



RELATÓRIO ANUAL DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO MURIAÉ - 2025



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
Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas voltados à Prevenção de Desastres – Novo PAC

RELATÓRIO ANUAL DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO MURIAÉ - 2025

AUTORES

Marcos Figueiredo Salviano
Artur José Soares Matos

São Paulo/SP
Outubro, 2025

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

EQUIPE TÉCNICA

Caluan Rodrigues Capozzoli

Marcos Figueiredo Salviano

Ricardo Gabriel Bandeira de Almeida

Roberto Fernandes de Paiva

Vanesca Sartorelli Medeiros

FOTO DA CAPA: Rio Muriaé em Itaperuna/RJ. Fonte: Arquivo SGB-CPR (foto tirada no dia 26/11/2024 em campanha realizada pelos Técnicos em Geociências Gustavo Guedes e Daniel Carvalho).

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S184r SALVIANO, Marcos Figueiredo

Relatório anual do sistema de alerta hidrológico da bacia do Rio Muriaé - 2025 / Marcos Figueiredo Salviano, Artur José Soares Matos. – São Paulo : CPRM, 2025.

1 recurso eletrônico : PDF – (SAH-Muriaé. Relatório Anual, 2025)

Programa de Gestão de Riscos e de Desastres.
Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas voltados à
Prevenção de Desastres – Novo PAC

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

Normalização bibliográfica: Rede de bibliotecas do SGB

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

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 – SGB opera desde 2014 o Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Muriaé.

RESUMO

■

No período de 1 de novembro de 2024 a 22 de abril de 2025, o Serviço Geológico do Brasil (SGB), 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 entre dezembro de 2024 e janeiro de 2025. Em nenhuma das 7 estações hidrológicas monitoradas a cota de inundação foi atingida. No quantitativo da operação do projeto, foram emitidos 20 boletins de alerta hidrológico e 19 boletins de monitoramento hidrológico.

ABSTRACT

■

From November 1, 2024 to April 22, 2025, the Brazilian Geological Survey (SGB), through the São Paulo Regional Superintendence (SUREG/SP), operated the Hydrological Alert System of the Muriaé River Basin (SAH-Muriaé) project. The precipitation observed during the period was considerably below average. The most significant hydrological event occurred between December 2024 and January 2025. The flood level was not reached in any of the 7 monitored hydrological stations. During the project operation, 20 hydrological alert bulletins and 19 hydrological monitoring bulletins were issued.

SUMÁRIO

■

1. 12

2. 2

3. 6

4. 8

5. 12

6. 14

7. 18

8. 19

9. 20

10. 20

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 - Diagrama unifilar referente à estação de Campos.	15
Figura 4 - Páginas do modelo do boletim de alerta do SAH-Muriaé, com a tabela com dados e gráficos com cotagramas, pluviogramas e cotas simuladas.	19
Figura 5 - 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.	20
Figura 6 - Plataforma SACE para o SAH-Muriaé.	21
Figura 7 - Gráfico da cota na estação de Carangola.	21
Figura 8 - 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.	22
Figura 9 – Cotagrama de Patrocínio do Muriaé para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).	24
Figura 10 – Cotagrama de Carangola para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).	24
Figura 11 - Cotagrama de Porciúncula para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha).	25

Figura 12 - Cotagrama de Itaperuna para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). 25

Figura 13 - Cotagrama de Cardoso Moreira para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). 25

Figura 14 - Cotagrama de São Fidélis para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta). 26

Figura 15 - Cotagrama de Campos para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). 26

Figura 16 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2024 e março/2025. Dados estimados do produto MERGE. 27

Figura 17 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro de 2024 e março de 2025 e a média do período. 28

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.	16
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 Patrocínio do Muriaé e Itaperuna.	17
Tabela 6 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Cardoso Moreira e Campos.	18
Tabela 7 - Parâmetros das equações de curva-chave das estações do SAH-Muriaé.	23
Tabela 8 - Tempo de permanência das cotas máximas observadas no período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025.	29

1. INTRODUÇÃO

No período de 1 de novembro de 2024 a 22 de abril de 2025, o Serviço Geológico do Brasil (SGB), 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 *et al.*, 2010).

A previsão da ocorrência de eventos de inundação possibilita a execução de ações preventivas e mitigadoras por instituições como as Defesas Cíveis (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 2100 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 km². 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 (Figura 3).

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.

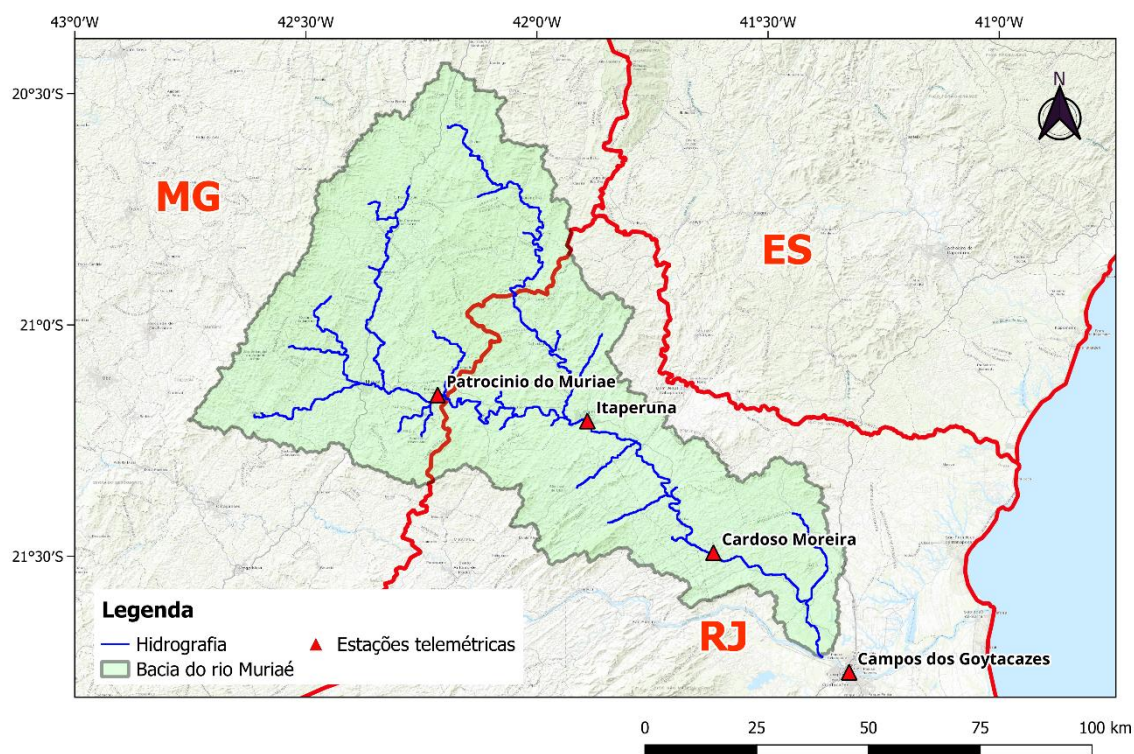


Figura 1 – Mapa da bacia hidrográfica do rio Muriaé e municípios beneficiados. Fonte: Elaborado pelos autores.

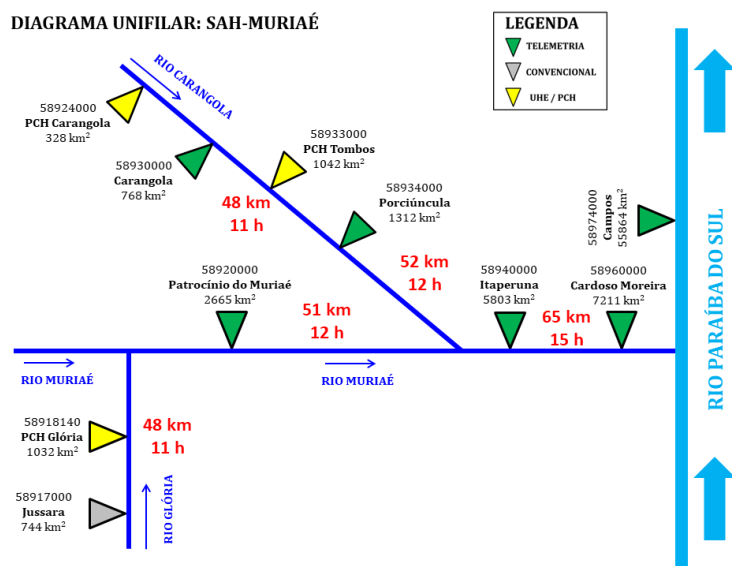


Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Muriaé. Fonte: Elaborado pelos autores.

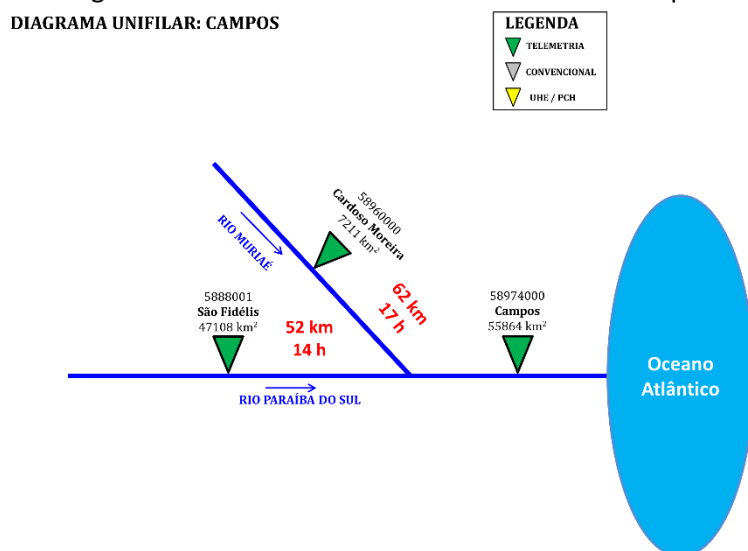


Figura 3 - Diagrama unifilar referente à estação de Campos. Fonte: Elaborado pelos autores.

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
São Fidélis	58880001	02141005	21°38'42"S	41°45'07"W
Campos	58974000	02141002	21°45'04"S	41°19'27"W

Fonte: Elaborado pelos autores.

No contexto dos SAHs operados pelo SGB, 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.

Município	Estação	Cota de Atenção (cm)	Cota de Alerta (cm)	Cota de Inundação (cm)
Patrocínio do Muriaé-MG	Patrocínio do Muriaé	400	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
São Fidélis-RJ	São Fidélis	-	-	-
Campos dos Goytacazes-RJ	Campos	800	900	1040

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram elaboradas equações de previsão de nível para os municípios de Patrocínio do Muriaé (6 horas de antecedência), Itaperuna (12 horas), Cardoso Moreira (15 horas) e Campos dos Goytacazes (14 horas). Na Tabela 3 estão apresentadas as populações dos 3 municípios.

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

Município	UF	População (IBGE, 2022)
Patrocínio do Muriaé	MG	5.576
Itaperuna	RJ	101.041
Cardoso Moreira	RJ	12.958
Campos dos Goytacazes	RJ	483.551

Fonte: Elaborado pelos autores.

A população total beneficiada pelo SAH Muriaé é de 603.126 habitantes.

3. HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES

Desde o 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 m³ 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
São Fidélis	702	22/01/1943
Campos	1194	15/01/1966

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas Tabela 5 e 6 estão enumerados os dez (10) eventos de maior magnitude nos municípios com previsão: Patrocínio do Muriaé (dados desde 1928), Itaperuna (1932), Cardoso Moreira (1929) e Campos (1928).

Tabela 5 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Patrocínio do Muriaé e Itaperuna.

Ordem	Patrocínio do Muriaé		Itaperuna	
	Cota (cm)	Data	Cota (cm)	Data
1	965	27/01/2020	620	27/01/2020
2	953	14/02/2020	594	05/01/2012
3	914	08/01/2023	551	11/01/2022
4	900	09/02/2022	535	30/12/2010
5	900	05/01/1997	529	09/01/1943
6	896	05/02/1979	522	24/12/1943
7	840	19/12/2008	520	15/02/2020
8	830	11/01/2007	510	05/02/1937
9	828	29/01/1985	505	03/02/2022
10	778	23/12/1943	490	12/01/2007

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 6 – Lista das 10 maiores cheias registradas nas estações de Cardoso Moreira e Campos.

Ordem	Cardoso Moreira		Campos	
	Cota (cm)	Data	Cota (cm)	Data
1	985	27/01/2020	1194	15/01/1966

2	970	05/01/2012	1174	31/01/1961
3	907	11/01/2022	1172	07/01/2007
4	875	30/12/2010	1143	07/01/1997
5	874	09/01/1943	1138	07/02/1979
6	874	24/12/1943	1120	16/02/1961
7	864	15/02/2020	1118	26/01/1992
8	851	05/02/1937	1114	10/02/1962
9	842	03/02/2022	1105	10/01/2012
10	837	12/01/2007	1098	18/03/1947

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. METODOLOGIA E OPERAÇÃO

Para realizar a previsão das cotas futuras, foram utilizados dois tipos de modelos: regressão linear e redes neurais.

Os modelos de regressão linear foram aplicados para as estações Itaperuna e Cardoso Moreira. Foram utilizadas equações empíricas que adotam como dados de entrada as vazões das estações de montante e da estação a ser modelada. As equações foram aplicadas por meio do software R.

Os modelos de redes neurais foram aplicados para as estações Patrocínio do Muriaé e Campos. Como dados de entrada, foram utilizadas vazões das estações de montante, vazão da própria estação e acumulados de precipitação em estações localizadas na área de drenagem. Para a calibração e aplicação destes modelos, foi utilizado o pacote *h2o* do software R.

Por meio de uma planilha Excel, os dados hidrológicos observados e calculados são compilados e organizados no Boletim de Alerta Hidrológico (Figura 4).

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/pombas

Estação	Bacia Hidrográfica	Chuva acumulada em 72h (mm)	Nível atual (m) 02/03/2024 15:00	Variação de nível em 24h (m)	Nível de inundação (m)	Previsão
Pernambuco do Muriaé	Rio Muriaé	65.5	299	62	500	#
Carangola	Rio Muriaé	64.5	188	10	320	#
Paracatu	Rio Muriaé	37.5	319	55	450	#
Itapicirica	Rio Muriaé	59.5	313	35	400	3/3/24 6:00
Cardoso Moreira	Rio Muriaé	18.5	362	205	750	4/1/24 1:00
São Paulo	Paraíba do Sul	9.5	221	23	#	#
Campes	Paraíba do Sul	27.5	847	9	1040	5/5/24 5:00
Quatzen	Rio Pomba	25.5	233	-15	500	#
Assaí Duta	Rio Pomba	9.5	137	5	600	#
João Maurício Juazeiro	Rio Pomba	26.5	255	55	#	#
Barra do Rio Preto	Rio Pomba	35.5	199	37	700	#
Carapicóba	Rio Pomba	27.5	145	31	550	2/3/24 21:00
Santa André de Pádua	Rio Pomba	25.5	140	-2	310	3/3/24 10:00
Aperibá	Rio Pomba	#	121	-4	350	3/3/24 14:00

Os dados hidrológicos utilizados nos boletins são provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional de responsabilidade da Agência Nacional das 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 aos mesmos.

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

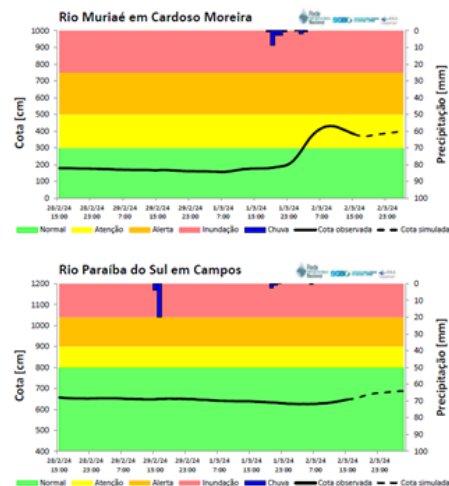
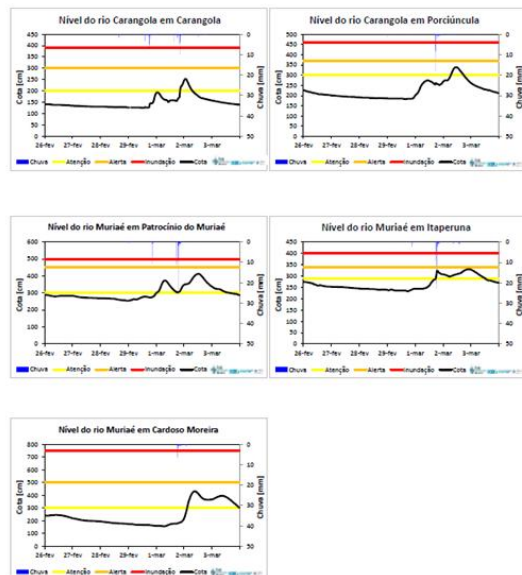


Figura 4 - Páginas do modelo do boletim de alerta do SAH-Muriaé, com a tabela com dados e gráficos com cotogramas, pluviogramas e cotas simuladas. Fonte: Elaborado pelos autores.

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 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. Aproximadamente 3300 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 GPMIMERG (Huffman et al., 2019) da NASA. Para a geração dos dados do GPMIMERG 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. NELKIN, JACKSON TAN (2019). GPMIMERG 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/GPMIMERG-20-MONTH03.
 ROZANTE, J. R., MOREIRA, D. S., DE GONCALVES, L. G. S. & VILA, D. A. (2016). Comparing TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. *Weather and forecasting*, 25(3), 885-894.
 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), 7555-7564.

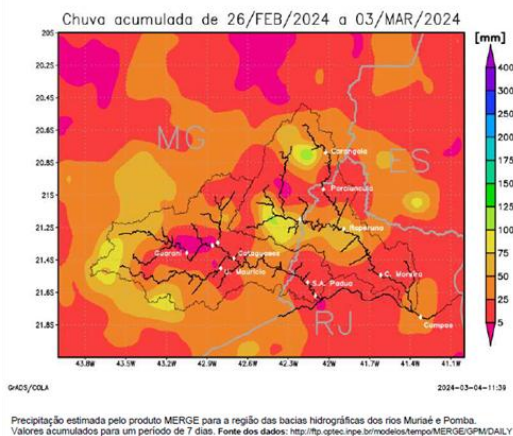


Figura 5 - Páginas do Boletim de Monitoramento do SAH-Muriaé com os gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações e a imagem da precipitação estimada pelo produto MERGE. Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma ferramenta importante na operação do sistema é a plataforma SACE (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 6) bem como informações atualizadas sobre o nível dos rios e pluviometria de forma gráfica (Figura 7) e tabular (Figura 8). Assim, para cada Sistema de Alerta Hidrológico operado pelo SGB 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.

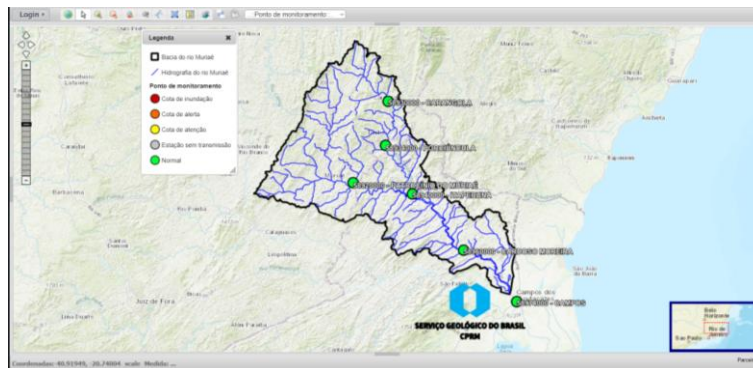


Figura 6 - Plataforma SACE para o SAH-Muriaé. Fonte: Elaborado pelos autores.

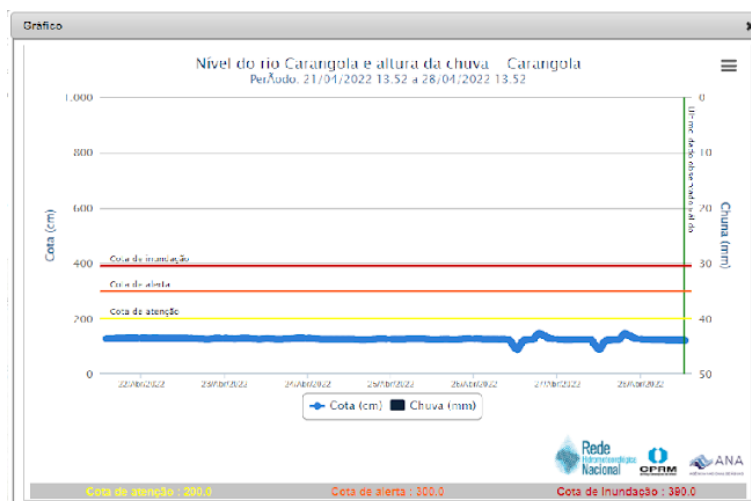


Figura 7 - Gráfico da cota na estação de Carangola. Fonte: Elaborado pelos autores.

Visualização das informações do ponto de monitoramento

Ponto de monitoramento

Nome: 58960000 - CARDOSO MOREIRA

Sigla: CMO

Rio:

Latitude: 21° 29' 29"

Área: 7283

Longitude: 41° 36' 48"

Altitude: 134

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 8 - 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.

Fonte: Elaborado pelos autores.

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; 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 7 estão apresentados os parâmetros das equações de curvas-chaves para as estações do SAH-Muriaé.

Tabela 7 - 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	1/2	47,978	1,52	1,286	157	488
	2/2	37,89	1,49	1,470	488	900
Carangola	1/1	4,862	-0,08	2,139	33	67
	2/2	16,148	0,33	1,683	67	700
Porciúncula	1/4	15,997	0,6	1,84	70	254
	2/4	22,8768	0,52	1,225	254	460
	3/4	20	1	1,45	460	619
	4/4	116,306 5	4,71	1,6	619	850
Itaperuna	1/3	37,2261	0,96	2,879	115	258

	2/3	72,4431	1,06	1,727	258	512
	3/3	110,745 1	2,09	1,8	512	620
Cardoso Moreira	1/3	36,3139	-0,2364	1,6089	10	250
	2/3	33,0425	-0,6349	1,5001	250	400
	3/3	28,3813	-1,13	1,5	400	1200
São Fidélis	1/3	220,906	-0,41	1,305	-10	65
	1/2	221,354	-0,4	1,517	65	434
	1/3	401,337	1,34	1,607	434	650
Campos	1/3	141,645 2	3,39	2,034	438	520
	2/3	44,9107	2,14	2,109	520	980
	3/3	7,2556	2,12	3	980	1200

Fonte: Elaborado pelos autores.

6. DADOS OBSERVADOS

Nas Figuras 9 a 15 estão apresentados os cotagramas das estações para o período chuvoso de 2024/2025. 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.

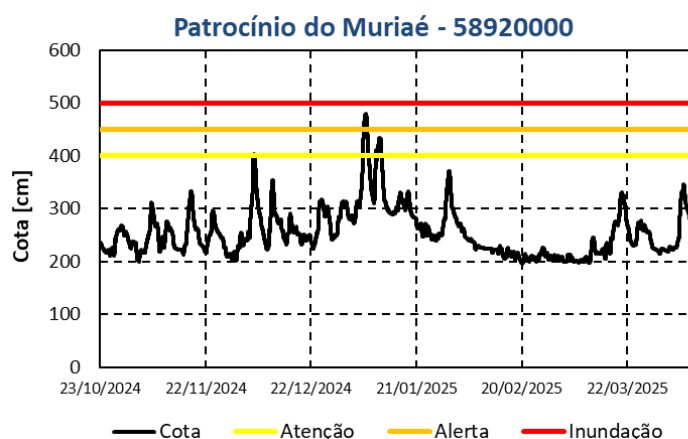


Figura 9 – Cotagrama de Patrocínio do Muriaé para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). Fonte: Elaborado pelos autores.

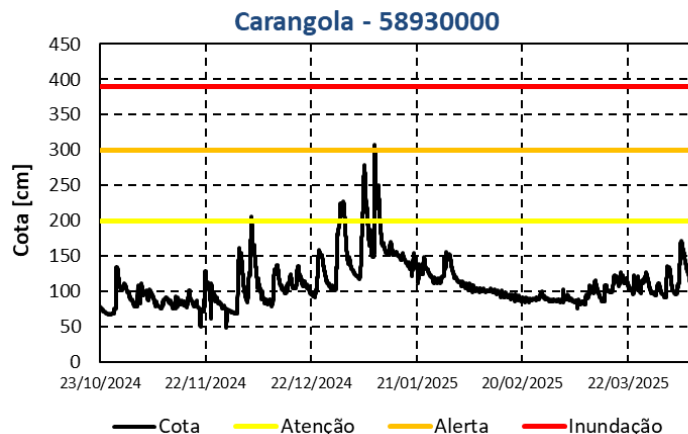


Figura 10 – Cotagrama de Carangola para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). Fonte: Elaborado pelos autores.

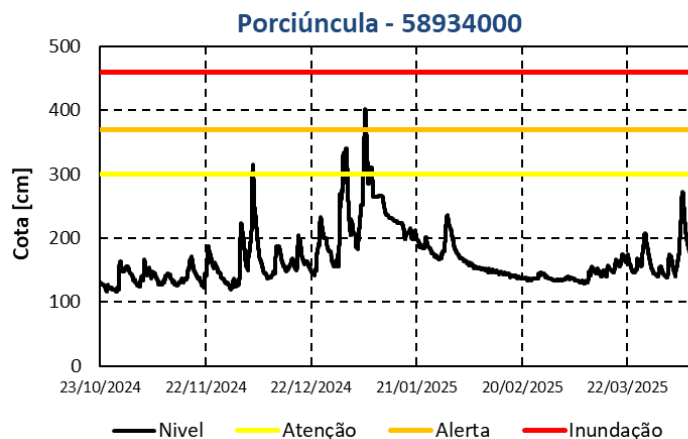


Figura 11 - Cotagrama de Porciúncula para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). Fonte: Elaborado pelos autores.

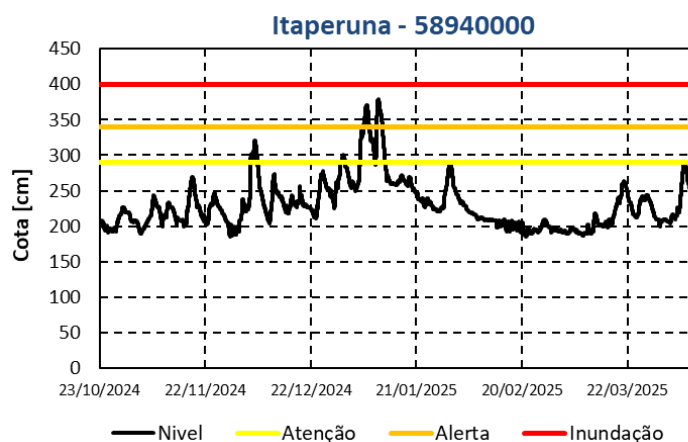


Figura 12 - Cotagrama de Itaperuna para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). Fonte: Elaborado pelos autores.

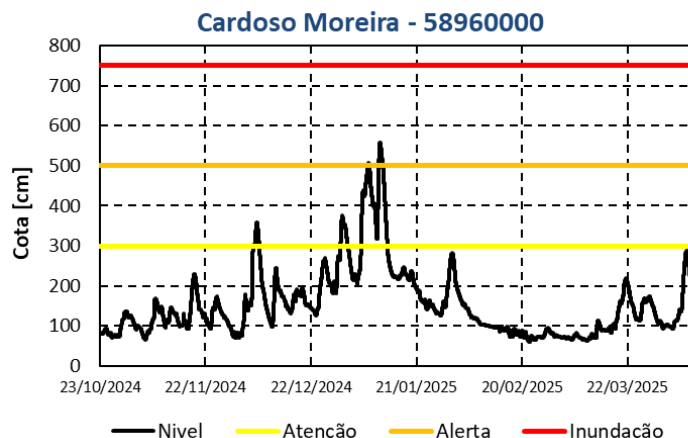


Figura 13 - Cotagrama de Cardoso Moreira para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). Fonte: Elaborado pelos autores.

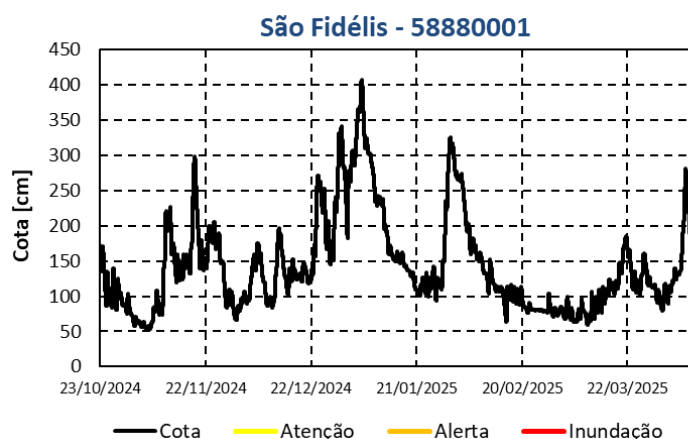


Figura 14 - Cotagrama de São Fidélis para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta). Fonte: Elaborado pelos autores.

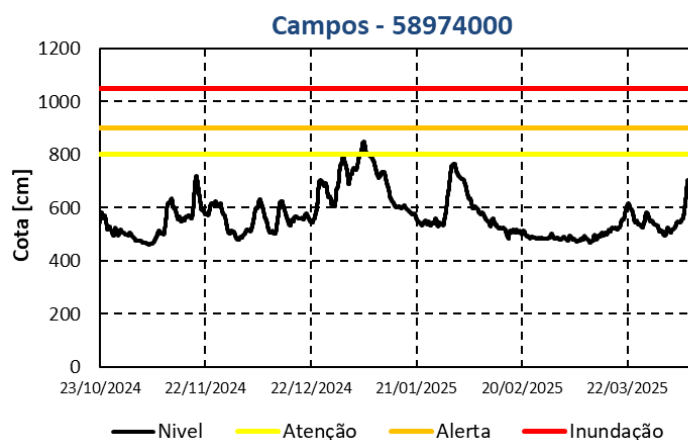


Figura 15 - Cotagrama de Campos para o período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025: cota (linha preta), cota de atenção (linha amarela), cota de alerta (linha laranja) e cota de inundação (linha vermelha). Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 16 está apresentada a precipitação estimada pelo produto de satélite MERGE (Rozante *et al.*, 2010, 2020) para o período entre novembro de 2024 e março de 2025. Na análise da imagem é possível constatar que os maiores acumulados foram observados em partes mais altas da bacia, nas proximidades das estações Patrocínio do Muriaé e Carangola, com acumulados de aproximadamente 900 mm. Nas porções da bacia com os menores acumulados, foram constatados acumulados de 400 mm.

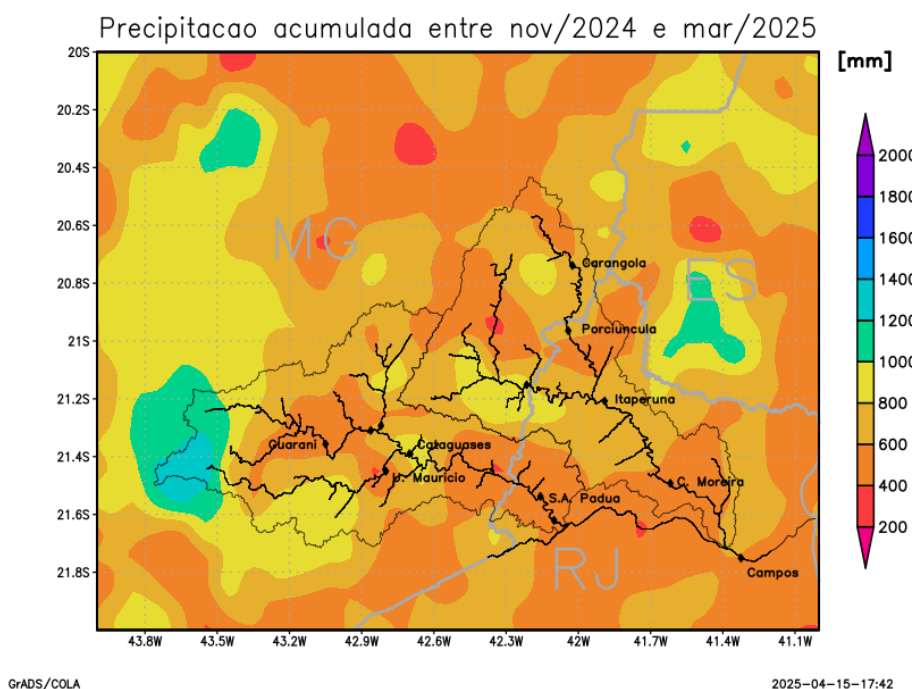


Figura 16 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2024 e março/2025. Dados estimados do produto MERGE. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 17 está apresentada a relação entre a precipitação estimada entre novembro de 2024 e março de 2025 com a média dos 24 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.

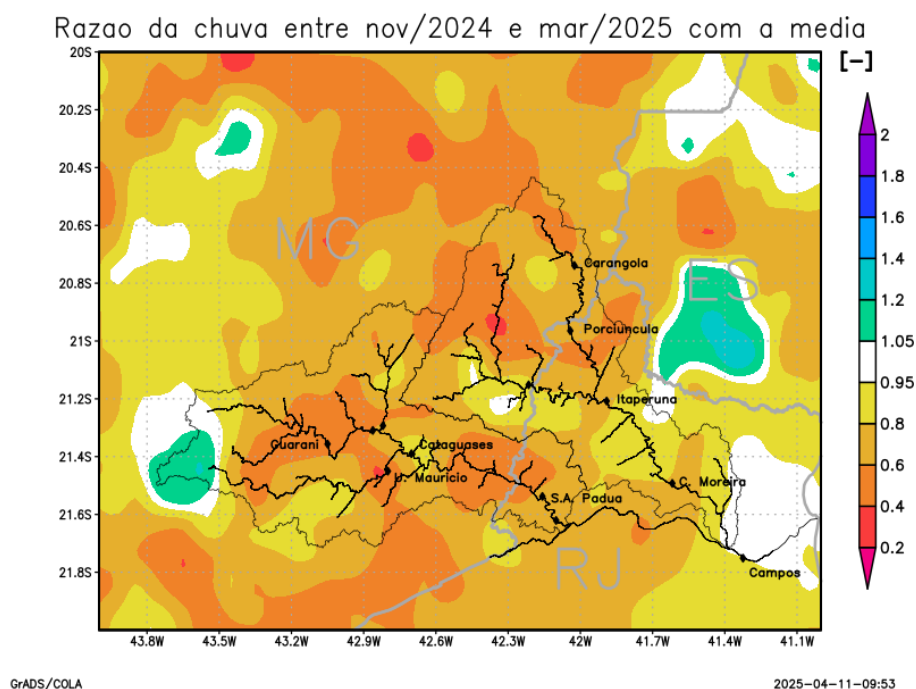


Figura 17 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro de 2024 e março de 2025 e a média do período. Fonte: Elaborado pelos autores.

7. EVENTOS HIDROLÓGICOS

Conforme pode se observar nas Figuras de 9 a 15, em nenhuma das estações do SAH-Muriaé a cota de inundação foi ultrapassada. Na operação do ano hidrológico 2024/2025, foram emitidos 20 boletins de alerta hidrológico e 19 boletins de monitoramento hidrológico. O maior evento de cheia no período ocorreu no fim de dezembro de 2024 e início de janeiro de 2025.

Na Tabela 8 está apresentado o tempo de permanência das cotas máximas registradas nas estações no período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025. O

tempo de permanência foi calculado com base nas séries diárias para o mês da ocorrência das cotas máximas.

Tabela 8 - Tempo de permanência das cotas máximas observadas no período chuvoso do ano hidrológico 2024/2025.

Estação	Cota máxima [cm]	Permanência	Data
Patrocínio do Muriaé	480	2%	06/01/2025
Carangola	307	13%	09/01/2025
Porciúncula	402	3%	06/01/2025
Itaperuna	379	5%	10/01/2025
Cardoso Moreira	558	2%	10/01/2025
São Fidélis	407	5%	05/01/2025
Campos	851	7%	06/01/2025

Fonte: Elaborado pelos autores.

8. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Entre 1 de novembro de 2024 e 22 de abril de 2025 foi operado o SAH-Muriaé pelo décimo ano. Foram emitidos 20 boletins de monitoramento hidrológico e 19 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;
- Revisão das cotas de referência.
- Definição das cotas de inundação severa.
- Atualização dos modelos hidrológicos.
- Automatização de toda cadeia de processos de geração do boletim (obtenção dos dados, aplicação das equações, geração dos boletins).

9. AGRADECIMENTOS

A operação do projeto SAH-Muriaé no período entre novembro de 2024 e março de 2025 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) 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEMADEN. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais: boletim da Sala de Situação**, São José dos Campos, ano 1, n. 1, 1º trimestre, jun. 2020. Trimestral. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/Boletim-da-Sala-de-Situação-JFM2020.pdf>. Acesso em: 6 out. 2025.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Curva-chave**: análise e traçado. Brasília: DNAEE, 1989. 273 p. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/monitoramento-hidrologico/orientacoes-manuais/historicos/dnaee-curva-chave-1988-1.pdf>. Acesso em: 6 out. 2025.

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

ROZANTE, J. R.; GUTIERREZ, E. R.; FERNANDES, A. A.; VILA, D. A. Performance of precipitation products obtained from combinations of satellite and surface observations. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 41, n. 19, p. 7585-7604, jul. 2020. DOI: 10.1080/01431161.2020.1763504.