



**SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO**



# **RELATÓRIO ANUAL DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO MURIAÉ - 2024**



**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 Hidrologia Aplicada

**Programa Gestão de Riscos e de Desastres**  
AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

# **RELATÓRIO ANUAL DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO MURIAÉ - 2024**

## **AUTORES**

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

São Paulo/SP  
Julho, 2024

## **REALIZAÇÃO**

Divisão de Hidrologia Aplicada

## **AUTORES**

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

## **EQUIPE TÉCNICA**

Artur José Soares Matos

Caluan Rodrigues Capozzoli

Marcos Figueiredo Salviano

Ricardo Gabriel Bandeira de Almeida

Roberto Fernandes de Paiva

Vanesca Sartorelli Medeiros

**FOTO DA CAPA:** Rio Carangola em Porciúncula. Fonte: Arquivo SGB-CPR (foto tirada no dia 23/03/2024 em campanha realizada pelos Técnicos em Geociências Reginaldo Braz e Daniel Carvalho).

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

SALVIANO, Marcos Figueiredo

S184r Relatório anual do sistema de alerta hidrológico da Bacia do rio Muriaé - 2024 / Marcos Figueiredo Salviano, Artur José Soares Matos. – São Paulo : CPRM, 2024.

1 recurso eletrônico : PDF – (SAH-Muriaé. Relatório Anual, 2024)

Programa de Gestão de Riscos e de Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos

1. Hidrologia – Metodologia. 2. Hidrometria. 3. Bacia hidrográfica – rio Muriaé. 4. Desastres Naturais. I. Matos, Artur José Soares. II. Título. III. Série.

CDD 551.48072

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Claudia Lopes CRB-8 SP010391/0

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.sgb.gov.br](http://www.sgb.gov.br)  
[seus@sgb.gov.br](mailto:seus@sgb.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 2014 o Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Muriaé.

## RESUMO

---

No período de 1 de novembro de 2023 a 8 de abril de 2024, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), por meio da Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP) operou o projeto Sistema de Alerta Hidrológico da bacia hidrográfica do rio Muriaé (SAH-Muriaé). A precipitação observada no período apresentou-se consideravelmente abaixo da média. O evento hidrológico mais significativo ocorreu em março de 2024. Dos municípios monitorados, apenas Patrocínio do Muriaé-MG e Itaperuna-RJ tiveram eventos de inundação. No quantitativo da operação do projeto, foram emitidos 15 boletins de alerta hidrológico e 21 boletins de monitoramento hidrológico.

## ABSTRACT

---

From November 1, 2023 to April 8, 2024, the Geological Survey of Brazil (SGB-CPRM), through the São Paulo Regional Superintendency (SUREG/SP) operated the Flood Warning System project for the Muriaé river basin (SAH-Muriaé). The precipitation observed in the period was considerably below average. The most significant hydrological event occurred in March 2024. Of the municipalities monitored, only Patrocínio do Muriaé-MG and Itaperuna-RJ had flood events. In terms of project operation, 15 hydrological alert bulletins and 21 hydrological monitoring bulletins were issued.

## SUMÁRIO

---

<b>1. Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Área de atuação .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Histórico de inundações.....</b>	<b>16</b>
<b>4. Metodologia e Operação .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Curvas-Chaves .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Dados Observados .....</b>	<b>23</b>
<b>7. Eventos Hidrológicos .....</b>	<b>27</b>
<b>8. Considerações Finais.....</b>	<b>28</b>
<b>9. Agradecimentos .....</b>	<b>28</b>
<b>10. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>29</b>



## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Mapa da bacia hidrográfica do rio Muriaé e municípios beneficiados .....	14
Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Muriaé.....	14
Figura 3 - Páginas do modelo do boletim de alerta do SAH-Muriaé, com a tabela com dados e gráficos com cotogramas, pluviogramas e cotas simuladas.....	18
Figura 4 - Páginas do Boletim de Monitoramento do SAH-Muriaé com os gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações e a imagem da precipitação estimada pelo produto MERGE. ....	19
Figura 5 - Plataforma SACE para o SAH-Muriaé. ....	20
Figura 6 - Gráfico da cota na estação de Carangola.....	20
Figura 7 - Dados de cota (cm) e precipitação (mm) da estação de Cardoso Moreira em formato tabular disponibilizados no SACE-Muriaé. Dados com resolução temporal de 15 minutos. ....	21
Figura 8 – Cotograma de Patrocínio do Muriaé entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).....	23
Figura 9 – Cotograma de Carangola entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).....	23
Figura 10 - Cotograma de Porciúncula entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).....	24
Figura 11 - Cotograma de Itaperuna entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).....	24

Figura 12 - Cotograma de Cardoso Moreira entre 01/11/2022 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha)..... 24

Figura 13 - Cotograma de Campos entre 01/11/2022 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha)..... 25

Figura 14 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2023 e março/2024. Dados estimados do produto MERGE. .... 26

Figura 15 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro de 2023 e março de 2024 e a média do período..... 27

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 – Estações utilizadas para monitoramento no SAH-Muriaé (Código P se refere ao código da estação pluviométrica e Código F à estação Fluviométrica). .....	15
Tabela 2 - Cotas de Atenção, Alerta e Inundação dos municípios do SAH-Muriaé. .....	15
Tabela 3 – População dos municípios atendidos pelo SAH-Muriaé.....	16
Tabela 4 – Cotas máximas observadas nas estações fluviométricas pertencentes ao SAH-Muriaé.....	17
Tabela 5 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Itaperuna, Cardoso Moreira e Campo. ....	17
Tabela 6 - Parâmetros das equações de curva-chave das estações do SAH-Muriaé. .....	22
Tabela 7 - Tempo de permanência das cotas máximas observadas no período chuvoso do ano hidrológico 2023/2024.....	28

## 1. INTRODUÇÃO

No período de 1 de novembro de 2023 a 8 de abril de 2024, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), por meio da Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP) operou o projeto Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Muriaé (SAH-Muriaé). Este foi o décimo ano de operação do SAH-Muriaé.

O projeto tem como objetivo o monitoramento do regime hidrológico dos rios na bacia do rio Muriaé. 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), instalados em estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), operada em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Estes dados são armazenados em uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) e transmitidos via satélite (GOES 16) em intervalos de 1 hora. Também são utilizados dados de chuvas estimados a partir da observação de imagens de satélite com base no produto MERGE (Rozante, 2010).

A previsão da ocorrência de eventos de inundação possibilita a execução de ações preventivas e mitigadoras por instituições como as Defesas Civis (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 do rio Muriaé está localizada nos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e possui uma área de drenagem de aproximadamente 8.150 km<sup>2</sup>. A bacia abrange dezenove (19) municípios mineiros e onze (11) fluminenses, com uma população de aproximadamente 440 mil pessoas. Aproximadamente 45% de sua área de drenagem está localizada no estado de Minas Gerais e o restante no estado do Rio de Janeiro.

Seus principais afluentes são os rios Preto, Glória e Carangola, localizados na margem esquerda, sendo o rio Carangola o maior de seus afluentes. A direção predominante do rio Muriaé é o sentido noroeste para sudeste.

As principais cidades localizadas às suas margens são Muriaé, em Minas Gerais, e Itaperuna e Cardoso Moreira, no Rio de Janeiro. No rio Carangola está localizado o município de mesmo nome, no Estado de Minas Gerais.

Na Figura 1 está apresentado o mapa da bacia, assim como as estações contempladas com previsão. As estações utilizadas para monitoramento do sistema estão expostas na Tabela 1. O diagrama unifilar da bacia está apresentado na Figura 2. Ressalta-se que o município de Campos dos Goytacazes está contemplado no projeto, apesar de estar situado no rio Paraíba do Sul, logo a jusante da foz do rio Muriaé.

As estações de monitoramento de níveis são utilizadas para entender o comportamento dos rios durante os eventos. As estações onde não são realizadas previsões de níveis, podem ser utilizadas como entrada em modelos de previsão, auxiliando desta forma a prever os níveis dos rios para os municípios beneficiados pelo sistema de alerta.

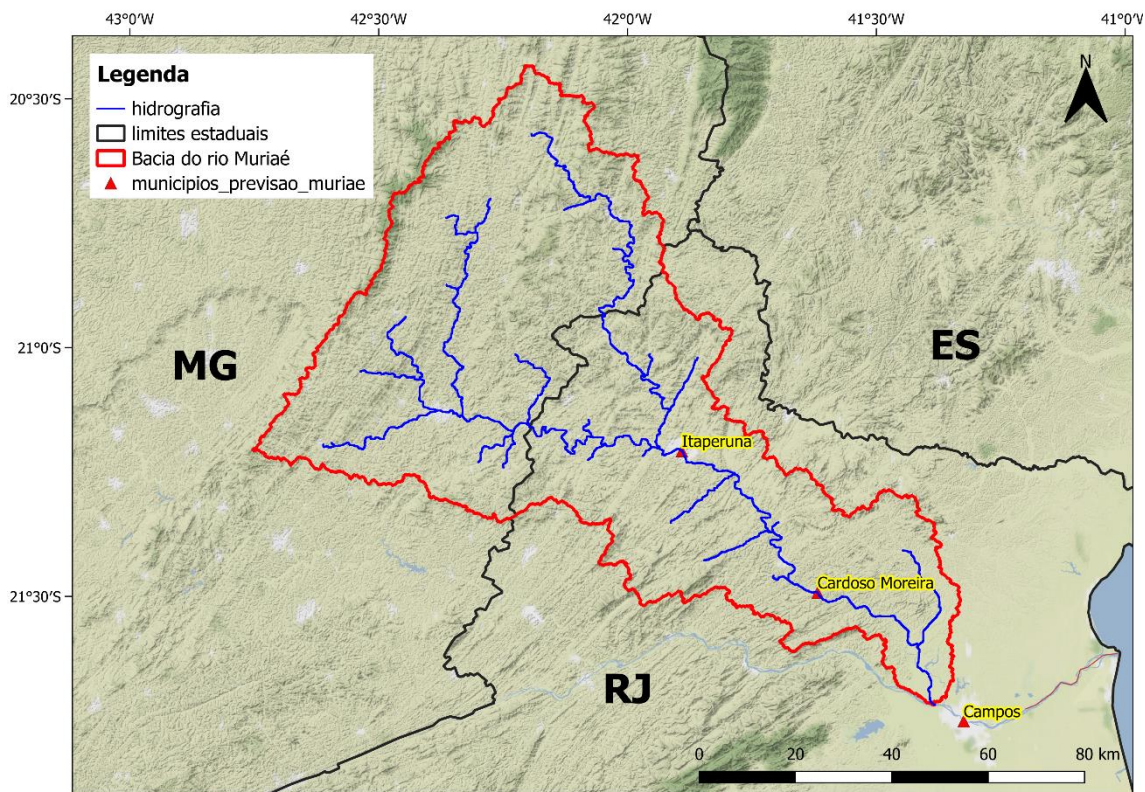


Figura 1 – Mapa da bacia hidrográfica do rio Muriaé e municípios beneficiados

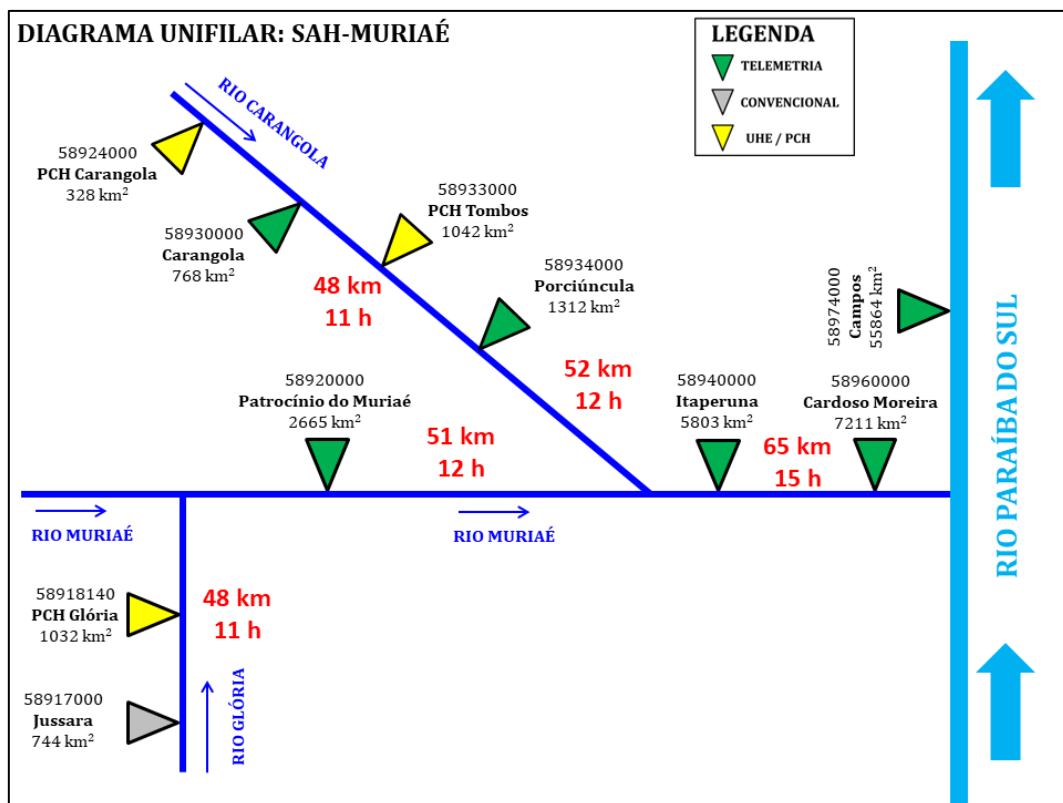


Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Muriaé.

Tabela 1 – Estações utilizadas para monitoramento no SAH-Muriaé (Código P se refere ao código da estação pluviométrica e Código F à estação Fluviométrica).

Estação	Código F	Código P	Latitude	Longitude
Patrocínio do Muriaé	58920000	02142002	21°09'00"S	42°12'53"W
Carangola	58930000	02042000	20°44'19"S	42°01'26"W
Porciúncula	58934000	02042027	20°57'41"S	42°02'16"W
Itaperuna	58940000	02141003	21°12'26"S	41°53'32"W
Cardoso Moreira	58960000	02141004	21°29'30"S	41°36'48"W
Campos	58974000	02141002	21°45'04"S	41°19'27"W

No contexto dos SAHs operados pelo SGB-CPRM, 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 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-Muriaé. As cotas de Inundação Severa ainda não foram definidas para o sistema.

Tabela 2 - Cotas de Atenção, Alerta e Inundação dos municípios do SAH-Muriaé.

Municípios	Estação	Cota de Atenção (cm)	Cota de Alerta (cm)	Cota de Inundação (cm)
Patrocínio do Muriaé-MG	Patrocínio do Muriaé	300	450	500
Carangola-MG	Carangola	200	300	390
Porciúncula-RJ	Porciúncula	200	370	460
Itaperuna-RJ	Itaperuna	290	340	400
Cardoso Moreira-RJ	Cardoso Moreira	300	500	750
Campos dos Goytacazes-RJ	Campos	800	900	1040

Foram elaboradas equações de previsão de nível para os municípios de Itaperuna, Cardoso Moreira e Campos dos Goytacazes, com previsões de 10 horas

de antecedência. Na Tabela 3 estão apresentadas as populações dos 3 municípios.

Tabela 3 – População dos municípios atendidos pelo SAH-Muriaé.

Município	UF	População (IBGE, 2022)
Itaperuna	RJ	101.041
Cardoso Moreira	RJ	12.958
Campos dos Goytacazes	RJ	483.551

A população total beneficiada pelo SAH Muriaé é de 597.550 habitantes.

### 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 1943, 1960, 1974, 1978 e 1997.

Em 2007, houve o rompimento de uma barragem de rejeitos de mineração em Mirai/MG, despejando um volume de 2 milhões de m<sup>3</sup> de lama e ocasionando inundações nas cidades a jusante. Em anos mais recentes inundações significativas ocorreram em 2008, 2012 e 2018. Em janeiro de 2020, chuvas intensas resultaram em um evento severo no qual 84 municípios da Zona da Mata Mineira e Sul Espírito-Santense decretaram estado de emergência ou calamidade (CEMADEN, 2020).

Em fevereiro de 2021, inundações severas ocorreram da sub-bacia do rio Carangola que resultou em cotas máximas históricas nas estações Carangola e Porciúncula. Em decorrência do evento, 4 mil pessoas ficaram desalojadas nos municípios de Orizânia/MG, Divino/MG, Carangola/MG, Porciúncula/RJ e Natividade/RJ.

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



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

Estação	Cota máxima (cm)	Data
Patrocínio do Muriaé	965	27/01/2020
Carangola	572	19/02/2021
Porciúncula	798	20/02/2021
Itaperuna	620	19/12/2008
Cardoso Moreira	985	27/01/2020
Campos	1194	15/01/1966

Na Tabela 5, estão enumerados os dez (10) eventos de maior magnitude nos municípios com previsão: Itaperuna (dados desde 1932), Cardoso Moreira (1929) e Campos (1928).

Tabela 5 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Itaperuna, Cardoso Moreira e Campo.

Ordem	Itaperuna		Cardoso Moreira		Campos	
	Cota (cm)	Data	Cota (cm)	Data	Cota (cm)	Data
1	620	19/12/2008	985	27/01/2020	1194	15/01/1966
2	594	26/01/2020	970	05/01/2012	1174	31/01/1961
3	551	07/01/2009	907	11/01/2022	1172	07/01/2007
4	535	10/01/2022	875	30/12/2010	1143	07/01/1997
5	529	12/01/2007	874	09/01/1943	1138	07/02/1979
6	522	15/02/2020	874	24/12/1943	1120	16/02/1961
7	520	29/12/2020	864	15/02/2020	1118	26/01/1992
8	510	23/12/1943	851	05/02/1937	1114	10/02/1962
9	505	10/02/2022	842	03/02/2022	1105	10/01/2012
10	490	05/01/1975	837	12/01/2007	1098	18/03/1947

#### 4. METODOLOGIA E OPERAÇÃO

Para realizar a previsão hidrológica de níveis em tempo real é utilizada a metodologia de 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. É utilizada uma planilha que tem como função ordenar os dados provenientes das estações, aplicar as equações de previsão de cotas futuras e gerar o boletim extraordinário (Figura 3) de alerta caso seja preciso enviá-lo.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB  
 DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL - DHT  
 SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO - SUBREG/SP

São Paulo, 02 de março de 2024

Prezados Senhores,

Estamos enviando de maneira Extraordinária o Boletim do Sistema de Alerta Hidrológico das bacias dos rios MURIAÉ e POMBA. Os dados das estações de monitoramento estão disponíveis no site:  
[www.sgb.gov.br/sace/muriae](http://www.sgb.gov.br/sace/muriae)  
[www.sgb.gov.br/sace/pomba](http://www.sgb.gov.br/sace/pomba)

Estação	Bacia Hidrográfica	Chuva acumulada em 72h (mm)	Nível atual (m)	Variação de nível em 24h (m)	Nível de Inundação (m)	Previsão	
						Nível (m)	Data e Hora
Patrocínio do Muriaé	Rio Muriaé	85,6	399	82	600	#	#
Carangola	Rio Muriaé	54,8	168	10	280	#	#
Perevoloba	Rio Muriaé	37,6	219	68	400	#	#
Itapetuna	Rio Muriaé	89,0	313	35	400	3/9/24 6:00	
Cardoso Moreira	Rio Muriaé	18,6	382	208	750	401	3/9/24 3:00
São João	Paraíba do Sul	0,6	201	23	#	#	#
Campos	Paraíba do Sul	27,8	647	9	540	607	3/9/24 6:00
Quarami	Rio Pomba	20,8	233	-16	600	#	#
Atafó Dória	Rio Pomba	9,8	137	0	600	#	#
União Mariana Juazeiro	Rio Pomba	28,0	259	69	#	#	#
Barragem do Novo	Rio Pomba	36,0	190	37	700	#	#
Cataguases	Rio Pomba	27,2	195	31	650	194	3/9/24 21:00
Santa André de Pádua	Rio Pomba	28,0	140	-2	310	183	3/9/24 10:00
Apertá	Rio Pomba	#	121	-4	380	146	3/9/24 14:00

Os dados hidrológicos utilizados nos boletins são provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional de Responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANAS), operada pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB e demais parceiros. As previsões apresentadas neste Boletim são baseadas em modelos hidrológicos e estão sujeitas às incertezas inerentes a tais modelos.

Atenciosamente,

Marcos Figueiredo Salviano  
 Pesquisador em Geociências - Engenheiro Hidrólogo / Serviço Geológico do Brasil

Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Muriaé - SAH-MURIAÉ  
 Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Pomba - SAH-POMBA



**GRÁFICOS - MURIAÉ e PARAÍBA DO SUL**

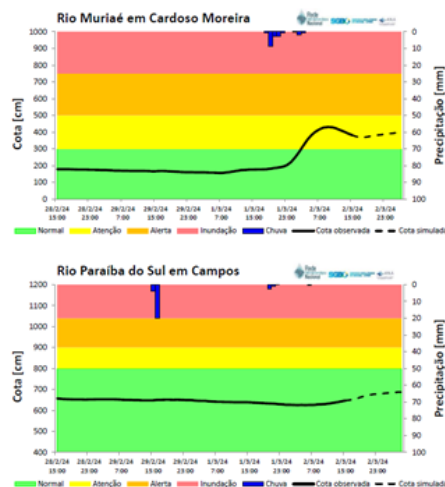
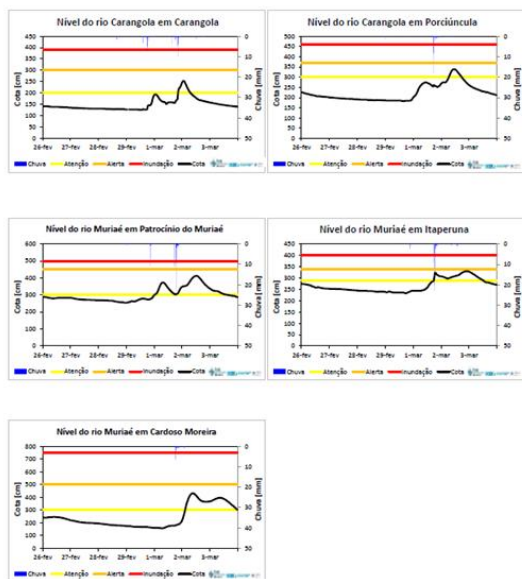


Figura 3 - Páginas do modelo do boletim de alerta do SAH-Muriaé, com a tabela com dados e gráficos com cotogramas, pluviogramas e cotas simuladas.

Além dos boletins de alerta hidrológicos, são emitidos boletins de monitoramento hidrológico (Figura 4) com frequência semanal. Estes boletins tem o objetivo de apresentar de uma forma resumida o comportamento hidrológico semanal 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.

**COTAGRAMAS - MURIAÉ**



**MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO**

O MERGE (Rozante et al. 2010; Rozante et al. 2020) consiste em um produto de precipitação que integra dados observados de pluviômetros com estimativas de precipitação por satélite. Atualmente 3000 pluviômetros foram utilizados para a integração com as estimativas de satélite. O produto MERGE é gerado e disponibilizado pelo CPTEC/INPE. São disponibilizados dados diários de precipitação desde junho de 2000 com uma resolução espacial de 10 km para toda a América do Sul.

O MERGE é gerado a partir da precipitação estimada pelo produto GPVIMERG (Juffman et al. 2019) da NASA. Para a geração dos dados do GPVIMERG são utilizadas três fontes de informação: sensores passivos de micro-ondas a bordo de satélites de órbita polar, sensores de infravermelho a bordo de satélites geoestacionários e pluviômetros.

**Referências:**  
 HUFFMAN, G. J., E. F. STOKER, D. T. BOLVIN, E. J. NELSON, JACKSON TAN (2019). GPVIMERG Final Precipitation L3 1 month 0.1 degree x 0.1 degree V03. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), 10.5067/GP/IMERG30-MONTH03.  
 ROZANTE, J. R., MOREIRA, D. G., DE GONCALVES, L. G. G., & VILA, D. A. (2010). Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. *Weather and forecasting*, 25(3), 889-894.  
 ROZANTE, J. R., GUTIERREZ, E. R., FERNANDES, A. D. A., & VILA, D. A. (2020). Performance of precipitation products obtained from combinations of satellite and surface observations. *International Journal of Remote Sensing*, 41(19), 7088-7094.

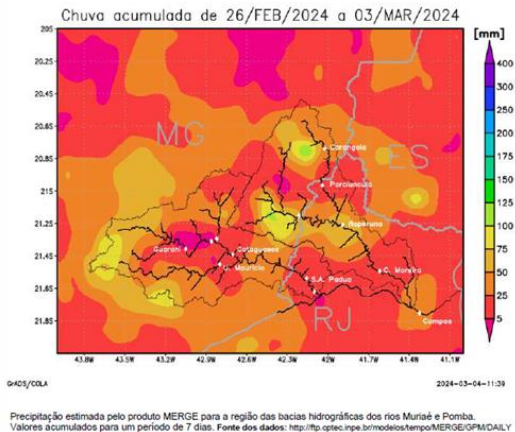


Figura 4 - Páginas do Boletim de Monitoramento do SAH-Muriaé com os gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações e a imagem da precipitação estimada pelo produto MERGE.

Uma ferramenta importante na operação do sistema é a plataforma SACE ([www.sgb.gov.br/sace](http://www.sgb.gov.br/sace)), que armazena e divulga os dados coletados pelas estações hidrológicas. O SACE possibilita tanto ao operador do sistema quanto ao público externo uma fácil identificação da localização das estações (Figura 5) bem como informações atualizadas sobre o nível dos rios e pluviometria de forma gráfica (Figura 6) e tabular (Figura 7). Assim, para cada Sistema de Alerta Hidrológico operado pelo SGB-CPRM foi desenvolvido um SACE com informações sobre a determinada bacia hidrográfica.

A utilização do SACE permite ao operador do sistema uma visão geral da situação hidrológica da bacia hidrográfica (cotas, vazões e chuva) possibilitando uma percepção aproximada do risco de ocorrência de eventos extremos.

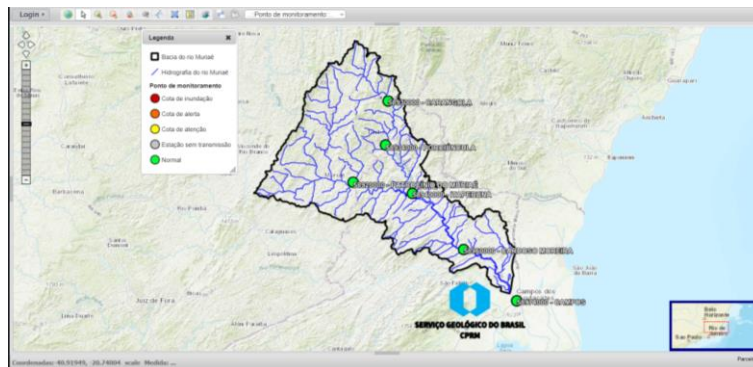


Figura 5 - Plataforma SACE para o SAH-Muriaé.

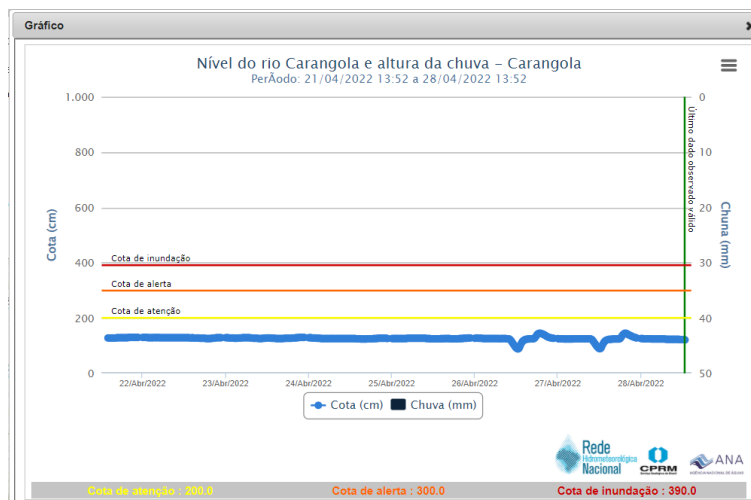


Figura 6 - Gráfico da cota na estação de Carangola.

Visualização das informações do ponto de monitoramento

**Ponto de monitoramento**  
**Nome:** 58960000 - CARDOSO MOREIRA  
**Latitude:** 21° 29' 29" **Longitude:** 41° 36' 48"  
**Sigla:** CMO **Área:** 7283 **Altitude:** 134  
**Rio:**

Resultados de Acompanhamento Hidrológico

Data	Hora	CMO - Cota	CMO - Precip
20/06/2021	09:45	72,0	0,0
20/06/2021	10:00	72,0	0,0
20/06/2021	10:15	72,0	0,0
20/06/2021	10:30	72,0	0,0
20/06/2021	10:45	72,0	0,0
20/06/2021	11:00	72,0	0,0
20/06/2021	11:15	72,0	0,0
20/06/2021	11:30	72,0	0,0
20/06/2021	11:45	73,0	0,0
20/06/2021	12:00	73,0	0,0
20/06/2021	12:15	73,0	0,0
20/06/2021	12:30	73,0	0,0
20/06/2021	12:45	73,0	0,0
20/06/2021	13:00	73,0	0,0
20/06/2021	13:15	74,0	0,0
20/06/2021	13:30	74,0	0,0
20/06/2021	13:45	74,0	0,0
20/06/2021	14:00	75,0	0,0
20/06/2021	14:15	75,0	0,0
20/06/2021	14:30	76,0	0,0
20/06/2021	14:45	76,0	0,0
20/06/2021	15:00	77,0	0,0

Figura 7 - Dados de cota (cm) e precipitação (mm) da estação de Cardoso Moreira em formato tabular disponibilizados no SACE-Muriaé. 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 de dados de vazão 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 [ $m^3 s^{-1}$ ];

$h_0$  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-Muriaé.

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

Estação	Eq.	a	h0	n	Limite inferior (cm)	Limite superior (cm)
Patrocínio do Muriaé	01	47,978	1,52	1,286	157	488
	02	37,89	1,49	1,470	488	900
Carangola	01	4,862	-0,08	2,139	33	67
	02	16,148	0,33	1,683	67	700
Porciúncula	01	18,062	0,61	1,924	85	199
	02	13,4078	0,29	1,707	199	306
	03	20,011	0,28	1,305	306	614
	04	125,338	5,46	1,441	614	796
Itaperuna	01	36,47	0,95	2,500	115	184
	02	73,943	1,22	2,088	184	275
	03	95,011	1,256	1,587	275	620
Cardoso Moreira	01	48,168	-0,19	2,6	10	48
	02	25,1531	-0,33	1,858	48	176
	03	28,6536	-0,50	1,52	176	800
Campos	01	303,669	3,86	1,785	438	495
	02	303,484	3,80	1,105	495	579
	03	301,270	3,90	1,206	579	728
	04	232,97	4,12	1,500	728	948
	05	7,2556	2,12	3,000	948	1200

## 6. DADOS OBSERVADOS

Nas Figuras 8 a 13 estão apresentados os cotagramas das estações para o período chuvoso de 2023/2024. Na análise das figuras, é possível constatar que apenas nas estações de Patrocínio do Muriaé e Itaperuna a cota de Inundação foi ultrapassada em algum momento.

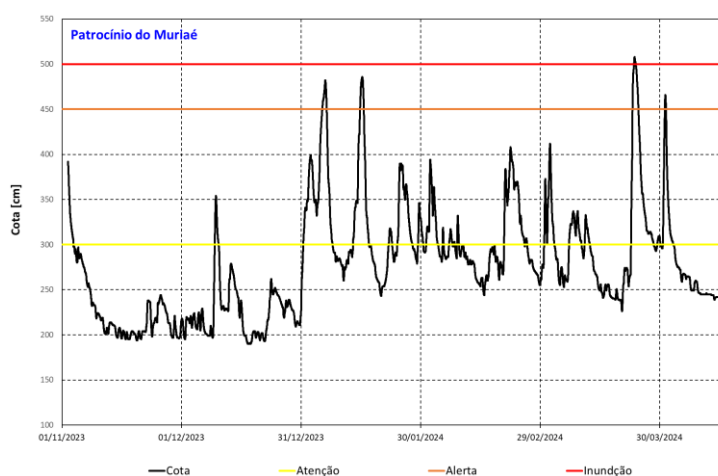


Figura 8 – Cotagrama de Patrocínio do Muriaé entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).

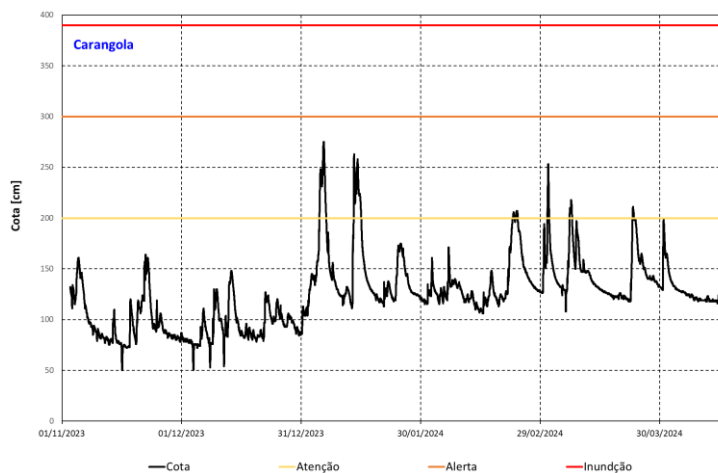


Figura 9 – Cotagrama de Carangola entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).

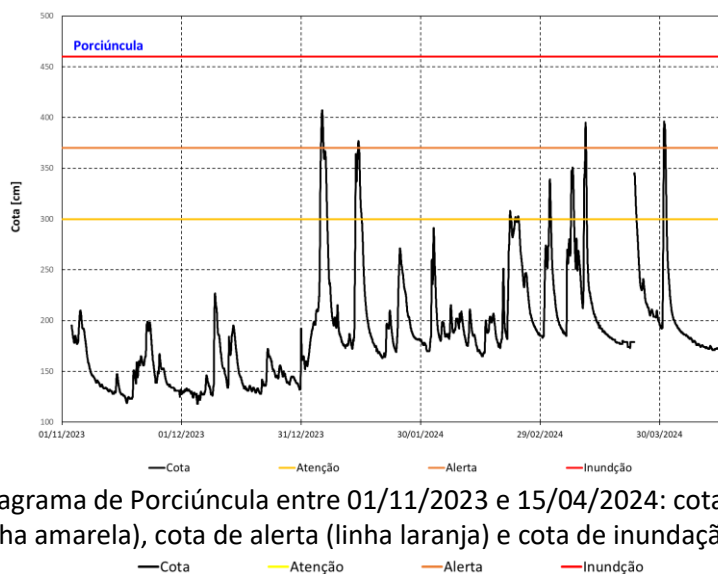


Figura 10 - Cotagrama de Porciúncula entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).

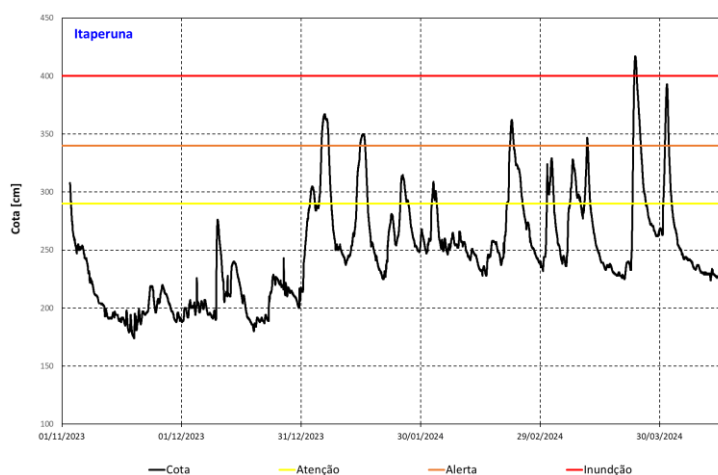


Figura 11 - Cotagrama de Itaperuna entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).

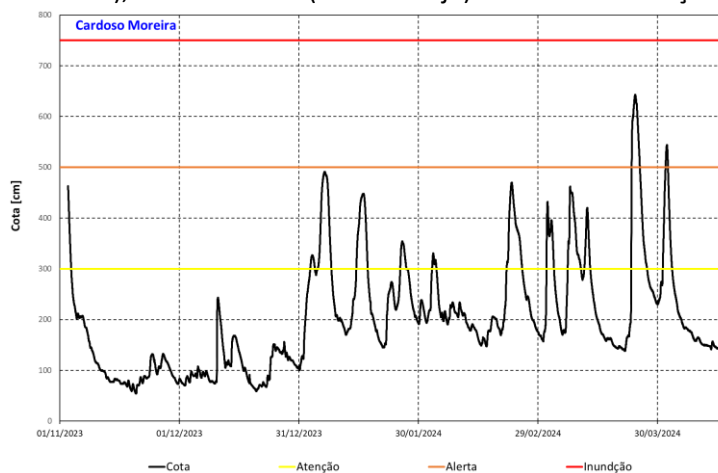


Figura 12 - Cotagrama de Cardoso Moreira entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).



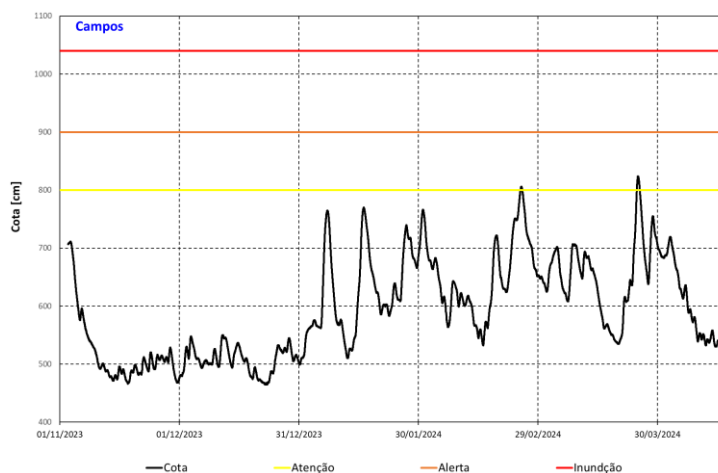


Figura 13 - Cotagrama de Campos entre 01/11/2023 e 15/04/2024: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).

Na Figura 14 está apresentada a precipitação estimada pelo produto de satélite MERGE (ROZANTE *et al.* 2010, 2020) para o período entre novembro de 2023 e março de 2024. Na análise da imagem é possível constatar que os maiores acumulados foram observados na cabeceira do rio Muriaé, a montante de Patrocínio do Muriaé na região Norte da bacia, próxima à Carangola. Os acumulados de precipitação nestas regiões foi de aproximadamente 900 mm. Os menores acumulados correram na parte baixa da bacia, nas proximidades de Cardoso Moreira.

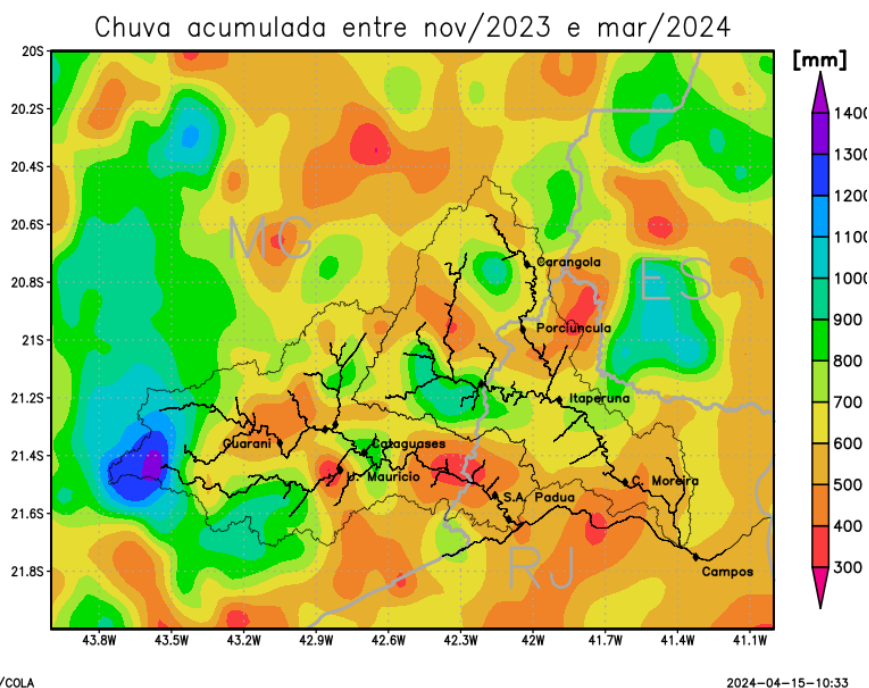


Figura 14 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2023 e março/2024. Dados estimados do produto MERGE.

Na Figura 15 está apresentada a relação entre a precipitação estimada entre novembro de 2023 e março de 2024 com a média dos 23 anos anteriores para o mesmo período. Valores superiores a 1 indicam precipitações maiores que a média, enquanto que valores inferiores indicam precipitações menores que a média. Os dados são oriundos do produto MERGE. Na análise da imagem é possível constatar que em toda a bacia a precipitação foi abaixo da média para o período. Algumas áreas da região central e do extremo norte da bacia tiveram acumulados inferiores à 50% da precipitação média para o período.

Razão da chuva entre nov/2023 e mar/2024 com a média

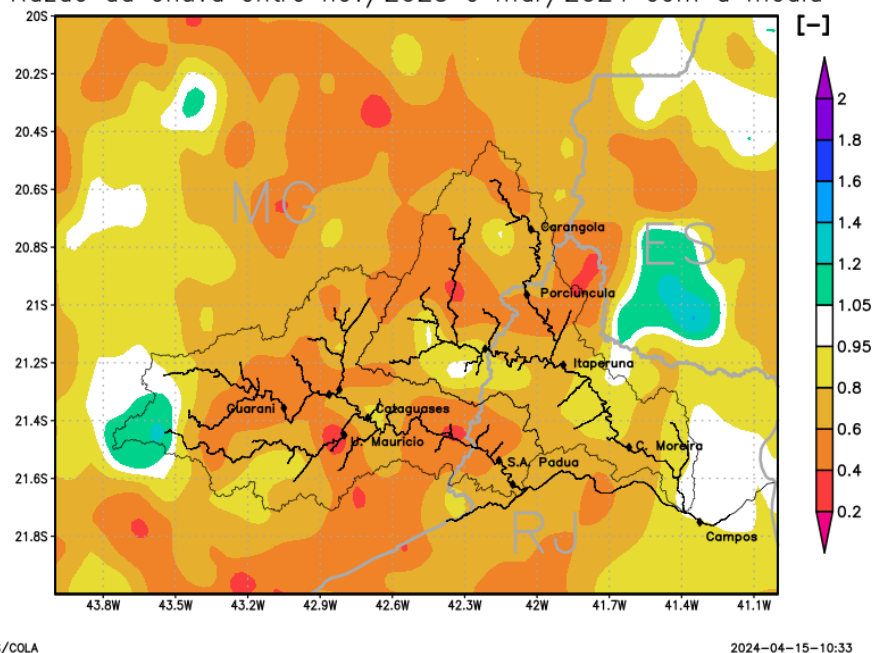


Figura 15 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro de 2023 e março de 2024 e a média do período.

## 7. EVENTOS HIDROLÓGICOS

Conforme pode se observar nas Figuras de 8 a 13, em apenas 2 dos 6 municípios monitorados a cota de inundação foi ultrapassada. A seguir está listada a quantidade de horas cuja cota da estação fluviométrica esteve acima da cota de inundação: Patrocínio do Muriaé (11) e Itaperuna (15).

Na operação do ano hidrológico 2023/2024, foram emitidos 15 boletins de alerta hidrológico e 21 boletins de monitoramento hidrológico.

O maior evento de cheia no período ocorreu no final do mês de março de 2024.

Na Tabela 7 está apresentado o tempo de permanência das cotas máximas registradas nas estações no período chuvoso do ano hidrológico 2023/2024. O tempo de permanência foi calculado com base nas séries diárias para o mês da ocorrência das cotas máximas.

Tabela 7 - Tempo de permanência das cotas máximas observadas no período chuvoso do ano hidrológico 2023/2024.

Estação	Cota máxima [cm]	Permanência	Data
Patrocínio do Muriaé	508	2%	23/03/2024
Carangola	275	2%	05/01/2024
Porciúncula	407	2%	05/01/2024
Itaperuna	417	2%	23/03/2024
Cardoso Moreira	642	2%	24/03/2024
Campos	824	10%	25/03/2024

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre 1 de novembro de 2023 e 8 de abril de 2024 foi operado o SAH-Muriaé pelo nono ano. Foram emitidos 21 boletins de monitoramento hidrológico e 15 boletins de alerta hidrológico, a maioria desses nos meses de dezembro e janeiro. Anteriormente ao início da próxima operação, diversas ações deverão ser tomadas, das quais é possível destacar:

- Revisão das curvas-chaves;
- Recalibração dos modelo, utilizando redes neurais;
- Revisão das cotas de referência.
- Definição das cotas de inundação severa.

## 9. AGRADECIMENTOS

A operação do projeto SAH-Muriaé no período entre novembro de 2023 e março de 2024 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 (SGB-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 equipamentos 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.