



**SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO**



# **SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO**

## **DA BACIA DO RIO DOCE**

### **Relatório Técnico de Operação do Ano**

### **Hidrológico 2021/2022**

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Adolfo Sachsida

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

Lilia Mascarenhas Sant'agostino

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Cassiano de Souza Alves (Interino)

#### **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 Cláudio Peixinho

### **Chefe da Divisão de Hidrologia Exploratória**

João Alberto Diniz

## **EQUIPE TÉCNICA**

Alessandro José da Silva

Artur José Soares Matos – D.Sc.

Breno Guerreiro da Motta - M.Sc.

Claudinei Geraldo Vieira

Elizabeth Guelman Davis

Emília Yumi Kawaguchi

Fernando Silva Rego - M.Sc.

José Alexandre Pinto Coelho - M.Sc.

Maria Letícia Rabelo Alves Patrus

Rodney Geraldo do Nascimento

## **PLANTONISTAS**

Bárbara de Oliveira Lobo Cordeiro

José Geraldo Alves Franco

Juliani Costa Marinho

Pablo de Almeida Gonçalves

Wallace Belizario de Freitas

Wanda Xavier Franca

**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 Hidrogeologia e Exploração

## **Programa de Gestão de Riscos e Desastres**

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

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE  
Relatório Técnico de Operação do Ano Hidrológico 2021/2022

### **AUTORES**

José Alexandre Pinto Coelho Filho  
Artur José Soares Matos  
Elizabeth Guelman Davis

Belo Horizonte

Dezembro, 2022



## REALIZAÇÃO

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

## AUTORES

José Alexandre Pinto Coelho Filho

Artur José Soares Matos

Elizabeth Guelman Davis

**FOTOS DA CAPA:** Registro fotográfico do rio Doce, na cidade de Colatina-ES, durante as atividades de medições de vazões realizadas pela equipe do Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM.

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

C 616 Serviço Geológico do Brasil -SGB/ CPRM Companhia de Pesquisa Recursos Minerais

Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do Rio Doce: Relatório técnico de operação do ano hidrológico 2021-2022/Organizadores José Alexandre Pinto Coelho Filho, Artur José Soares Matos, Elizabeth Guelman Davis (Coods) – Belo Horizonte: CPRM,2022.

92p. 26.495 kbytes . Programa de Gestão de Risco e Desastres. Coleção de Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos – SAH Doce. Disponível em [www.cprm.gov.br/ RIGEO](http://www.cprm.gov.br/RIGEO).

Conteúdo: Inclui[ mapa] índice dos municípios integrantes no Sistema de Alerta da Bacia do Rio Doce no Estado do Espírito Santo e de Minas Gerais, em formato de figura. Contém mapa de localização das estações monitoradas em formato de figura.

ISBN: 978-65-5664-138-6

1-Hidrologia de Minas Gerais 2- Hidrologia do Espírito Santo 3- Hidrometria 4- Curva chave. I-Título II- Coelho Filho, J.A P. Org.-III Matos, A.J.S.,Org. IV- Davis, E.G. V- Coleção.

CDU: 551.577( 815.1A/Z)

Ficha Catalográfica por Bibliotecária M. Madalena Costa Ferreira CRB/MG1393 – Biblioteca Regional da CPRM de Belo Horizonte-MG

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

Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM  
[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)  
[seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

## RESUMO

---

Há mais de 20 anos o Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH), opera o Sistema de Alerta Hidrológico na bacia do rio Doce, em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). O Sistema de Alerta Hidrológico é uma medida não estrutural adotada para a prevenção e mitigação de prejuízos causados por eventos extremos nas bacias hidrográficas. Neste contexto, o presente relatório apresenta os principais resultados da operação 2021-2022 do Sistema de Alerta do rio Doce, em sua etapa de operação ativa, ou seja, cobrindo o período chuvoso entre os meses de novembro de 2021 a março de 2022 na Região Sudeste do Brasil, no qual foram emitidos 227 boletins técnicos contendo os níveis dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Doce, e Suaçuí Grande, e que puderam contribuir como instrumento para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

**Palavras-Chave** – Sistema de Alerta Hidrológico, Bacia do rio Doce, Rede Hidrometeorológica Nacional.

## **ABSTRACT**

---

For more than 20 years, the Geological Survey of Brazil - CPRM, through the Belo Horizonte Office (Sureg-BH), has operated the Hydrological Warning System in the Doce River basin, in partnership with the National Water Agency (ANA). The Hydrological Warning System is a non-structural measure adopted to prevent and mitigate losses caused by extreme events. In this context, the present report presents the main results of the 2021-2022 operation of the Hydrological Warning System in the Doce River basin, in its active operation stage. It covered the rainy period between the months of November 2021 to March 2022 in the Southeast Region of Brazil, in which 227 technical bulletins were issued containing the levels of the Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Doce, and Suaçuí Grande rivers. The operation contributed as an instrument for the prevention and mitigation of the effects caused by extreme events in these locations.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estações pluviométricas e fluviométricas operadas pela Sureg-BH.....	18
Figura 2 - Sistemas de Alerta hidrológico operados pelo SGB-CPRM, em parceria com a ANA, no território nacional. ....	19
Figura 3 – Boletim especial para acompanhamento da onda de cheia. ....	22
Figura 4 – Exemplo de publicação contida no boletim especial da evolução da onda de sedimentos na bacia do rio Doce. ....	23
Figura 5 – Relatórios do Monitoramento Especial do rio Doce. ....	23
Figura 6 – Localização da bacia do rio Doce e principais pontos de monitoramento fluviométrico. ....	25
Figura 7 – Isoietas de precipitação total anual da bacia do rio Doce. Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, ANO 2006), elaborado pelos autores. ....	26
Figura 27 – Fluxograma das etapas de operação do Sistema de Alerta. ....	33
Figura 28 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 1). ....	38
Figura 29 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 2). ....	39
Figura 30 – Pontos de monitoramento do Sistema de Alerta.....	40
Figura 31 – Municípios beneficiados pelo Sistema de Alerta. ....	41
Figura 32 - Elevação do nível do rio Piranga, em Ponte Nova – MG, na primeira semana de novembro de 2021. ....	46
Figura 33 - Elevação do nível do rio Piracicaba, em Nova Era – MG, na primeira semana de novembro de 2021. ....	46
Figura 34 - Elevação do nível do rio Doce, em Governador Valadares – MG, na primeira semana de novembro de 2021. ....	47
Figura 35 - Elevação do nível do rio Doce em Linhares – ES, na primeira semana de novembro de 2021.....	47
Figura 36 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 05/01 a 12/01/2022. ....	49



Figura 37 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 07/02 a 14/02/2022. ....	50
Figura 38 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 15/02 a 22/02/2022. ....	51
Figura 39 - Cotagrama registrado pela estação Ponte Nova (56110005), no rio Piranga, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	52
Figura 40 - Cotagrama registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	53
Figura 41 - Cotagrama registrado pela estação Mário de Carvalho (56696000), no rio Piracicaba, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	54
Figura 42 - Cotagrama registrado pela estação Naque Velho (56825000), no rio Santo Antônio, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	55
Figura 43 - Cotagrama registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	56
Figura 44 - Cotagrama registrado pela estação Tumiritinga (56920000), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	57
Figura 45 - Cotagrama registrado pela estação Colatina (56994500), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	58
Figura 46 - Cotagrama registrado pela estação Linhares – Cais do Porto (56998200), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022. ....	59
Figura 47 – Diagrama unifilar das estações a montante de Ponte Nova – MG. ....	61
Figura 48 – Curva-chave da estação Ponte Nova Jusante (56110005). ....	61
Figura 49 – Rio Piranga, no ponto de monitoramento da estação Ponte Nova Jusante (56110005). ....	62
Figura 50 – Curva-chave da estação Nova Era Telemétrica (56661000). ....	63
Figura 51 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação em Nova Era IV (56659998). ....	63

Figura 52 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Nova Era Telemétrica (56661000). .....	64
Figura 53 – Diagrama unifilar das estações em Nova Era – MG. ....	65
Figura 54 – Curva-chave da estação Mário de Carvalho (56696000). ....	66
Figura 55 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Mário de Carvalho (56696000). .....	66
Figura 56 – Diagrama unifilar das estações em Mário de Carvalho (56696000). ....	67
Figura 57 – Diagrama unifilar a montante de Cachoeira dos Óculos Montante (56539000). ....	68
Figura 58 – Curva-chave da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000). ....	69
Figura 59 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000). .....	69
Figura 60 – Curva-chave da estação Belo Oriente (56719998). .....	70
Figura 61 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Belo Oriente (56719998). ....	71
Figura 62 – Diagrama unifilar a montante de Belo Oriente (56719998). .....	71
Figura 63 – Curva-Cave da estação Naque Velho (56825000). .....	72
Figura 64 – Rio Santo Antônio, no ponto de monitoramento da estação Naque Velho (56825000). .....	73
Figura 65 – Diagrama unifilar a montante da estação Naque Velho (56825000). .....	73
Figura 66 – Curva-chave da estação Governador Valadares (56850000). .....	75
Figura 67 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Governador Valadares (56850000). .....	75
Figura 68 – Diagrama unifilar das estações a montante de Governador Valadares – MG. ....	76
Figura 69 – Curva-chave da estação Vila Matias Montante (56891900). .....	77

Figura 70 – Rio Suaçuí Grande, no ponto de monitoramento da estação Vila Matias Montante (56891900). .....	77
Figura 71 – Diagrama unifilar a montante da estação Vila Matias Montante (56891900).....	78
Figura 72 – Curva-chave da estação Tumiritinga (56920000).....	79
Figura 73 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Tumiritinga (56920000). .....	79
Figura 74 – Diagrama unifilar a montante da estação Tumiritinga.....	80
Figura 75 – Curva-chave da estação Colatina (56994500).....	81
Figura 76 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Colatina (56994500). .....	82
Figura 77 – Diagrama unifilar a montante de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).....	82
Figura 78 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Linhares Cais do Porto (56998200). .....	84
Figura 79 – Diagrama unifilar a montante da estação Linhares Cais do Porto (56998200).....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta. ....	28
Tabela 2 - Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta. ....	32
Tabela 3 – Principais Pontos de Monitoramento no Sistema de Alerta do rio Doce.....	36
Tabela 4 - Resumo da previsão hidrológica .....	42
Tabela 5 - Cotas de Alerta (A) e de Inundação (I).....	43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE .....</b>	<b>20</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO DOCE .....</b>	<b>25</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	25
3.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE .....	28
3.3 RESUMO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS CAUSADORES DE CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO DOCE .....	29
3.3.1 EVENTOS DE CHEIAS .....	29
3.3.2 EVENTOS DE ESTIAGENS .....	29
<b>4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE .....</b>	<b>31</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE .....	31
4.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA E PRINCIPAIS PONTOS DE MONITORAMENTO .....	32
<b>5. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA NO PERÍODO DE NOVEMBRO DE 2021 A MARÇO DE 2022 .....</b>	<b>45</b>
5.1 PRINCIPAIS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA .....	48
5.2 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO VERIFICADAS NA BACIA .....	51
5.2.1 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM PONTE NOVA .....	51
5.2.2 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM NOVA ERA .....	52
5.2.3 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM MÁRIO DE CARVALHO .....	53
5.2.4 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM NAQUE VELHO .....	54
5.2.5 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM GOVERNADOR VALADARES .....	55
5.2.6 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM TUMIRITINGA .....	56
5.2.6 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM COLATINA .....	57
5.2.6 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM LINHARES .....	58
<b>6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS DESENVOLVIDOS .....</b>	<b>60</b>
6.1 PONTE NOVA .....	60

6.2	NOVA ERA.....	62
6.3	MÁRIO DE CARVALHO .....	65
6.4	CACHOEIRA DOS ÓCULOS .....	68
6.5	BELO ORIENTE .....	70
6.6	NAQUE VELHO.....	72
6.7	GOVERNADOR VALADARES.....	74
6.8	VILA MATIAS.....	76
6.9	TUMIRITINGA .....	78
6.10	COLATINA .....	80
6.11	LINHARES.....	83
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>86</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>

## AGRADECIMENTOS

---

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Doce no período de novembro de 2021 a março de 2022 envolveu a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 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 e Saneamento Básico disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações hidrometeorológicas, bem como para uso de equipamentos de medição. Cabe ressaltar que as previsões realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM são baseadas em modelos hidrológicos-hidráulicos, e estão sujeitas às incertezas inerentes aos mesmos.

Seguem nossos agradecimentos:

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA;
- Belgo-Arcelor Brasil;
- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – CBH Doce;
- Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de Minas Gerais – CEDEC;
- Coordenação Estadual de Defesa Civil do Espírito Santo;
- Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG;
- Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais;
- Defesa Civil dos Municípios localizados na bacia do rio Doce;
- ESCELSA – Energias do Brasil;
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM;
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET;
- Novelis Brasil Ltda;
- Polícia Militar do Estado de Minas Gerais;

- Prefeituras Municipais de Açucena, Aimorés, Antônio Dias, Baixo Guandu, Colatina, Conselheiro Pena, Coronel Fabriciano, Galiléia, Governador Valadares, Ipatinga, Linhares, Nova Era, Ponte Nova, Resplendor, Timóteo e Tumiritinga;
- Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais – SIMGE;
- Serviço Colatinense de Saneamento Ambiental – SANEAR Colatina.



## 1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM opera há mais de 50 anos grande parte da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN (cerca de 80% das estações de monitoramento hidrológico), gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

O monitoramento hidrológico gerenciado pela ANA faz parte da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997), que contempla a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), composta principalmente por estações pluviométricas e fluviométricas distribuídas em todo o território nacional, que fornecem informações como nível, vazão e concentração de sedimentos dos rios e/ou quantidades de chuva em uma determinada localidade.

Essas informações podem ser aplicadas para planejar o uso dos recursos hídricos, e prevenir ou mitigar eventos críticos como secas e inundações. Também podem ser utilizadas pela ANA, em colaboração com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), na operação dos reservatórios das usinas hidrelétricas, assim como na gestão dos recursos hídricos, possibilitando o acesso da água aos diversos usuários, garantindo os usos múltiplos dos recursos hídricos.

A Região Sudeste do Brasil abrange importantes bacias hidrográficas, incluindo as nascentes dos rios São Francisco, Paraná, Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha, dentre outros. A Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH) do SGB-CPRM opera grande parte das estações fluviométricas (pertencentes à RHN) nestes cursos de água (Figura 1), as quais encontram-se em pontos com áreas de drenagem de dezenas de quilômetros quadrados, até centenas de milhares de quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), com vazões variando de unidades de litros por segundo (L/s) a milhares de metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

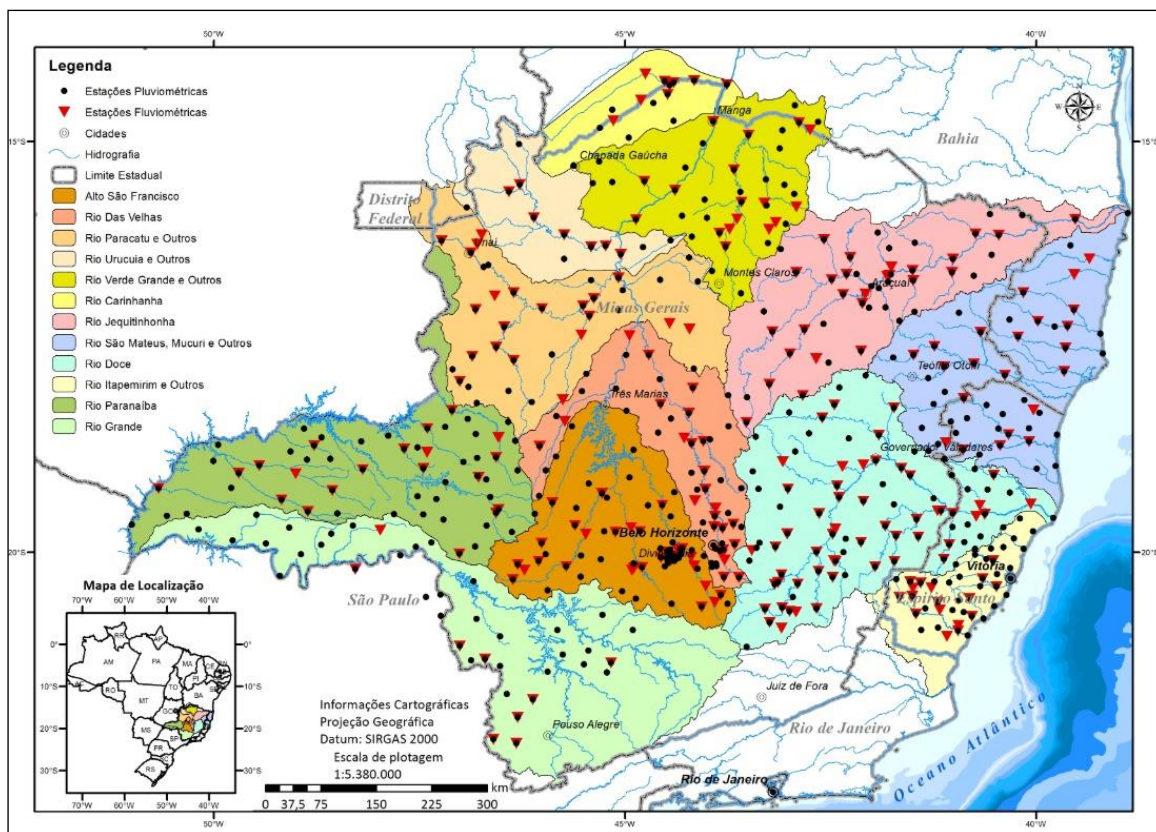


Figura 1 – Estações pluviométricas e fluviométricas operadas pela Sureg-BH.

Ao longo dos últimos 30 anos, o Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM tem operado Sistemas de Alerta hidrológico em todo o Brasil, sendo que os sistemas pioneiros foram implantados nas bacias hidrográficas dos rios Amazonas, Paraguai (na região do Pantanal Mato-Grossense) e Doce, contemplando importantes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais e parte do estado do Espírito Santo.

Atualmente o Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM, são operados 17 Sistemas de Alerta hidrológico em cursos de água localizados em importantes bacias hidrográficas brasileiras, conforme ilustrado na Figura 2.

De maneira mais específica, na Região Sudeste do Brasil, a Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH) opera os Sistemas de Alerta hidrológico nas bacias do rio Doce (desde 1997), do rio das Velhas (desde 2018) e do rio São Francisco (desde 2021) emitindo Boletins Técnicos à Defesa Civil, instituições

públicas e privadas, e comunidades, alertando a população localizada nas proximidades dos rios sobre a possibilidade de inundações.

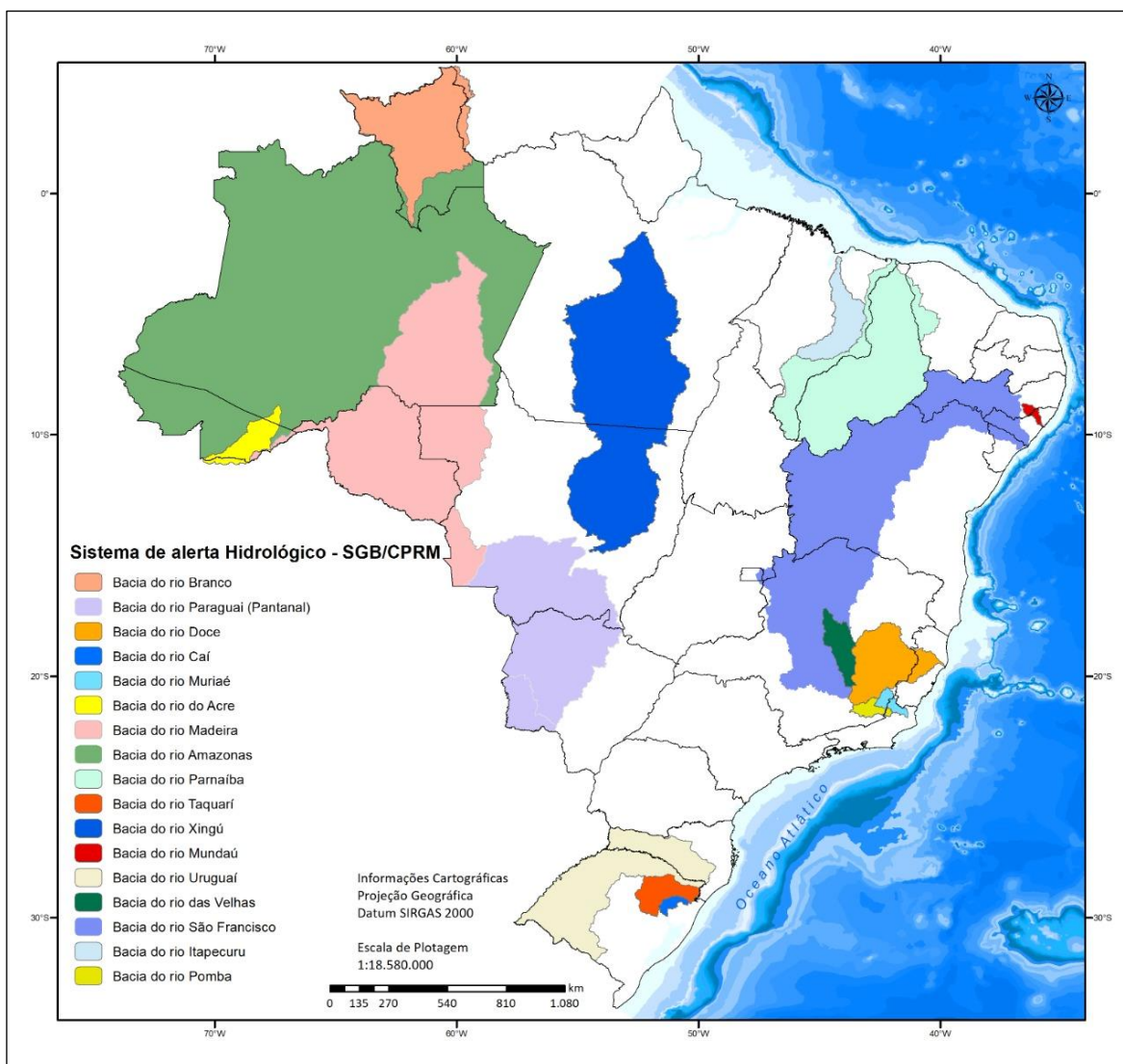


Figura 2 - Sistemas de Alerta hidrológico operados pelo SGB-CPRM, em parceria com a ANA, no território nacional.

Dentro desse contexto, o presente relatório aborda as principais questões relacionadas à operação 2021-2022 do Sistema de Alerta do rio Doce, em sua etapa de operação ativa, ou seja, cobrindo o período chuvoso entre os meses de novembro a março na Região Sudeste do Brasil. Cabe mencionar que, na estiagem, entre abril e outubro, as atividades do SAH Doce são tratadas em âmbito interno no SGB-CPRM, com foco no aprimoramento do planejamento e na otimização dos resultados para a próxima operação do Sistema.

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE**

Em fevereiro de 1979, houve uma grande cheia na bacia do rio Doce, causada por chuvas de longa duração e forte intensidade, as quais resultaram na elevação dos níveis dos rios, e na inundação de várias cidades no estado de Minas Gerais, entre elas: Aimorés, Antônio Dias, Conselheiro Pena, Galiléia, Governador Valadares, João Monlevade, Ipatinga, Itueta, Manhuaçu, Nova Era, Resplendor, Santana do Manhuaçu, Tumiritinga, Timóteo e Coronel Fabriciano.

Em 09 de dezembro de 1981, os Ministérios do Interior e Minas e Energia baixaram uma portaria, criando um Grupo Interministerial de Trabalho, com o objetivo de realizar estudos de prevenção e controle das enchentes no rio Doce. O grupo ressaltou a importância da adoção de medidas estruturais e não estruturais para o controle das cheias. Dentre as medidas não estruturais, foi recomendada a criação de um Sistema de Alerta na bacia.

Na década de 80, o extinto Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica – DNAEE instalou uma série de estações telemétricas na bacia do rio Doce, com transmissão via rádio ou telefone. Na década de 90, também foram instaladas pelo DNAEE estações com transmissão via satélite e, posteriormente, os dados foram disponibilizados via internet. A rede de monitoramento foi criada e operada continuamente, mas o Sistema de Alerta não chegou a ser implantado (CPRM, 2003).

Em julho de 1996, foi criada a Agência Técnica da Bacia do Rio Doce – ADOCE, tendo como um de seus objetivos replicar uma Agência de Bacia, baseada na experiência da França no gerenciamento de recursos hídricos. Essa Agência era um projeto financiado e coordenado pelo DNAEE, executado pela CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte – Sureg-BH.

No ano de 1997, as cheias voltaram a atingir a região da bacia do rio Doce, e como ainda não havia um Sistema de Alerta, não foram tomadas ações preventivas que pudessem minimizar seus danos. Após este evento cheia, a ADOCE começou a repassar os dados hidrometeorológicos telemétricos para as cidades ribeirinhas.

Durante o ano de 1997, a ADOCE elaborou um Termo de Referência sobre o Sistema de Alerta e começou a buscar recursos para o seu financiamento, apresentando-o em diversas cidades da bacia. Entre outubro de 1997 e março de 1998, com os recursos da então instituída Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, foi implementado o Sistema de Alerta Contra Enchentes da bacia do rio Doce, sendo o mesmo operado em conjunto pela ADOCE e CPRM (CPRM, 2003).

Nos períodos de dezembro de 1998 a março de 2000, a operação do Sistema se deu graças a uma parceria entre CPRM, ANEEL e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, quando meteorologistas passaram a integrar a equipe de trabalho pelo IGAM. No período chuvoso de 2000-2001, apesar de todos os esforços institucionais, não houve operação do Sistema.

Em 28 de dezembro de 2001, a previsão meteorológica elaborada pelo IGAM/SIMGE (Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais) detectou a possibilidade de ocorrência de fortes chuvas na região, na ocasião do Réveillon. A equipe técnica foi mobilizada e a operação iniciou-se no dia seguinte, 29 de dezembro de 2001, com parceria entre CPRM, ANA, e o IGAM/SIMGE (CPRM, 2003).

Desde então, o Sistema de Alerta tem sido operado continuamente pela SGB-CPRM, em parceria com a ANA e o IGAM. Gradualmente, por volta do ano de 2008, o IGAM diminuiu sua participação em termos de previsões meteorológicas dedicadas à bacia do rio Doce, e a CPRM passa a atuar somente em parceria com a ANA.

Em 2012, após os deslizamentos ocorridos na região Serrana do estado do Rio de Janeiro, que registrou a perda de diversas vidas humanas e mais de 30 mil pessoas desabrigadas, foi criado no Brasil um Sistema de Prevenção de Desastres Naturais, com a criação do Centro de Monitoramento de Desastres Naturais – CEMADEN.

O Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM passou a integrar este Sistema, levando em conta sua experiência na operação de Sistemas de Alerta Hidrológico, bem como no mapeamento das áreas de risco geológico. Até esta data, o SGB-CPRM operava três Sistemas de Alerta hidrológicos, a saber: Manaus e Pantanal, desde a década de 90; e bacia do rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Desde então, coube à CPRM instalar novos Sistemas de Alerta, sendo que em 2022 encontram-se em operação 17 Sistemas. Ou seja, desde 2012, o Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM implantou 14 novos Sistemas de Alerta hidrológico.

Em 05 de novembro de 2015, ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, pertencente à Vale e a BHP Billiton, localizada no município de Mariana – MG, gerando a propagação de um fluxo de rejeitos na bacia do rio Doce. A barragem estava localizada na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte, sendo este afluente do rio do Carmo, que deságua no rio Doce.

O SGB-CPRM iniciou, já no dia 06 de novembro, em parceria com o IGAM, um monitoramento especial para acompanhamento diário da movimentação da onda de rejeitos, através do monitoramento da qualidade de água e coleta de sedimentos, cujos resultados foram disponibilizados em publicações diárias de boletins técnicos (Figura 3), que demonstravam o deslocamento da onda de cheia e sedimentos pela bacia do rio Doce, conforme ilustrado na Figura 4. Foram publicados quatro relatórios contendo as informações compiladas deste evento (Figura 5), os quais podem ser visualizados na íntegra em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_monitoramento\\_especial.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php#).

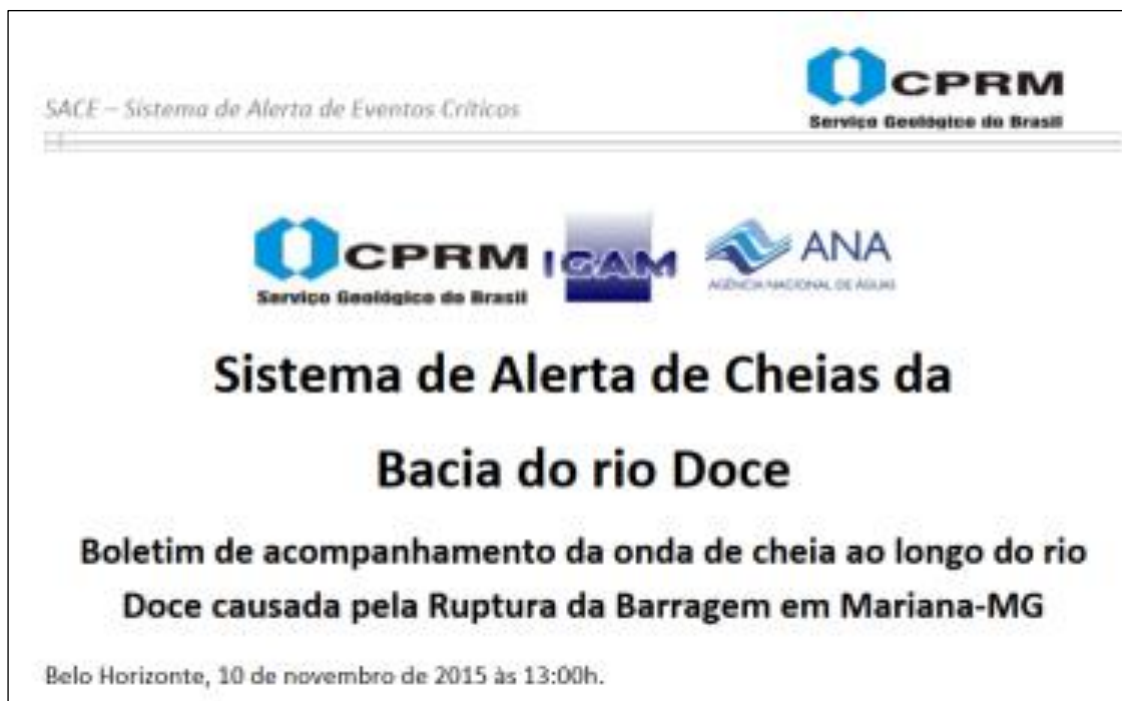


Figura 3 – Boletim especial para acompanhamento da onda de cheia.

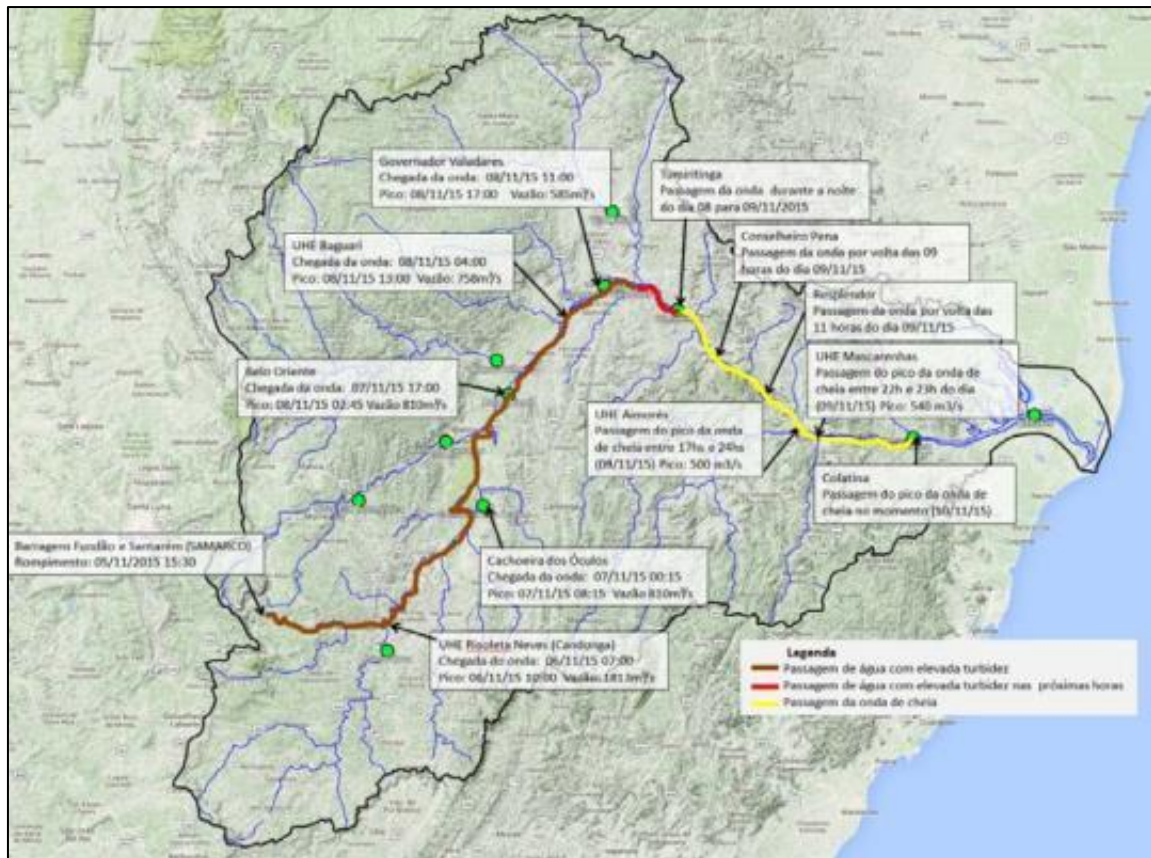


Figura 4 – Exemplo de publicação contida no boletim especial da evolução da onda de sedimentos na bacia do rio Doce.



Figura 5 – Relatórios do Monitoramento Especial do rio Doce.

Paralelamente às operações do SAH, foram desenvolvidas ferramentas que auxiliam o acompanhamento e monitoramento dos eventos de cheias na bacia do rio Doce, as quais seguem abaixo relacionadas:

- Em 2004 – Definição da Planície de Inundação da cidade de Governador Valadares – MG (CPRM, 2004);
- Em 2012 – Levantamento da mancha de inundação de Ponte Nova – MG (CPRM, 2012);
- Em 2014 – SACE – Implementação da Plataforma digital de Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE);
- Em 2016 – Definição da Planície de Inundação da cidade de Colatina – ES (CPRM, 2016);
- Em 2022 – Definição da Planície de Inundação da cidade de Nova Era – MG (em elaboração).

Os trabalhos de definição da planície de inundação consistem em modelagem hidráulica da área inundada para diferentes vazões/cotas, associadas a diversos tempos de retorno (ou probabilidades de ocorrência), servindo como ferramenta de apoio aos gestores municipais na tomada de decisão para ações como a retirada da população atingida, podendo minimizar prejuízos e danos causados pelas cheias, bem como contribuir para a gestão territorial de áreas ainda não ocupadas. As manchas de inundação produzidas pelo SGB-CPRM estão disponíveis em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_manchas\\_inundacao.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php).

O SACE é um sistema computacional que permite a aquisição, armazenamento e tratamento dos dados em tempo real, obtidos por meio de plataformas de coleta de dados (PCDs) pertencentes ao SGB-CPRM/ANA, e de terceiros, principalmente entidades vinculadas ao setor elétrico. Em locais onde ainda não há disponibilidade de PCDs, os dados são enviados por contato telefônico (e/ou via internet) pelos observadores hidrológicos, ou operadores das usinas hidrelétricas, e digitados no SACE pelos técnicos do SGB-CPRM. O SACE pode ser acessado através do link <http://www.cprm.gov.br/sace/>.



### 3. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO DOCE

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

A bacia hidrográfica do rio Doce está localizada na região leste de Minas Gerais, com 82,8% da área da bacia (64431,25 km<sup>2</sup>), e no centro do Espírito Santo, que possui 17,2% da área da bacia (14215,18 km<sup>2</sup>) (Marcuzzo et al., 2011). O rio Doce possui uma extensão de aproximadamente 853 km, com nascentes no estado de Minas Gerais, nas Serras da Mantiqueira e Espinhaço. Sua foz localiza-se no Oceano Atlântico, nas proximidades do município de Linhares-ES (CPRM, 2009). A Figura 6 apresenta a bacia do rio Doce e seus principais pontos de monitoramento fluviométrico.



Figura 6 – Localização da bacia do rio Doce e principais pontos de monitoramento fluviométrico.

Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Grande, São José e Pancas; e pela margem direita são os rios Casca, Matipó, Caratinga/Cuité, Manhuaçu, Guandu e Santa Joana. As maiores vazões específicas são encontradas na sub-bacia do rio do

Carmo, entre 30 a 35 L/s km<sup>2</sup>; e as menores na sub-bacia do Suaçuí Grande, entre 05 a 10 L/s km<sup>2</sup> (CPRM, 2009).

Conforme o Atlas Pluviométrico do Brasil 2006 (Figura 7), a precipitação total anual na bacia varia de 1.500 mm, nas nascentes do rio Doce, até 1000 mm, na região da divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, voltando a crescer na região do litoral.

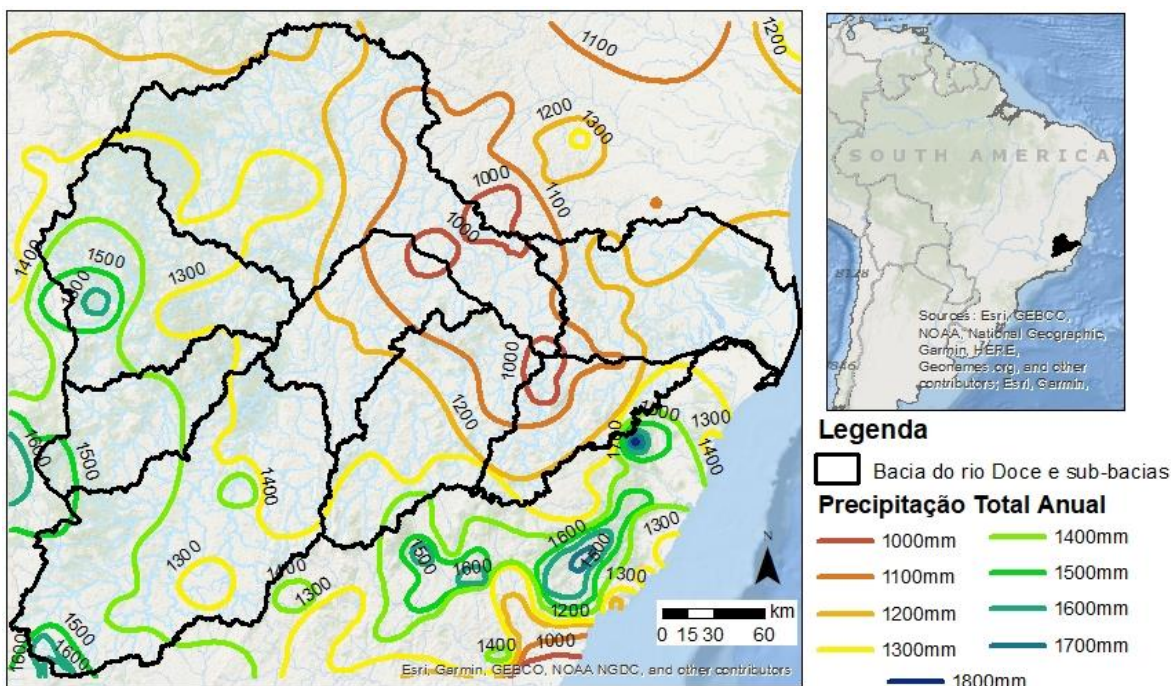


Figura 7 – Isoietas de precipitação total anual da bacia do rio Doce. Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2006), elaborado pelos autores.

O clima da bacia pode ser classificado como tropical úmido, estando caracterizado por uma não conformidade climática. Essa diversidade é explicada por um conjunto de fatores, como posição geográfica (latitude/continentalidade), as características de relevo/topografia e, sobretudo, a atuação de quatro massas de ar, principal elemento determinante do clima, pelo fato de mudarem bruscamente o tempo nas áreas onde atua (Ferreira, 2006).

De acordo com a classificação de Koppen, que leva em consideração os aspectos de fitossociológicos, precipitação e temperatura, a bacia do rio Doce pode ser classificada em três tipos climáticos (Figura 8):

- Cwa – Clima subtropical de inverno seco e verão quente;
- Cwb – Clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno;

- Aw – Clima tropical, com inverno seco;

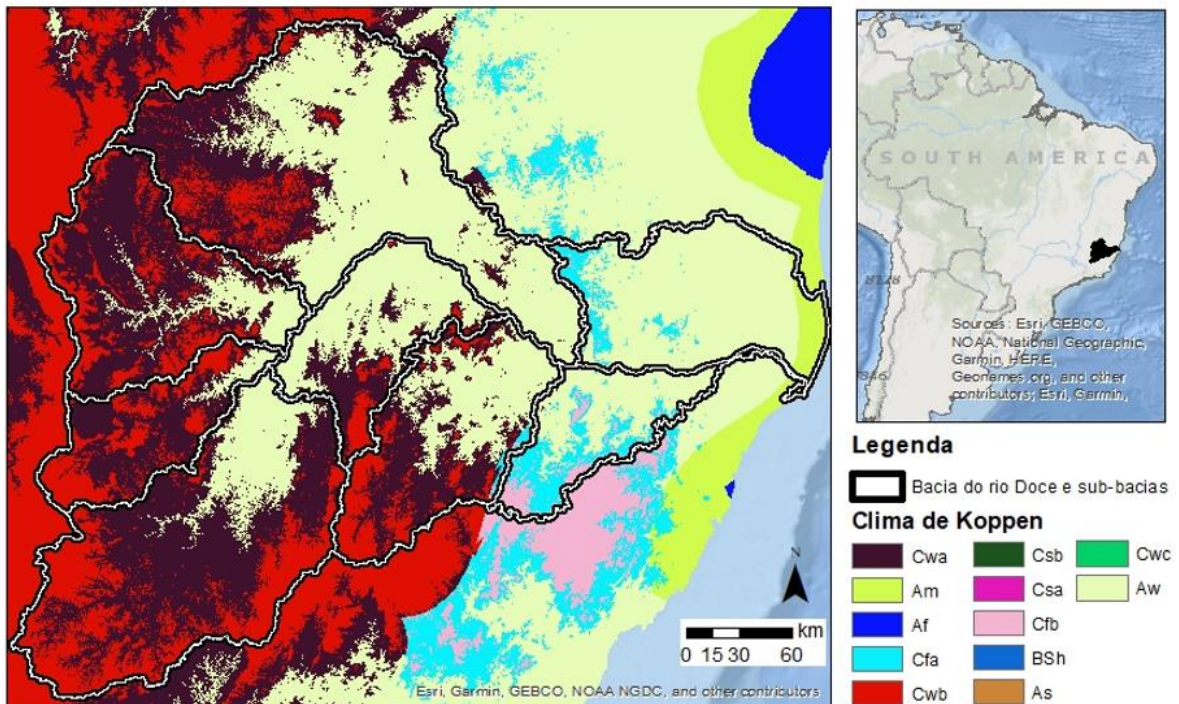


Figura 8 – Classificação climática de Köppen na bacia do rio Doce. Fonte: Alvares et al (2013) elaborado pelos autores.

As atividades econômicas que se destacam na região são: a agropecuária, com destaque para o reflorestamento, culturas de café, suinocultura e criação de gado leiteiro e de corte; agroindústria; mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); indústrias de turismo, celulose, siderurgia e laticínios; geração hidroelétrica; no setor terciário destaca-se o comércio e o serviço de apoio ao setor industrial (PIRH, 2010).

As inundações que assolam a região têm sua origem agravada por ações antrópicas como o desmatamento e o manejo inadequado do solo e o assoreamento advindo de resíduos minerais, industriais e domésticos. As áreas próximas ao leito principal, denominadas de planície de inundação, vêm sendo sistematicamente ocupadas pela população, agravando os impactos ocasionados pelas enchentes (CPRM, 2003).

### 3.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO

#### DA BACIA DO RIO DOCE

Os municípios diretamente beneficiados pelo SAH Doce são: Ponte Nova, Nova Era, Coronel Fabriciano, Timóteo, Açucena, Governador Valadares, Tumiritinga, Mathias Lobato e Frei Inocêncio no Estado de Minas Gerais; Colatina e Linhares, no Estado do Espírito Santo, para os quais são elaborados Boletins Técnicos sobre a evolução do nível dos rios nos pontos monitorados.

Os municípios indiretamente beneficiados, ou seja, que podem acompanhar a evolução das cheias nas estações de monitoramento hidrológico localizadas em municípios a montante na bacia hidrográfica, são: Antônio Dias, Ipatinga, Resplendor, Galiléia, Conselheiro Pena, Aimorés, no Estado de Minas Gerais; e Baixo Guandu, no Estado do Espírito Santo.

Os municípios também podem acompanhar a evolução das cheias na bacia do rio Doce conforme registro das estações fluviométricas relacionadas no quadro abaixo.

Tabela 1 - Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta.

Ponto de monitoramento	Código	Rio	Latitude	Longitude	Municípios atendidos
Ponte Nova	56110005	Piranga	-20,3839	-42,9028	Ponte Nova
Nova Era	56610000	Piracicaba	-19,7667	-43,0261	Nova Era e Antônio Dias
Mário de Carvalho	56696000	Piracicaba	-19,5247	-42,6408	Coronel Fabriciano, Timóteo e Ipatinga
Naque Velho	56825000	Sto Antônio	-19,1881	-42,4228	Açucena
Governador Valadares	56850000	Doce	-18,8831	-41,9508	Governador Valadares
Tumiritinga	56920000	Doce	-18,9711	-41,6417	Tumiritinga, Resplendor, Conselheiro Pena, Aimorés e Baixo Guandu
Vila Matias - Montante	56891900	Suaçuí Grande	-18,5747	-41,9178	Mathias Lobato e Frei Inocêncio
Colatina Ponte	56994500	Doce	-19,5333	-40,6297	Colatina
Linhares (Cais do Porto)	56998200	Doce	-19,4153	-40,0756	Linhares

### 3.3 RESUMO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS CAUSADORES DE CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO DOCE

#### 3.3.1 EVENTOS DE CHEIAS

Conforme mencionado no item 3.1, a precipitação total anual na área da bacia varia de 1000 (médio rio Doce) a 1500mm (alto rio Doce), com o período chuvoso concentrado nos meses de outubro a março.

As ocorrências de chuvas na bacia possuem respostas diferentes nos níveis/vazões dos rios conforme sua localização, em grande parte devido a declividade e sua área incremental. Eventos de chuvas intensas nas cabeceiras dos rios Piranga, Piracicaba e Santo Antônio possuem respostas mais rápida, podendo causar inundações em um curto intervalo de tempo, principalmente nas cidades de Ponte Nova/MG e Nova Era/MG.

Os pontos de monitoramento situados na calha principal do rio Doce, principalmente os situados abaixo do município de Governador Valadares/MG, apresentam elevações de níveis mais lentas, de forma gradual, permitindo que as previsões possuam maior antecedência.

Geralmente, as inundações que ocorrem em Governador Valadares e nos municípios a jusante, são provenientes dos deslocamentos dos eventos de cheias dos rios Piranga, Piracicaba e Santo Antônio.

Vale ressaltar que o Sistema de Alerta do Doce é susceptível a eventos de chuvas intensas localizadas e concentradas apenas sobre o município e suas adjacências (eventos de chuvas convectivas), os quais podem ocasionar o aumento abrupto no nível do rio e provocar enchentes repentinas e localizadas.

#### 3.3.2 EVENTOS DE ESTIAGENS

O processo de estiagem na bacia do rio Doce encontra-se relacionado à sazonalidade típica da Região Sudeste do Brasil, com período chuvoso compreendido entre os meses de outubro a março, e ausência de precipitações significativas entre os meses de abril a setembro.

Menores vazões nos cursos de água monitorados podem ser registradas no período chuvoso, caso sejam registradas precipitações abaixo da média histórica na região. Cabe ressaltar que, embora sejam verificadas diversas usinas hidrelétricas

na bacia do Doce, as mesmas operam a fio d'água, não possuindo reservatórios com capacidade significativa de acumulação de volumes para armazenamento de água no período chuvoso e utilização na estiagem.

## 4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

### 4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE

As equipes de plantão trabalham com dados que são recebidos em intervalos horários, por transmissores via satélite instalados nas estações de monitoramento automáticas. Esses dados são provenientes das estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e operada pelo SGB-CPRM. Tais estações são dotadas de sensores de nível, que medem a variação nos níveis das águas, bem como pluviômetros automáticos, que registram a quantidade de chuva.

O SAH-Doce transmite diariamente à diversas instituições governamentais, tais como o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Corpo de Bombeiros, Polícia Militar e prefeituras dos municípios da bacia do Doce, um Boletim Técnico contendo informações sobre os níveis dos rios nas estações fluviométricas monitoradas e, em momentos de cheia, previsões sobre esses níveis.

Quando os níveis dos rios atingem a cota de alerta, onde há maior probabilidade de ocorrência de inundação nos municípios monitorados, são emitidos Boletins Técnicos com uma maior frequência, contendo as previsões hidrológicas.

As previsões hidrológicas apresentadas nos boletins são subsidiadas por modelos hidrológicos. A estimativa da evolução dos níveis dos rios monitorados variam em função do comportamento hidrológico na bacia hidrográfica, permitindo alertas de inundações com antecedência de 6 a 24 horas ao evento previsto.

A modelagem hidrológica é baseada no registro dos níveis dos rios nas estações fluviométricas das bacias hidrográficas a montante do ponto para o qual a análise da possibilidade de cheia está sendo verificada. Cabe reforçar que eventos de chuvas intensas localizadas e concentradas, sobre o município e suas adjacências (eventos de chuvas convectivas), podem resultar no aumento abrupto do nível do rio e provocar enchentes repentinas e localizadas.

Ainda assim, cabe ressaltar que fenômenos hidrológicos apresentam uma variabilidade natural em função das diversas variáveis envolvidas em seus processos, o que reflete o desafio em se prever a ocorrência do extravasamento nas calhas fluviais monitoradas.

#### 4.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA E PRINCIPAIS PONTOS DE MONITORAMENTO

Conforme mencionado anteriormente, o Sistema de Alerta da bacia do rio Doce beneficia 18 municípios localizados às margens dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí Grande e Doce, os quais seguem relacionados na Tabela 2. Os tipos de previsão “Direta” são aquelas nas quais há um modelo específico para simulação e acompanhamento do nível do rio monitorado para uma determinada localidade. Nas previsões do tipo “Indireta”, o município se beneficia do Sistema de Alerta através do acompanhamento do nível dos rios monitorados em outras estações localizadas a montante.

Tabela 2 - Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta.

Município	Unidade de Federação	População (habitantes)	Rio	Tipo de Previsão
Açucena	Minas Gerais	9.270	Santo Antônio	Direta
Aimorés	Minas Gerais	25.116	Doce	Indireta
Antônio Dias	Minas Gerais	9.233	Piracicaba	Indireta
Baixo Guandu	Espírito Santo	31.263	Doce	Indireta
Colatina	Espírito Santo	124.283	Doce	Direta
Conselheiro Pena	Minas Gerais	22.975	Doce	Indireta
Coronel Fabriciano	Minas Gerais	110.709	Piracicaba	Direta
Frei Inocência	Minas Gerais	9.716	Suaçuí Grande	Indireta
Galiléia	Minas Gerais	6.764	Doce	Indireta
Governador Valadares	Minas Gerais	282.164	Doce	Direta
Ipatinga	Minas Gerais	267.333	Piracicaba	Indireta
Linhares	Espírito Santo	179.755	Doce	Direta
Mathias Lobato	Minas Gerais	3.157	Suaçuí Grande	Indireta
Nova Era	Minas Gerais	17.524	Piracicaba	Direta
Ponte Nova	Minas Gerais	60.003	Piranga	Direta
Resplendor	Minas Gerais	17.396	Doce	Indireta
Timóteo	Minas Gerais	91.268	Piracicaba	Direta
Tumiritinga	Minas Gerais	6.797	Doce	Direta

Fonte: Adaptado de IBGE, 2021.



De maneira geral, o Sistema consiste nas seguintes etapas: coleta, armazenamento e análise dos dados hidrometeorológicos, elaboração da previsão hidrológica e transmissão das informações, conforme relacionado no fluxograma apresentado na Figura 27.

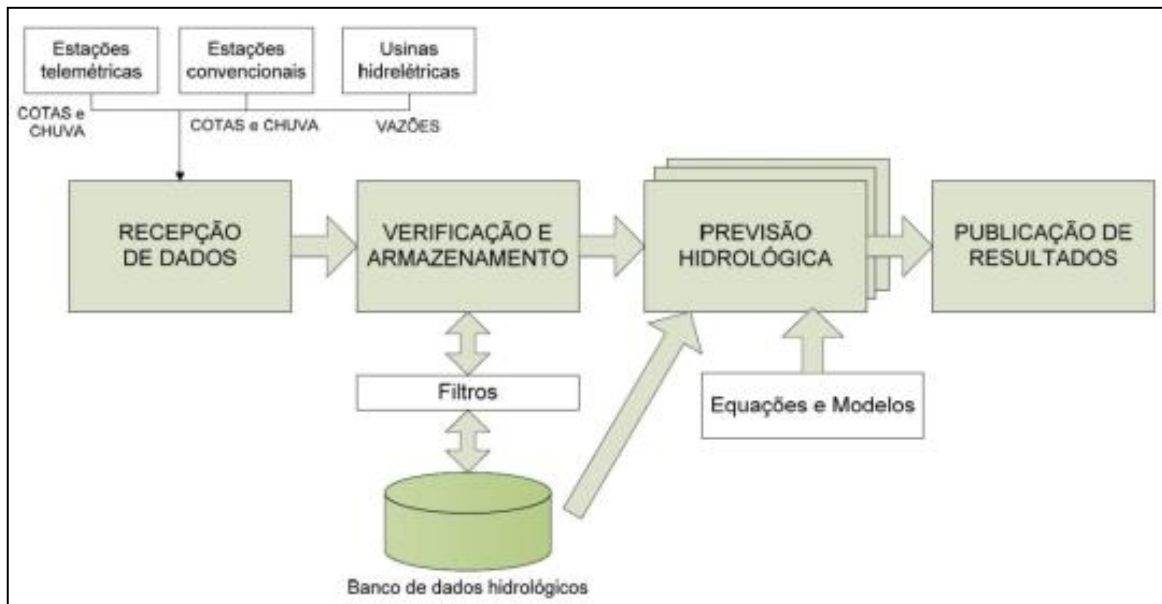


Figura 8 – Fluxograma das etapas de operação do Sistema de Alerta.

A primeira atividade relacionada ao Sistema de Alerta é a coleta dos dados, os quais são obtidos nas estações hidrometeorológicas (pertencentes à RHN, gerenciada pela ANA) operadas pelo SGB-CPRM e demais parceiros, tais como a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, entre outros operadores. Os principais pontos de monitoramento na bacia do Doce seguem relacionados a seguir:

- 11 estações hidrometeorológicas da RHN com equipamento de transmissão automática via satélite (Ponte Nova, Nova Era, Rio Piracicaba, Fazenda Cachoeira D’Antas, Cachoeira dos Óculos, Mário de Carvalho, Belo Oriente, Naque Velho, Governador Valadares, Vila Matias e Colatina), com verificação adicional dos dados junto aos observadores hidrológicos, via contatos telefônicos e/ou internet;
- 2 estações hidrometeorológicas da RHN com transmissão via observador hidrológico, via contatos telefônicos e/ou internet (Tumiritinga e Linhares);
- 11 usinas hidrelétricas: Brecha, Risoleta Neves (antiga Candonga), Peti, Piracicaba, Guilman Amorim, Sá Carvalho, Salto Grande, Porto Estrela,

Baguari, Aimorés e Mascarenhas, com transmissões automáticas, ou via contatos telefônicos com os operadores;

- 50 (aproximadamente) estações hidrometeorológicas das usinas hidrelétricas, instaladas no contexto do atendimento à resolução conjunta ANEEL/ANA nº 003 do ano de 2010, que são utilizadas no Sistema de Alerta de forma complementar na verificação do comportamento do nível dos rios monitorados;
- 120 (aproximadamente) estações pluviométricas com transmissão via satélite do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, utilizadas de forma complementar.

Os principais pontos de coleta de informações hidrometeorológicas do Sistema de Alerta encontram-se relacionados com maiores informações na Tabela 3. Os dados registrados durante a operação do Alerta são armazenados no sistema SACE, o qual permite a análise das informações por meio do traçado de cotogramas, fluviogramas e hietogramas, bem como o cálculo das vazões das estações fluviométricas, elaboração de previsão hidrológica, e confecção dos Boletins Técnicos de acompanhamento dos níveis dos rios nas estações de monitoramento. Este sistema permite que o público externo possa consultar os dados hidrológicos na bacia do rio Doce, podendo ser acessado no site do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no link <http://www.cprm.gov.br/sace/>.

Os dados das estações fluviométricas, principalmente aquelas no contexto da resolução ANA/ANEEL nº003 de 2010, encontram-se disponíveis no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por meio da plataforma Hidro-telemetria, do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos – SNIRH, no link <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>. A previsão meteorológica é elaborada e disponibilizada na internet pelos órgãos governamentais de meteorologia brasileiros, como INMET, INPE e CEMADEN.

As Figuras 28 e 29 apresentam o diagrama unifilar com as principais estações de monitoramento distribuídas ao longo da bacia do rio Doce, que forneceram dados para o acompanhamento do nível dos rios e elaboração de Boletins Técnicos para instituições governamentais (Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Prefeituras, entre outros) informando sobre a possibilidade de

ocorrência de eventos de cheias, enquanto as Figuras 30 e 31 mostram os municípios e os pontos de monitoramento na bacia.

Tabela 3 – Principais Pontos de Monitoramento no Sistema de Alerta do rio Doce.

Estação / Código ANA	Latitude (GMS)			Longitude (GMS)			Entidade	Transmissão	Tipo de Dado	Rio
Belo Oriente (BO) / 56719998	19	19	40	42	23	51	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Cachoeira dos Óculos Montante (CO) / 56539000	19	46	37	42	28	35	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Colatina (CL) / 56994500	19	53	33	40	62	97	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Fazenda Cachoeira D'Antas (CD) / 56425000	19	59	40	42	40	28	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Governador Valadares (GV) / 56850000	18	52	56	41	57	03	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Linhares Cais do Porto(LI) / 56998200	19	24	23	40	04	02	ANA/CPRM	Telefone	Cota	Rio Doce
Mário de Carvalho (MC) / 56696000	19	31	27	42	38	27	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Piracicaba
Naque Velho (NV) / 56825000	19	11	18	42	25	21	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Santo Antônio
Nova Era Telemétrica (NE) / 56661000	19	46	00	43	01	34	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Piracicaba
Ponte Nova Jusante (PN) / 56110005	20	23	02	42	54	10	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Piranga
Tumiritinga (TU) / 56920000	18	58	16	41	38	30	ANA/CPRM	Telefone	Cota	Rio Doce
Vila Matias Montante (VM) / 56891900	18	34	19	41	54	51	ANA/CPRM	Automática	Cota e Precipitação	Rio Suaçuí Grande
UHE Aimorés (AI)	19	29	58	41	01	23	Vale/CEMIG	Automática	Vazão	Rio Doce
UHE Baguari (BA)	19	01	20	42	07	27	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Doce
UHE Brecha (BR)	20	32	00	42	59	00	Novelis	Telefone	Vazão	Rio Piranga
UHE Risoleta Neves*	20	15	29	42	53	3	Novelis e VALE	Telefone	Vazão	Rio Carmo
UHE Guilman Amorim (GA)	19	42	00	42	59	00	Belgo-Arcelor e Samarco Mineração	Telefone	Vazão	Rio Piracicaba
UHE Mascarenhas (MS)	19	30	00	40	57	00	ESCELSA	Telefone	Vazão	Rio Doce

UHE Peti (PE)	19	48	00	43	14	00	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Santa Bárbara
UHE Piracicaba (PI)	19	56	00	43	10	00	Belgo-Arcelor	Telefone	Vazão	Rio Piracicaba
UHE Porto Estrela (PS)	19	07	00	42	40	00	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Santo Antônio
UHE Sá Carvalho (SC)	19	38	13	42	48	21	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Piracicaba
UHE Salto Grande (SG)	19	09	09	42	44	52	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Santo Antônio

\*a usina Risoleta Neves não tem sido operada desde o rompimento do barramento da SAMARCO em Mariana, estando suas comportas do vertedouro abertas continuamente desde então.

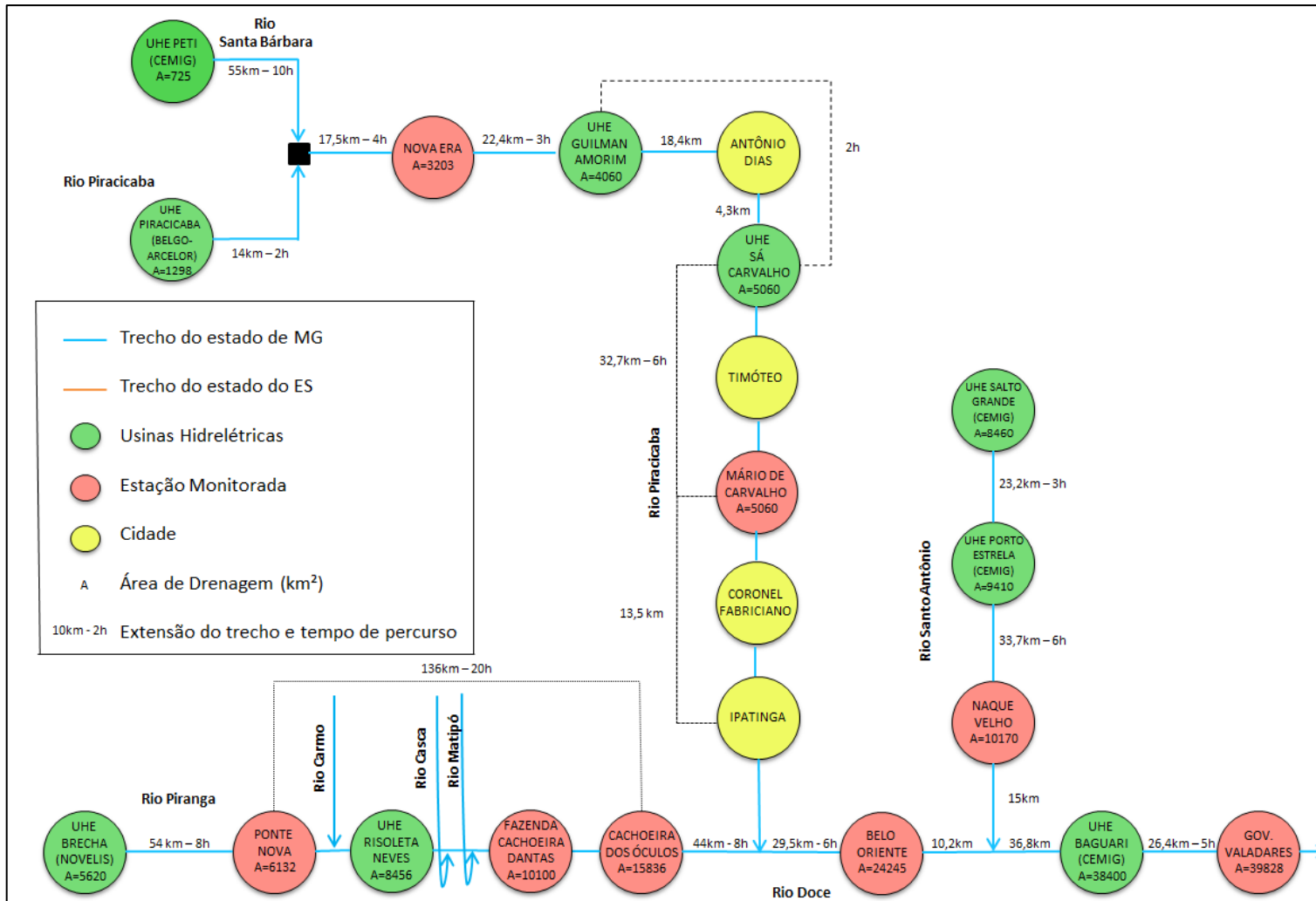


Figura 9 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 1).

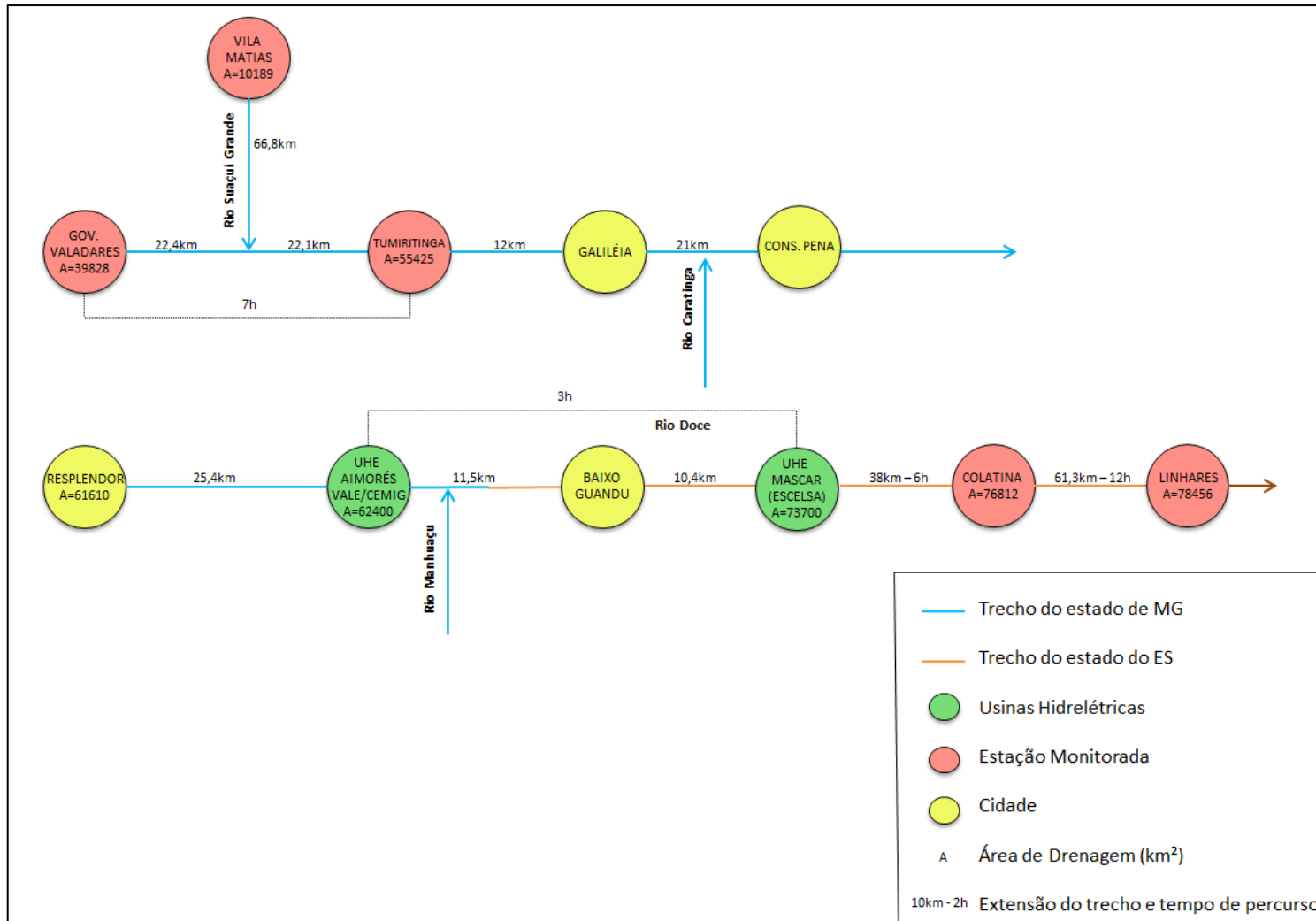


Figura 10 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 2).

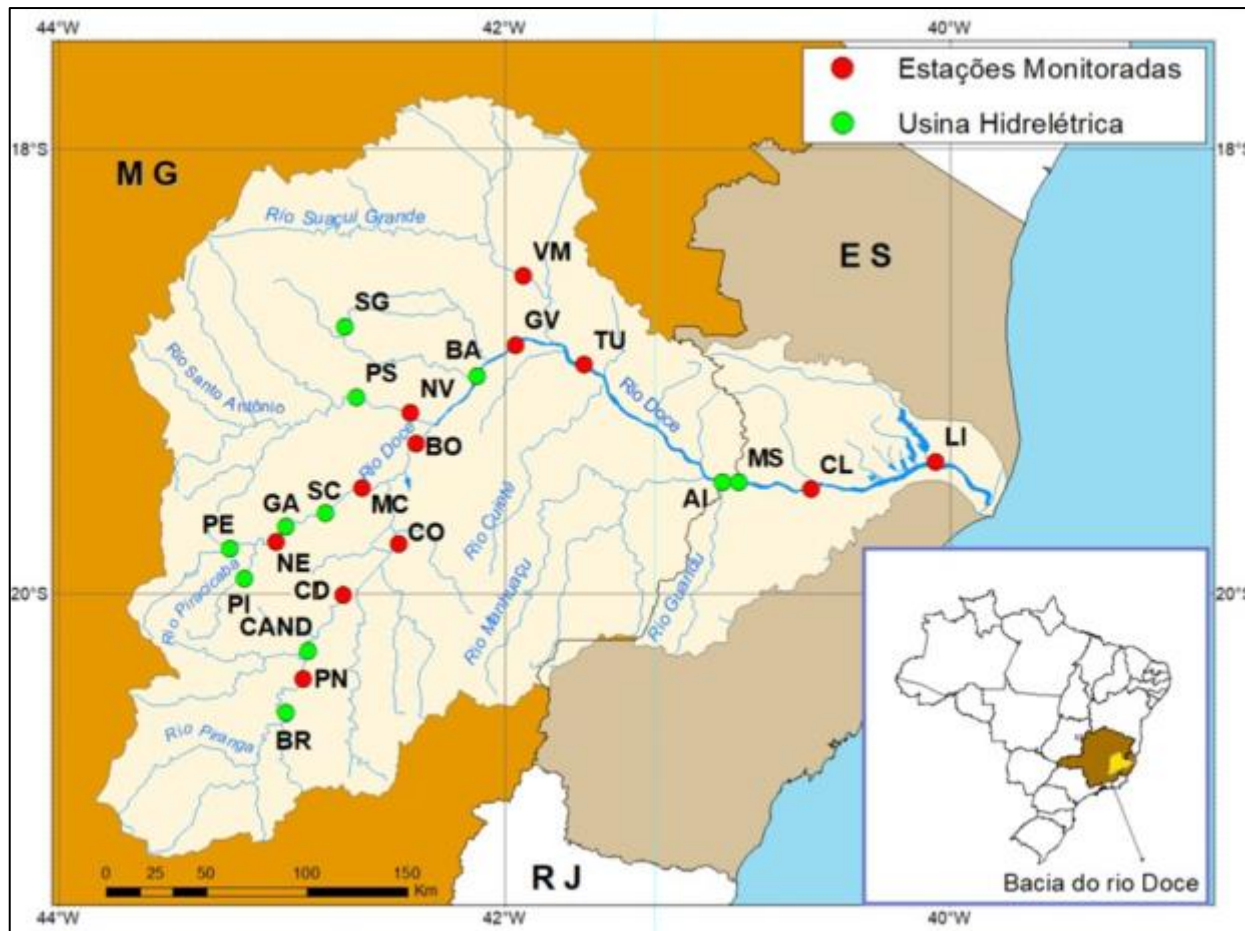


Figura 11 – Pontos de monitoramento do Sistema de Alerta.





Figura 12 – Municípios beneficiados pelo Sistema de Alerta.

A previsão (modelagem) hidrológica consiste da estimativa da evolução dos níveis dos rios para 8 pontos de monitoramento, com antecedência de 6 a 24 horas, dependendo da localidade. A Tabela 4 apresenta um resumo dos tempos de antecedência da previsão hidrológica e cidades beneficiadas.

Tabela 4 - Resumo da previsão hidrológica

Cidade	Estações usadas na previsão hidrológica	Tempo de antecedência da previsão (h)
Colatina - ES	Usina de Mascarenhas e Estação Colatina	6
Governador Valadares - MG	Estações Mário de Carvalho e Cachoeira dos Óculos e UHE Salto Grande	24
	Estações Belo Oriente, Naque Velho e Governador Valadares	12
Linhares - ES	Estações Colatina e Linhares	12
Mário de Carvalho - MG	UHE Guilman e Estação Mário de Carvalho	8
Nova Era - MG	UHE Peti e Piracicaba	6
Naque Velho - MG	UHE Porto Estrela e Estação Naque Velho	6
Ponte Nova - MG	Usina da Brecha e Estação Ponte Nova	8
Tumiritinga - MG	Estações Governador Valadares e Vila Matias	7

Elaborado pelo Autor (2022).

Para algumas cidades consideradas estratégicas foram definidas cotas de alerta e cotas de inundação, determinadas em campo através de nivelamento topográfico da cota do início da inundação, no ponto mais baixo da cidade. Já as cotas de alerta foram definidas de acordo com o tempo de subida dos hidrogramas da cheia de janeiro de 1997, discretizados a cada 12 horas (CPRM, 2003), conforme mostra a Tabela 5. Ainda, pode-se verificar o tempo de retorno associado às respectivas vazões para as cotas de alerta e inundação nos pontos monitorados.

O tempo de retorno pode ser entendido como a probabilidade de igualdade ou superação de um determinado evento. Ou seja, quanto maior o tempo de retorno, menor a sua probabilidade de ocorrência, e mais raro será este evento. De maneira inversa, quanto menor o tempo de retorno, maior será a sua probabilidade de ocorrência, e menos raro será este evento.

Atualmente verificam-se eventos frequentes de atingimento das cotas de alerta e inundação em alguns pontos de monitoramento, em especial nas cabeceiras do rio Doce, nas proximidades das cidades de Ponte Nova – MG e Nova

Era – MG; na parte média da bacia, na cidade de Governador Valadares – MG; e no baixo Doce, nas cidades de Colatina – ES e Linhares – ES, que recebem atenção nas operações do Sistema de Alerta.

A transmissão da informação aos municípios e demais entidades interessadas é realizada via e-mail, e também através de publicações no site <http://www.cprm.gov.br/sace/>, com as seguintes modalidades de Boletins Técnicos:

- Boletim de monitoramento hidrológico: publicado diariamente, com informações sobre o nível dos rios nos pontos das estações de monitoramento;
- Boletim de alerta hidrológico: publicado somente quando ocorrem cotas de alerta em qualquer uma das estações, quando o monitoramento é intensificado em função de maior risco de ocorrer um evento de inundação, contendo a previsão hidrológica das maiores cotas que o rio pode atingir.

O site da plataforma SACE traz diversas informações sobre o Sistema de Alerta, tais como: histórico do sistema, municípios beneficiados, características da bacia, pontos de monitoramento, recomendações, referências de estudos, artigos científicos publicados na área, etc.

Tabela 5 - Cotas de Alerta (A) e de Inundação (I)

Estação		Cota (cm)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	TR* (anos)	Fonte da Análise de Frequência
Belo Oriente	A	860	3.310	54	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	900	3.572	76	
Colatina Ponte	A	530	3.310	1,5	CPRM, 2016
	I	580	3.790	1,9	
Governador Valadares	A	320	1.597	1,1	CPRM, 2004
	I	360	2.076	1,6	
Linhares Cais do Porto	A	300	-	1,2	CPRM, 2020
	I	345	-	1,3	
Mário de Carvalho	A	540	544	1,6	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	620	745	2,4	
Naque Velho	A	640	1.136	4	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	740	1.541	19	
Nova Era Telemétrica	A	350	353	1,3	CPRM, 2020
	I	470	559	3,8	
Ponte Nova	A	280	320	1,3	CPRM, 2020
	I	330	423	1,7	
Tumiritinga	A	400	2.234	1,3	

	I	450	2.679	1,7	CPRM, 1999 (em revisão)
Vila Matias	A	660	887	48	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	700	981	100	

\*TR - Período de Retorno ou Tempo de Recorrência

## 5. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA NO PERÍODO DE NOVEMBRO DE 2021 A MARÇO DE 2022

Conforme mencionado anteriormente, desde 2014 registrou-se uma estiagem severa na Região Sudeste do Brasil, onde está localizada a bacia do rio Doce. Apesar da estiagem histórica verificada em diversas bacias, o mês de outubro de 2021 apresentou elevados índices pluviométricos na bacia do rio Doce, em especial, na região das cabeceiras, nos rios Piranga (em Ponte Nova – MG) e Piracicaba (em Nova Era – MG).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Belo Horizonte – MG, outubro/2021 fechou com 240 milímetros, quase o dobro de 2020, quando foram registrados 123 milímetros. Também indicaram a possibilidade das precipitações em novembro estarem 30 a 40% acima da média histórica.

Devido às fortes chuvas na bacia do Doce, as cidades de Nova Era – MG e Ponte Nova – MG chegaram próximas às suas respectivas cotas de atenção. Em função da estiagem histórica na região Sudeste do Brasil (CPRM, 2021) não foram verificados eventos de alerta, uma vez que o solo da bacia hidrográfica se encontrava em significativo déficit hídrico.

Na primeira semana de novembro de 2021 foram novamente verificados eventos de chuvas intensas na bacia hidrográfica. De acordo com a Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil, em Belo Horizonte – MG foi registrado 40% da chuva esperada para todo o mês de novembro;

Esses eventos de precipitação, em conjunto com os registros verificados em outubro, levaram às cotas de atenção nos rios Piranga (em Ponte Nova – MG), Piracicaba (em Nova Era – MG) e Doce (em Governador Valadares – MG e Linhares – ES), conforme apresentado nas Figuras 32 a 35. Em especial, os níveis dos rios Piracicaba e Doce, nos respectivos pontos de monitoramento, chegaram próximos às cotas de alerta.

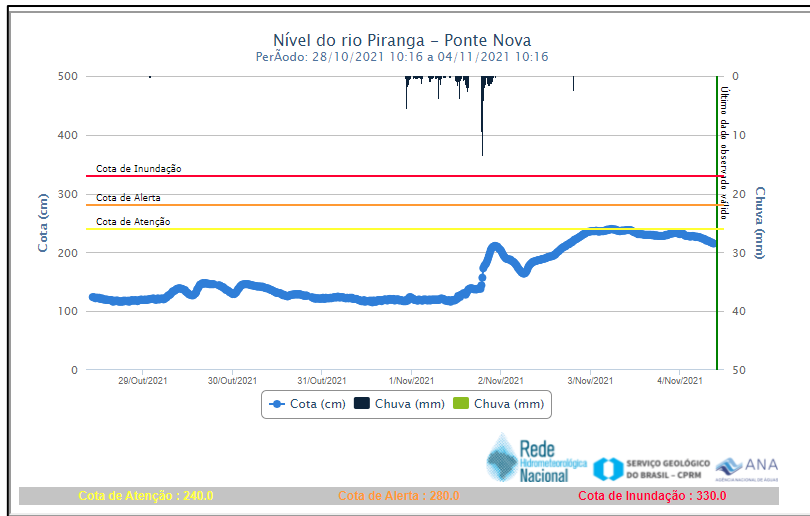


Figura 13 - Elevação do nível do rio Piranga, em Ponte Nova – MG, na primeira semana de novembro de 2021.

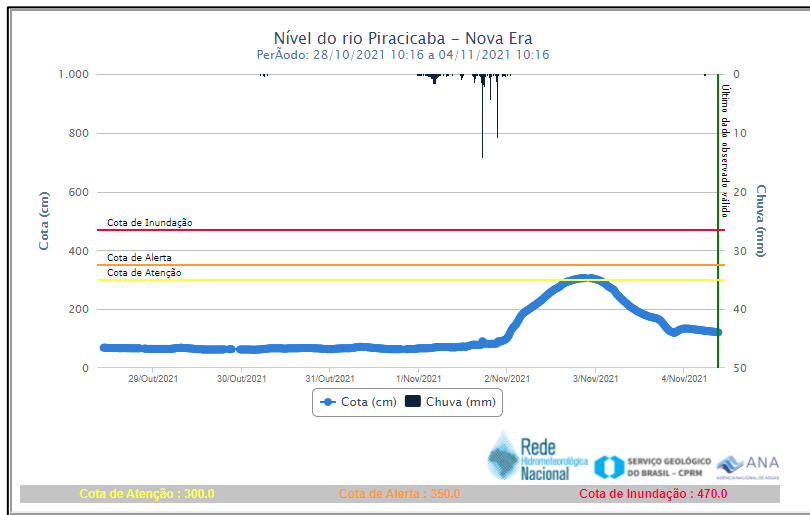


Figura 14 - Elevação do nível do rio Piracicaba, em Nova Era – MG, na primeira semana de novembro de 2021.

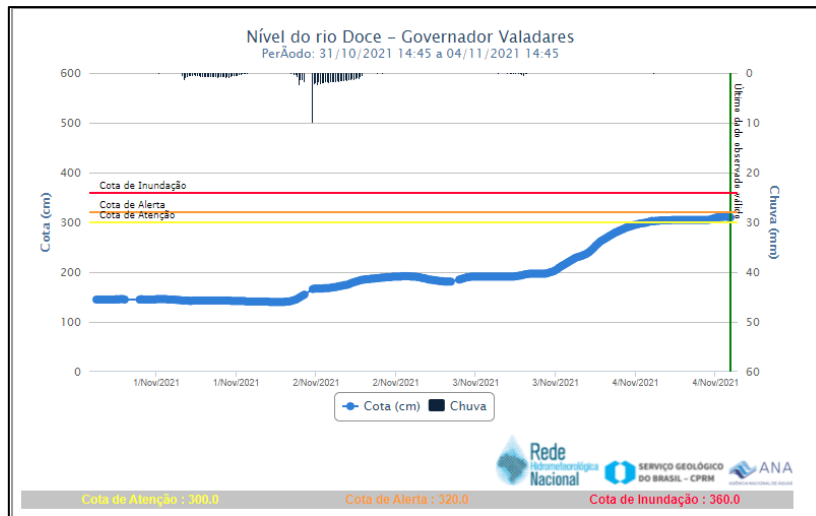


Figura 15 - Elevação do nível do rio Doce, em Governador Valadares – MG, na primeira semana de novembro de 2021.

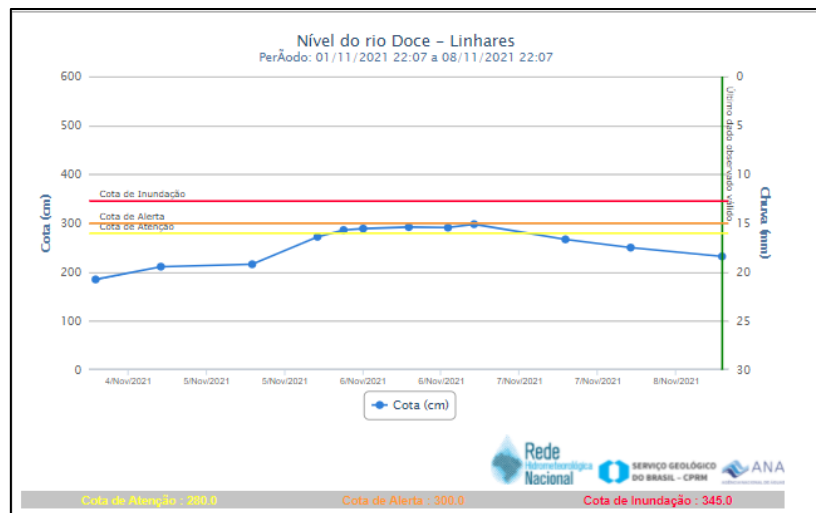


Figura 16 - Elevação do nível do rio Doce em Linhares – ES, na primeira semana de novembro de 2021.

Nesse contexto, em função das expectativas da equipe do SGB-CPRM e dos usuários da bacia do rio Doce (em especial, equipes da Defesa Civil), foi antecipado o início da operação ativa Sistema de Alerta no período chuvoso 2021/2022, o qual iniciou-se em 08/11/2021, ao invés de 22/11/2021, conforme programado inicialmente.

Foram verificados diversos eventos de cheias nas bacias monitoradas, em especial nos meses de janeiro/2022 e fevereiro/2022, os quais serão tratados nos itens seguintes. Durante o período de operação do alerta, as equipes de Hidrometria do SGB-CPRM realizaram levantamentos de campo para medição de vazão em diversos locais.

Vale ressaltar que a previsão dos eventos de precipitação na bacia hidrográfica do rio Doce utiliza a metodologia de dados de satélite. Desta forma, os dados de precipitação são obtidos a partir do produto MERGE (Rozante, 2022), disponibilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC/INPE.

### 5.1 PRINCIPAIS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA

Ao longo da operação do SAH Doce foram verificados alguns eventos significativos de precipitação na bacia (Figuras 36 a 38) concentrados nos meses de janeiro e fevereiro, os quais provocaram registros de cotas de alerta e inundação nas estações monitoradas.



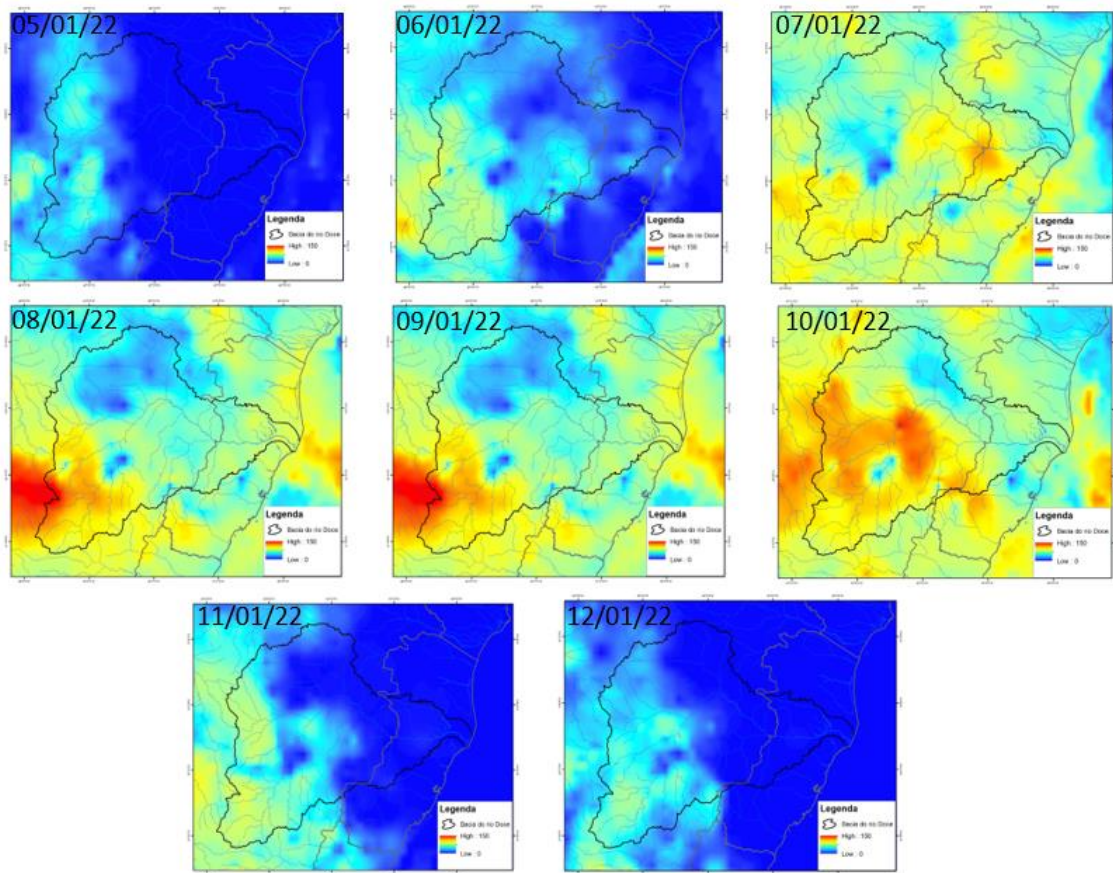


Figura 17 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 05/01 a 12/01/2022. Fonte dos dados: MERGE (Rozante, 2022) elaborado pelos autores.

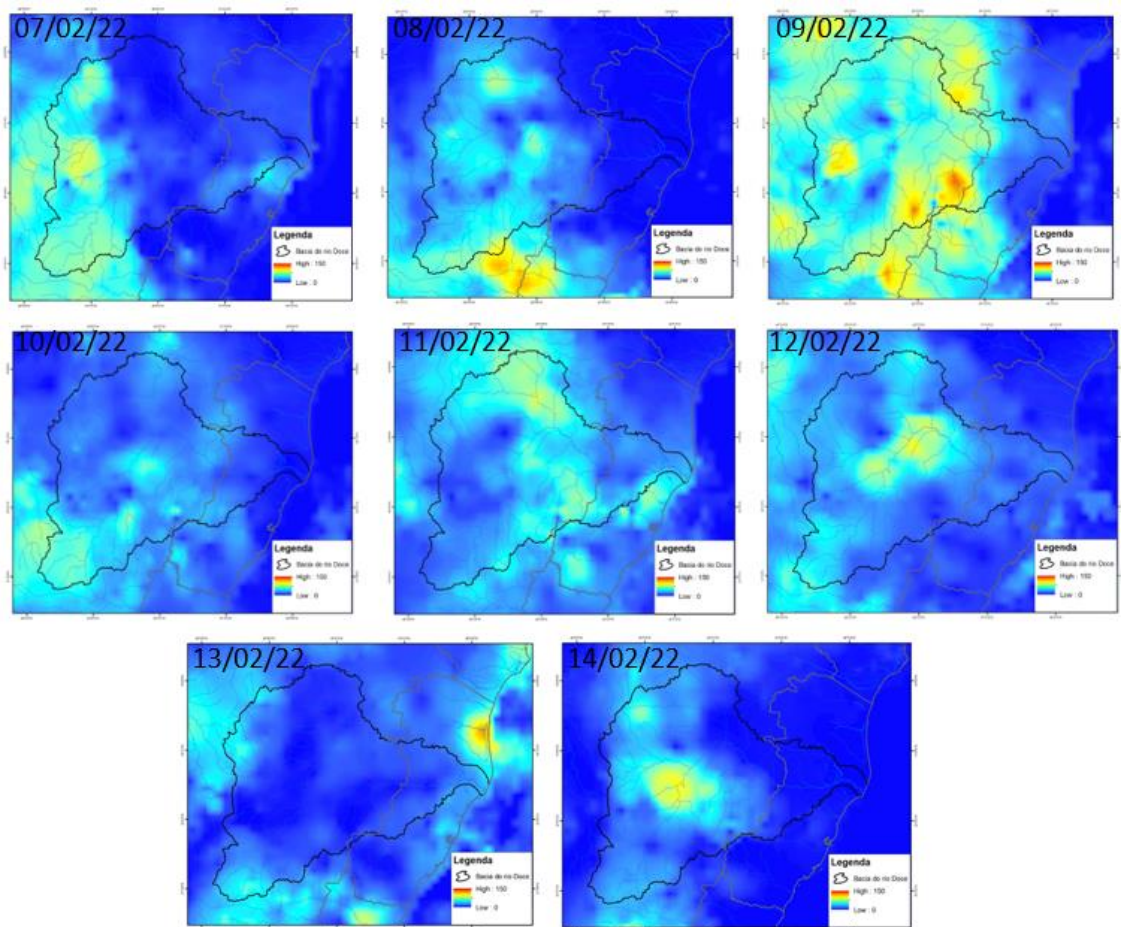


Figura 18 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 07/02 a 14/02/2022. Fonte dos dados: MERGE (Rozante, 2022) elaborado pelos autores.

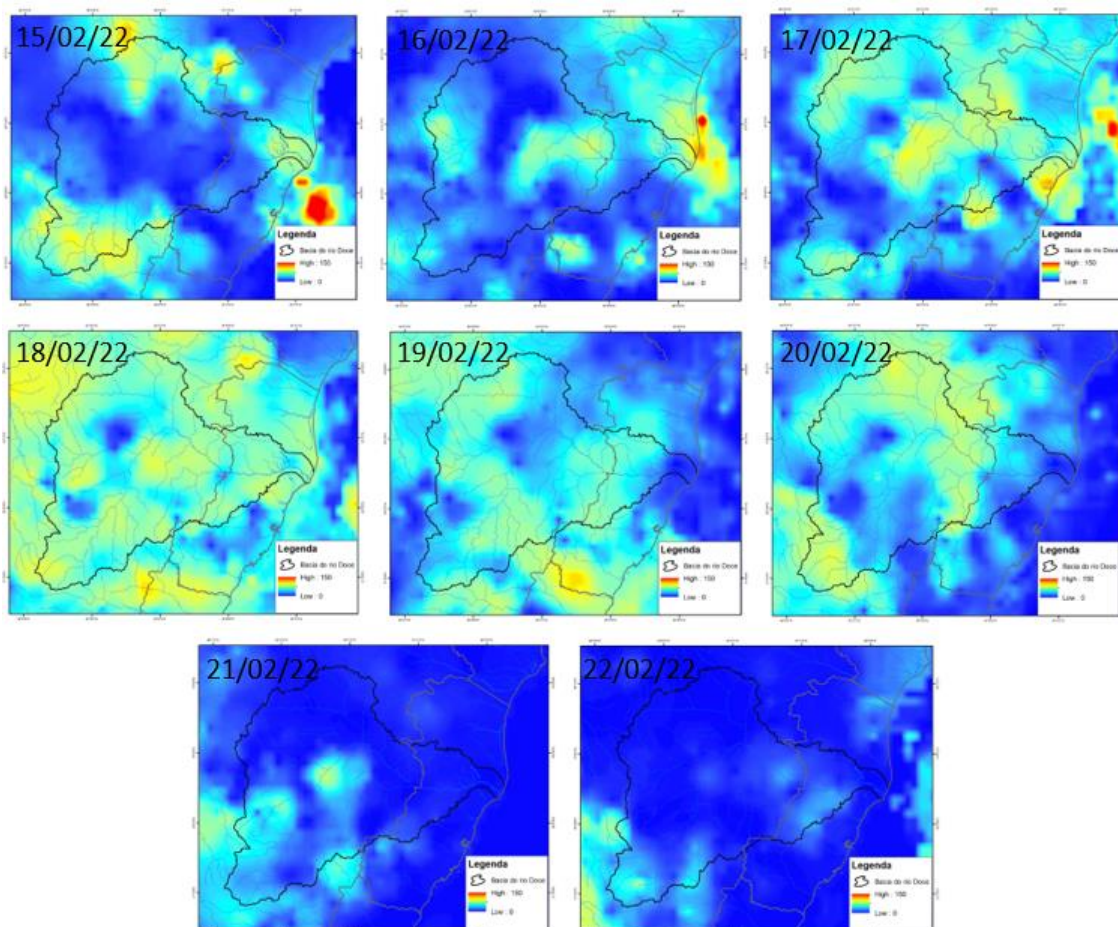


Figura 19 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 15/02 a 22/02/2022. Fonte dos dados: MERGE (Rozante, 2022) elaborado pelos autores.

## 5.2 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO VERIFICADAS NA BACIA

Os eventos de precipitação relacionados nas Figuras 36 a 38 contribuíram para desencadear as cotas de alerta e inundação em diversos pontos de monitoramento. Foram verificadas cheias em diversas localidades, as quais serão relacionadas na sequência.

### 5.2.1 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM PONTE NOVA

Os eventos de precipitação contribuíram para as cheias históricas na cidade de Ponte Nova – MG. A Figura 39 ilustra os níveis do rio Piranga, em Ponte Nova – MG, onde pode-se verificar o cotagrama para o respectivo ponto de monitoramento.

Em janeiro, a estação Ponte Nova (56110005) entrou em cota de alerta por volta das 7 horas de 08/01, atingindo a inundação às 20 horas de 08/01. Atingiu o pico em 11/01 (cota 518 cm). A estação registrou saída da cota de inundação no dia 14/01. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 880 m<sup>3</sup>/s.

No decorrer do mês de fevereiro o rio Piranga registrou oscilação na cota de alerta, ultrapassando a cota de inundação por volta das 19 horas de 16/02 (cota 374 cm). Atingiu novamente a cota de inundação em 21/02, por volta das 8 horas (cota 352 cm).

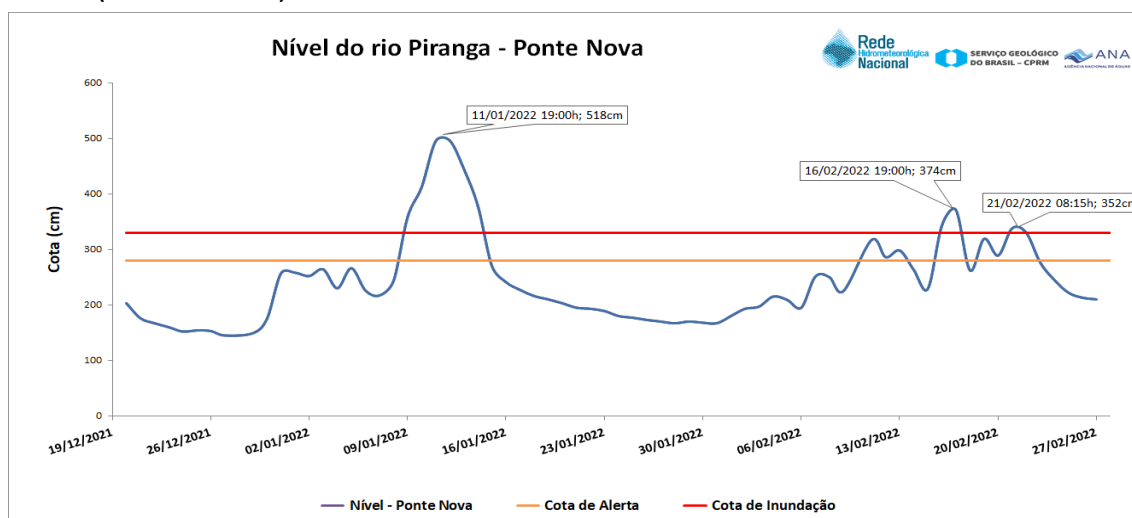


Figura 20 - Cotograma registrado pela estação Ponte Nova (56110005), no rio Piranga, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

### 5.2.2 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM NOVA ERA

A cidade de Nova Era – MG também foi atingida por eventos de cheias históricas. A Figura 40 ilustra os níveis do rio Piracicaba, em Nova-Era – MG, na qual pode-se verificar o cotograma para o respectivo ponto de monitoramento.

No dia 06/01 o nível do rio Piracicaba apresentou considerável eleva o na estação Nova Era (56661000), entrando em cota de alerta na madrugada do dia 08/01 e cota de inundação por volta das 16 horas do mesmo dia. O nível permaneceu em cotas elevadas, atingindo o pico (cota 794 cm) em 10/01. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 1.234 m<sup>3</sup>/s.

O nível do rio ficou acima da cota de inundação até a madrugada do dia 13/01, permanecendo em cota de alerta até as 23 horas do mesmo dia. Ao final da tarde do dia 14/01, o rio Piracicaba atingiu níveis abaixo das cotas de alerta e atenção.

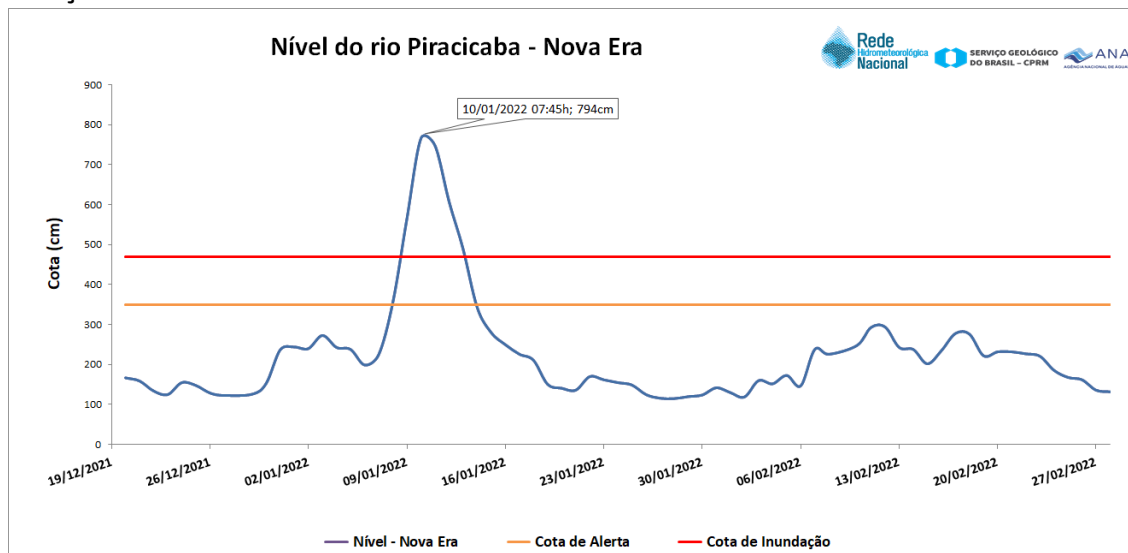


Figura 21 - Cotograma registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

### 5.2.3 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM MÁRIO DE CARVALHO

A estação Mário de Carvalho (56696000) registrou níveis históricos do rio Piracicaba, tendo atingido o pico aproximado de 920 cm por volta das 19 horas do dia 10/01, conforme apresentado no cotograma da Figura 41. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 1.700 m<sup>3</sup>/s.

Os níveis do rio Piracicaba verificados na estação Mário de Carvalho (56696000) permaneceram na cota de inundação até as 7 horas do dia 13/01 e em níveis de alerta até às 19 horas do mesmo dia.

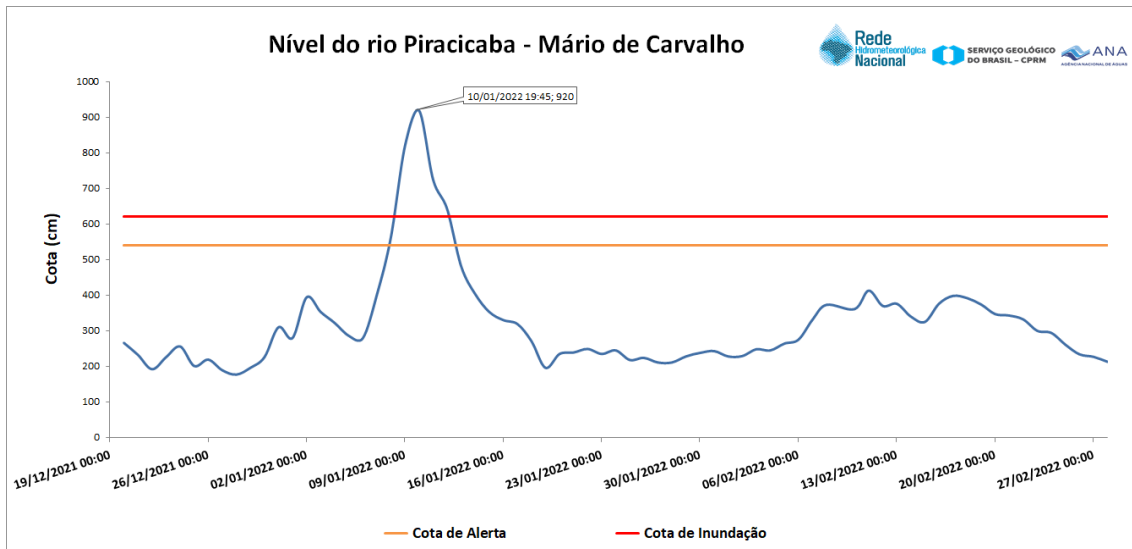


Figura 22 - Cotagrama registrado pela estação Mário de Carvalho (56696000), no rio Piracicaba, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

#### 5.2.4 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM NAQUE VELHO

A estação Naque Velho (56825000) registrou níveis elevados no rio Santo Antônio, superando a cota de alerta e chegando próximo à cota de inundação (Figura 42). O maior nível verificado foi registrado em 10/01, na cota 721 cm. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 1.460 m<sup>3</sup>/s.

O rio Santo Antônio, no ponto de monitoramento da estação Naque Velho (56825000), permaneceu em níveis de alerta até aproximadamente às 16 horas do dia 11/01.

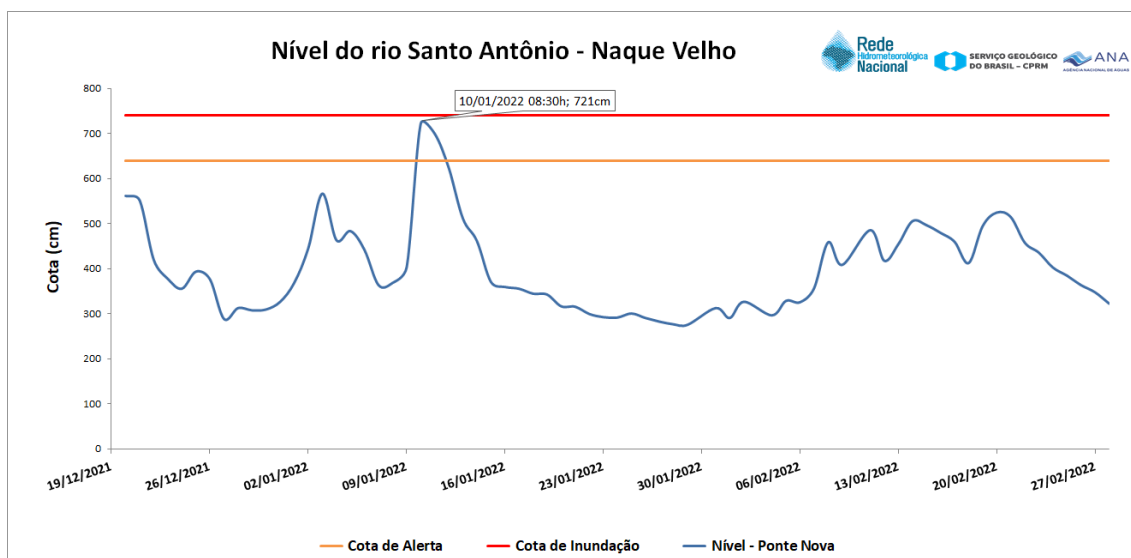


Figura 23 - Cotagrama registrado pela estação Naque Velho (56825000), no rio Santo Antônio, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

### 5.2.5 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM GOVERNADOR VALADARES

Os eventos de precipitação contribuíram para as cheias históricas na cidade de Governador Valadares – MG. A Figura 43 ilustra os níveis do rio Doce, em Governador Valadares – MG, onde pode-se verificar o cotagrama para o respectivo ponto de monitoramento. Foram verificados eventos de inundação nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, com o registro dos níveis do rio Doce acima da cota de inundação.

Em janeiro, a estação Governador Valadares (56850000) entrou em cota de alerta na madrugada do dia 09/01, atingindo a inundação às 16 horas do mesmo dia. Chegou o pico por volta das 21 horas do dia 11/01 (cota 606 cm). A estação registrou saída da cota de inundação somente na manhã do dia 16/01. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 5.500 m<sup>3</sup>/s.

No decorrer do mês de fevereiro o rio Doce registrou oscilação na cota de inundação na estação Governador Valadares (56850000), com picos entre os dias 12/02 a 15/02 e 18/02 a 22/02. As cotas máximas registradas foram 399 cm em 13/02, e 387 cm em 19/02. Permaneceu em cota de alerta entre os dias 10/02 e 24/02.

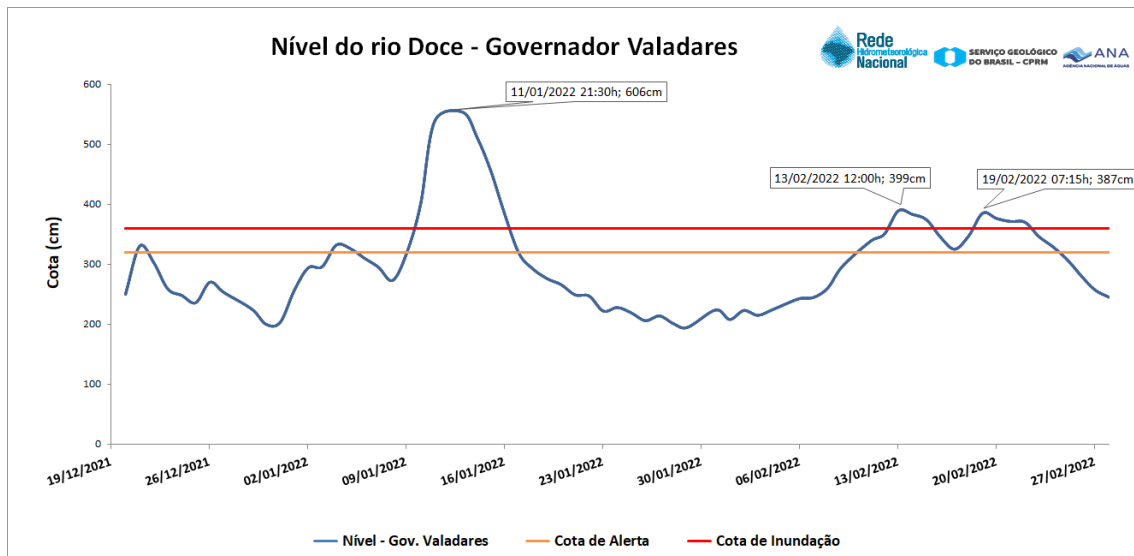


Figura 24 - Cotograma registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

### 5.2.6 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM TUMIRITINGA

Os eventos de precipitação contribuíram para as cheias históricas na estação Tumiritinga (56920000), conforme o cotograma para o respectivo ponto de monitoramento (Figura 44), no rio Doce. Foram verificados eventos de inundação nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, com o registro dos níveis do rio Doce acima da cota de inundação.

Em janeiro, a estação Tumiritinga (56920000) entrou em cota de inundação conforme registro do observador hidrológico às 7 horas do dia 10/01, registrando a cota 476 cm. Os níveis do rio Doce permaneceram em acentuada elevação, apresentando a cada leitura níveis maiores, até o pico de 750 cm, registrado pelo observador às 6 horas do dia 12/01. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 6.000 m<sup>3</sup>/s.

A partir desse registro, as próximas observações mostraram constante e gradual diminuição no nível do rio, com saída da cota de inundação observada as 7 horas do dia 16/01, permanecendo na cota de alerta até as 17 horas do mesmo dia.

No decorrer do mês de fevereiro o rio Doce registrou oscilação na cota de inundação na estação Tumiritinga (56920000), com picos de inundação nos dias 13/02 e 20/02, com as cotas 506 cm e 492 cm, respectivamente.



Cabe ressaltar que essa estação de monitoramento possui seus dados transmitidos por contatos telefônicos, portanto a cota máxima pode ter sido superior a este valor, caso tenha ocorrido em um período entre as leituras do observador hidrológico.

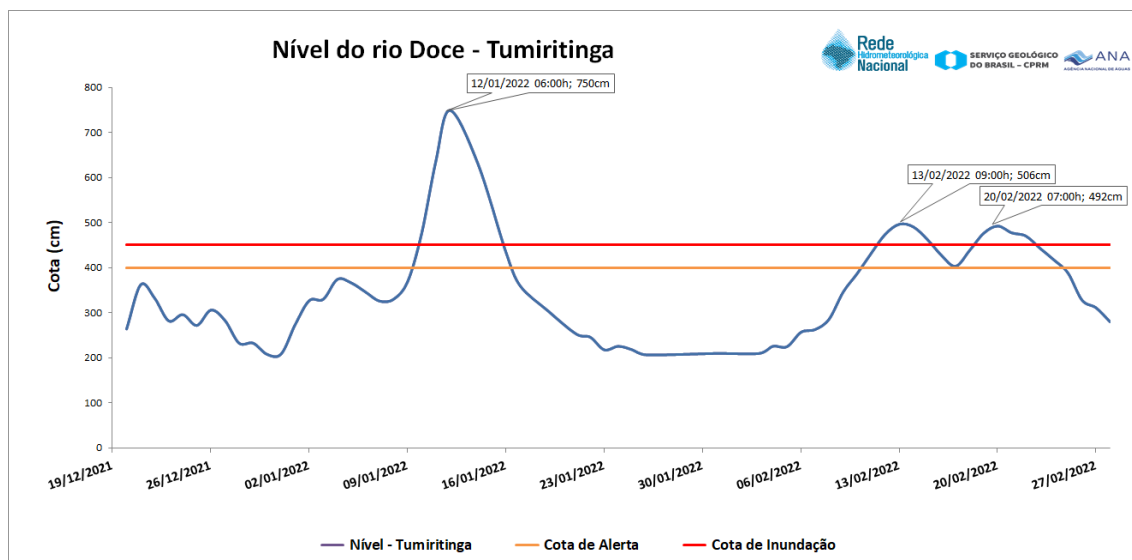


Figura 25 - Cotograma registrado pela estação Tumiritinga (56920000), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

### 5.2.6 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM COLATINA

Os eventos de precipitação contribuíram para as cheias históricas na cidade de Colatina – ES. A Figura 45 ilustra os níveis do rio Doce, em Colatina – ES, onde pode-se verificar o cotograma para o respectivo ponto de monitoramento. Foram verificados eventos de inundação nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, com o registro dos níveis do rio Doce acima da cota de inundação.

Em janeiro, a estação Colatina (56994500) entrou em cota de alerta na tarde do dia 10/01, atingindo a inundação às 21 horas do mesmo dia. Chegou ao pico por volta das 23 horas do dia 12/01 (cota 785 cm). A estação registrou a saída da cota de inundação somente na noite do dia 15/01. Estima-se que a vazão máxima tenha sido aproximadamente 5.880 m<sup>3</sup>/s.

No decorrer do mês de fevereiro o rio Doce registrou oscilação na cota de inundação na estação Colatina (56994500), com picos entre a madrugada do

dia 12/02 a 14/02 e 20/02 a 22/02. As cotas máximas registradas nesse período foram 643 cm em 12/02, e 640 cm em 21/02.

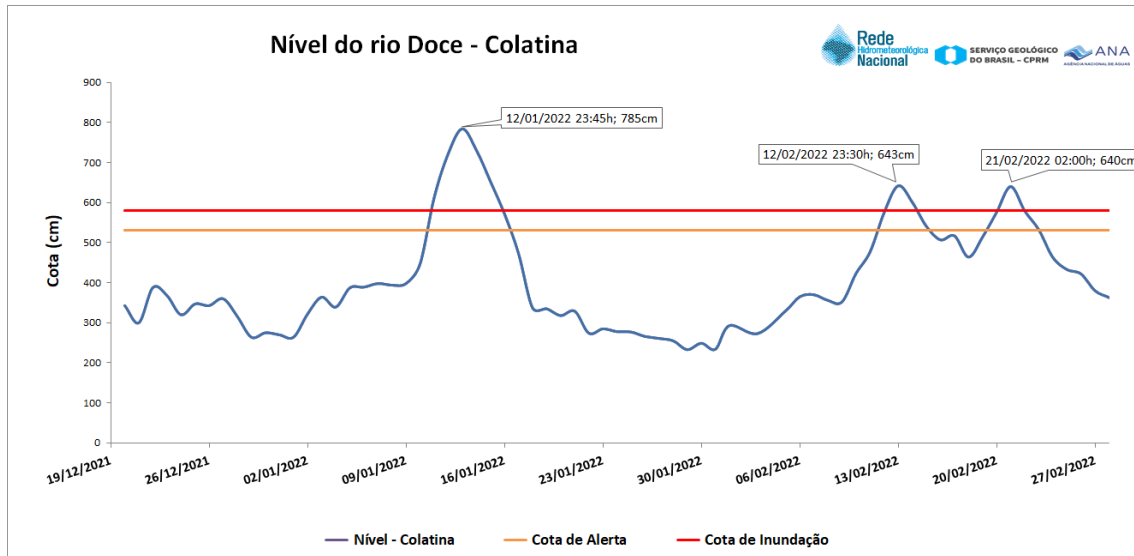


Figura 26 - Cotograma registrado pela estação Colatina (56994500), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022

### 5.2.6 COTAS DE ALERTA E INUNDAÇÃO EM LINHARES

Os eventos de precipitação contribuíram para as cheias históricas na cidade de Linhares – ES. A Figura 46 ilustra os níveis do rio Doce, em Linhares – ES, onde pode-se verificar o cotograma para o respectivo ponto de monitoramento. Foram verificados eventos de inundação nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, com o registro dos níveis do rio Doce acima da cota de inundação.

Em janeiro, a estação Linhares Cais do Porto (56998200) entrou em cota de inundação conforme registro do observador hidrológico às 7 horas do dia 10/01, registrando a cota 345 cm. Os níveis do rio doce permaneceram em acentuada elevação, apresentando a cada leitura níveis maiores, até o pico de 580 cm, registrado pelo observador às 8 horas do dia 13/01.

A partir desse registro, as próximas observações registraram constante e gradual diminuição no nível do rio, com saída da cota de inundação observada as 17 horas do dia 17/01.

No decorrer do mês de fevereiro o rio Doce atingiu cotas de inundação na estação Linhares Cais do Porto (56998200), com picos de inundação nos dias 13/02 e 21/02, com as cotas de 486 cm e 482 cm, respectivamente.

Cabe ressaltar que essa estação de monitoramento possui seus dados transmitidos por contatos telefônicos, portanto a cota máxima pode ter sido superior a este valor, caso tenha ocorrido em um período entre as leituras do observador hidrológico.

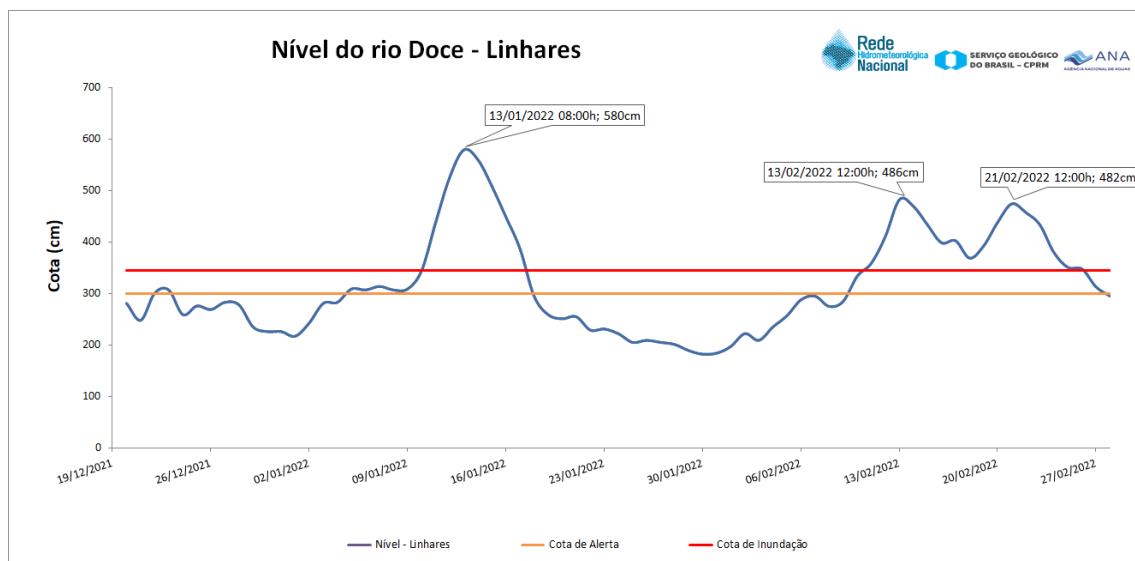


Figura 27 - Cotagrama registrado pela estação Linhares – Cais do Porto (56998200), no rio Doce, entre dezembro/2021 e fevereiro/2022.

## 6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS DESENVOLVIDOS

No presente Capítulo serão apresentadas considerações gerais sobre as principais estações de monitoramento fluviométrico utilizadas no SAH Doce, as respectivas curvas-chave (que possibilitam a conversão das cotas, em vazão), e algumas características a respeito dos modelos hidrológicos utilizados.

Ressaltamos que há mais de 50 anos as equipes de Hidrometria do SGB-CPRM operam os roteiros (grupos de estações) da RHN distribuídos em todo o território nacional, possibilitando a obtenção dos dados hidrológicos de maneira contínua, tempestiva e confiável. O SGB-CPRM, em parceria com a ANA e o Serviço Geológico Americano – USGS, vem ampliando cada vez mais a instalação de equipamentos automáticos com transmissão em tempo real (via satélite) do nível dos rios monitorados.

Desde início dos anos 2010, no âmbito do convênio entre CPRM e ANA para a operação da RHN, as equipes de hidrometria realizam as medições de vazão utilizando equipamentos acústicos, permitindo maior confiabilidade e qualidade no dado hidrológico obtido em campo.

Nos itens subsequentes, são apresentadas as principais estações de monitoramento fluviométrico utilizadas nos modelos de previsão hidrológica do SAH Doce.

### 6.1 PONTE NOVA

A estação fluviométrica Ponte Nova Jusante (56110005) está localizada no rio Piranga que, após a confluência com o rio do Carmo, passa a se chamar rio Doce. Este ponto de monitoramento encontra-se na cidade de Ponte Nova – MG, possui uma seção de réguas convencional com acompanhamento diário do observador hidrológico, e equipamentos com sensores para o registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite.

A evolução do nível do rio Piranga em Ponte Nova é realizada considerando-se os dados de vazão defluente da UHE Brecha, obtidos diretamente por contatos telefônicos (e internet) com os operadores da Usina, que cordialmente repassam as informações aos técnicos da CPRM.

São utilizadas como indicadoras de tendência as estações fluviométricas a montante da UHE Brecha (instaladas no contexto da resolução ANA/ANEEL nº003 de 2010), no rio Piranga, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pelas PCD's PCH Brecha Montante 1 (56094000), PCH Brecha Montante 2 (56093000) e PCH Brecha Montante 3 (56092000), utilizando-se o Sistema Hidro-Telemetria, disponibilizado pela ANA em: [www.snirh/hidrotelemetria/mapa](http://www.snirh/hidrotelemetria/mapa). A Figura 47 mostra o diagrama unifilar das estações de monitoramento no rio Piranga.

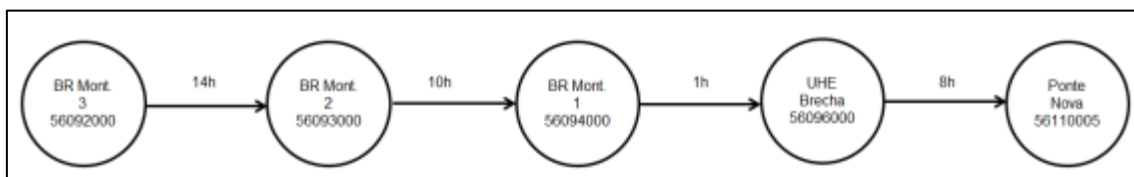


Figura 28 – Diagrama unifilar das estações a montante de Ponte Nova – MG.

A curva-chave da estação Ponte Nova Jusante (56110005) encontra-se apresentada na Figura 48. As cotas de atenção, alerta e inundação da estação Ponte Nova Jusante (56110005) são, pela ordem, 240 cm, 280 cm e 330 cm. A seção de réguas é mostrada na Figura 49.

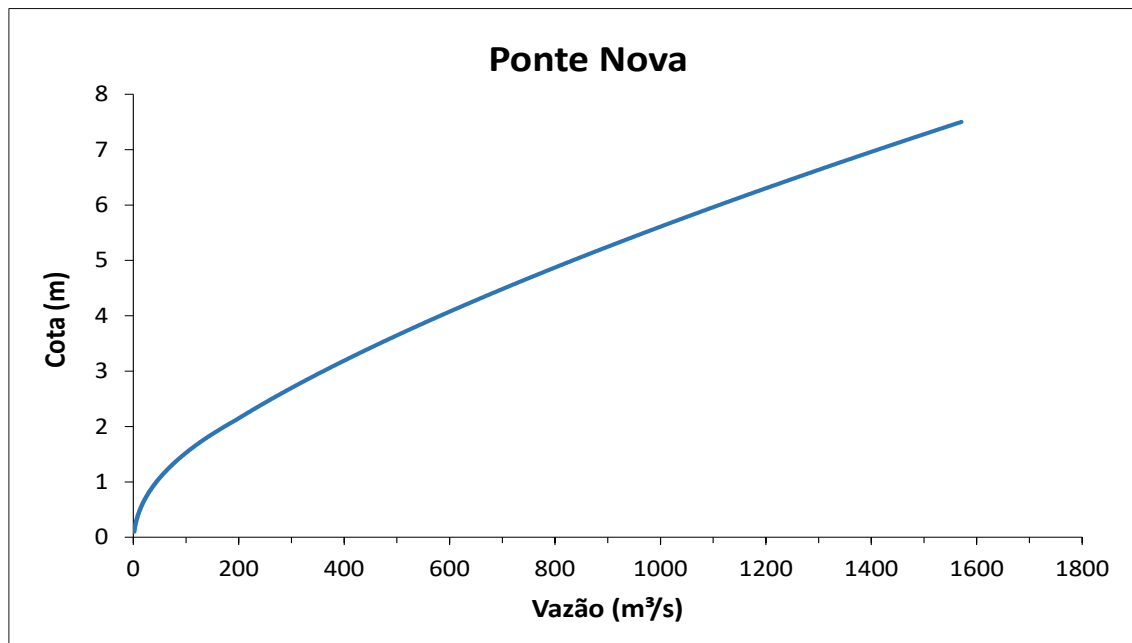


Figura 29 – Curva-chave da estação Ponte Nova Jusante (56110005).



Figura 30 – Rio Piranga, no ponto de monitoramento da estação Ponte Nova Jusante (56110005).

## 6.2 NOVA ERA

A cidade de Nova Era – MG está localizada às margens do rio Piracicaba, afluente da margem esquerda do rio Doce. Nesta cidade existem duas estações fluviométricas pertencentes a RHN: Nova Era IV (56659998) e Nova Era Telemétrica (56661000).

Nova Era IV (56659998) é uma estação convencional mais antiga, somente com seções de réguas, e onde são realizadas as medições de vazão no rio Piracicaba. A estação Nova Era Telemétrica (56661000) localiza-se na área urbana, possui além das réguas linimétricas, sensores para registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite. A distância entre os dois pontos de monitoramento é de aproximadamente 3 km, e não há contribuição de vazão (tributários) significativa entre as estações.

As cotas de alerta, atenção e inundação são 300 cm, 350 cm, e 470 cm, respectivamente. A curva-chave para a estação Nova Era Telemétrica (56661000) é apresentada na Figura 50. Vale ressaltar que o município de Antônio Dias – MG pode acompanhar as previsões hidrológicas realizadas para a cidade de Nova Era.

As seções de régua dos pontos de monitoramento são apresentadas nas Figuras 51 e 52.

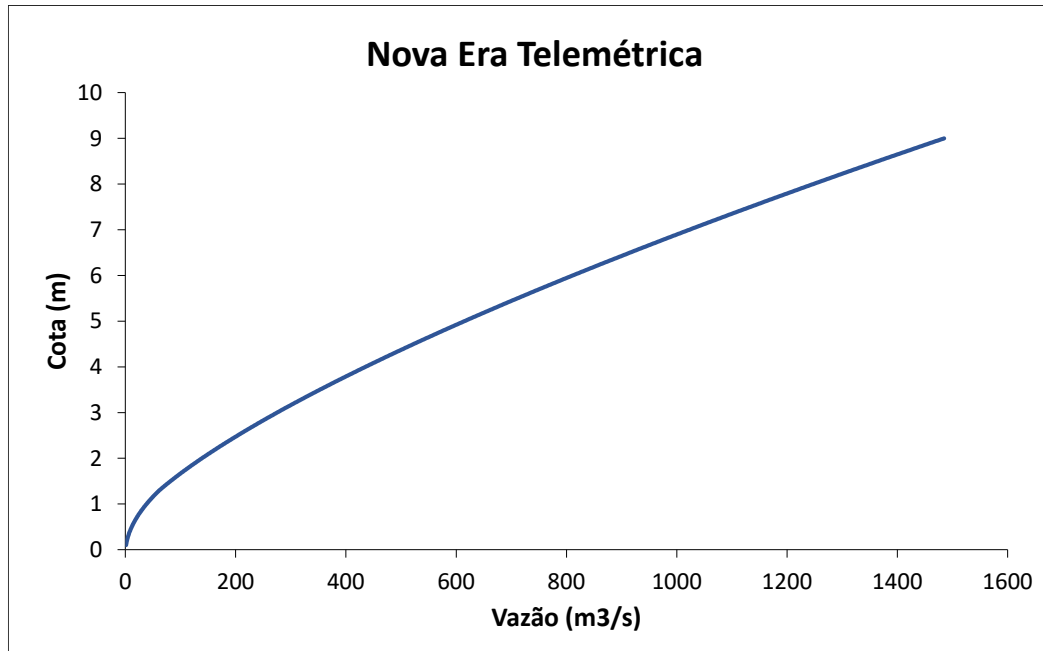


Figura 31 – Curva-chave da estação Nova Era Telemétrica (56661000).



Figura 32 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação em Nova Era IV (56659998).



Figura 33 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Nova Era Telemétrica (56661000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Piracicaba, em Nova Era, é realizada por meio das vazões defluentes das Usinas de Peti e Piracicaba, conforme diagrama unifilar apresentado na Figura 53.

Adicionalmente, são realizadas verificações para a avaliação de tendência do nível dos rios Piracicaba e Santa Bárbara, em estações instaladas no contexto da resolução ANA/ANEEL nº003 de 2010, relacionadas a seguir:

- Cabeceira do rio Santa Bárbara, afluente do rio Piracicaba, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pela PCD UHE Peti Carrapato (56640001), a montante da UHE Peti;
- Rio Santa Bárbara, afluente do rio Piracicaba, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pelas PCD's PCH São Gonçalo Montante 1 (56651000) e PCH São Gonçalo Montante 2 (56650500), a montante da cidade de Nova Era-MG, e a jusante da UHE Peti;



- Cabeceira do Piracicaba, a montante da UHE Piracicaba, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pelas PCD's Piracicaba Montante (56610100), Rio Piracicaba (56610000) e PCH Piracicaba Rio Turvo (56599000).

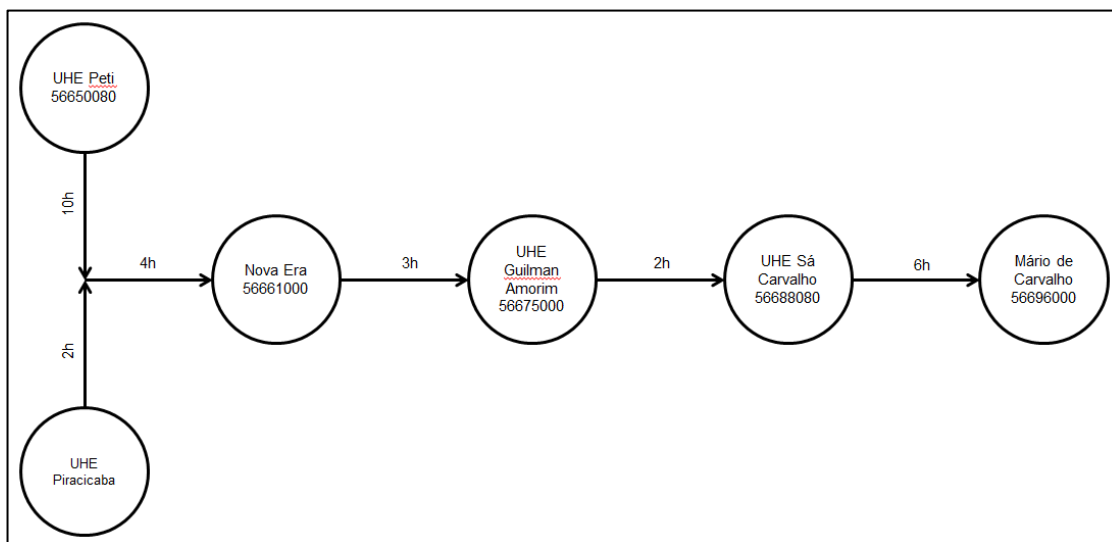


Figura 34 – Diagrama unifilar das estações em Nova Era – MG.

Os dados das vazões defluentes da UHE Peti são registrados automaticamente pelo SACE, em função da disponibilização das informações pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Os dados da UHE Piracicaba são repassados à equipe da CPRM via contatos telefônicos (e internet) junto aos operadores da usina.

### 6.3 MÁRIO DE CARVALHO

A estação fluviométrica Mário de Carvalho (56696000) está localizada às margens do rio Piracicaba, no município de Timóteo – MG. Esta estação possui a seção de réguas convencional, com leituras diárias do observador hidrológico, e sensores com registro automático do nível do rio e da altura de precipitação, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são, pela ordem, 450 cm, 540 cm, e 620 cm. A curva-chave é apresentada na Figura 54, enquanto a seção de réguas pode ser visualizada na Figura 55.

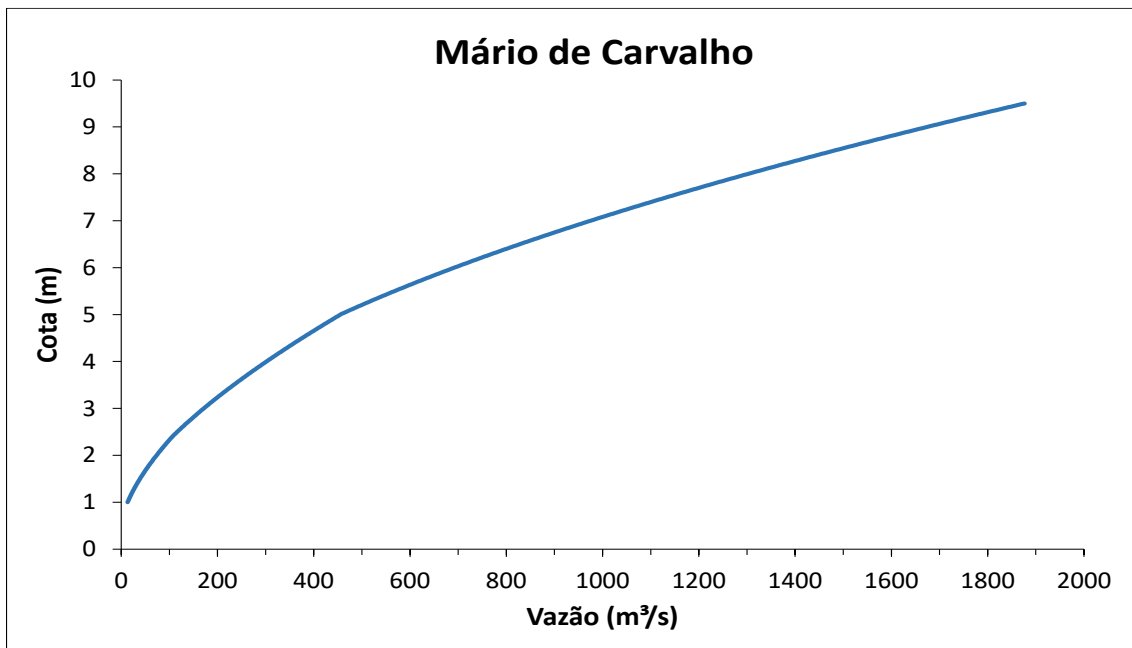


Figura 35 – Curva-chave da estação Mário de Carvalho (56696000).



Figura 36 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Mário de Carvalho (56696000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Piracicaba em Mário de Carvalho é feita por meio das vazões defluentes da Usina de Guilman Amorim, com tempo de antecedência de aproximadamente 8 horas (cerca de 52 km a

montante), conforme apresentado no diagrama unifilar da Figura 56. A UHE Sá Carvalho é utilizada como confirmação da tendência das vazões no rio Piracicaba.

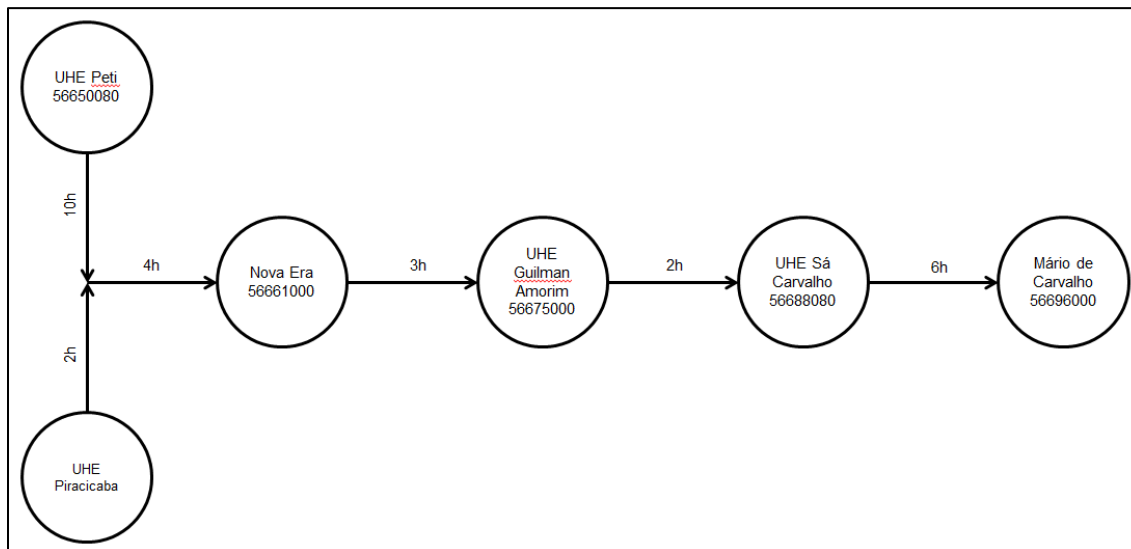


Figura 37 – Diagrama unifilar das estações em Mário de Carvalho (56696000).

Os dados das vazões das usinas hidrelétricas são obtidos pela equipe da CPRM via contatos telefônicos (e internet) junto aos operadores das Usinas.

A previsão hidrológica para Mário de Carvalho é realizada utilizando-se os dados das vazões defluentes da usina de Guilman Amorim, com 8 horas de antecedência. A área de drenagem a montante da UHE Guilman Amorim (próxima de 4.110 km<sup>2</sup>) é de cerca de 80% da área a montante de Mário de Carvalho (aproximadamente 5.060 km<sup>2</sup>).

Importante ressaltar que os dados de Mário de Carvalho no rio Piracicaba, juntamente com Cachoeira dos Óculos no rio Doce, e UHE Porto Estrela no rio Santo Antônio, são utilizados para previsão hidrológica com 24 horas de antecedência para a cidade de Governador Valadares – MG.

As cidades mineiras de Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga, podem seguir a previsão hidrológica emitida para Mário de Carvalho.

## 6.4 CACHOEIRA DOS ÓCULOS

A estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos Montante (56539000) está localizada no rio Doce, dentro do Parque Estadual do rio Doce. É uma estação com réguas linimétricas e sensores para registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite.

Esta estação é importante para a operação do SAH Doce, pois localiza-se a jusante da estação Ponte Nova Jusante (56110005), mas a montante da estação Belo Oriente (56719998) e Governador Valadares (56850000), conforme diagrama unifilar da Figura 57. Neste ponto é possível monitorar as vazões afluentes dos rios do Carmo, Casca e Matipó, que embora tenham áreas de drenagem menores do que os rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí Grande e Manhuaçu, podem contribuir para a ocorrência de cheias a jusante do Parque do rio Doce.

Os dados de Cachoeira dos Óculos são utilizados na previsão hidrológica para a cidade de Governador Valadares com 24 horas de antecedência, e para Belo Oriente com 10 horas de antecedência.

O acompanhamento da evolução dos níveis da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000) pode ser feito com os dados de Ponte Nova Jusante (56110005), da UHE Risoleta Neves, da estação Fazenda Cachoeira Dantas (56425000), e com dados de chuva de Ponte Nova, Risoleta Neves, Fazenda Dantas e Cachoeira dos Óculos. Os dados das estações fluviométricas e pluviométricas são obtidos via satélite, e os dados de vazão defluente da UHE Brecha por telefone via operador.

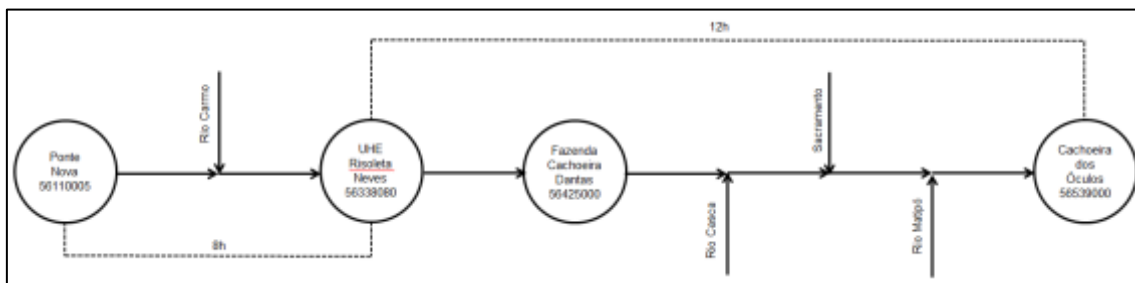


Figura 38 – Diagrama unifilar a montante de Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).

A curva-chave de Cachoeira dos Óculos é estável, e segue apresentada na Figura 58. A cota de inundação é de 1.250 cm. A seção de réguas pode ser visualizada na Figura 59.

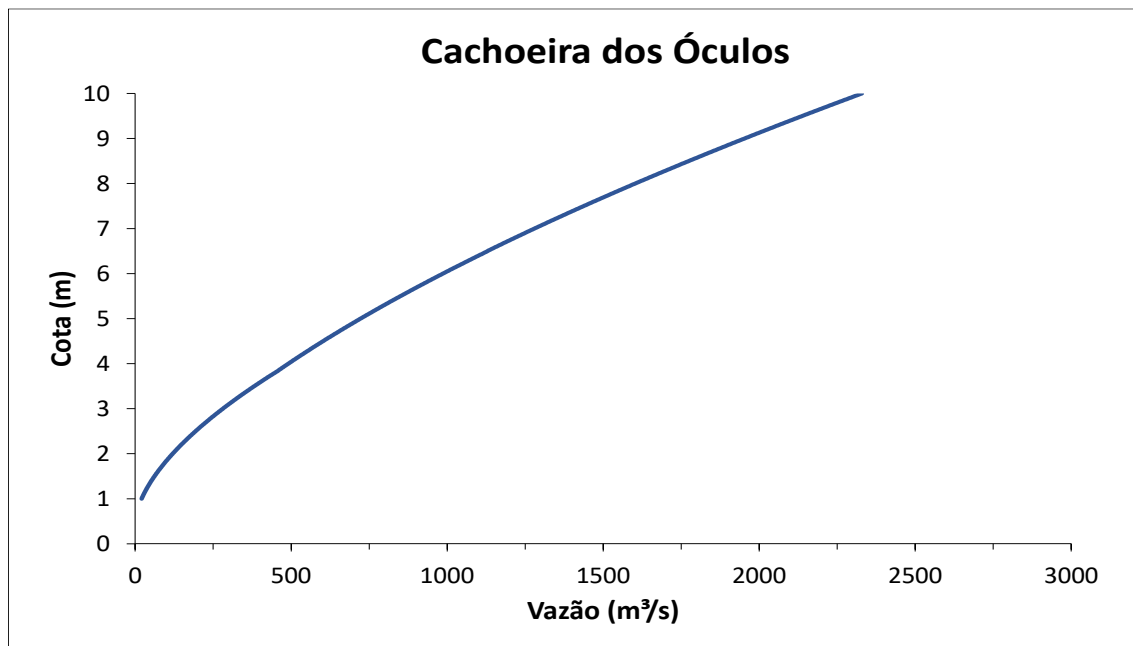


Figura 39 – Curva-chave da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).



Figura 40 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).

## 6.5 BELO ORIENTE

A estação fluviométrica Belo Oriente (56719998) está localizada às margens do rio Doce, cerca de 30 km a jusante da confluência do rio Piracicaba com o rio Doce. Esta estação possui a seção de réguas convencional, e sensor de monitoramento automático de nível e chuva, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, a cota de alerta é de 860 cm, enquanto a de inundação corresponde a 900 cm. A curva-chave está apresentada na Figura 60, e a seção de réguas pode ser observada na Figura 61. O diagrama unifilar da região segue na Figura 62.

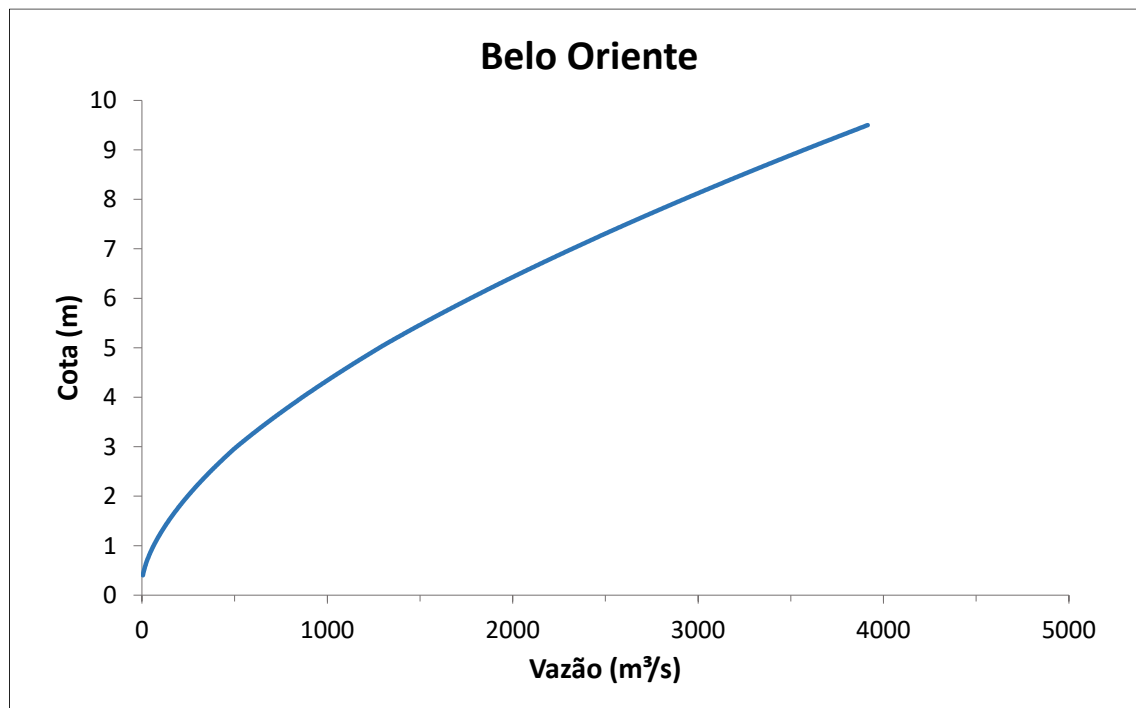


Figura 41 – Curva-chave da estação Belo Oriente (56719998).



Figura 42 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Belo Oriente (56719998).

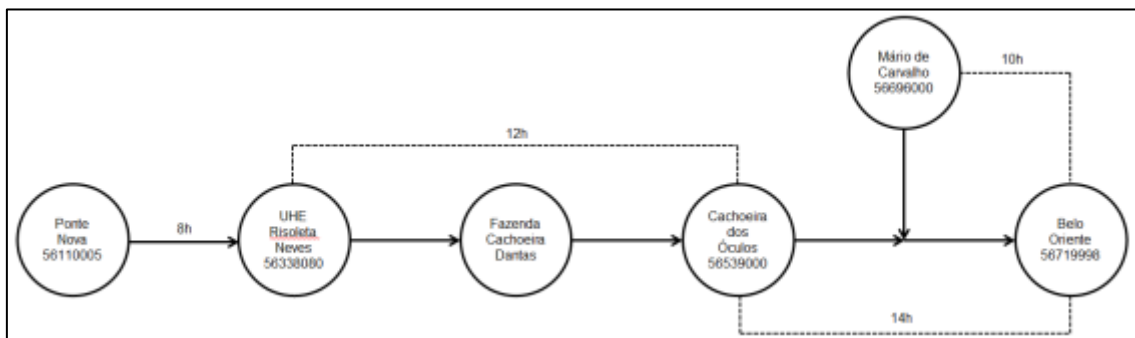


Figura 43 – Diagrama unifilar a montante de Belo Oriente (56719998).

A previsão hidrológica para Belo Oriente é feita utilizando-se os dados das estações Cachoeira dos Óculos e Mário de Carvalho, e das vazões defluentes da usina de Risoleta Neves e da estação Mário de Carvalho com 10 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destas estações (Cachoeira dos Óculos e Mário de Carvalho) é cerca de 86% da área a montante de Belo Oriente.

Importante ressaltar que os dados da estação Belo Oriente (56719998) no rio Doce, juntamente com os dados de Naque Velho (56825000) no rio Santo

Antônio, são utilizados para previsão hidrológica com 12 horas de antecedência para a cidade de Governador Valadares.

## 6.6 NAQUE VELHO

A estação fluviométrica Naque Velho (56825000) localiza-se às margens do rio Santo Antônio (afluente da margem esquerda do rio Doce), no distrito de Naque/Nanuque, ou Naquinho, pertencente ao município de Açucena – MG. Esta estação possui a seção de réguas convencional e sensor automático de registro de nível e chuva, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são, pela ordem, 540 cm, 640 cm e 740 cm. A curva-chave é apresentada na Figura 63, e a seção de réguas no rio Santo Antônio segue na Figura 64.

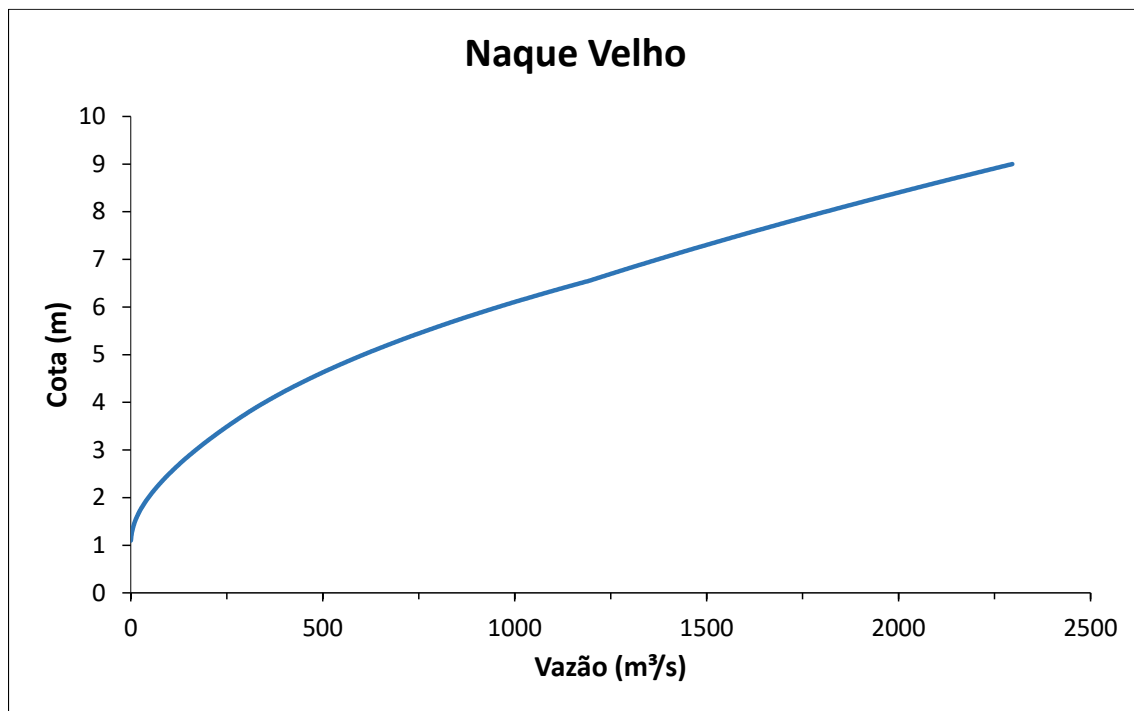


Figura 44 – Curva-Cave da estação Naque Velho (56825000).





Figura 45 – Rio Santo Antônio, no ponto de monitoramento da estação Naque Velho (56825000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Santo Antônio em Naque Velho é feita por meio dos dados das vazões defluentes das UHE's de Salto Grande e Porto Estrela, além dos dados pluviométricos da estação Naque Velho (56825000). O diagrama unifilar da Figura 65 mostra os pontos de monitoramento.

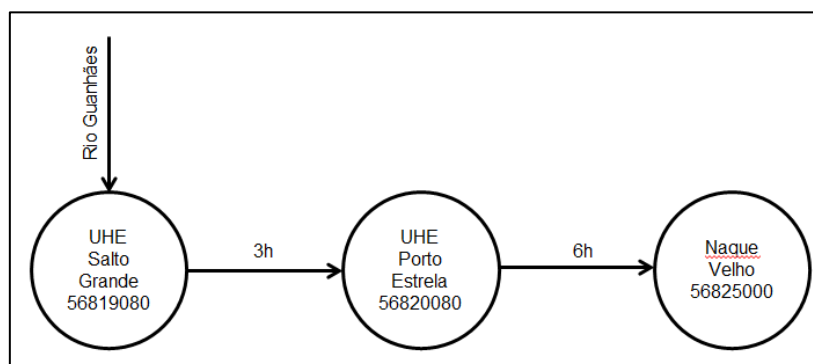


Figura 46 – Diagrama unifilar a montante da estação Naque Velho (56825000).

Os dados das defluências das usinas hidrelétricas são obtidos pelas equipes da CPRM através de contatos telefônicos junto aos operadores das Usinas. As informações das estações pluviométricas são transmitidas via satélite.

A previsão hidrológica para a estação Naque Velho (56825000) é feita utilizando os dados das vazões defluentes da UHE Porto Estrela, com 6 horas de antecedência. A área de drenagem a montante da usina de Porto Estrela é de cerca de 92% da área a montante de Naque Velho.

Vale ressaltar que os dados de Naque Velho no rio Santo Antônio, juntamente com os dados de Belo Oriente no rio Doce, são utilizados para previsão hidrológica com 12 horas de antecedência para a cidade de Governador Valadares.

### 6.7 GOVERNADOR VALADARES

A estação fluviométrica Governador Valadares (56850000) está localizada às margens do rio Doce, nas proximidades da ponte da BR-116. Esta estação possui a seção de réguas convencional com acompanhamento diário do observador hidrológico, e equipamentos com sensores para o registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite.

Para este ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são 300 cm, 320 cm e 360 cm, respectivamente. A curva-chave está apresentada na Figura 66, enquanto a seção de réguas segue na Figura 67.

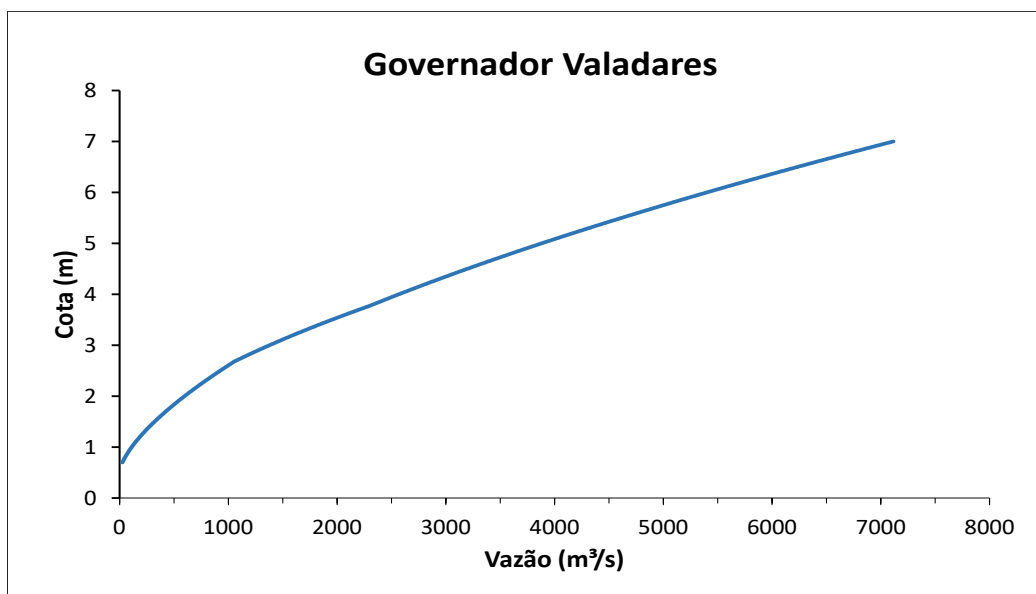


Figura 47 – Curva-chave da estação Governador Valadares (56850000).



Figura 48 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Governador Valadares (56850000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Governador Valadares é feita por meio dos dados das vazões defluentes da UHE Baguari; das estações de Belo Oriente e Naque Velho; dos dados das vazões defluentes da UHE de Salto

Grande e das estações Mário de Carvalho e Cachoeira dos Óculos; além dos dados pluviométricos das estações Naque Velho, Belo Oriente, Governador Valadares e da UHE Baguari. A relação destes pontos de monitoramento é apresentada no diagrama unifilar da Figura 68.

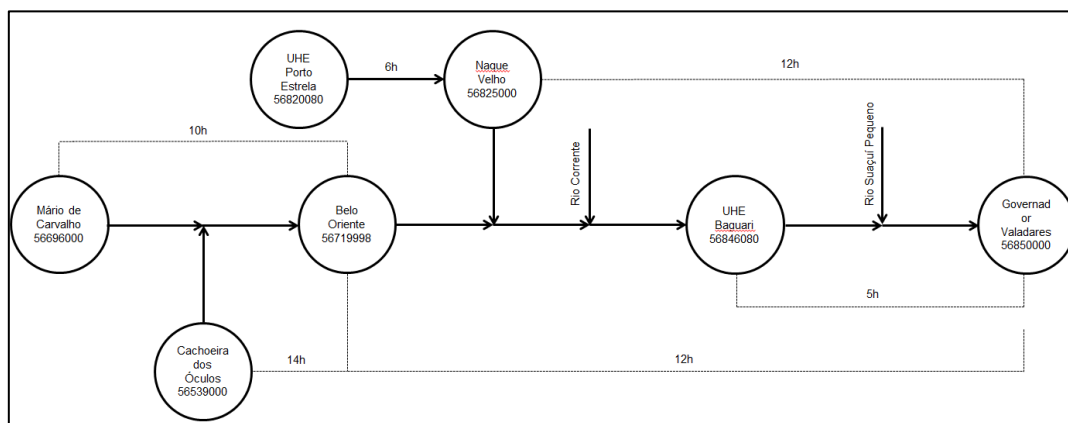


Figura 49 – Diagrama unifilar das estações a montante de Governador Valadares – MG.

A previsão hidrológica para a cidade de Governador Valadares é feita utilizando-se os dados das estações Naque Velho e Belo Oriente, com 12 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destas estações é cerca de 86% da área a montante de Governador Valadares. Uma previsão alternativa é realizada com dados das estações Cachoeira dos Óculos e Mário de Carvalho, e com as vazões defluentes da usina de Porto Estrela, com 24 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destes pontos de monitoramento é aproximadamente 75% da área a montante da estação Governador Valadares (56850000).

As cidades de Resplendor, Galiléia, Itueta e Conselheiro Pena, bem como Aimorés e Baixo Guandu, podem seguir as previsões hidrológicas realizadas para as cidades de Governador Valadares e Tumiritinga.

## 6.8 VILA MATIAS

A estação fluviométrica Vila Matias Montante (56891900) está localizada às margens do rio Suaçuí Grande, afluente da margem esquerda do rio Doce, no município mineiro de Mathias Lobato. Esta estação possui a seção de régua

convencional, e sensor de registro automático do nível do rio e altura de precipitação, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são, pela ordem, 620 cm, 660 cm, e 700 cm. A curva-chave da estação é apresentada na Figura 69, enquanto a seção de régua segue na Figura 70.

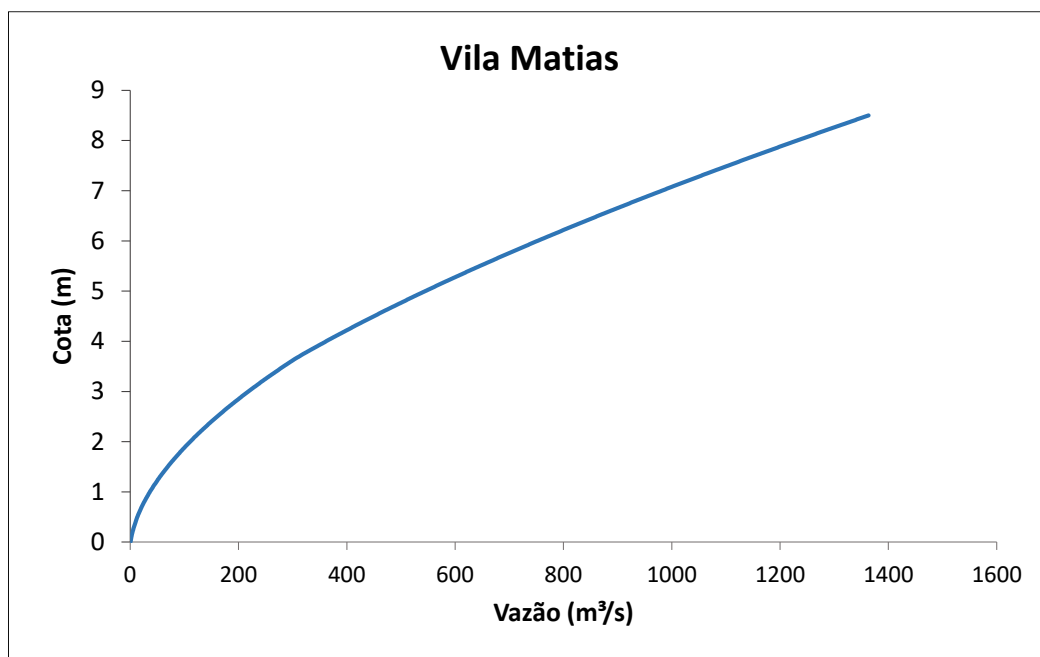


Figura 50 – Curva-chave da estação Vila Matias Montante (56891900).



Figura 51 – Rio Suaçuí Grande, no ponto de monitoramento da estação Vila Matias Montante (56891900).

Os dados da estação de Vila Matias Montante (56891900) são utilizados para a previsão hidrológica para a cidade de Tumiritinga, no rio Doce. O diagrama unifilar das estações no rio Suaçuí Grande é apresentado na Figura 71.

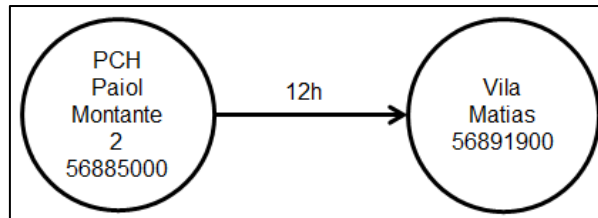


Figura 52 – Diagrama unifilar a montante da estação Vila Matias Montante (56891900).

## 6.9 TUMIRITINGA

A estação fluviométrica Tumiritinga (56920000) localiza-se às margens do rio Doce. Possui a seção de réguas convencional, com leituras diárias realizadas pelo observador hidrológico. Atualmente não possui sensores com registro automático do nível do rio.

Entretanto, existem outros pontos de monitoramento nas proximidades da estação Tumiritinga (56920000), instalados pela Fundação Renova (responsável por gerir programas de recuperação do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, controlada pela Samarco Mineração, de propriedade da VALE e BHP Billiton), e que são utilizados para a verificação da tendência do nível do rio Doce.

Na estação Tumiritinga (56920000), as cotas de atenção, alerta e inundação são 350 cm, 400 cm e 450 cm, respectivamente. A curva-chave é apresentada na Figura 72, enquanto a seção de réguas segue na Figura 73.

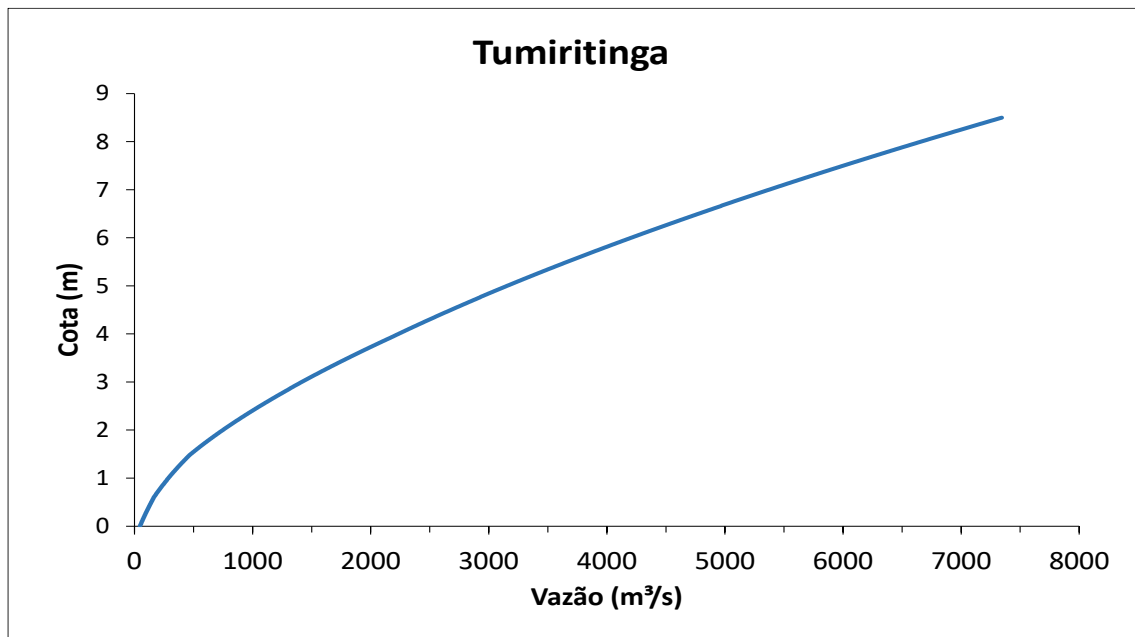


Figura 53 – Curva-chave da estação Tumiritinga (56920000).



Figura 54 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Tumiritinga (56920000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Tumiritinga é feita por meio dos dados das estações Governador Valadares e Vila Matias; além dos dados pluviométricos das estações Governador Valadares, Vila Matias e Tumiritinga. O contexto dos pontos de monitoramento é apresentado no diagrama unifilar da Figura 74.

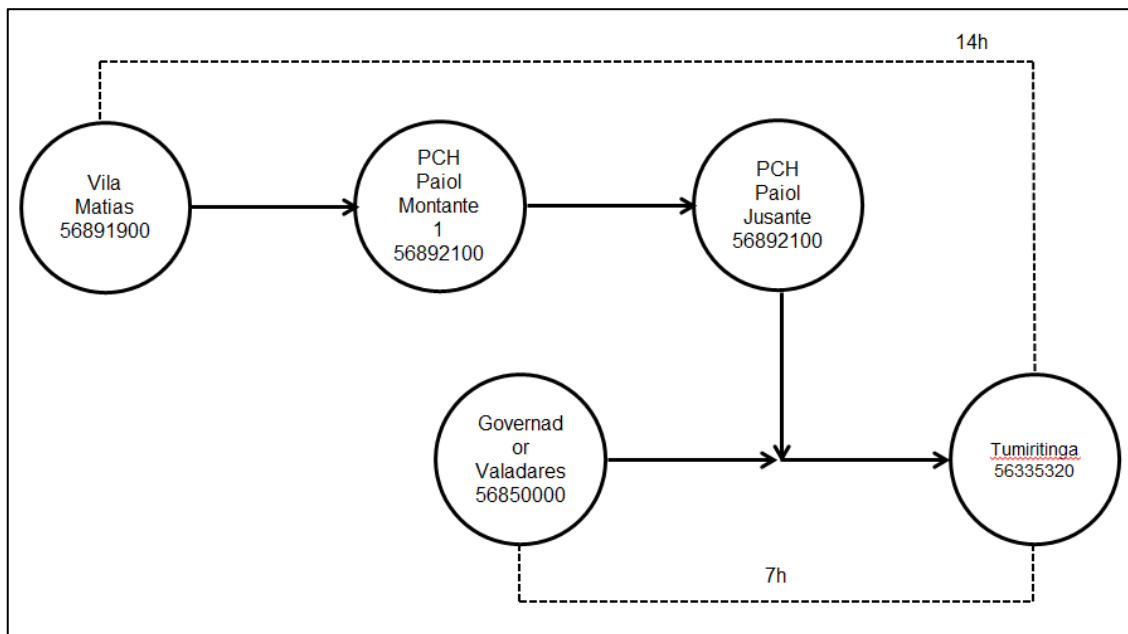


Figura 55 – Diagrama unifilar a montante da estação Tumiritinga.

A previsão hidrológica para Tumiritinga é realizada utilizando-se os dados das estações Governador Valadares e Vila Matias, com 7 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destas estações é de cerca de 90% da área a montante de Tumiritinga.

As cidades de Resplendor, Galiléia, Itueta e Conselheiro Pena, bem como Aimorés e Baixo Guandu, podem acompanhar as previsões hidrológicas para as cidades de Governador Valadares e Tumiritinga.

## 6.10 COLATINA

A estação Colatina (56994500) fica próxima à ponte da BR-101 e trata-se de uma estação com régua limimétrica, onde são realizadas as medições de vazão. Também conta com equipamentos com sensores para o registro



automático do nível do rio Doce e da altura pluviométrica, com transmissão via satélite.

A curva-chave da estação Colatina (56994500) segue na Figura 75, enquanto a seção de régua é apresentada na Figura 76.

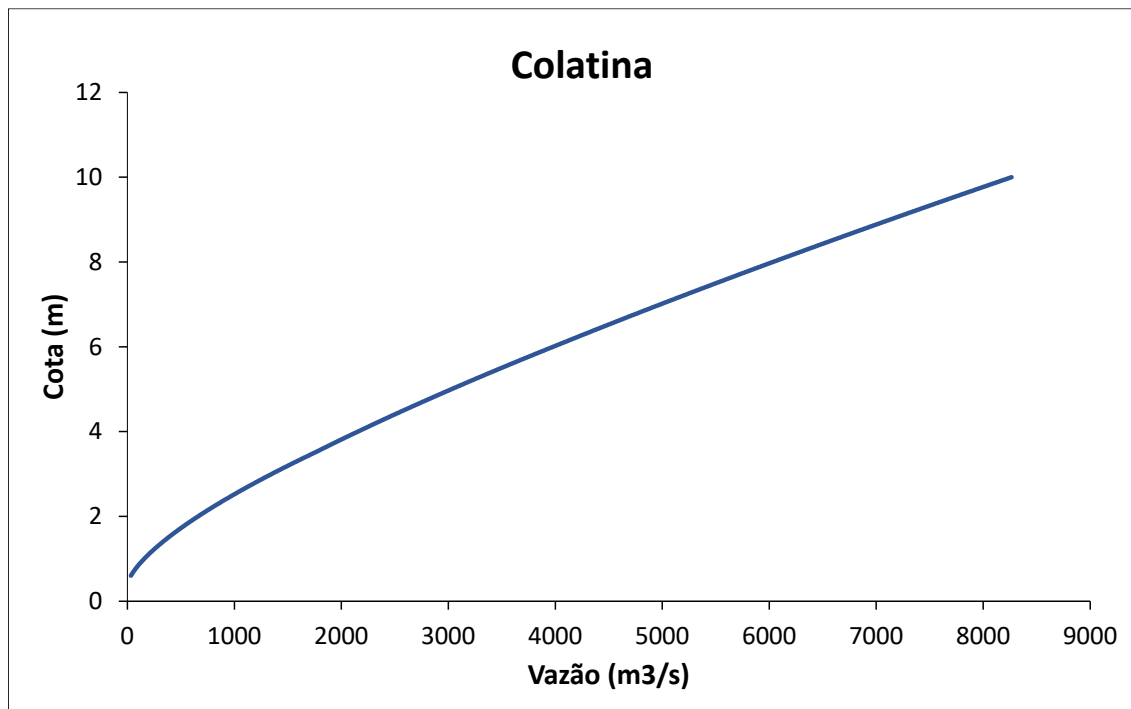


Figura 56 – Curva-chave da estação Colatina (56994500).



Figura 57 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Colatina (56994500).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Colatina é feita por meio dos dados das vazões defluentes da UHE Mascarenhas, além dos dados pluviométricos das estações Colatina Corpo de Bombeiros (56994510) e UHE Mascarenhas. O diagrama unifilar é apresentado na Figura 77.

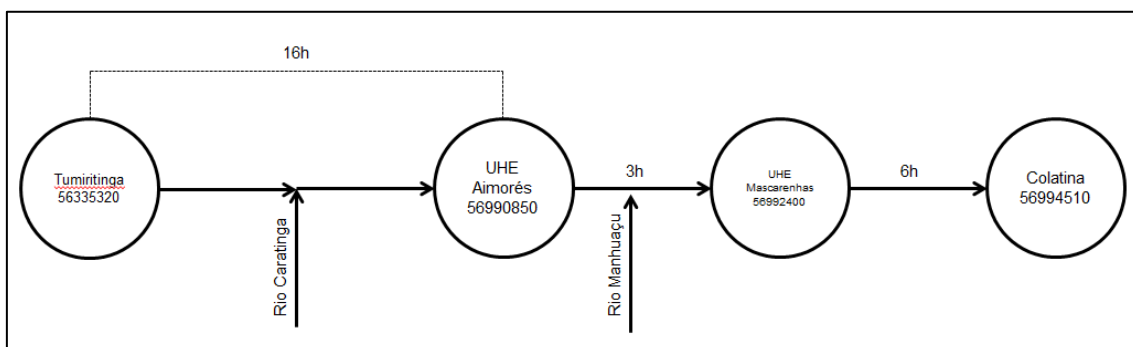


Figura 58 – Diagrama unifilar a montante de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).

A previsão hidrológica para a cidade de Colatina - ES é realizada utilizando-se os dados das vazões defluentes (disponibilizadas pela CEMIG) da UHE Mascarenhas, com 6h de antecedência. A área de drenagem a montante desta Usina é de cerca de 96% da área a montante da estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).

### 6.11 LINHARES

A estação fluviométrica de Linhares Cais do Porto (56998200) está localizada nas margens do rio Doce, nas proximidades do município de Linhares – ES, sendo o último ponto de monitoramento do Sistema de Alerta na bacia antes do rio Doce desaguar no oceano Atlântico. Possui seção de réguas convencional, com leituras diárias do observador hidrológico. Em função do efeito de marés, não são realizadas medições de vazão regularmente nesta estação.

Neste ponto de monitoramento, a cota de atenção é de 280 cm, e as cotas de alerta e inundação correspondem a 300 cm e 345 cm, respectivamente. A estação Linhares Cais do Porto (56998200) não possui curva-chave. A modelagem hidrológica é realizada de forma cota x cota, com os dados da estação de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510). A seção de réguas é apresentada na Figura 78.



Figura 59 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Linhares Cais do Porto (56998200).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Linhares - ES é feita por meio dos dados da estação de Colatina (56994500), e dos dados pluviométricos de Colatina e Linhares. O diagrama unifilar do ponto de monitoramento é apresentado na Figura 79.

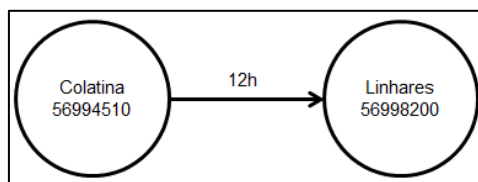


Figura 60 – Diagrama unifilar a montante da estação Linhares Cais do Porto (56998200).

A previsão hidrológica para Linhares - ES é feita utilizando-se os dados da estação de Colatina (56994500), com 12h de antecedência. A área de drenagem

a montante desta estação é de cerca de 98% da área a montante de Linhares Cais do Porto (56998200).

Vale mencionar que existem outros pontos de monitoramento nas proximidades de Linhares, instalados pela Fundação Renova (responsável por gerir programas de recuperação do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, controlada pela Samarco Mineração, de propriedade da VALE e BHP Billiton), e que são utilizados para a verificação da tendência do nível do rio Doce.

## 7. CONCLUSÕES

A operação de novembro de 2021 a março de 2022 do Sistema de Alerta da bacia do rio Doce foi concluída com sucesso, sendo emitidos 227 Boletins de monitoramento hidrológico (com frequência diária), dos quais 121 foram Boletins de alerta hidrológico (quando se atinge cotas acima das de alerta), contendo os níveis dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Doce, e Suaçuí Grande, e que puderam contribuir como instrumento para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

A operação do SAH Doce 2021-2022 considerou o período de operação ativa do Sistema, ou seja, cobrindo a estação chuvosa entre os meses de novembro a março na Região Sudeste do Brasil, onde localiza-se a bacia do rio Doce.

De maneira geral, foram beneficiados diretamente pela operação do Sistema de Alerta os municípios mineiros de Ponte Nova, Nova Era, Coronel Fabriciano, Timóteo, Açucena, Governador Valadares, Tumiritinga; e os municípios capixabas de Colatina e Linhares. Indiretamente, podendo acompanhar as previsões hidrológicas para localidades a montante, foram beneficiados os municípios de Antônio Dias, Ipatinga, Mathias Lobato, Frei Inocência, Resplendor, Galiléia, Conselheiro Pena, Aimorés, em Minas Gerais; e Baixo Guandu, no Espírito Santo.

Entre novembro de 2021 a março de 2022, foram verificados eventos de cheias históricas, em especial nas cidades de Nova Era – MG, Ponte Nova – MG, Governador Valadares – MG, Tumiritinga – MG, Colatina – ES e Linhares ES, conforme apresentado ao longo do presente relatório.

Outro ponto relevante é a importância da operação contínua do Sistema de Alerta hidrológico na estação chuvosa da região Sudeste do Brasil, mesmo que após períodos caracterizados por estiagens históricas. Conforme mencionado no presente texto, a bacia do rio Doce (e toda a Região Sudeste) sofreram recentemente com uma estiagem severa, e ainda assim, diversos eventos de inundações foram registrados pelo SAH Doce a partir do período chuvoso.

Nesse contexto, o Serviço Geológico do Brasil – SGB-CPRM vai de encontro às suas atribuições institucionais no âmbito da administração pública

federal, disponibilizando à sociedade informações do monitoramento hidrológico nos rios em território nacional e, de maneira específica, no período chuvoso na bacia do rio Doce. Essas informações podem auxiliar as autoridades públicas, equipes da Defesa Civil, e demais usuários e gestores de recursos hídricos no processo de tomada de decisão para prevenir/mitigar efeitos causados por eventos de cheias.

A equipe do SGB-CPRM encontra-se à disposição para esclarecimentos e informações adicionais. O contato com o Sistema de Alerta hidrológico do Doce pode ser realizado através do e-mail [alerta.doce@cprm.gov.br](mailto:alerta.doce@cprm.gov.br).

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Regionalização de Vazões nas Hidrográficas Brasileiras: Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta.** Sistema de Alerta da Bacia do Rio Doce. Rio Piranga em Ponte Nova Jusante, código 56110005 / Eber José de Andrade Pinto. – Belo Horizonte: CPRM, 2020.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Acompanhamento da Estiagem** - Relatório 02/2019 / Eber José de Andrade Pinto, Breno Guerreiro da Motta. – Belo Horizonte: CPRM, 2019. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_secas\\_estiagens.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_secas_estiagens.php#). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Acompanhamento da Estiagem nas Regiões Sudeste e Centro Oeste do Brasil** – Relatório Técnico de Acompanhamento das Precipitações. Belo Horizonte: CPRM, 2021. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_secas\\_estiagens.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_secas_estiagens.php#). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Acompanhamento da Estiagem nas Regiões Sudeste e Centro Oeste do Brasil** – Relatório Técnico de Acompanhamento das Vazões na Área de Atuação das Superintendências Regionais da CPRM de Belo Horizonte, parte de Goiânia e São Paulo. Belo Horizonte: CPRM, 2021. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_secas\\_estiagens.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_secas_estiagens.php#). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Definição Da Planície De Inundação Da Cidade De Governador Valadares** – Relatório Técnico Final. Belo Horizonte: CPRM, 2004. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_manchas\\_inundacao.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Definição da Planície de Inundação da Cidade de Colatina-ES./** Marlon Marques Coutinho, Breno Guerreiro da Motta, Colab. – Belo Horizonte: CPRM-BH, 2014. Disponível em:



[http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_manchas\\_inundacao.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Definição da Planície de Inundação de Ponte Nova**. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Alerta Contra Enchentes na Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 1998 a Abril de 1999**. Belo Horizonte: CPRM, 1999.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Alerta Contra Enchentes na Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 2002 a Abril de 2003**. Belo Horizonte: CPRM, 2003.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Alerta Contra Enchentes na Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 2008 a Abril de 2009**. Belo Horizonte: CPRM, 2009.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 01: Acompanhamento da Onda de Cheia**. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_monitoramento\\_especial.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 02: Geoquímica**. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_monitoramento\\_especial.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php). Acesso em: 11 abr. 2022.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 03: Monitoramento Simultâneo ao longo de 15 dias**. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_monitoramento\\_especial.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php). Acesso em: 11 abr. 2022

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 04: Hidrometria, Sedimentometria e Qualidade da Água nas Estações Fluviométricas da RHN após a Ruptura da Barragem de Rejeito, 2016.**

Disponível em:

[http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_monitoramento\\_especial.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php). Acesso em: 11 abr. 2022.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: oficina de Textos, 2006.

Hidrotelemetria – **Rede Hidrometereológica Nacional**. ANA, 2021. *Site*.

Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>. Acesso em: 11 abr. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. IBGE, 2018. *Site*. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 11 abr. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M. R. D.; PINTO FILHO, R. D. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Doce. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2011

PIRH - Consórcio Ecoplan-Lume. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no âmbito da Bacia do Rio Doce**. Belo Horizonte, Junho de 2010.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONCALVES, L. G. G.; VILA, D. A. **Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America**. *Weather Forecasting*, v. 25, n. 3, p. 885-894, June 2010.

Disponível em:

[https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/25/3/2010waf2222325\\_1.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/25/3/2010waf2222325_1.xml)  
Acesso em: 11 abr. 2022.

SACE, **Sistema de Alerta de Eventos Críticos**. *Site*. Disponível em:

<http://sace.cprm.gov.br/doce/>. Acesso em: 11 abr. 2022.

### Anexo I – Vazões Medidas no Período de Operação 2021/2022

Estação	Código	Data	Cota (cm)	Vazão (m³/s)
Braz Pires	56055000	29/11/2021	141	12,4
Senador Firmino	56065000	30/11/2021	195	7,25
Seriquite	56085000	26/11/2021	150	3,57
Fazenda Varginha	56090000	26/11/2021	146	4,37
Fazenda Paraíso	56240000	25/11/2021	68	14,3
Fazenda Ocidente	56337000	01/11/2021	143	8,02
Cachoeira dos Óculos	56539000	14/03/2022	308	309
Rio Casca	56415000	02/11/2021	394	78,8
Fazenda Cachoeira D'Antas	56425000	10/03/2022	235	216
Abre Campo	56500000	24/11/2021	62	3,19
Abre Campo	56500000	02/11/2021	152	20,8
Pingo D'Água	56570000	03/11/2021	140	16,8
Pingo D'Água	56570000	22/03/2022	94	9,08
Rio Piracicaba	56610000	03/11/2021	171	41,9
Carrapato	56640000	14/12/2021	204	29,1
Carrapato	56640000	01/12/2021	130	10,3
Nova Era IV	56659998	24/01/2022	155	96,3
Mário de Carvalho	56696000	11/03/2022	199	98,3
Belo Oriente	56719998	15/03/2022	271	425
Ferros	56775000	23/03/2022	102	48,9
Senhora do Porto	56800000	24/03/2022	115	11,1
Naque Velho	56825000	16/03/2022	283	144
Porto Santa Rita	56846000	24/03/2022	386	17,9
Fazenda Aconchego	56846890	17/03/2022	128	16,3
Governador Valadares	56850000	18/03/2022	205	615
Campanário	56851000	11/03/2022	146	2,44
Santa Maria do Suaçuí	56870000	30/11/2021	78	3,78
Santa Maria do Suaçuí	56870000	15/03/2022	80	4,20
Vila Matias	56891900	17/03/2022	118	54,7
Tumiritinga	56920000	23/03/2022	161	596
Santa Rita de Minas	56924500	04/11/2021	78	0,68
Santa Rita de Minas	56924500	18/03/2022	92	1,02
Dom Cavati	56935000	01/11/2021	69	6,09
Dom Cavati	56935000	21/03/2022	86	10,1
Barra do Cuieté	56940002	14/03/2022	154	38,8
Fazenda Vargem Alegre	56960005	08/02/2022	191	56,2
Santo Antônio do Manhuaçu	56978000	09/02/2022	496	194
Dores de Manhumirim	56983000	04/02/2022	312	24,4
Dores de Manhumirim	56983000	03/11/2021	176	7,98

<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>Data</b>	<b>Cota (cm)</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
Ipanema	56988500	09/02/2022	538	122
São Seb. da Encruzilhada	56990000	14/02/2022	226	499
Afonso Cláudio	56990990	15/02/2022	186	15,2
Laranja da Terra	56991500	16/02/2022	240	45,4
Baixo Guandu	56992000	11/02/2022	235	78,5
Colatina	56994500	20/01/2022	337	1.592
Colatina	56994500	22/03/2022	219	835
Ponte do Pancas	56995500	02/12/2021	244	32,1
Linhares	56998200	19/01/2022	258	1.469
Linhares	56998200	22/03/2022	165	965