atingido a cota de “Alerta” quatro vezes no mês de março e outras quatro no mês de abril, chegando ao patamar de “Inundação” apenas uma vez, no dia 04 de abril, onde foi atingida a cota de 7,52 m às 15:45, o que representa apenas 5 cm de lâmina d’água acima da cota de inundação. Em termos de vazão, estima-se um tempo de retorno da ordem de 4 anos, sendo a 17ª maior cheia dentre os 57 anos de monitoramento.

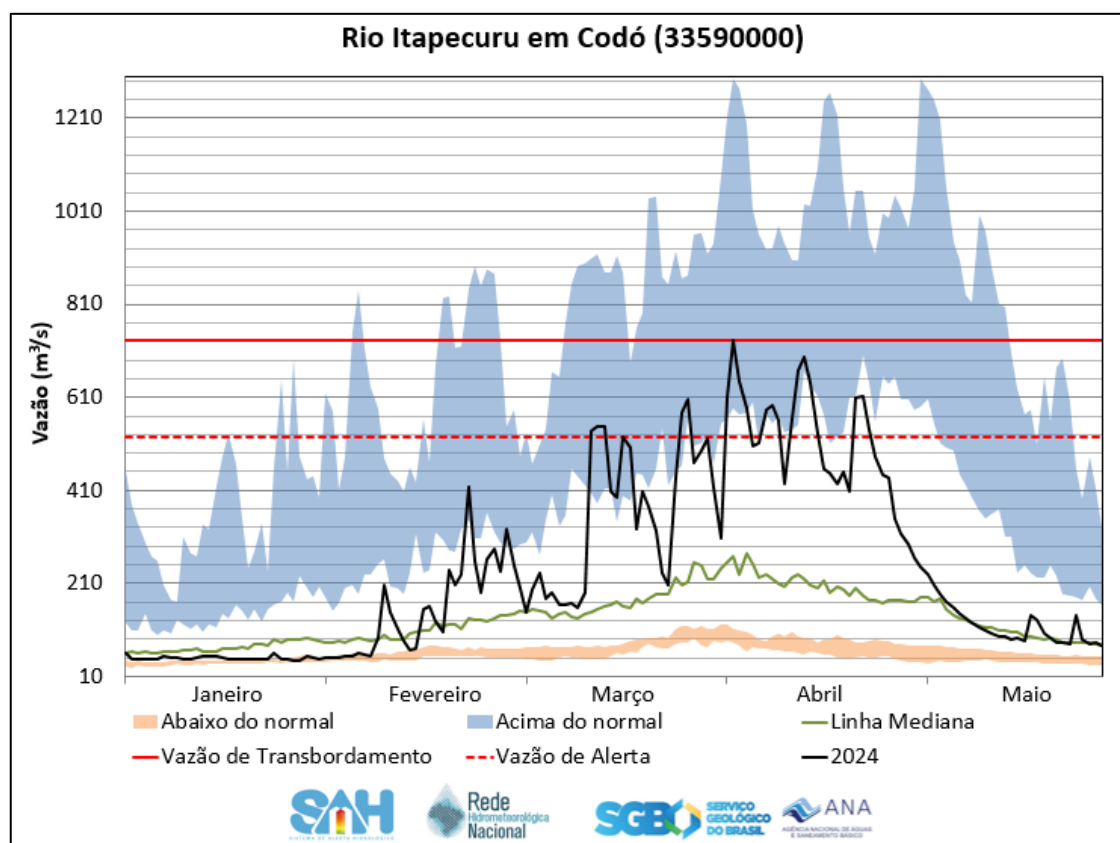


Figura 6. Variação da vazão do rio Itapecuru em Codó/MA.

Como reflexo das anomalias negativas de chuva ocorridas na bacia hidrográfica do rio Itapecuru em toda a região a jusante de Caxias nos meses de março e abril, os volumes de água que se propagaram de montante não foram suficientemente grandes para compensar esse déficit de chuva e gerar vazões acima do esperado nas estações de Coroatá (33630000) e Cantanhede (33680000). Nessas duas localidades o rio Itapecuru permaneceu majoritariamente com vazões dentro da faixa de normalidade, estando as vazões máximas registradas em ambas as localidades com Tempo de Recorrência estimado em apenas 2 anos.

Apesar das vazões dentro da faixa de normalidade, ainda foram registrados atingimento de cotas de “Alerta” em Coroatá (3 vezes entre março e abril) e Cantanhede (1 vez em março). As Figuras 7 e 8 detalham o comportamento do rio Itapecuru nas referidas cidades, respectivamente.

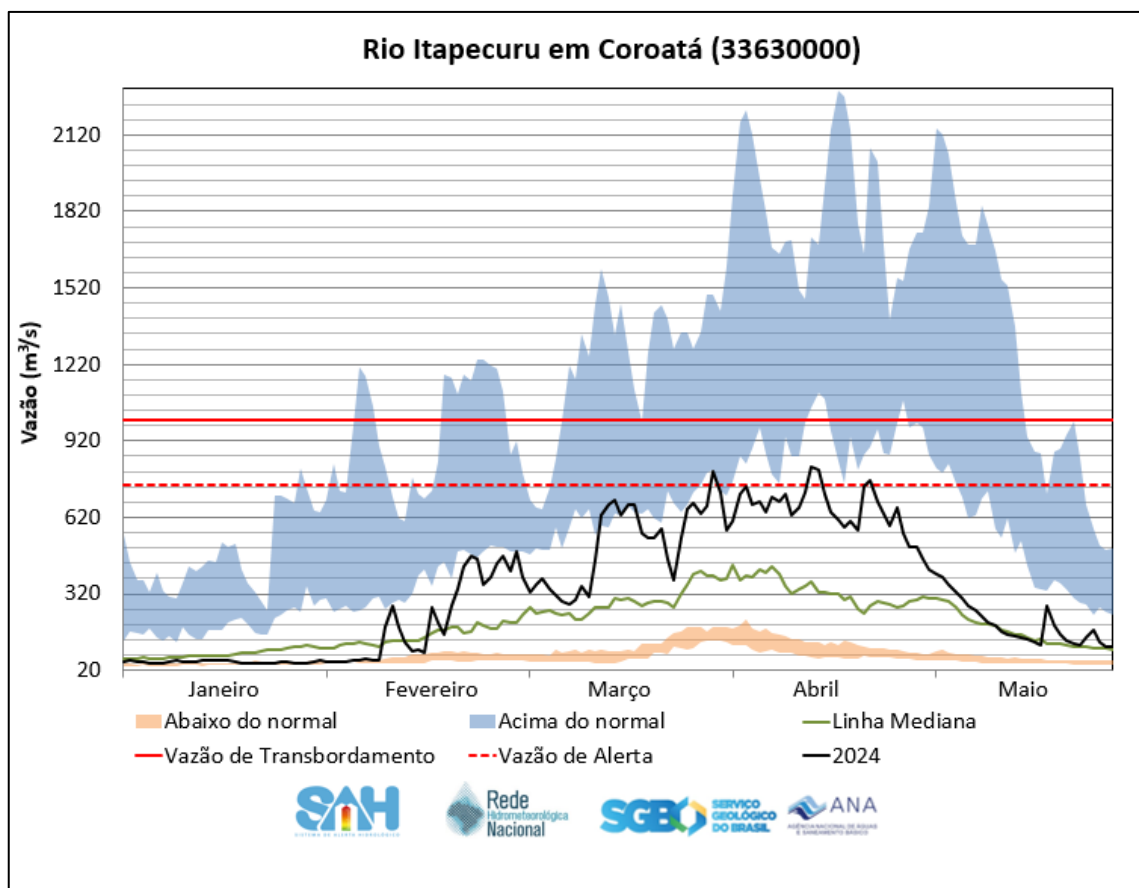


Figura 7. Variação da vazão do rio Itapecuru em Coroatá/MA.

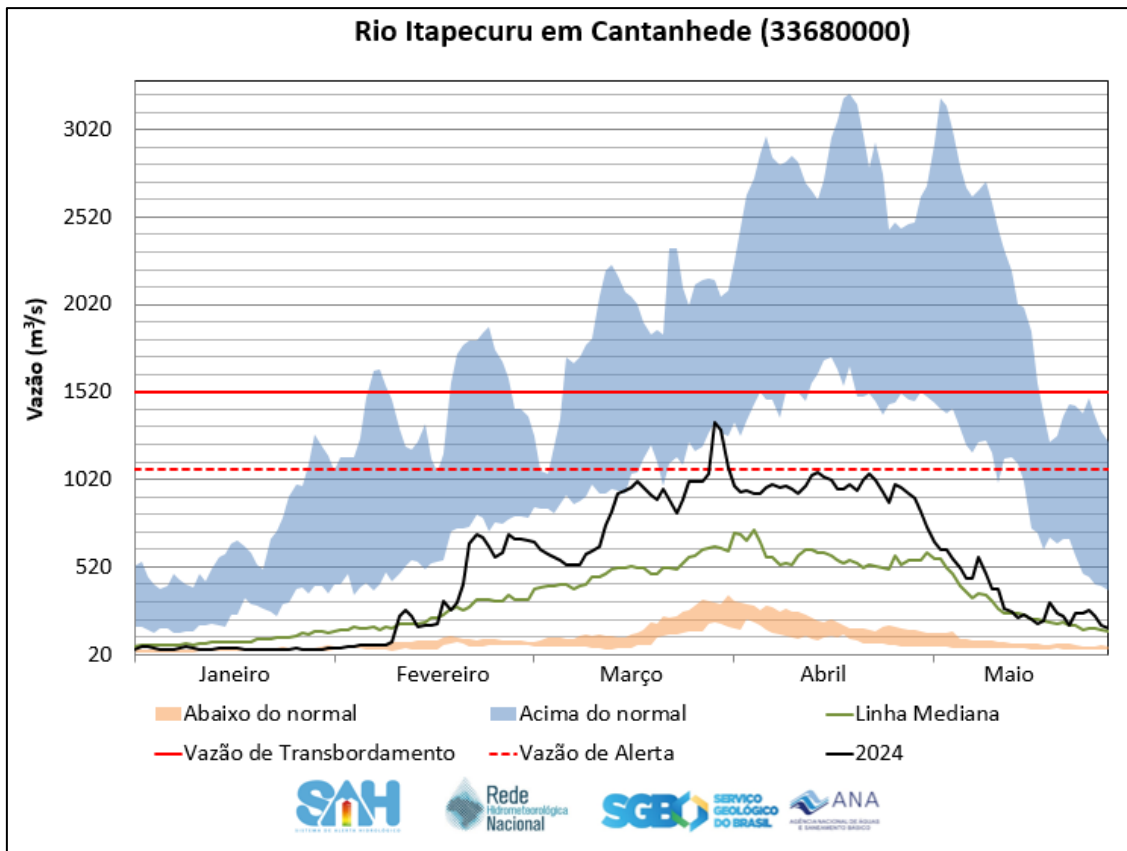


Figura 8. Variação da vazão do rio Itapecuru em Cantanhede/MA.

Na cidade de Itapecuru-Mirim o rio Itapecuru seguiu um comportamento semelhante ao apresentado em Cantanhede, onde foi superada a cota de “Alerta” apenas uma vez, no dia 31 de março, atingindo-se uma cota máxima de 13,84 m. A Figura 9 mostra a variação de cotas de 2024 em comparação com as cotas apresentadas em 2023, tendo o ano atual apresentado uma cheia de magnitude bem menor, assim como nas estações de montante.

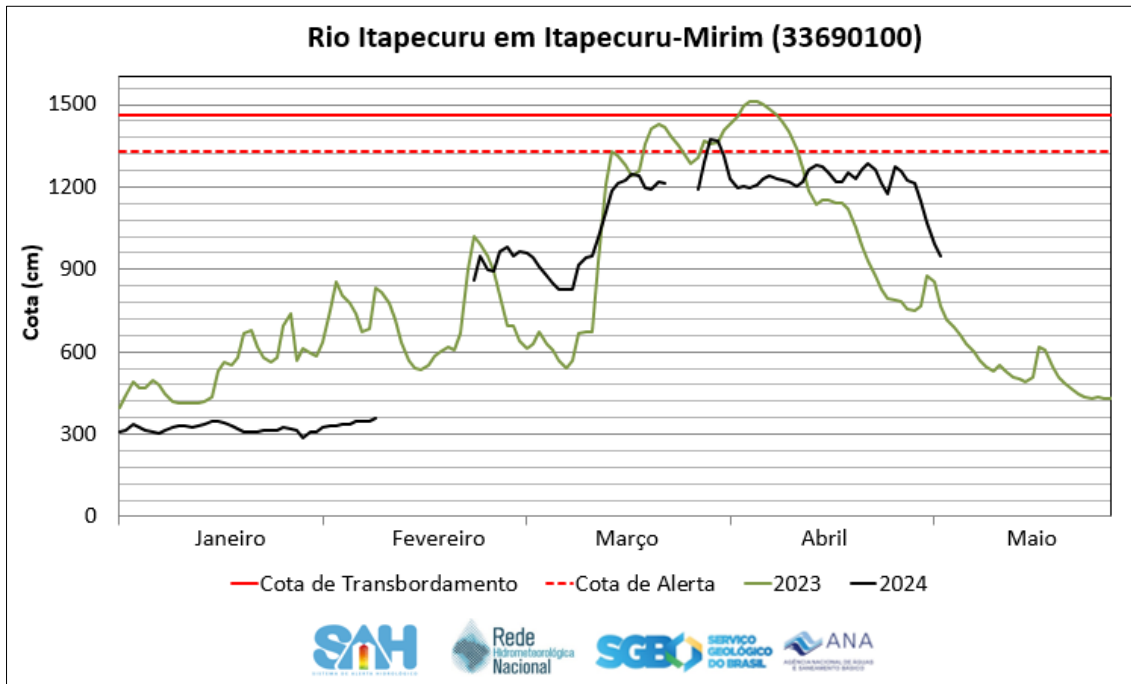


Figura 9. Variação do nível do rio Itapecuru em Itapecuru-Mirim/MA.

6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A operação sistemática de 2024 do SAH Itapecuru se estendeu desde meados de fevereiro até o dia 24 de maio, tendo sido emitidos 14 boletins semanais de monitoramento, contemplando o balanço pluviométrico trimestral, a análise das precipitações e comportamento do rio nos 7 dias que antecederam os boletins, a previsão pluviométrica para 15 dias a frente e o prognóstico hidrológico correspondente. As datas das publicações estão listadas na Tabela 7.

Além disso, foram emitidos 115 boletins extraordinários de alerta hidrológico sempre que a cota do rio suplantou a condição de alerta em alguma das cidades beneficiadas, informando às Defesas Civas e às autoridades estaduais e municipais sobre a previsão de comportamento de curto prazo do rio Itapecuru, auxiliando no planejamento e nas tomadas de decisões para proteção social. Ao longo da cheia de 2024 houve dois períodos bem definidos de emissão desses boletins, conforme discriminado na Tabela 8.

Tabela 7. Data das emissões dos Boletins de Monitoramento Hidrológico.

Boletim Semanal	Data de Emissão	Boletim Semanal	Data de Emissão
Nº 1	19/02/2024	Nº 8	09/04/2024
Nº 2	27/02/2024	Nº 9	16/04/2024
Nº 3	04/03/2024	Nº 10	23/04/2024
Nº 4	12/03/2024	Nº 11	30/04/2024
Nº 5	19/03/2024	Nº 12	08/05/2024
Nº 6	26/03/2024	Nº 13	14/05/2024
Nº 7	03/04/2024	Nº 14	24/05/2024

Tabela 8. Períodos das emissões dos Boletins de Alerta Hidrológico.

Período	Nº de Boletins
13 a 18 de março	14
26 de março a 28 de abril	101

O primeiro intervalo temporal de emissão de boletins de alerta se desenvolveu entre os dias 13 e 18 de março, devido a uma onda de cheia que iniciou na cidade de Codó e se estendeu para as cidades à jusante. No período foram emitidos 14 boletins de alerta, não tendo sido observados eventos de inundação.

Acompanhando os efeitos de precipitações acima da média ocorridas nos meses de fevereiro, março e abril sobre a bacia hidrográfica, a vazão oriunda da água acumulada no solo ao longo deste período chuvoso contribuiu para manter a cota do rio Itapecuru em um patamar elevado, onde a partir do final de março precipitações acima de 25 mm em 24 horas nas regiões entorno de Caxias e Codó eram suficientes para elevar a cota do rio nessas duas cidades para a situação de “Alerta” ou “Inundação”.

Essa resposta rápida a chuvas localizadas nas regiões de Caxias e Codó, bem como o tempo de cerca de 5 dias para que a onda de cheia se propagasse de Caxias à Itapecuru-Mirim, demandou a emissão de boletins de alerta praticamente todos os dias no período entre 26 de março e 28 de abril, onde foram emitidos 101 boletins de alerta.

Para divulgação dos boletins, sejam os de monitoramento, sejam os de alerta, foram adotadas as seguintes ferramentas: i) disponibilização no endereço eletrônico <http://www.sgb.gov.br/sace/>; ii) encaminhamento via e-mail; iii)

divulgação em grupo específico do Whatsapp onde participam os representantes das prefeituras e do Corpo de Bombeiros.

Dos canais de comunicação é explícito o alcance mais efetivo do grupo de Whatsapp, tanto pela velocidade com que as informações são trocadas, quanto pela maior iteração permitida. O grupo possui ao menos um representante de cada município como administrador e a presença dos bombeiros militares permitiu que o grupo se mantivesse sempre focado em questões técnicas, facilitando a difusão de eventuais alertas.

7. CONCLUSÕES

Mesmo com a ocorrência de chuvas classificadas como dentro da média, considerando o quadrimestre mais chuvoso da região, as chuvas concentradas na porção superior da bacia hidrográfica durante três meses consecutivos levaram o rio Itapecuru a suplantarem a cota de inundação nas cidades de Caxias e Codó, porém não gerando vazão suficiente para o extravasamento do rio nas cidades de Coroatá, Cantanhede e Itapecuru-mirim, devido ao déficit de chuva na região mais baixa da bacia.

Em Caxias/MA, a cota máxima alcançada pelo rio foi de 6,91 m correspondendo a uma lâmina de inundação de 91 cm. O nível máximo do rio Itapecuru foi alcançado no dia 26 de março de 2024, tendo um tempo de recorrência estimado em 4 anos.

Já em Codó/MA, a cota máxima alcançada pelo rio foi de 7,52 m correspondendo a uma lâmina de inundação de 5 cm. O nível máximo do rio Itapecuru foi alcançado no dia 04 de abril de 2024, tendo um tempo de recorrência estimado também em 4 anos.

Em função da cheia, o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru emitiu, no ano de 2024, 101 boletins de alerta hidrológico, em dois períodos distintos, de 13/03 a 18/03, quando o rio suplantou a cota de alerta em Caxias e Codó, e de 26/03 a 28/04, quando ocorreram cotas de alerta nas cinco cidades monitoradas e inundação em duas.

Também foram emitidos 14 boletins semanais de monitoramento hidrológico, que auxiliaram as Defesas Civas no planejamento futuro, tendo em vista a apresentação das previsões pluviométricas e dos prognósticos hidrológicos.

Em seu quinto ano de funcionamento oficial, o SAH Itapecuru consolidou ainda mais sua importância juntos aos gestores dos órgãos de salvaguarda, auxiliando nas ações de prevenção e redução de prejuízos quando da ocorrência de eventos de cheias, especialmente nas cidades atingidas em 2024. O bom desempenho dos modelos de previsão e o monitoramento em tempo real amplamente divulgado, inclusive em grupo de Whatsapp específico, deram continuidade ao reconhecimento da importância dos trabalhos e auxiliaram, efetivamente, as ações dos órgãos de salvaguarda no apoio às populações atingidas.

8. AGRADECIMENTOS

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2024 só foi possível com a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), operada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) e demais parceiros. Por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) de operação da RHN, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações da RHN, bem como para uso de equipamento de medição.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E. H. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 11, p. 97-113, fev. 2004.

BEZERRA, A. S. **Contribuição à geomorfologia da bacia do Itapecuru, Maranhão**. 1984. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, Rio Claro, SP, 1984.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão - Diretrizes Gerais para a Ordenação Territorial**. Salvador: IBGE, 1997.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONÇALVES., L. G. G.; VILA, DANIEL A. Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. **Weather and Forecasting**, v. 25, n. 3, p. 885-894, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>.