

Maio de 2022

Ano 08 | número 69

# SITUAÇÃO ATUAL E PROJEÇÃO HIDROLÓGICA PARA O SISTEMA CANTAREIRA

## **Diretor do Cemaden**

Oswaldo Luiz Leal de Moraes

## **Coordenador Geral de Pesquisa e Desenvolvimento**

José A. Marengo

## **Revisor Científico**

Luz Adriana Cuartas Pineda

## **Pesquisadores colaboradores**

Elisângela Broedel

Giovanni Dolif

Marcelo Seluchi

Wanderley Mendes

## **Elaboração**

Elisângela Broedel

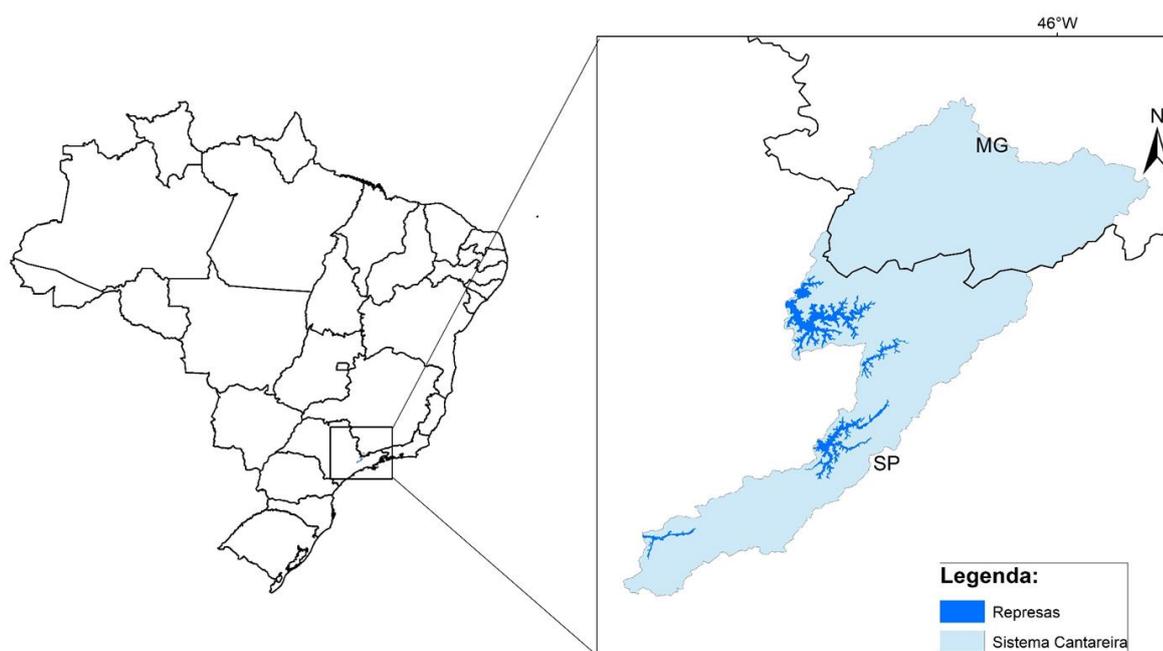


MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



## Preâmbulo

Localizado ao norte da Grande São Paulo, o Sistema Cantareira é formado por 5 reservatórios: Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras (**Figura 1**). Os quatro primeiros, de regularização de vazões, captam e desviam água através de túneis e canais, de alguns afluentes do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri, na bacia do Alto Tietê, até o reservatório Paiva Castro, também de regularização. Finalmente, as águas são bombeadas deste último para o reservatório Águas Claras, para o abastecimento de, atualmente, 7,4 milhões de pessoas na Região Metropolitana de São Paulo. O CEMADEN, desde 2014, devido à intensa seca na região Sudeste, estabeleceu um sistema de monitoramento, previsão e projeção de vazão e de armazenamento para o Sistema Cantareira, e desde janeiro de 2015 publica boletins periódicos da Situação Atual e Projeções Hidrológicas para o Sistema Cantareira.



**Figura 1:** Mapa de localização da bacia de drenagem do Sistema Cantareira.

Esta edição do boletim traz um resumo da situação referente ao mês de maio de 2022, e projeções hidrológicas de junho a setembro de 2022. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de maio de 2022 (42%), nível inferior quando comparado ao mesmo período do ano de 2021 (48%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e

60%)<sup>1</sup>, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 31 m<sup>3</sup>/s. Em maio de 2022, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 21 m<sup>3</sup>/s. Ainda no mês de maio, a precipitação e a vazão foram equivalentes a 67% e 50% da média histórica do mês, respectivamente.

Com relação às projeções, as simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente ao reservatório, no período de junho a setembro de 2022, para o mesmo cenário de chuvas, a vazão afluente alcançaria 17 m<sup>3</sup>/s, o que representa 68% da média histórica para este período (26 m<sup>3</sup>/s). Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final do horizonte de projeções (setembro de 2022), de 28%, aproximadamente, na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%). Considerando um cenário de chuvas 25% abaixo da média, o modelo indica, para o mesmo período, vazão média de 54% da média histórica e armazenamento no final de setembro, de 26%.

---

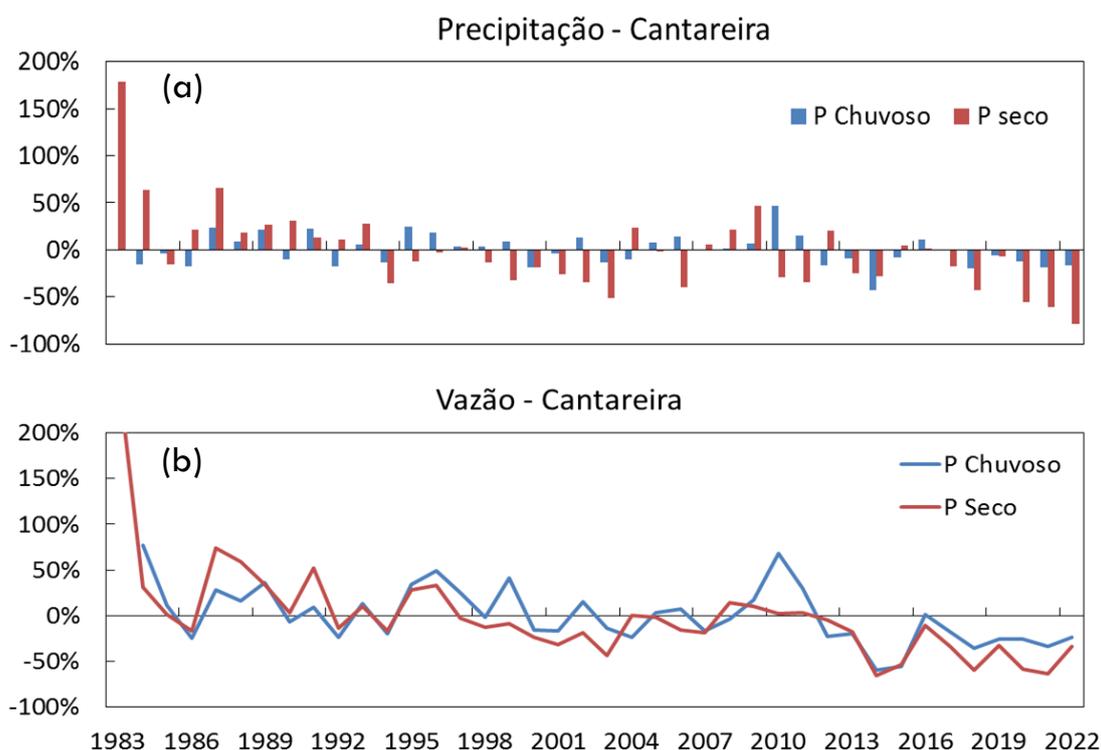
<sup>1</sup> De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE N° 925.

## Sumário

<b>Preâmbulo .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Situação atual do Sistema Cantareira .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Projeções de vazão afluyente para os próximos meses .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Projeções de armazenamento para os próximos meses.....</b>	<b>10</b>

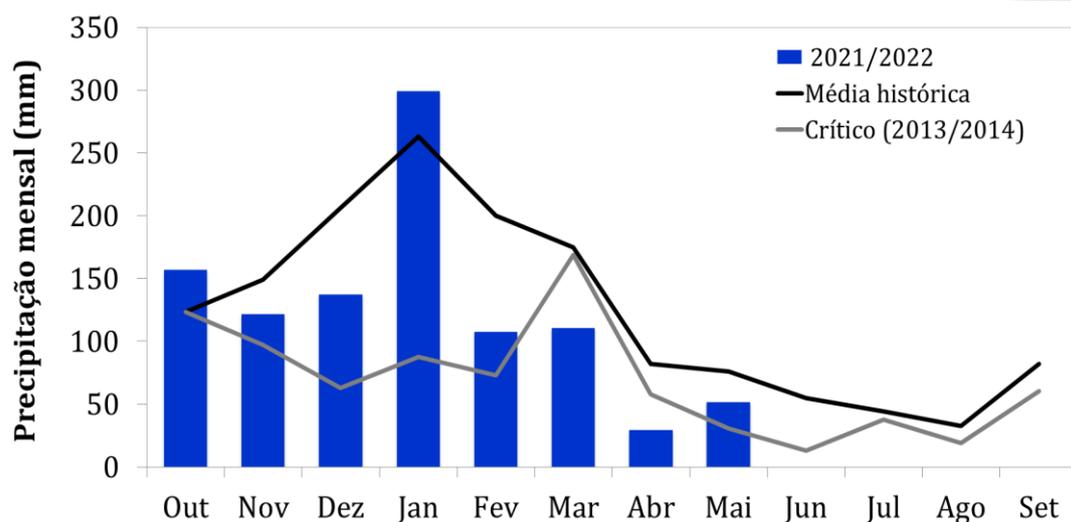
## 1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses da estação seca, de abril a maio de 2022, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP<sup>2</sup> e 23 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 81 mm (70<sup>2</sup> mm). Esse valor corresponde a 51% (44%<sup>2</sup>) da média histórica (1983-2021) deste período (158 mm) e 22% (19%<sup>2</sup>) da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de abril a setembro, (372 mm). Isso pode ser observado na **Figura 2a**, que exibe as anomalias de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2022, destacando um déficit de chuva tanto em relação a estação chuvosa 2021/2022 (barra azul), bem como ao início da estação seca 2022 (barra vermelha). No mês de maio, de acordo com o monitoramento do Cemaden, a precipitação acumulada foi 51 mm, o que representa 67% da média histórica para este mês (76 mm) (**Figura 3**).



**Figura 2.** Anomalia de: (a) precipitação (P); e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

<sup>2</sup> DAEE / SAISP: Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo / Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo.



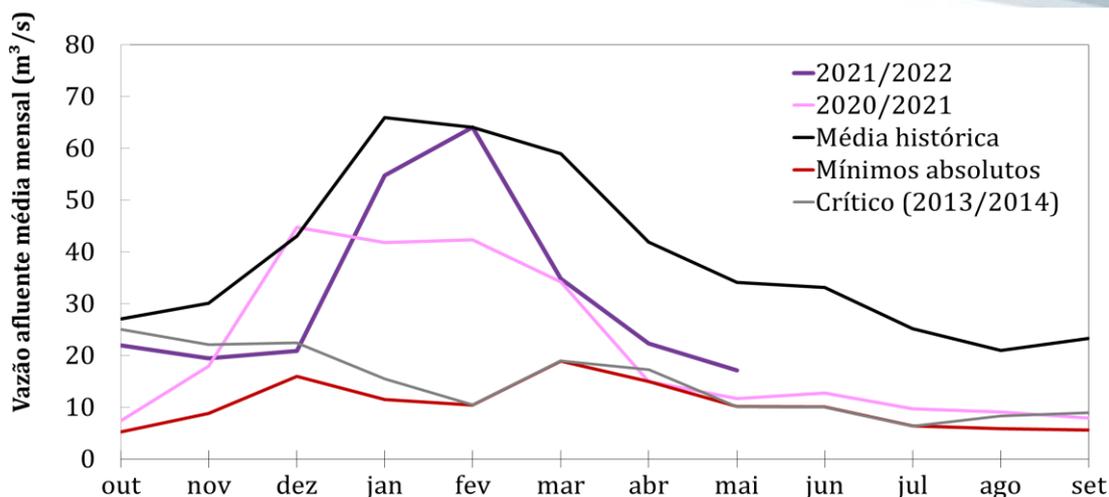
**Figura 3.** Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2012 a maio de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) nos meses secos de abril a maio de 2022, de acordo com dados da SABESP<sup>3</sup> e da ANA<sup>4</sup> foi, de aproximadamente, 20 m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponde 53% da média histórica deste período (38 m<sup>3</sup>/s) e de 66% da média histórica para a estação seca, compreendida entre abril a setembro (30 m<sup>3</sup>/s), como observado na **Figura 2b**. Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 32 m<sup>3</sup>/s, enquanto a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês) foi 21 m<sup>3</sup>/s.

Para o mês de maio, a média de vazão afluente foi cerca de 17 m<sup>3</sup>/s (**Figura 4**), o que representa 50% da média mensal histórica (34 m<sup>3</sup>/s). Neste mesmo período, a média de extração de água do Sistema Cantareira para o elevatório Santa Inês (Qesi), que abastece a região metropolitana de São Paulo, foi cerca de 21 m<sup>3</sup>/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi, aproximadamente, 12 m<sup>3</sup>/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 33 m<sup>3</sup>/s. Ainda no mês de maio de 2022 a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,6 m<sup>3</sup>/s. Ressalta-se que, a interligação que estava inoperante desde 09 de janeiro de 2021 foi reestabelecida em 19 de abril de 2022.

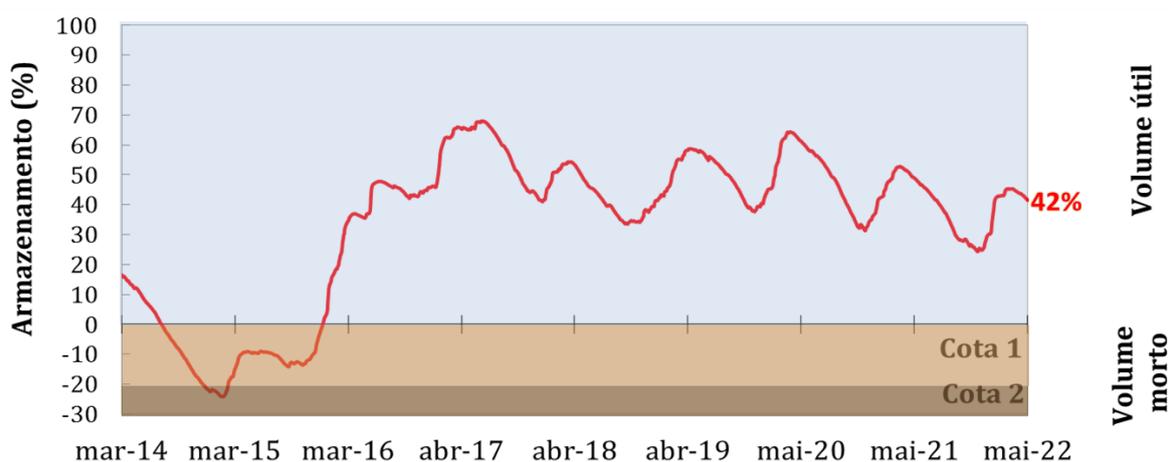
<sup>3</sup> SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Situação dos Mananciais.

<sup>4</sup> ANA: Agência Nacional de Águas.



**Figura 4.** Vazão afluente (em  $m^3/s$ ) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de outubro de 2013 a setembro de 2014, representando o período crítico do histórico, de outubro de 2020 a setembro de 2021 e de outubro de 2021 a maio de 2022. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, considerando o volume útil e as cotas do volume morto<sup>5</sup> são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 31 de maio de 2022 com 42% do volume útil ( $982,0 \text{ hm}^3$ ), na faixa de operação “Atenção” (nível de armazenamento entre 40% e 60%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza uma redução de 2% em relação ao final do mês anterior e uma situação pior que no mesmo período pré-crise (59,2% no final de maio de 2013).

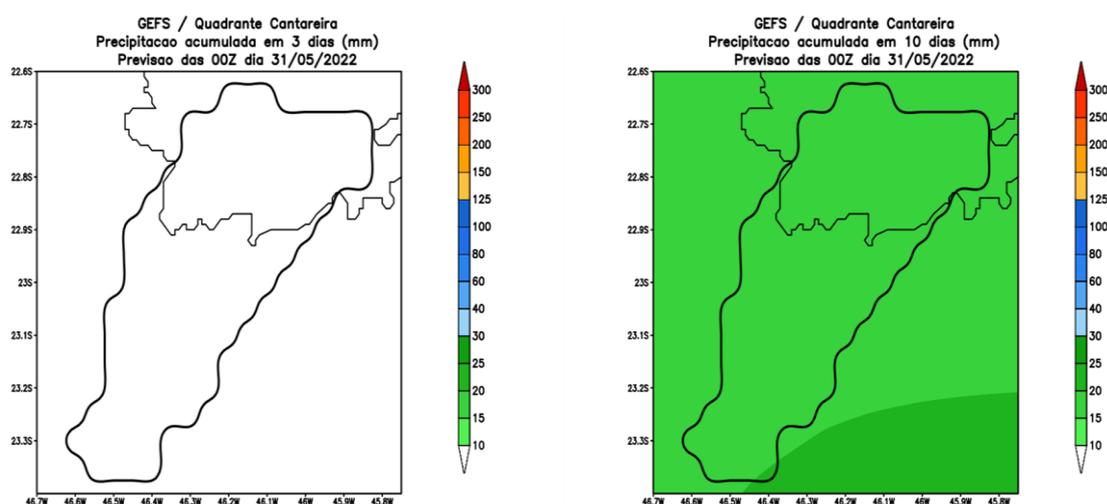


**Figura 5.** Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório ( $982 \text{ hm}^3$ ), em marrom claro à primeira cota do volume morto ( $182,5 \text{ hm}^3$ ) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto ( $105 \text{ hm}^3$ ). Fonte dos dados: SABESP.

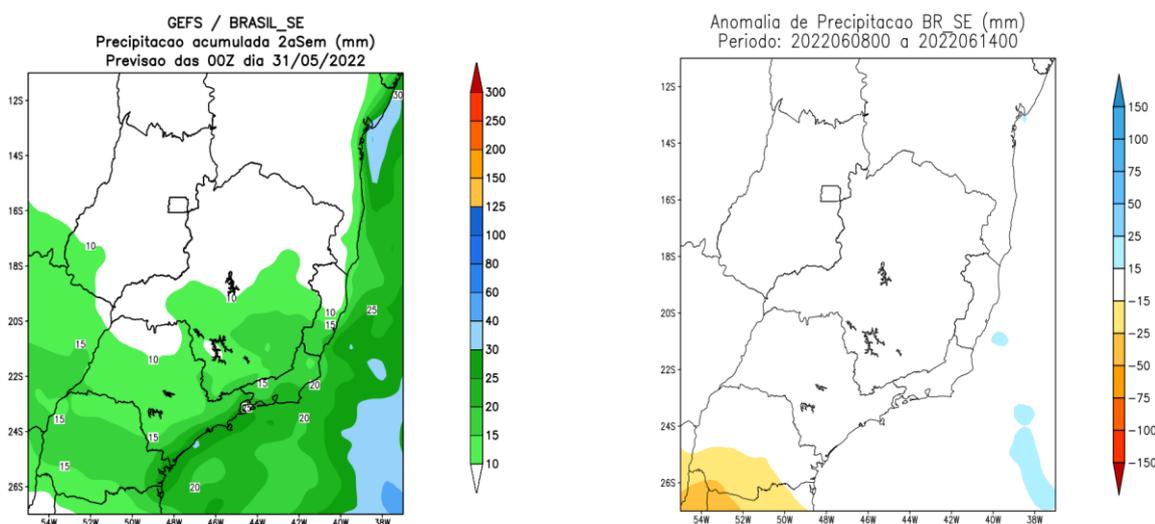
<sup>5</sup> Volume morto refere-se ao volume de água armazenado abaixo da cota de tomada de água por gravidade e, portanto, para sua utilização é necessário o bombeamento.

## 2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira já se encontra no período seco, durante o qual as chuvas só ocorrem em decorrência da presença/passagem de sistemas meteorológicos específicos, como frentes frias. Em particular para os próximos 3 e 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) indicam a possibilidade de ocorrência de algumas precipitações, embora com valores relativamente baixos. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), também indica a possibilidade de chuva fraca, com valores próximos à média histórica da época.



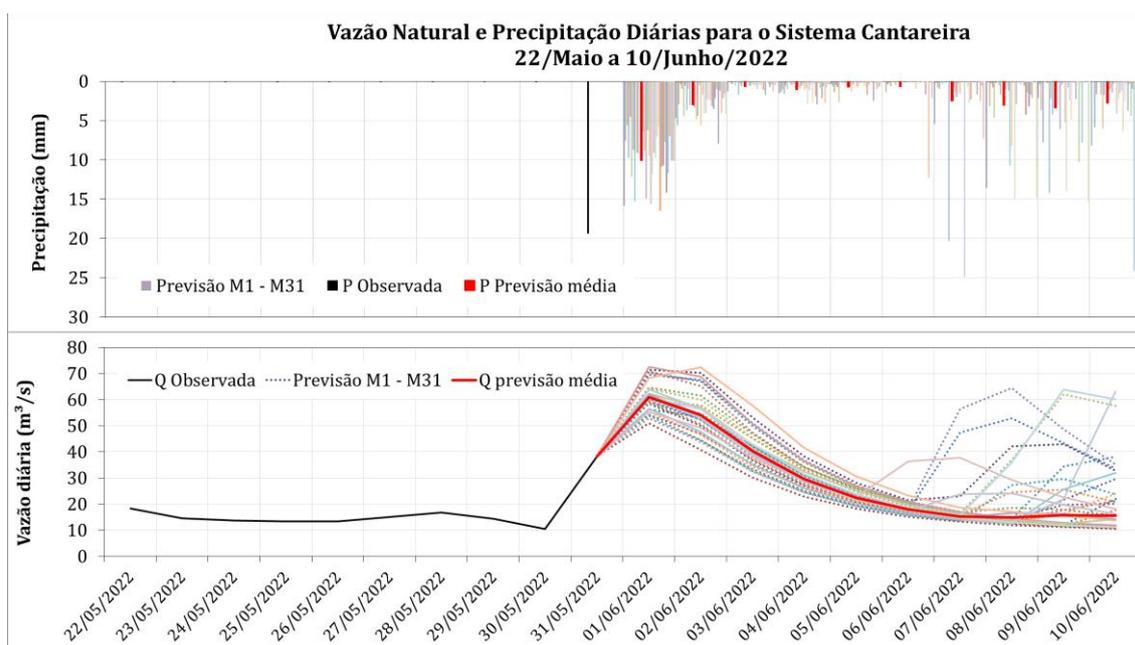
**Figura 6.** Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.



**Figura 7.** Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

### 3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (25 a 31 de maio de 2022) e previstas (01 a 10 de junho de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 28 mm. A **Figura 8** (inferior) exhibe as vazões diárias observadas e previstas a partir dos 31 membros de previsão de chuva, assim como a média destes, para o mesmo período. A previsão da vazão média, de acordo com o modelo hidrológico PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN), para os próximos 10 dias será de, aproximadamente, 29 m<sup>3</sup>/s.

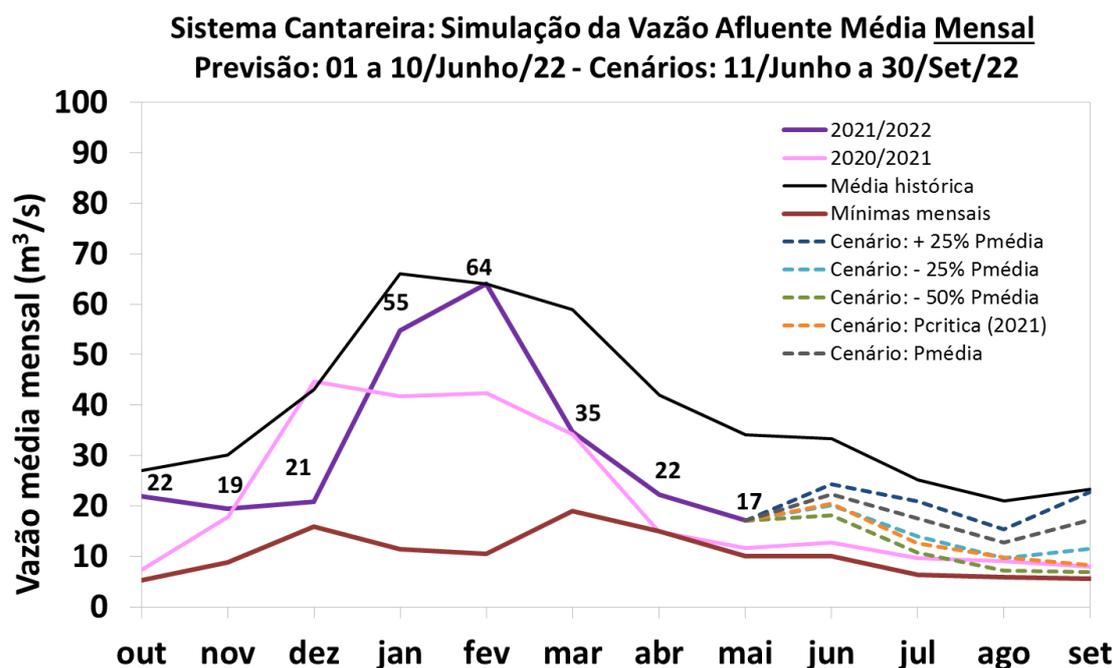


**Figura 8.** Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior a linha preta representa a vazão observada, as linhas coloridas correspondem aos 31 membros de previsão de vazão e a linha vermelha corresponde à média destes membros.

### 4. Projeções de vazão afluyente para os próximos meses

A **Figura 9** apresenta as médias mensais de vazão afluyente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (01 a 10 de junho de 2022, **Figura 8**) e, a partir do dia 11 de maio foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1983-2021), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (junho a setembro de 2021).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média entre o período de junho a setembro de 2022, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente seria em torno de 17 m<sup>3</sup>/s, o que representa 68% da média histórica para este período (26 m<sup>3</sup>/s). Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 54% e 42% da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 81% da média histórica deste período.



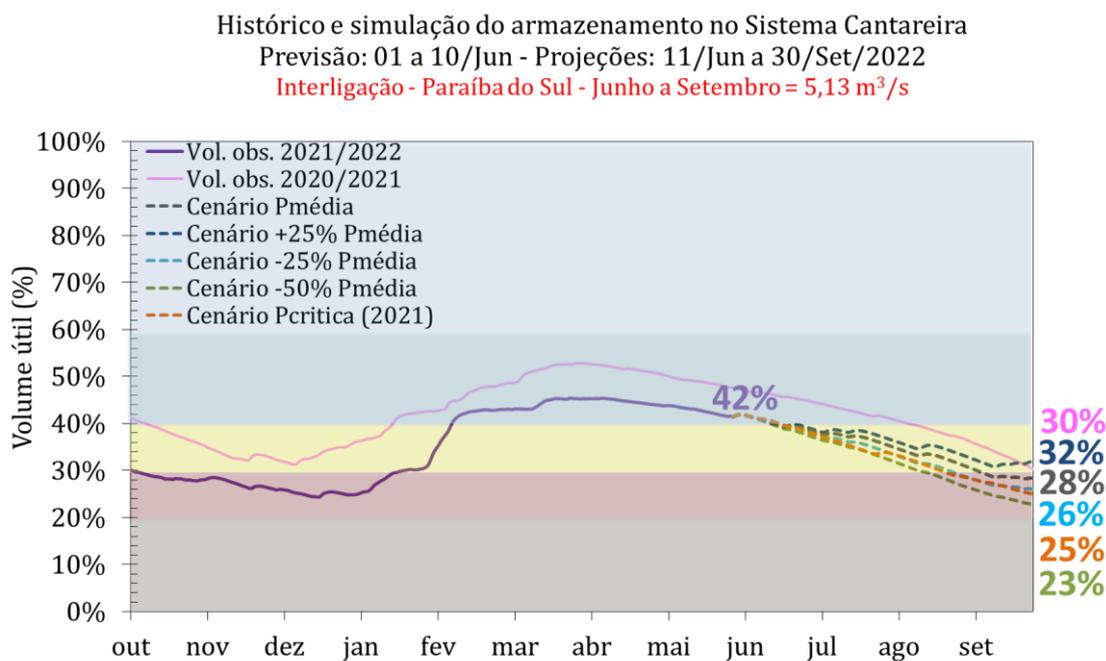
**Figura 9.** Histórico e simulação de vazão média mensal (em m<sup>3</sup>/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). As linhas espessas representam as vazões médias mensais observadas, de acordo com a SABESP: média histórica (preto); mínimos mensais (marrom); série de outubro de 2020 a setembro de 2021 (magenta); e de outubro de 2021 a maio de 2022 (roxo).

## 5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

A **Figura 10** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 8** e **Figura 9**, respectivamente; vazão de extração para a estação elevatória Santa Inês (Q esi) de acordo com as regras condicionais estabelecidas pela resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925 (foram aplicados valores médios entre as faixas); aporte médio de 5,13 m<sup>3</sup>/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (abaixo do praticado no mês

de maio), reativada no dia 19 de abril de 2022 e vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 8,7 m<sup>3</sup>/s e 8,0 m<sup>3</sup>/s para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios do período de 2020.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final do horizonte de projeções (setembro de 2022) na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%), com 28% do seu volume útil (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório ficaria, ao final de setembro de 2022, na faixa de operação “Restrição”, com volume útil de, aproximadamente, 26% e 23%, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 32%, aproximadamente, na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% a 40%). Ressalta-se que esses cenários podem ser modificados de acordo com mudanças na vazão de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, bem como as extrações do Sistema a serem praticadas pelo operador, nos próximos meses.



**Figura 10.** Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m<sup>3</sup>/s entre junho a setembro de 2022. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira entre outubro de 2020 a setembro de 2021 e a linha roxa no período outubro de 2021 a maio de 2022. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

**Tabela 01.** Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira, no final dos meses de junho e setembro de 2022, considerando cinco cenários de precipitação: 50% e 25% abaixo da média histórica, na média histórica e 25% acima da média histórica e cenário crítico. As faixas de operação do reservatório estão de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE N° 925.

	<b>Cenários de Precipitação</b>				
	<b>50% abaixo da média histórica</b>	<b>25% abaixo da média histórica</b>	<b>Média histórica</b>	<b>25% acima da média histórica</b>	<b>Crítico (precipitação de 2021)</b>
<b>30/07/2022 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	33%	34%	36%	37%	34%
Faixa de operação	Alerta	Alerta	Alerta	Alerta	Alerta
Extração máxima (m <sup>3</sup> /s)	27 m <sup>3</sup> /s	27 m <sup>3</sup> /s	27 m <sup>3</sup> /s	27 m <sup>3</sup> /s	27 m <sup>3</sup> /s
<b>30/09/2022 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	23%	26%	28%	32%	25%
Faixa de operação	Restrição	Restrição	Restrição	Alerta	Restrição
Extração máxima (m <sup>3</sup> /s)	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	27 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s