

# RELATÓRIO DE ATIVIDADES

## DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



**Relatório Anual do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia  
do rio Muriaé - 2021**

---

**Serviço Geológico do Brasil - CPRM**

**Junho 2021**



**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 Muriaé - 2021**

---

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

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

---

**REALIZAÇÃO**

Divisão de Hidrologia Aplicada

**AUTORES**

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

**São Paulo, 2021**

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Bento Albuquerque

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Alexandre Vidigal de Oliveira

## **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 DE DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO**

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 MURIAÉ (SAH-MURIAÉ)

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

## REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

## AUTORES

Marcos Figueiredo Salviano

Artur José Soares Matos

**FOTOS DA CAPA:** Seção de réguas da estação fluviométrica de Porciúncula. Foto tirada em campanha de campo realizada pelos Técnicos em Geociências Diego Froes e Felipe Tomás (Janeiro/2021).

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

SALVIANO, Marcos Figueiredo

S184a Relatório Anual do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Muriaé - 2021/ Marcos Figueiredo Salviano, Artur José Soares Matos. – São Paulo : CPRM, 2021.

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 Muriaé. 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.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

[seus@cprm.gov.br](mailto: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 2014 o Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Muriaé.

## RESUMO

---

No período de 7 de novembro de 2020 a 5 de abril de 2021, 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 Muriaé (SAH-Muriaé). O período foi menos chuvoso que a média, em especial os meses de janeiro e março de 2021. Entretanto, um evento hidrológico extremo ocorreu na sub-bacia do rio Carangola (SAH-Muriaé) em fevereiro de 2021. Como consequência deste evento, as maiores cotas das séries históricas foram observadas nas estações de Carangola e Porciúncula. Este evento resultou em quatro mil desabrigados na região. No quantitativo da operação do projeto, foram emitidos 41 boletins extraordinários e 11 boletins de monitoramento.

## ABSTRACT

---

From November 7, 2020 to April 5, 2021, Geological Survey of Brazil - CPRM, through the Regional Superintendence of São Paulo (SUREG/SP) operated the project Hydrological Alert System of the Muriaé river basin (SAH-Muriaé). The period was less rainy than the average, especially in January and March 2021. However, an extreme hydrological event occurred in the Carangola River sub-basin (SAH-Muriaé) in February 2021. As a result of this event, the highest stage levels of the time series were observed in the gauged stations of Carangola and Porciúncula. This event resulted in four thousand homeless in the region. In the operation, 41 extraordinary bulletins and 11 monitoring bulletins were issued.



## SUMÁRIO

---

<b>1. Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Área de atuação .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Metodologia e Operação .....</b>	<b>16</b>
<b>4. Curvas-Chaves .....</b>	<b>21</b>
<b>5. Dados observados e estimados .....</b>	<b>22</b>
<b>6. Eventos Hidrológicos .....</b>	<b>25</b>
<b>7. Conclusões .....</b>	<b>27</b>
<b>8. Agradecimentos .....</b>	<b>27</b>
<b>9. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Mapas das bacias hidrográficas dos rios Muriaé e Pomba. ....	15
Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Muriaé.....	15
Figura 3 - Esquema da modelagem linear.....	17
Figura 4 - Páginas do modelo do boletim extraordinário do SAH-Muriaé e SAH-Pomba. (A) Tabela com dados hidrológicos das estações. (B) Mapas das bacias dos rios Pomba e Muriaé. (C) Gráficos com cotagramas, pluviogramas e cotas simuladas para estações do SAH-Muriaé. (D) Gráficos com cotagramas, pluviogramas e cotas simuladas para estações do SAH-Pomba. ....	18
Figura 5 - Página do Boletim de Monitoramento. (A) Resumo do comportamento hidrológico na semana anterior. (B) Gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações do SAH-Muriaé. (C) Gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações do SAH-Pomba. (D) Imagem da precipitação estimada pelo produto MERGE. ....	19
Figura 6 - Plataforma SACE para o SAH-Muriaé.....	20
Figura 7 - Gráfico da cota na estação de Astolfo.....	20
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. ....	20
Figura 9 - Cotagramas e pluviogramas das estações telemétricas do SAH-Muriaé para o período entre 01/11/2020 e 31/03/2021.....	23
Figura 10 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2020 e março/2021. Dados estimados do produto MERGE. ....	24
Figura 11 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro/2020 e março/2021 e a média do período. Dados estimados do produto MERGE.....	24

Figura 12 - Foto dos detritos na PCD de Carangola resultado da cheia do rio Carangola no município. Fonte: Filipi Simioni, observador da estação de Carangola.....26

Figura 13 - Foto da cheia do rio Carangola no centro de Porciúncula/RJ. Fonte: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-02/chuvas-deixam-mais-de-3-mil-desalojados-no-interior-do-rj>. Reprodução: Facebook Porciúncula ASCOM.....26

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 - Lista das estações pertencentes ao SAH-Muriaé. ....	16
Tabela 2 - Níveis de Atenção, Alerta e Inundação das estações hidrometeorológicas do SAH-Muriaé.....	16
Tabela 3 - Parâmetros das equações de curva-chave das estações do SAH-Muriaé. ....	22

## 1. INTRODUÇÃO

No período de 7 de novembro de 2020 a 5 de abril de 2021, 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 Muriaé (SAH-Muriaé). Este foi o sétimo ano de operação do SAH-Muriaé.

O projeto tem como objetivo o monitoramento do regime pluviométrico nas bacias e do incremento dos níveis dos rios, possibilitando, em caso de níveis altos, a previsão com antecedência do nível d'água dos rios da bacia hidrográfica. Nestas situações serão emitidos boletins de alertas para que as instituições responsáveis adotem as medidas preventivas necessárias para reduzir os impactos nas cidades atingidas. O monitoramento é realizado por intermédio pela observação automática da precipitação (pluviômetros automáticos de báscula) e 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 extremos possibilita a execução de ações preventivas e mitigadoras de órgãos 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, 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.

## 2. ÁREA DE ATUAÇÃO

A bacia do rio Muriaé localiza-se 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 8.126 km<sup>2</sup>. A bacia abrange dezoito (18) municípios mineiros e oito (8) 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 de 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, enquanto que as estações que constituem o SAH-Muriaé estão expostas na Tabela 1. O diagrama unifilar da bacia está apresentado na Figura 2.

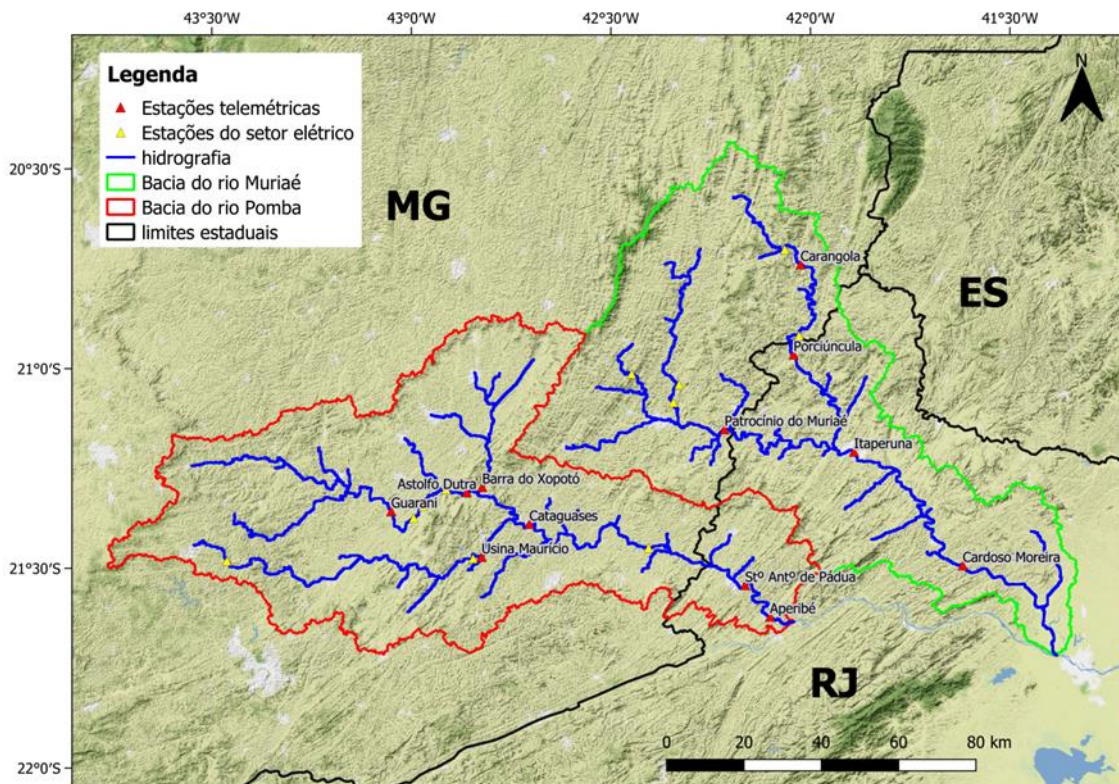


Figura 1 – Mapas das bacias hidrográficas dos rios Muriaé e Pomba.

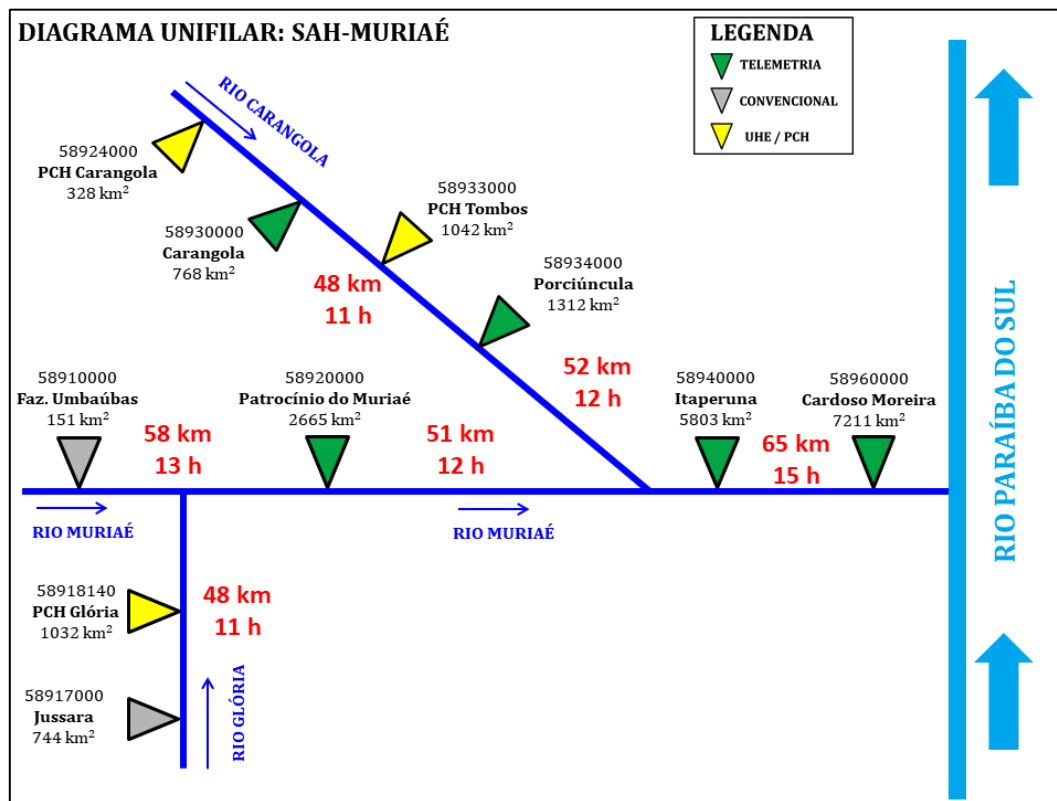


Figura 2 – Diagrama unifilar do SAH-Muriaé.

Tabela 1 - Lista das estações pertencentes ao SAH-Muriaé.

Estação	Município/UF	Código F	Código P	Rio	Lat.	Long.
Patrocínio do Muriaé	Patrocínio do Muriaé/MG	58920000	02142002	Muriaé	-21°09'00"	-42°12'53"
Carangola	Carangola/MG	58930000	02042000	Carangola	-20°44'19"	-42°01'26"
Porciúncula	Porciúncula/RJ	58934000	02042027	Carangola	-20°57'41"	-42°02'16"
Itaperuna	Itaperuna/RJ	58940000	02141003	Muriaé	-21°12'26"	-41°53'32"
Cardoso Moreira	Cardoso Moreira/RJ	58960000	02141004	Muriaé	-21°29'30"	-41°36'48"

As cotas de referência de cada estação estão apresentadas na Tabela 3. A cota de Inundação é um nível com significado físico, no qual o rio extravasa o leito principal e começa a causar um impacto à população. Esta cota precisa ser determinada no local. Já as cotas de Alerta e Atenção são cotas determinadas a partir de uma análise estatística de distribuição de frequência. Estas cotas, inferiores à cota de Inundação, funcionam como referência para a tomada de decisão do envio de boletins alertando as autoridades locais sobre a possibilidade de uma inundação.

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

Estação	Cota de Atenção (cm)	Cota de Alerta (cm)	Cota de Inundação (cm)
Patrocínio do Muriaé	300	450	500
Carangola	200	300	390
Porciúncula	200	370	460
Itaperuna	290	340	400
Cardoso Moreira	300	500	750

### 3. 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:  $x_1$



$= x_2 = x_3 \dots\dots\dots = x_n$ . Neste caso a equação que descreve o fenômeno físico deverá ser válida para qualquer dado de entrada ( $x_n$ ). O sistema é linear quando “ $n \times 1$ ” produz a saída “ $n \times 1$ ” (Figura 3).

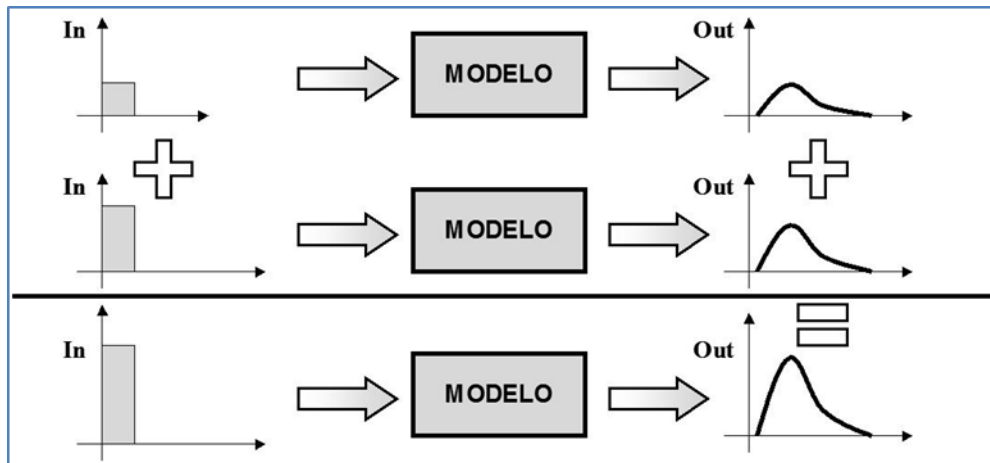


Figura 3 - Esquema da modelagem linear.

Foram elaboradas equações para os municípios de Itaperuna e Cardoso Moreira, com previsões de 10 horas de antecedência. 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. Optou-se para a realização das previsões por uma planilha em formato Excel. A planilha tem como função ordenar os dados provenientes das estações, aplicar as equações de previsão de cotas futuras e gerar o boletim extraordinário (Figura 4) de alerta caso seja preciso enviá-lo.

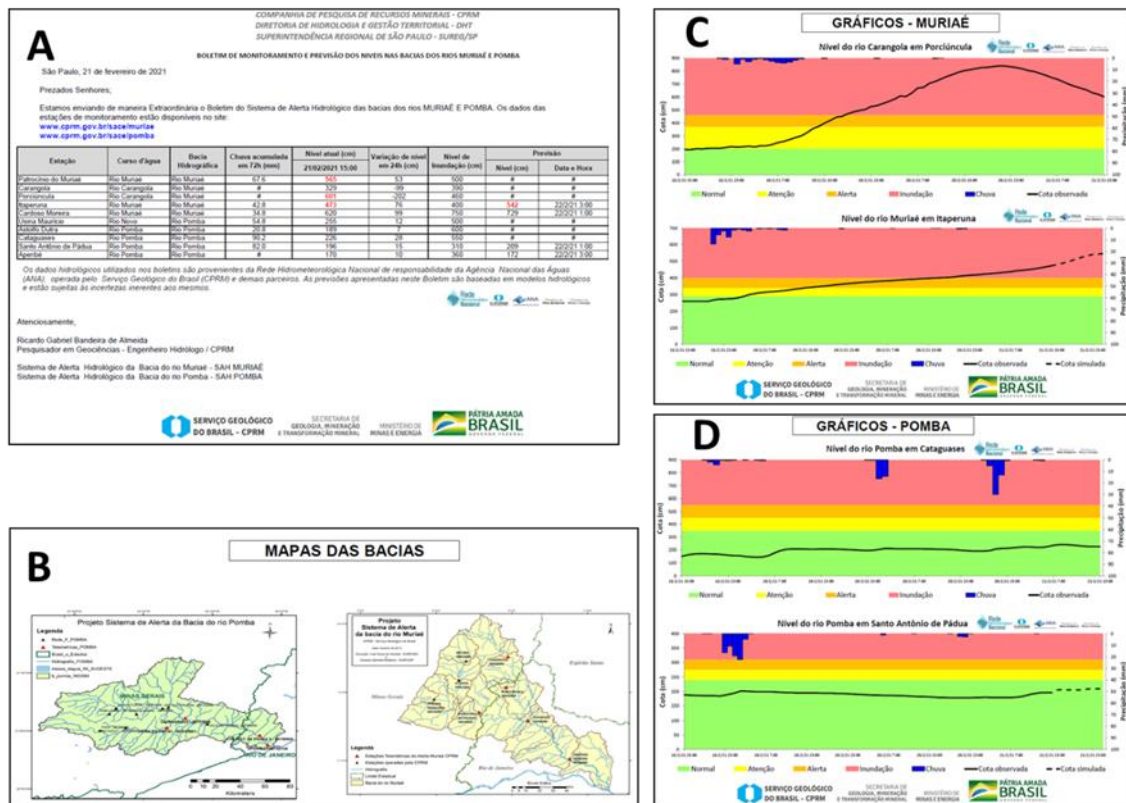


Figura 4 - Páginas do modelo do boletim extraordinário do SAH-Muriaé e SAH-Pomba. (A) Tabela com dados hidrológicos das estações. (B) Mapas das bacias dos rios Pomba e Muriaé. (C) Gráficos com cotagramas, pluviogramas e cotas simuladas para estações do SAH-Muriaé. (D) Gráficos com cotagramas, pluviogramas e cotas simuladas para estações do SAH-Pomba.

Além dos boletins extraordinários, são emitidos boletins de monitoramento (Figura 5) com frequência semanal. Estes boletins tem o objetivo de apresentar de 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.

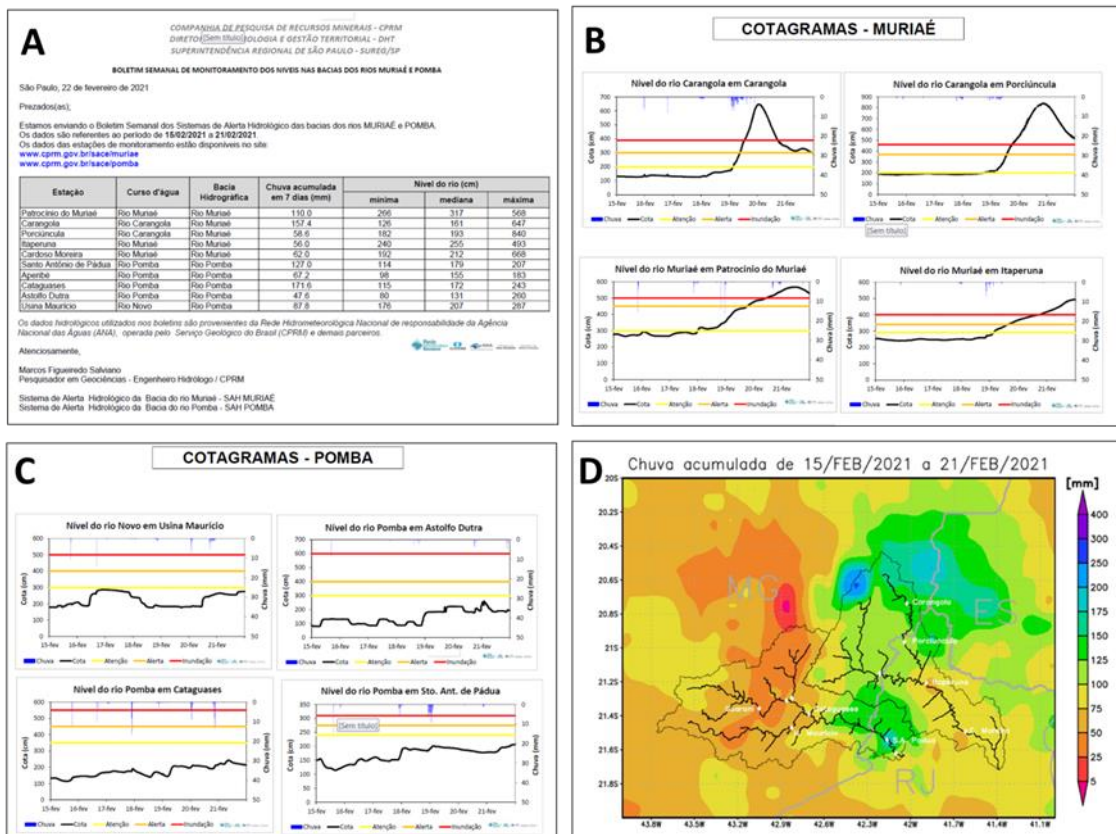


Figura 5 - Página do Boletim de Monitoramento. (A) Resumo do comportamento hidrológico na semana anterior. (B) Gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações do SAH-Muriaé. (C) Gráficos com o comportamento da cota e da precipitação das estações do SAH-Pomba. (D) Imagem da precipitação estimada pelo produto MERGE.

Uma ferramenta importante na operação do sistema é o SACE (Sistema de Alerta de Eventos Críticos). O SACE consiste numa plataforma computacional 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 7) bem como informações atualizadas sobre o nível dos rios e pluviometria de forma gráfica (Figura 8) e tabular (Figura 9). Assim para cada Sistema de Alerta Hidrológico operado pela 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.

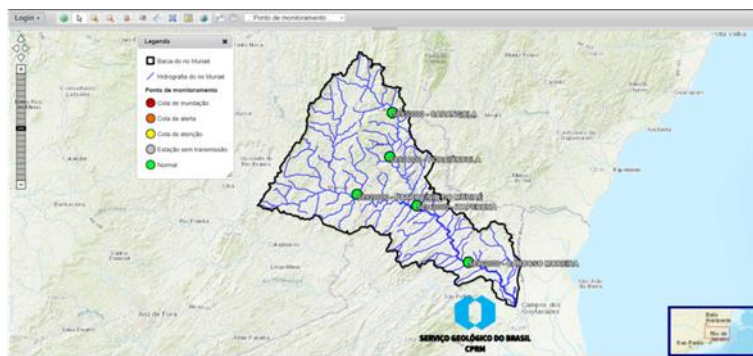


Figura 6 - Plataforma SACE para o SAH-Muriaé.

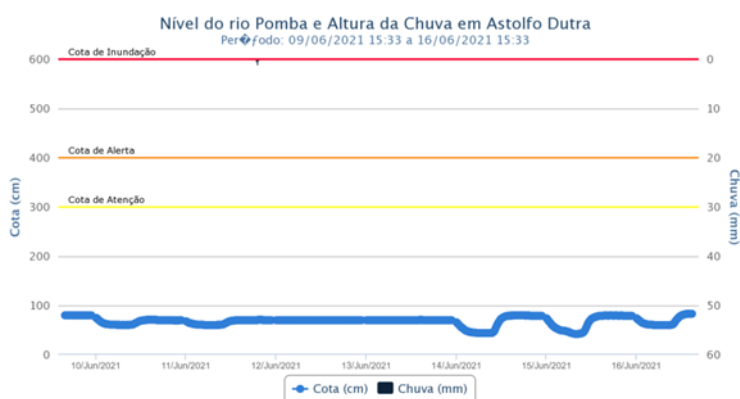


Figura 7 - Gráfico da cota na estação de Astolfo Dutra.

Visualização das informações do ponto de monitoramento

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

#### 4. 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 discretização 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 empírica.

Uma curva-chave é representativa para um ponto de monitoramento hidrológico dentro de um determinado intervalo de tempo e de nível da 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. 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 3 estão apresentados os parâmetros das equações de curvas-chaves para as estações do SAH-Muriaé.

Tabela 3 - 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	80	196
	02	13,4078	0,29	1,707	196	303
	03	20,011	0,28	1,305	303	704
	04	125,338	5,46	1,441	704	900
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	-0,5	1,52	176	800
	04	37,89	1,49	1,470	488	900

## 5. DADOS OBSERVADOS E ESTIMADOS

Os cotogramas e pluviogramas, para o período entre novembro de 2020 e março de 2021, das estações hidrometeorológicas telemétricas do SAH-Muriaé estão apresentados na Figura 9.

Em alguns casos (e.g. Porciúncula, Carangola, Patrocínio do Muriaé) as PCDs apresentaram problemas durante a operação e por este motivo tiveram períodos sem dados. Estas estações foram visitadas pela equipe técnica da SUREG/SP e os problemas sanados. É importante ressaltar que estas manutenções foram realizadas durante a pandemia de COVID-19, o que dificultou a realização das campanhas de manutenção e aumentou o período em que as estações não estavam em pleno funcionamento.



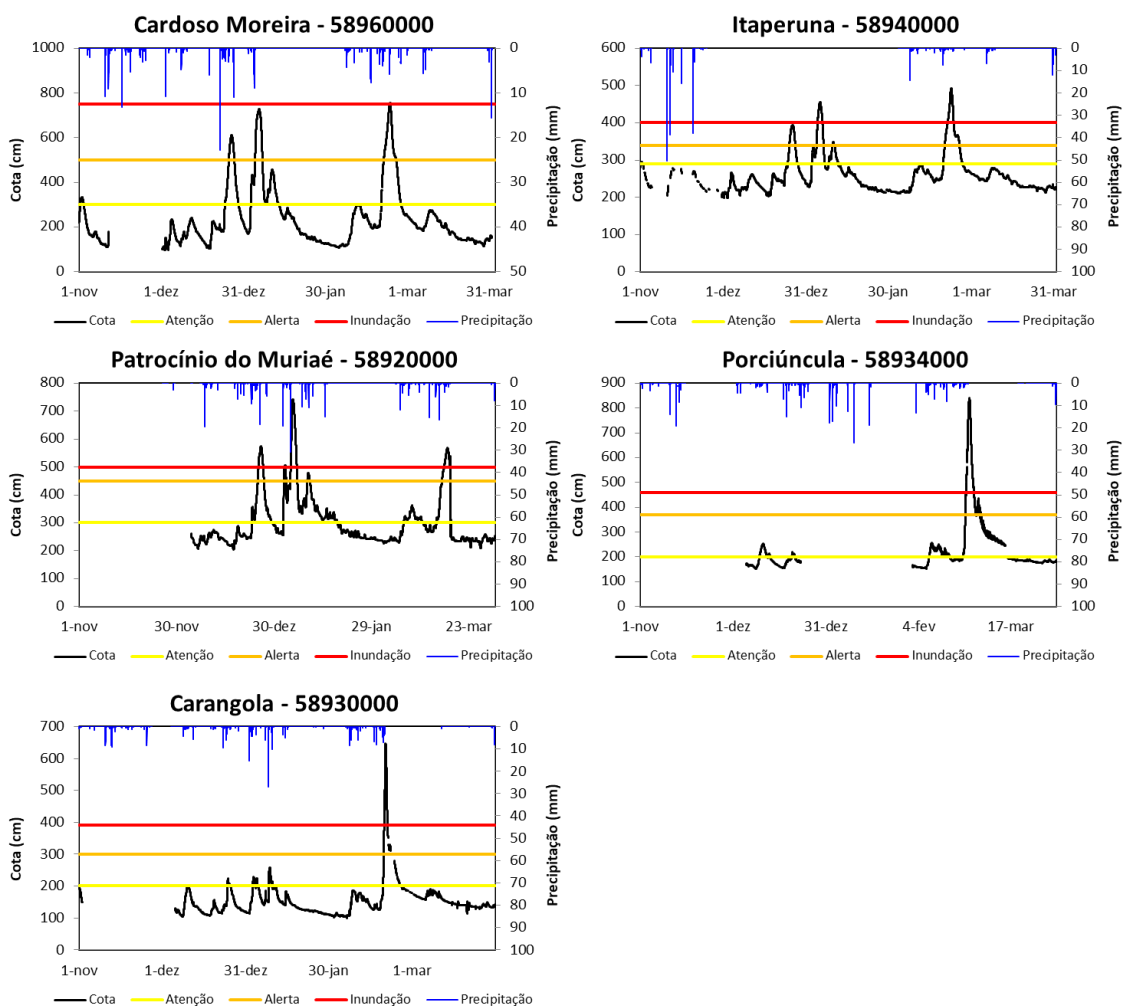


Figura 9 - Cotagramas e pluviogramas das estações telemétricas do SAH-Muriaé para o período entre 01/11/2020 e 31/03/2021.

Na Figura 10 está apresentada a precipitação estimada pelo produto de satélite MERGE (ROZANTE *et al.* 2010, 2020) para o período entre novembro de 2020 e março de 2021. Na análise da imagem é possível constatar que na maior parte da área das duas bacias, a precipitação estimada acumulada foi entre 750 e 1350 mm. Os maiores acumulados foram observadas nas cabeceiras dos rios Fubá (extremo oeste da bacia), Glória e Carangola (extremo norte).

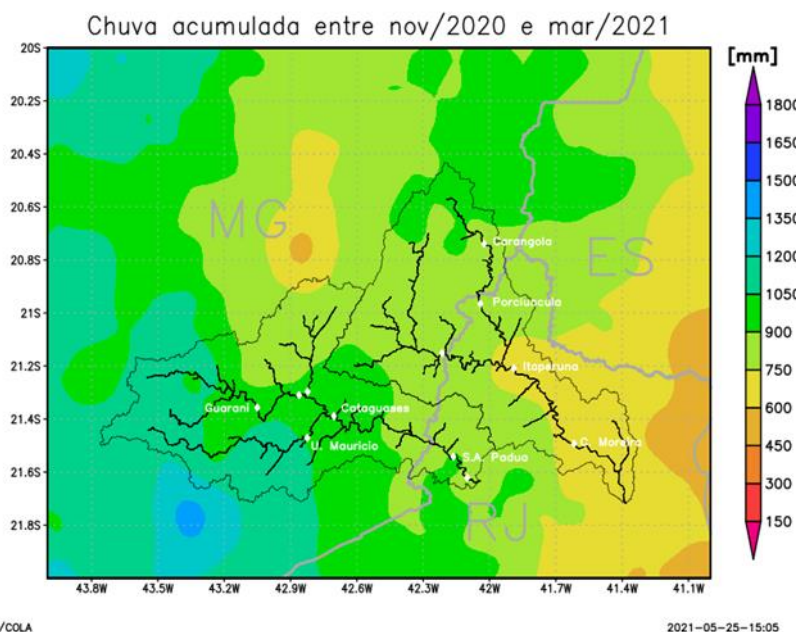


Figura 10 - Precipitação acumulada (mm) entre os meses de novembro/2020 e março/2021. Dados estimados do produto MERGE.

Na Figura 11 está apresentada a relação entre a precipitação estimada entre novembro de 2020 e março de 2021 com a média dos 20 anos anteriores para o mesmo período. Na análise da imagem é possível constatar que na maior parte da bacia do Muriaé as precipitações abaixo da média.

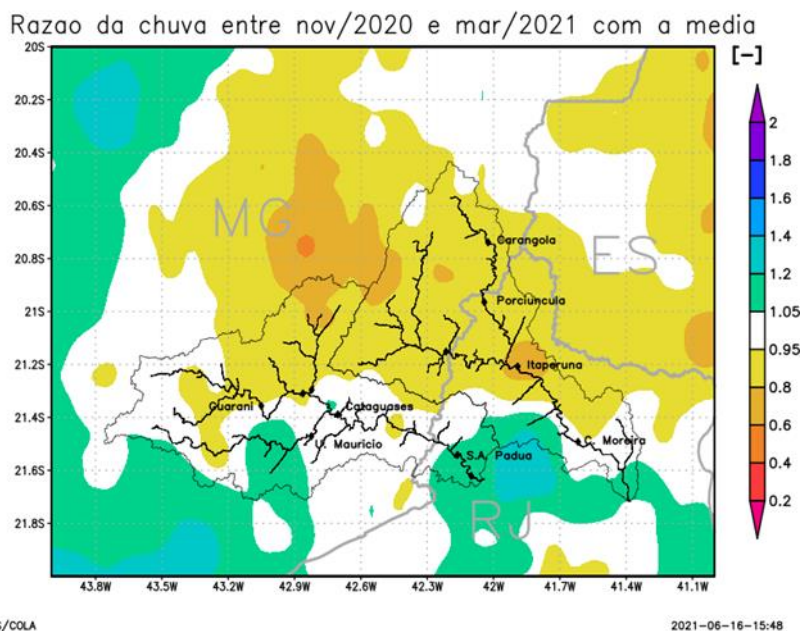


Figura 11 - Razão da precipitação entre os acumulados entre os meses de novembro/2020 e março/2021 e a média do período. Dados estimados do produto MERGE.



## 6. EVENTOS HIDROLÓGICOS

Conforme pode se observar na Figura 9, nos 5 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: Carangola (28 horas), Porciúncula (61), Patrocínio do Muriaé (130), Itaperuna (95) e Cardoso Moreira (7).

Na operação do ano hidrológico 2020/2021, foram emitidos 41 boletins extraordinários e 11 boletins de monitoramento.

O evento mais significativo do período ocorreu na subbacia do rio Carangola, no fim de fevereiro de 2021. A partir do dia 17, precipitações intensas começaram a ocorrer na cabeceira do rio Carangola. Nas proximidades do município de Divino/MG, foram observados acumulados de precipitação de 19,4, 12 e 152,2 mm nos dias 17, 18 e 19 (dados da estação 58924000, disponíveis no portal Hidrotelemetria da ANA). A precipitação extrema no dia 19, combinada com as chuvas nos dois anteriores gerou uma onda de cheia que atingiu os municípios a jusante. Utilizando a equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) (CPRM, 2014) do município de Manhuaçu/MG (distante 40 km de Divino/MG), a precipitação de 157,4 mm ocorrida em um período de 24 horas entre as noites dos dias 18 e 19 teve um tempo de retorno de > 100 anos ( $p < 0.01$  que esta precipitação ocorra em um ano qualquer).

Tanto em Carangola (646 cm) quanto em Porciúncula (840 cm) a cota máxima do evento foi atingida no dia 20. Ambas foram as maiores das séries históricas que tem dados de cota desde a década de 1930. De acordo com as Defesas Cíveis Estaduais de Minas Gerais e Rio de Janeiro, este evento resultou em aproximadamente 4 mil pessoas desalojadas nos principais municípios por onde o rio Carangola passa: Orizânia/MG, Divino/MG, Carangola/MG (Figura 13), Porciúncula/RJ (Figura 14) e Natividade/RJ. Esta cheia eventualmente atingiu o rio Muriaé e resultou em cheias nos municípios de Itaperuna/RJ, Italva/RJ e Cardoso Moreira/RJ, mas de uma magnitude muito menor. Nos municípios de Carangola/MG, Porciúncula/RJ e Patrocínio do Muriaé/MG as coordenadas e cota das marcas de cheia foram levantadas.



Figura 12 - Foto dos detritos na PCD de Carangola resultado da cheia do rio Carangola no município. Fonte: Filipi Simioni, observador da estação de Carangola.



Figura 13 - Foto da cheia do rio Carangola no centro de Porciúncula/RJ. Fonte: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-02/chuvas-deixam-mais-de-3-mil-desalojados-no-interior-do-rj>. Reprodução: Facebook Porciúncula ASCOM.

## 7. CONCLUSÕES

A operação do projeto SAH-Muriaé no ano hidrológico 2020/2021 foi um enorme desafio frente às dificuldades impostas pela pandemia de COVID-19. Ainda assim, foi possível a organização de campanhas de campo para manutenções corretivas das estações o que possibilitou a operação dos sistemas.

Será preciso recalcular as curvas-chaves das estações de Carangola e Porciúncula. Existem fortes indícios de que ambas seções sofreram um assoreamento de sedimentos, uma vez que a vazão estimada nas duas estações foi inferior às vazões calculadas pelas curvas-chaves. O assoreamento significa que, nas novas condições, para escoar uma mesa vazão será preciso um maior nível do rio. O assoreamento também pode ser constado na Figura 12, em que se observa um grande volume de areia depositado na margem direita do rio Carangola nas proximidades da estação de Carangola.

Apesar do evento extremo no rio Carangola, a chuva no período foi abaixo da média para a maior parte das bacias contempladas.

## 8. AGRADECIMENTOS

A operação do projeto SAH-Muriaé no período entre novembro de 2020 e março de 2021 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.

Agradecimento especial aos Técnicos em Geociências Diego Froes, Eduardo dos Santos, Felipe Tomás e Reginaldo Braz pela realização das campanhas de campo para a manutenção das estações durante a pandemia. Ressalta-se que as atividades desempenhadas durante estas campanhas foram

de alta dificuldade, uma vez que em muitos casos foi necessária a substituição completa das estações para modelos que a equipe da SUREG/SP jamais havia instalado. A operação do SAH-Muriaé e SAH-Pomba para o ano hidrológico 2020/2021 não seria possível sem o trabalho e a dedicação destes profissionais. Também é preciso ressaltar o apoio prestado à estes profissionais pelo Pesquisador Ricardo Almeida e pelos gestores Vanesca Medeiros e Érico Lima por possibilitarem a realização das campanhas de campo.

Agradecimento aos observadores Filipi Simioni e Flávio Lannes por transmitir os dados de cota mesmo com a cheia extrema em seus municípios.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Atlas pluviométrico do Brasil:** equações intensidade-duração-frequência: desagregação de precipitações diárias município Manhuaçu, estação pluviométrica Fazenda Vargem Alegre, código 02041048. Belém: CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17598>. Acesso em 25/06/2021:

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.