

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



**Relatório Anual do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia
do rio Pomba - 2022**

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Julho 2022

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Relatório Anual do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Pomba - 2022

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS
SUBÁREA: PREVISÃO E ALERTA DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2022)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

São Paulo, 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

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 Claudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

EQUIPE TÉCNICA

Artur José Soares Matos

Caluan Rodrigues Capozzoli

Érico Chaves Fontes Lima

Marcos Figueiredo Salviano

Ricardo Gabriel Bandeira de Almeida

Vanesca Sartorelli Medeiros

PROJETO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO POMBA (SAH-POMBA)

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2022)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

FOTOS DA CAPA: Rio Pomba, próximo à estação de Cataguases. Foto tirada em campanha de campo realizada pelo Técnico em Geociências Vinicius Ramos e o Auxiliar de Campo Rodrigo Ernandes (Dezembro/2021).

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

SALVIANO, Marcos Figueiredo

S184a Relatório Anual do Sistema de Alerta Hidrológico da
bacia do rio Pomba – 2022 / Marcos Figueiredo Salviano,
Artur José Soares Matos. – São Paulo : CPRM, 2022.

1 E-book : PDF – (Relatório de Atividades. Departamento
de Hidrologia. Área: recursos hídricos superficiais. Subárea:
previsão e alerta de enchentes e inundações. Relatório de
atividades, 1)

1. Hidrologia – Metodologia. 2. Hidrometria. 3. Bacia
hidrográfica – rio Pomba. I. Matos, Artur José Soares. II. Título.
III. Série.

CDD 551.48072

Ficha catalográfica elaborada pela DIDOTE

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

APRESENTAÇÃO

As enchentes são fenômenos que ocorrem quando o volume da água que atinge simultaneamente o leito de um curso d'água é superior à capacidade de transporte de sua calha normal, também chamada de leito menor ou calha principal. Quando essa capacidade de escoamento é superada acontece a inundação das áreas ribeirinhas também denominadas como planícies de inundação ou leito maior do rio.

As causas das inundações podem ser principalmente atmosféricas ou geotécnicas. Exemplos de causas atmosféricas são as chuvas intensas em pequenas bacias, precipitações frontais em grandes bacias, ciclones tropicais, furacões e tufões. Fatores geotécnicos podem ser deslizamentos, corrida de detritos, terremotos, rompimento de barragens etc.

As inundações geradas no espaço urbano, também chamada de cheias urbanas, se devem a dois processos que podem ocorrer simultaneamente ou isoladamente. Esses processos são agrupados como inundações ribeirinhas e inundações devido à urbanização.

Uma das formas recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para gerenciar ou reduzir o impacto causado pelas inundações 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, o uso de seguro para não incentivar a ocupação de áreas sujeitas à inundação.

Assim, os sistemas de previsão e alerta de cheias propiciam um caminho bem estabelecido para colaborar na redução do risco de perda de vidas e, dotam as comunidades e os serviços de emergência de tempo para se prepararem para a inundação e proteger os bens materiais.

Neste contexto, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM opera desde 2019 o Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Pomba.

RESUMO

No período de 1 de novembro de 2021 a 11 de abril de 2022, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, por meio da Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP) operou o projeto Sistema de Alerta Hidrológico da bacia hidrográfica do rio Pomba (SAH-Pomba). Para a maior parte da bacia, o período foi mais chuvoso do que a média. Os eventos hidrológicos mais significativos ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro de 2022. O município que passou o maior tempo em inundação foi Santo Antônio de Pádua/RJ (~246 horas). No quantitativo da operação do projeto, foram emitidos 66 boletins extraordinários e 21 boletins de monitoramento.

ABSTRACT

From November 1, 2021 to April 11, 2022, the Geological Survey of Brazil - CPRM, through the São Paulo Regional Superintendence (SUREG/SP) operated the project Hydrological Alert System of the Pomba River Watershed (SAH-Pomba). For most of the basin, the period had higher precipitation volumes than average. The most significant hydrological events occurred in January and February 2022. Of the monitored municipalities, Santo Antônio de Pádua remained in a state of flooding for the longest time (~ 246 hours). In the period, 66 extraordinary bulletins and 21 monitoring bulletins were issued.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	14
2. Área de atuação	15
3. Histórico de inundações.....	18
4. Metodologia e Operação	19
5. Curvas-Chaves	23
6. Dados observados e estimados.....	24
7. Eventos Hidrológicos	28
8. Conclusões	28
9. Agradecimentos	29
10. Referências Bibliográficas	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da bacia hidrográfica do rio Pomba.	16
Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Pomba.	16
Figura 3 - Esquema da modelagem linear.	20
Figura 4 - Páginas do modelo do boletim extraordinário do SAH-Pomba. (A) Tabela com dados hidrológicos das estações. (B) Gráficos com cotagramas, pluviogramas e cotas simuladas para estações do SAH-Pomba.	20
Figura 5 - Páginas do Boletim de Monitoramento. (A) Gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações do SAH-Pomba. (B) Imagem da precipitação estimada pelo produto MERGE.	21
Figura 6 - Plataforma SACE para o SAH-Pomba.	22
Figura 7 - Gráfico da cota na estação de Aperibé.	22
Figura 8 - Dados de cota (cm) e precipitação (mm) da estação de Astolfo Dutra em formato tabular disponibilizados no SACE-Pomba. Dados com resolução temporal de 15 minutos.	22
Figura 9 – Cotagrama de Astolfo Dutra entre 01/11/2021 e 31/03/2022: cota (linha preta), faixa entre a cota mínima e o percentil 10% (preenchimento laranja), mediana (linha verde), faixa entre percentil 90% e cota máxima (preenchimento azul), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).	25
Figura 10 – Similar à Figura 9, exceto para Usina Maurício.	25
Figura 11 - Similar à Figura 9, exceto para Cataguases.	25
Figura 12 - Similar à Figura 9, exceto para Santo Antônio de Pádua.	26
Figura 13 - Similar à Figura 9, exceto para Aperibé.	26

Figura 14 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2021 e março/2022. Dados estimados do produto MERGE.27

Figura 15 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro de 2021 e março de 2022 e a média do período. Dados estimados do produto MERGE.28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das estações do SAH-Pomba. 1ª coluna: nome da estação. 2ª coluna: código fluviométrico. 3ª coluna: código pluviométrico. 4ª coluna: latitude. 5ª coluna: longitude.....	16
Tabela 2 - Níveis de Atenção, Alerta e Inundação das estações hidrometeorológicas do SAH-Pomba.....	17
Tabela 3- População dos municípios atendidos pelo SAH-Pomba.....	17
Tabela 4 – Cotas máximas observadas nas estações fluviométricas pertencentes ao SAH-Pomba.....	18
Tabela 5 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Santo Antônio de Pádua e Aperibé. 1ª coluna: Ordem decrescente dos eventos. 2ª e 3ª colunas: cotas máximas (cm) e datas dos eventos em Santo Antônio de Pádua. 4ª e 5ª coluna: cotas máximas (cm) e datas dos eventos em Aperibé.....	19
Tabela 6 - Parâmetros das equações de curva-chave das estações do SAH-Pomba.....	24

1. INTRODUÇÃO

No período de 1 de novembro de 2021 a 11 de abril de 2022, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, por meio da Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP) operou o projeto Sistema de Alerta Hidrológico da bacia hidrográfica do rio Pomba (SAH-Pomba). Este foi o terceiro ano de operação do SAH-Pomba.

O projeto tem como objetivo o monitoramento do regime hidrológico dos rios na bacia do rio Pomba. Em situações de cheias, são aplicadas equações que possibilitam a previsão de cotas futuras. Nestas situações são emitidos boletins de alerta hidrológico para que as instituições responsáveis adotem as medidas preventivas necessárias para reduzir os impactos nas regiões atingidas. O monitoramento é realizado por intermédio da observação automática da precipitação (pluviômetros automáticos de báscula) e da cota (sensores de pressão e radares hidrológicos). Estes dados são armazenados em uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) e transmitidos via satélite (GOES 16) em intervalos de 1 hora.

A previsão da ocorrência de eventos de inundação possibilita a execução de ações preventivas e mitigadoras por instituições como as Defesas Civas (municipal e estadual), prefeituras e corpo de bombeiros antes da ocorrência do evento, para assim minimizar os impactos sociais e materiais nas áreas que serão atingidas pela inundação. O sistema de alerta hidrológico ainda ajuda a suprir a demanda por dados confiáveis e precisos na bacia hidrográfica de estudo.

Ao longo do período de funcionamento do projeto, foram realizadas previsões internas três vezes ao dia (0800, 1500 e 2200 UTC-3) para a verificação da necessidade da emissão de boletins de alerta hidrológico.

2. ÁREA DE ATUAÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Pomba possui uma área de drenagem de 8.574 km². O rio Pomba nasce na Serra Conceição, localizada na cadeia da Serra da Mantiqueira, em Barbacena, à 1.100 m de altitude. Depois de percorrer 265 km, atinge a foz no Paraíba do Sul. Os principais afluentes são os rios Novo, Piau, Xopotó, Formoso e Pardo. A direção predominante do fluxo do rio é no sentido oeste para leste.

As principais cidades localizadas nessa bacia, com mais de 20.000 habitantes são: Cataguases, Leopoldina, Santos Dumont, São João Nepomuceno, Ubá, Visconde do Rio Branco, em território mineiro e Santo Antônio de Pádua e Miracema em território fluminense.

Na Figura 1 está apresentado o mapa da bacia, enquanto que as estações que constituem o SAH-Pomba estão expostas na Tabela 1. O diagrama unifilar da bacia está apresentado na Figura 2.

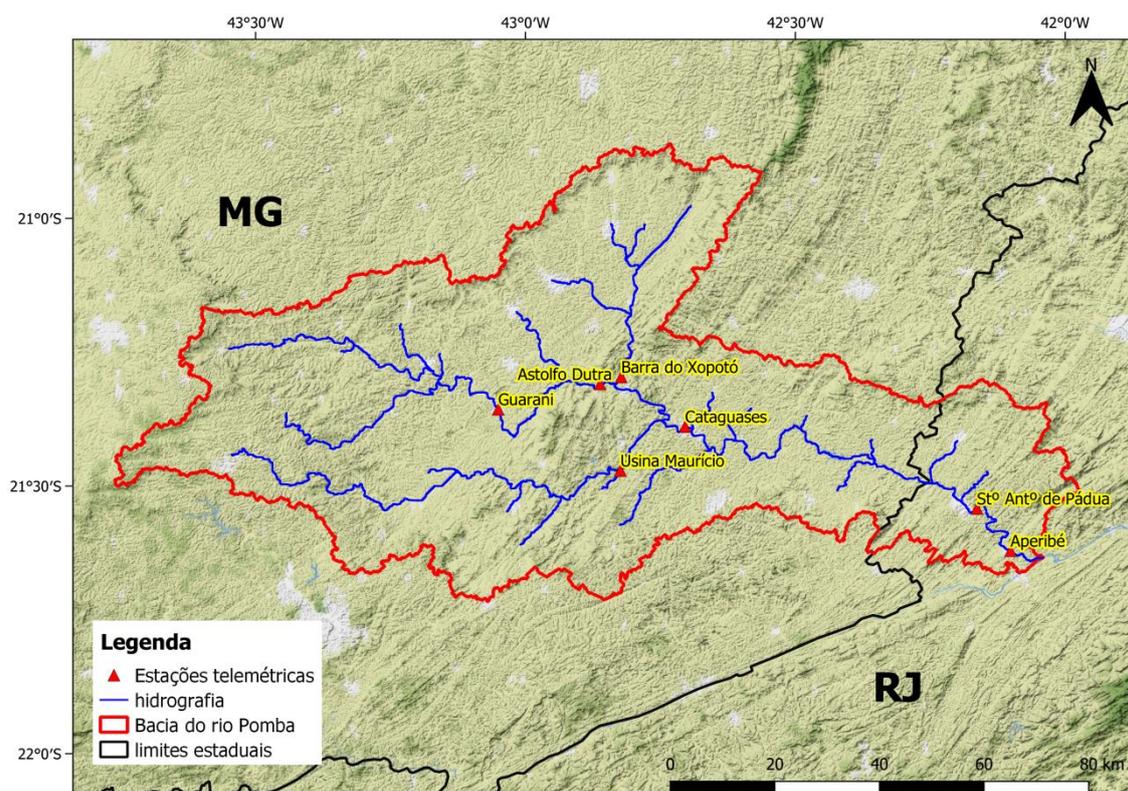


Figura 1 – Mapa da bacia hidrográfica do rio Pomba.

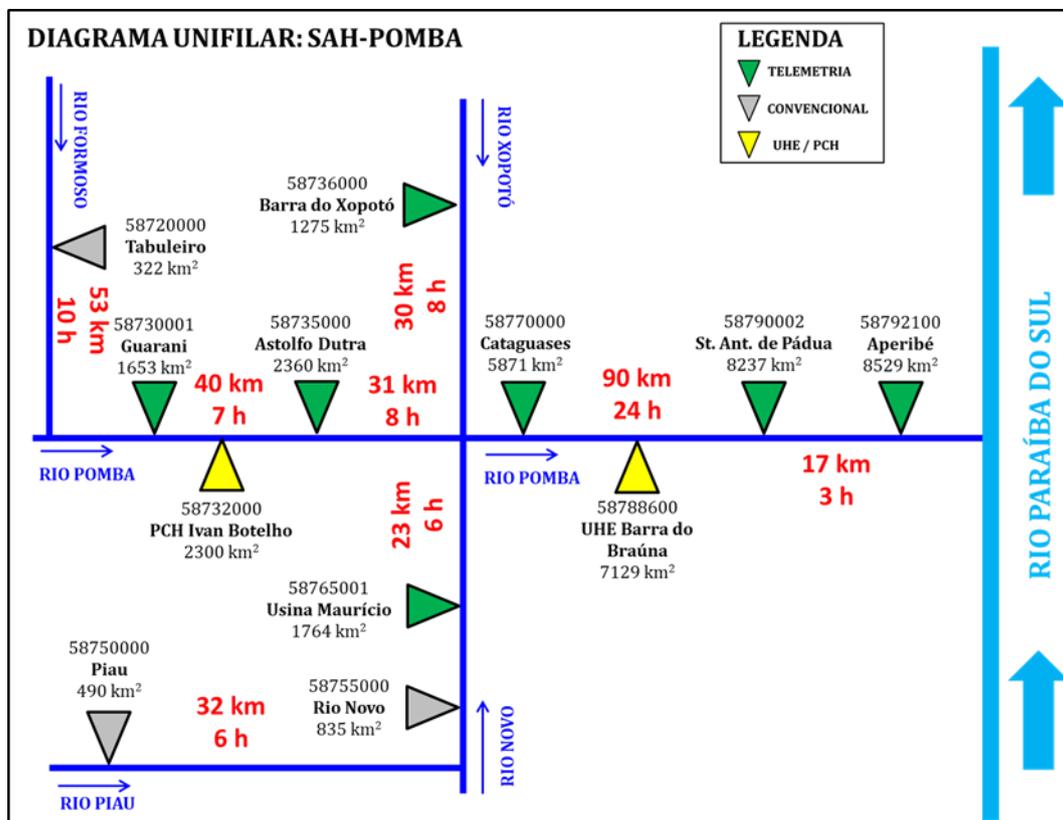


Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Pomba.

Tabela 1 - Lista das estações do SAH-Pomba. 1ª coluna: nome da estação. 2ª coluna: código fluviométrico. 3ª coluna: código pluviométrico. 4ª coluna: latitude. 5ª coluna: longitude.

Estação	Código F	Código P	Rio	Latitude	Longitude
Guarani	58730001	02143001	Pomba	21°21'20''S	43°03'00''W
Usina Maurício	58765001	02142006	Novo	21°28'24''S	42°49'32''W
Barra do Xopotó	58736000	-	Xopotó	21°17'35''S	42°49'12''W
Astolfo Dutra	58735000	02142000	Pomba	21°18'32''S	42°51'42''W
Cataguases	58770000	02142001	Pomba	21°23'23''S	42°42'06''W
Sto. Ant. de Pádua II	58790002	02142067	Pomba	21°32'15''S	42°09'28''W
Aperibé	58792100	-	Pomba	21°37'15''S	42°06'03''W

Para o período, as estações telemétricas de Guarani e Barra do Xopotó não estavam em pleno funcionamento. Guarani estava sem a PCD (PCD foi reinstalada em abril de 2022) e Barra do Xopotó estava sem o sensor de nível (sensor deverá ser instalado em junho de 2022).

No contexto dos SAHs operados pela CPRM – Serviço Geológico de Brasil, as cotas de referência associadas às inundações graduais seguem as seguintes definições:

- **Cota de Atenção:** 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.

Na Tabela 2 estão apresentadas as cotas de referência das estações do SAH-Pomba, com exceção de Usina Maurício. As cotas de Inundação Severa ainda não foram definidas.

Tabela 2 - Níveis de Atenção, Alerta e Inundação das estações hidrometeorológicas do SAH-Pomba.

Estação	Cota de Atenção (cm)	Cota de Alerta (cm)	Cota de Inundação (cm)
Guarani	300	400	500
Barra do Xopotó	300	500	700
Astolfo Dutra	300	400	600
Usina Maurício	#	#	#
Cataguases	350	450	550
Sto. Ant. de Pádua II	240	275	310
Aperibé	200	260	360

Foram elaboradas equações para os municípios de Santo Antônio de Pádua e Aperibé (Tabela 3), com previsões de 8 e 11 horas de antecedência, respectivamente.

Tabela 3- População dos municípios atendidos pelo SAH-Pomba.

Município	UF	População (IBGE, 2010)
Santo Antônio de Pádua	RJ	40.589
Aperibé	RJ	10.213

3. HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES

Desde o início do início do monitoramento fluviométrico da bacia, na década de 1930, a cota de inundação é superada na maioria dos anos. Das inundações do passado, é possível destacar as dos anos 1951, 1961, 1979 e 1991.

Em março de 2003, um acidente industrial resultou em um despejo de 1,2 bilhão de litros de dejetos químicos no Rio Pomba. A mancha tóxica rapidamente atingiu o Rio Paraíba do Sul afetando 39 municípios da Zona da Mata e 8 cidades do Norte Fluminense.

Em 17 de dezembro de 2008, as inundações ocorridas na bacia causaram prejuízos e transtornos sociais, ambientais e econômicos nas áreas atingidas. A enchente foi causada pelo altíssimo volume acumulado precipitado nas cabeceiras da bacia, onde as chuvas duraram cerca de uma semana.

Em janeiro de 2012, devido á chuvas e inundações intensas, o Governo do Estado do Rio e Janeiro homologou o decreto de situação de emergência em sete municípios do Norte e do Noroeste Fluminense.

Em janeiro de 2021, após um evento de chuva intensa nas regiões da Zona da Mata Mineira e Sul Espírito-Santense, 84 municípios decretaram estado de calamidade ou emergência, com 7 óbitos e 40 mil desalojados (CEMADEN, 2020).

Na Tabela 4 estão apresentadas as cotas máximas históricas das estações fluviométricas do SAH-Pomba.

Tabela 4 – Cotas máximas observadas nas estações fluviométricas pertencentes ao SAH-Pomba.

Estação	Cota máxima (cm)	Data
Guarani	625	14/02/2022
Usina Maurício	1020	06/02/1979
Barra do Xopotó	700	02/01/2012
Astolfo Dutra	552	17/12/2008
Cataguases	985	18/12/2008
Sto. Ant. de Pádua II	450	04/01/2012
Aperibé	495	11/01/2020

Na Tabela 5 estão enumerados os dez (10) eventos de maior na cota nos municípios com previsão: Santo Antônio de Pádua (dados desde 2001) e Aperibé (dados desde 2014).

Tabela 5 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Santo Antônio de Pádua e Aperibé. 1ª coluna: Ordem decrescente dos eventos. 2ª e 3ª colunas: cotas máximas (cm) e datas dos eventos em Santo Antônio de Pádua. 4ª e 5ª coluna: cotas máximas (cm) e datas dos eventos em Aperibé.

Ordem	Santo Antônio de Pádua		Aperibé	
	Cota (cm)	Data	Cota (cm)	Data
1	450	04/01/2012	495	11/01/2022
2	425	11/01/2022	466	14/02/2020
3	407	15/02/2020	438	26/01/2020
4	383	26/01/2020	400	06/03/2020
5	382	17/01/2004	398	09/02/2022
6	375	01/01/2009	360	13/03/2018
7	373	22/01/2003	309	12/12/2019
8	372	06/03/2020	290	15/12/2016
9	372	29/12/2010	288	05/01/2021
10	363	06/01/2007	255	16/11/2016

4. METODOLOGIA E OPERAÇÃO

Para realizar a previsão hidrológica de níveis em tempo real é utilizada a metodologia de Modelagem Linear.

Um sistema linear se baseia no princípio da superposição: x_1 é uma entrada do sistema que produz a saída y_1 . Da mesma forma, a entrada x_2 resulta na saída y_2 do mesmo sistema. O princípio de superposição é válido quando, a entrada x_1+x_2 produzir a saída y_1+y_2 neste mesmo sistema.

A aplicação do modelo também pressupõe o princípio da homogeneidade, em que se existem n entradas no sistema, de tal forma que: $x_1 = x_2 = x_3 \dots = x_n$. Neste caso a equação que descreve o fenômeno físico deverá ser válida para qualquer dado de entrada (x_n). O sistema é linear quando “ n x_1 ” produz a saída “ n y_1 ” (Figura 3).

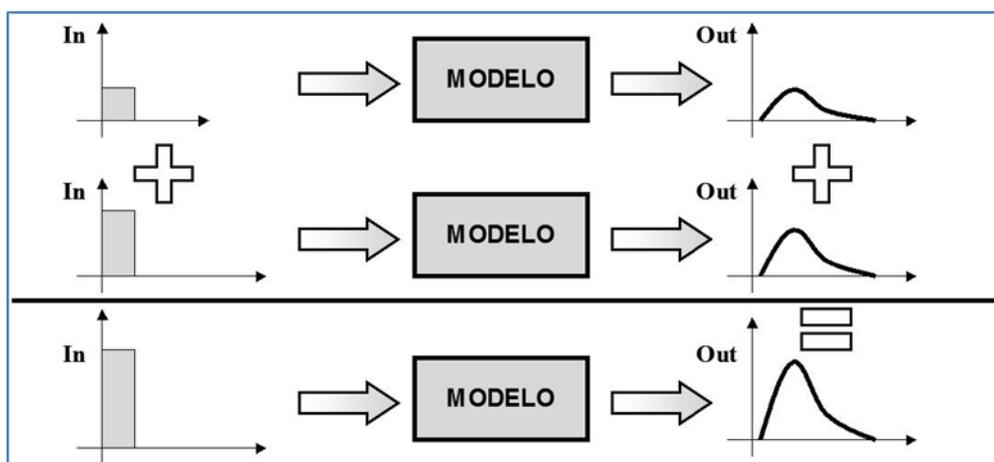


Figura 3 - Esquema da modelagem linear.

Para a realização das previsões de cotas futuras, foram utilizadas as equações empíricas que adotam como dados de entrada as vazões das estações a montante da estação a ser modelada. A planilha utilizada tem como função ordenar os dados provenientes das estações, aplicar as equações de previsão de cotas futuras e gerar o boletim de alerta hidrológico (Figura 4) caso seja necessário enviá-lo.

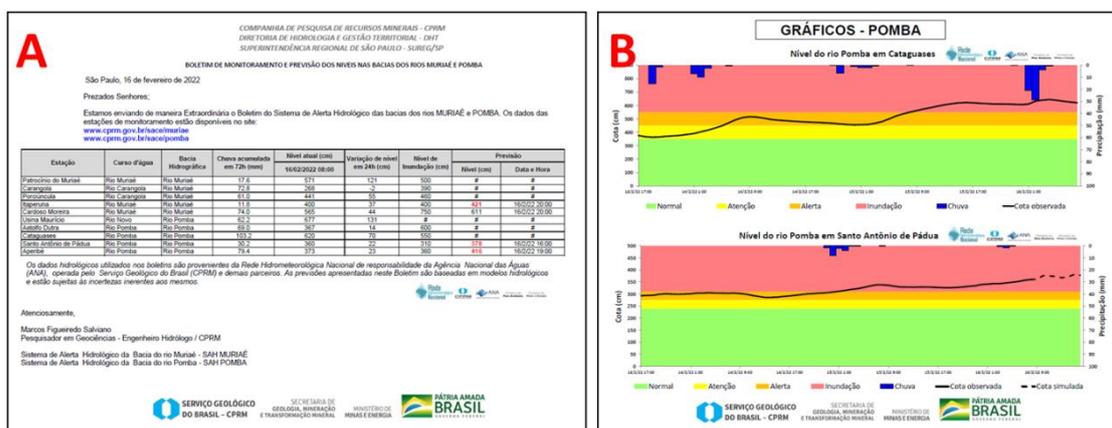
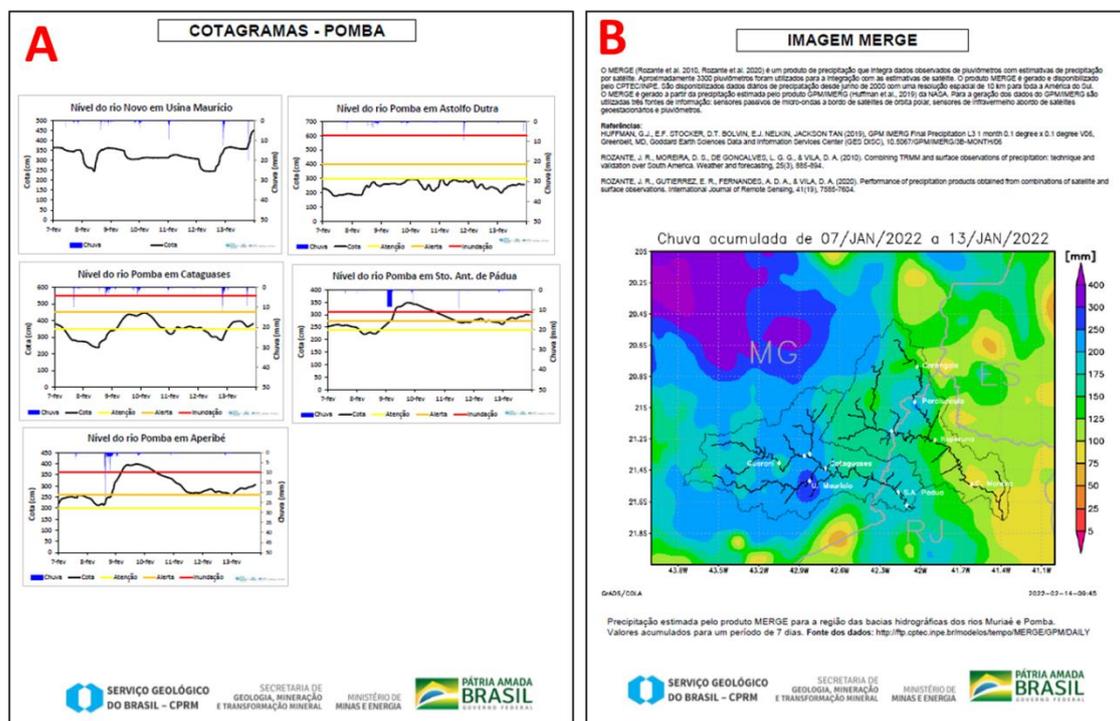


Figura 4 - Páginas do modelo do boletim extraordinário do SAH-Pomba. (A) Tabela com dados hidrológicos das estações. (B) Gráficos com cotogramas, pluviogramas e cotas simuladas para estações do SAH-Pomba.

Além dos boletins de alerta hidrológicos, são emitidos boletins de monitoramento hidrológico (Figura 5) com frequência semanal. Estes boletins tem o objetivo de apresentar de uma forma resumida o comportamento hidrológico da semana anterior das estações monitoradas. Os dados são apresentados de forma tabular e por gráficos, além do mapa da precipitação

estimada pelo produto MERGE, o que permite uma análise da variabilidade espacial da precipitação.



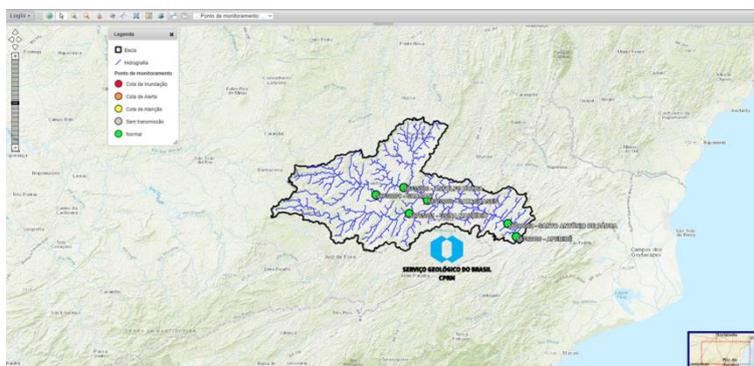


Figura 6 - Plataforma SACE para o SAH-Pomba.

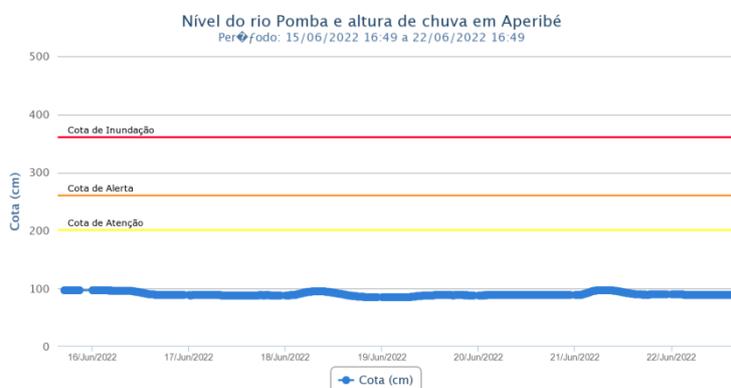


Figura 7 - Gráfico da cota na estação de Aperibé.

Visualização das informações do ponto de monitoramento

Ponto de monitoramento		
Nome: 58735000 - ASTOLFO DUTRA	Latitude: 21° 18' 34"	Longitude: 42° 51' 43"
Sigla: ADT	Área: 2331	Altitude: 246
Rio: Rio Pomba		

Resultados de Acompanhamento Hidrológico

Data	Hora	Cota - Astolfo	Precipitação - Astolfo
21/06/2022	15:45	95,0	0,0
21/06/2022	16:00	97,0	0,0
21/06/2022	16:15	98,0	0,0
21/06/2022	16:30	100,0	0,0
21/06/2022	16:45	100,0	0,0
21/06/2022	17:00	101,0	0,0
21/06/2022	17:15	101,0	0,0
21/06/2022	17:30	102,0	0,0
21/06/2022	17:45	102,0	0,0
21/06/2022	18:00	102,0	0,0
21/06/2022	18:15	103,0	0,0
21/06/2022	18:30	103,0	0,0
21/06/2022	18:45	103,0	0,0
21/06/2022	19:00	103,0	0,0
21/06/2022	19:15	103,0	0,0
21/06/2022	19:30	103,0	0,0
21/06/2022	19:45	103,0	0,0
21/06/2022	20:00	103,0	0,0
21/06/2022	20:15	103,0	0,0
21/06/2022	20:30	103,0	0,0

Figura 8 - Dados de cota (cm) e precipitação (mm) da estação de Astolfo Dutra em formato tabular disponibilizados no SACE-Pomba. Dados com resolução temporal de 15 minutos.

5. CURVAS-CHAVES

Como no Brasil ainda não são utilizados medidores automáticos e contínuos da descarga líquida, utiliza-se para a geração do dado equações denominadas curva-chave. São equações que permitem o cálculo indireto da vazão a partir da medição do nível de água do canal. Esta transformação permite um monitoramento contínuo da descarga líquida com a mesma resolução temporal da medição de nível. As equações são elaboradas a partir de um conjunto de medições de descarga líquida das quais é possível estabelecer uma relação numérica.

Uma curva-chave é representativa para um ponto de monitoramento hidrológico dentro de um determinado intervalo de tempo e de nível d'água (JACCON e CUDO, 1989). Isto significa que um mesmo ponto pode ter várias equações ao longo dos anos e para um mesmo período pode ter uma equação que expressa a relação nível-vazão para níveis baixos e outra para níveis altos. A mudança da relação nível-vazão em um ponto de monitoramento ocorre devido a fatores como mudanças físicas da seção do canal (e.g. assoreamento e erosão) e modificações do controle hidráulico a jusante (e.g. construção de uma represa, efeito de maré). A estrutura da equação de uma curva-chave para um determinado período e intervalo de cota pode ser expressa como:

$$Q = a \times (H - h_0)^n$$

Em que:

Q é a vazão calculada [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$];

h_0 é a cota cuja vazão é igual a zero [m];

H é a cota observada [m];

a e n são parâmetros empíricos a serem calibrados [-];

Na Tabela 6 estão apresentados os parâmetros das equações de curvas-chaves para as estações do SAH-Pomba.

Tabela 6 - Parâmetros das equações de curva-chave das estações do SAH-Pomba.

Estação	Eq.	a	h0	n	Limite inferior (cm)	Limite superior (cm)
Aperibé	01	42,2318	-0,47	2,111	10	93
	02	122,028	0,13	1,572	93	500
St. Ant. de Pádua II	01	60,3016	-0,12	1,447	12	81
	02	120,704	0,25	1,378	81	181
	03	121,276	0,38	1,7	181	450
Cataguases	01	63,1598	0,2	1,67	50	220
	02	88,0105	0,13	1,135	220	675
Astolfo Dutra	01	28,8289	-0,17	1,591	17	215
	02	35,2385	0,11	1,597	215	450
Usina Maurício	01	13,7775	0,01	1,65	2	292
	02	13,0001	-0,20	1,6	292	372
	03	14,383	0,04	1,6	372	1050

6. DADOS OBSERVADOS E ESTIMADOS

Nas Figuras 9 a 13 estão apresentados os cotogramas das estações para o período chuvoso. Além do dado da cota, estão apresentados para cada dia: cota mínima, cota percentil 10%, cota mediana, cota percentil 90% e a cota máxima. Na análise das figuras, é possível que em todos os municípios monitorados a cota de inundação foi superada. Na maior parte do tempo, a cota diária mediana foi superada, o que indica uma anomalia hidrológica positiva no período.

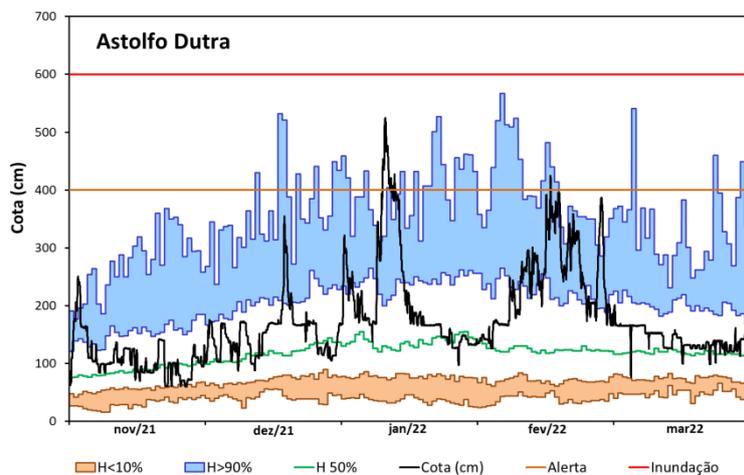


Figura 9 – Cotograma de Astolfo Dutra entre 01/11/2021 e 31/03/2022: cota (linha preta), faixa entre a cota mínima e o percentil 10% (preenchimento laranja), mediana (linha verde), faixa entre percentil 90% e cota máxima (preenchimento azul), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).

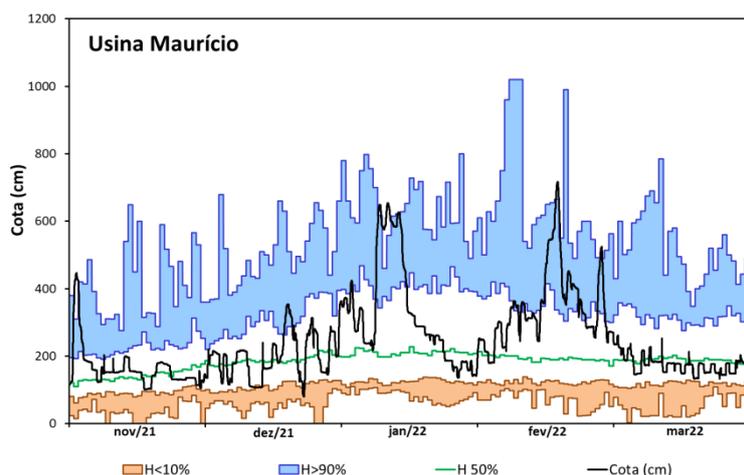


Figura 10 – Similar à Figura 9, exceto para Usina Maurício.

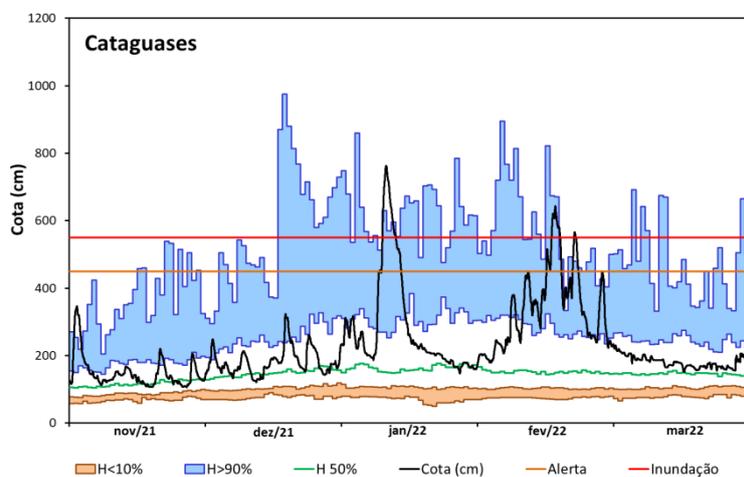


Figura 11 - Similar à Figura 9, exceto para Cataguases.

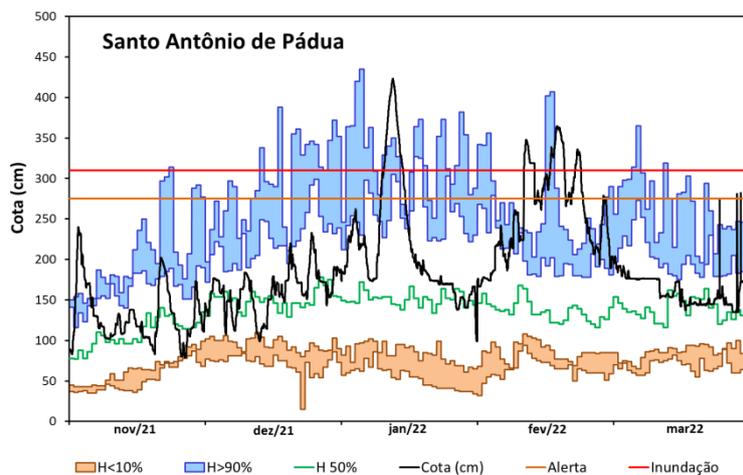


Figura 12 - Similar à Figura 9, exceto para Santo Antônio de Pádua.

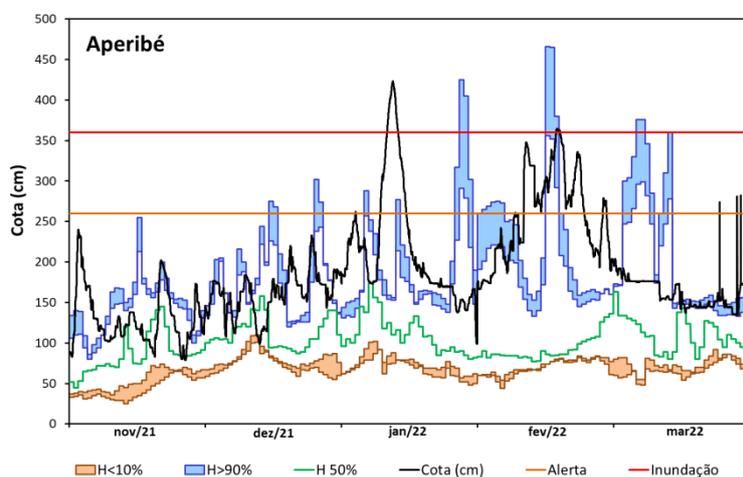


Figura 13 - Similar à Figura 9, exceto para Aperibé.

Na Figura 14 está apresentada a precipitação estimada pelo produto de satélite MERGE (ROZANTE *et al.* 2010, 2020) para o período entre novembro de 2021 e março de 2022. Na análise da imagem é possível constatar que a precipitação teve uma distribuição espacial homogênea, com os maiores acumulados na porção central, entre Cataguases e Santo Antônio de Pádua (~ 1300 mm). Os menores valores de precipitação ocorreram próxima à cidade de Guarani.

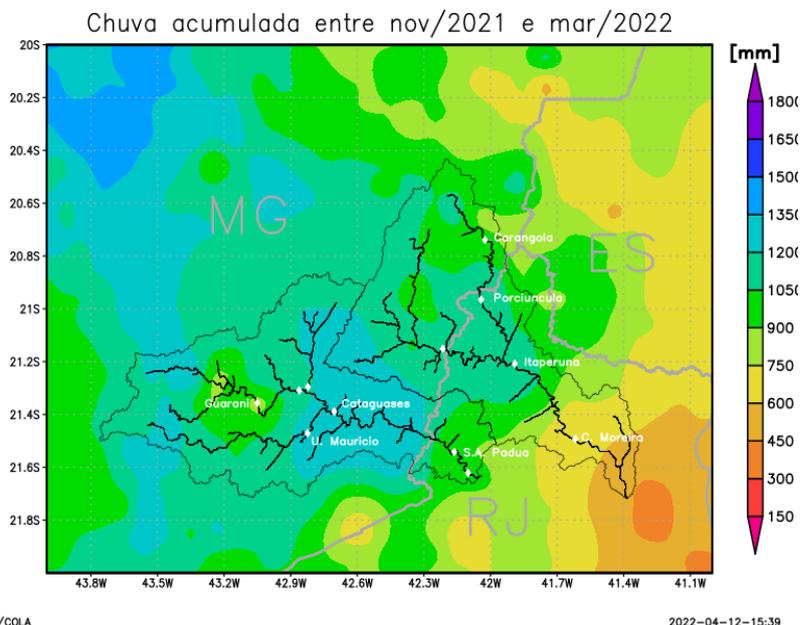


Figura 14 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2021 e março/2022. Dados estimados do produto MERGE.

Na Figura 15 está apresentada a relação entre a precipitação estimada entre novembro de 2021 e março de 2022 com a média dos 20 anos anteriores para o mesmo período. Na análise da imagem é possível constatar que na maior parte da bacia a precipitação teve uma anomalia positiva. A exceção foi a área a montante da estação de Guarani, na cabeceira do rio Pomba e na bacia do rio Formoso.

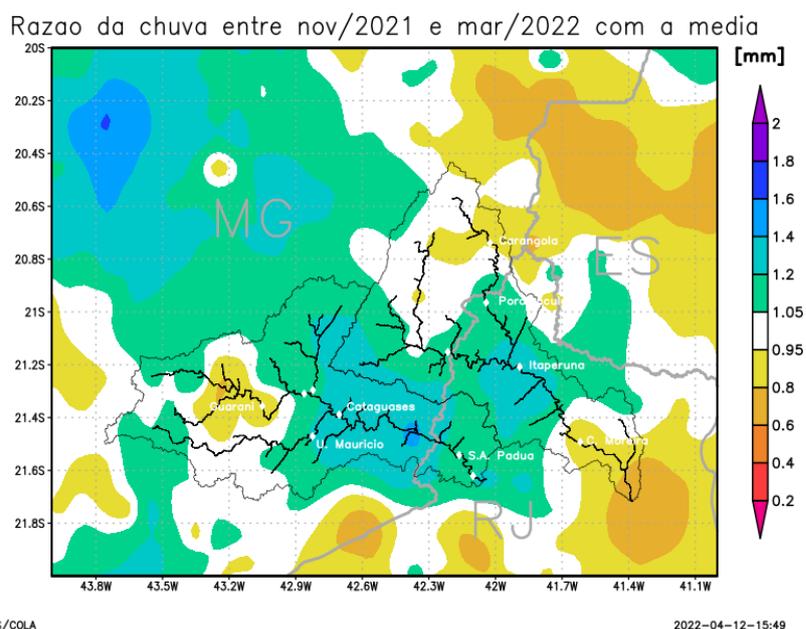


Figura 15 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro de 2021 e março de 2022 e a média do período. Dados estimados do produto MERGE.

7. EVENTOS HIDROLÓGICOS

Conforme pode se observar nas Figuras 9 a 13, em 3 municípios monitorados a cota de inundação foi atingida. A seguir está listada a quantidade de horas cuja cota da estação fluviométrica esteve acima da cota de inundação: Cataguases (129 horas), Santo Antônio de Pádua (246) e Aperibé (80).

Na operação do ano hidrológico 2021/2022, foram emitidos 66 boletins de alerta hidrológico e 21 boletins de monitoramento hidrológico.

Os maiores eventos de cheias ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, em especial devido a altos volumes pluviométricos a nas cabeceiras dos rios Novo e Xopotó. Na cabeceira do rio Pomba a precipitação foi menos volumosa, o que contribuiu para o fato de Astolfo Dutra não ter inundada, enquanto que Cataguases (a jusante) permaneceu diversos dias inundada.

8. CONCLUSÕES

Entre novembro de 2021 e março de 2022 foi operado o SAH-Pomba pelo terceiro ano. Foram emitidos 21 boletins de monitoramento hidrológico e 66 boletins de alerta hidrológico, a maioria desses em janeiro e fevereiro. Anteriormente ao início da próxima operação, diversas ações deverão ser tomadas, das quais é possível destacar:

- Revisão das curvas-chaves;
- Recalibração dos modelos;
- Revisão das cotas de referência.

9. AGRADECIMENTOS

A operação do projeto SAH-Pomba no período entre novembro de 2021 e março de 2022 só foi possível com a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). A RHN é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e demais parceiros. Por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) de operação da RHN, a Agência Nacional de Águas disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações da RHN/RHNR, bem como para uso de equipamento de medição.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). (2020). **Boletim da Sala de Situação**. 1º trimestre de 2020. Ano 01. Número 1.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Hidrologia-curva-chave**: análise e traçado. Brasília: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, 1989. 273 p.

ROZANTE, J. R. *et al.* Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. **Weather and forecasting**, v. 25, n. 3, p. 885-894, jun. 2010.

ROZANTE, J. R. *et al.* Performance of precipitation products obtained from combinations of satellite and surface observations. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, n. 19, p. 7585-7604, jul. 2020.