

Abril de 2022

Ano 08 | número 68

# 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

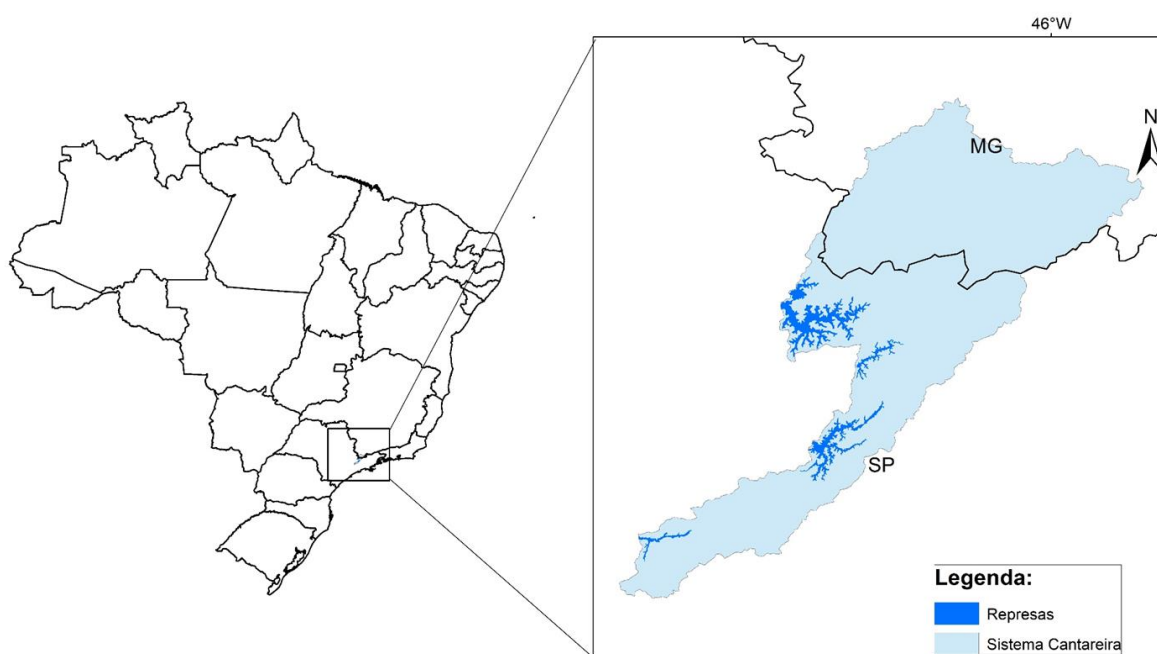


MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



## 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 a situação para o mês de abril de 2022, e projeções hidrológicas de maio a setembro de 2022. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de abril de 2022 (44%), é pior quando comparada ao mesmo período do ano de 2021 (51%). 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

<sup>1</sup> De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925.

vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 31 m<sup>3</sup>/s. Em abril de 2022, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi 21 m<sup>3</sup>/s. Ainda no mês de abril, a precipitação e a vazão foram equivalentes a 36% e 53% da média histórica do mês, respectivamente.

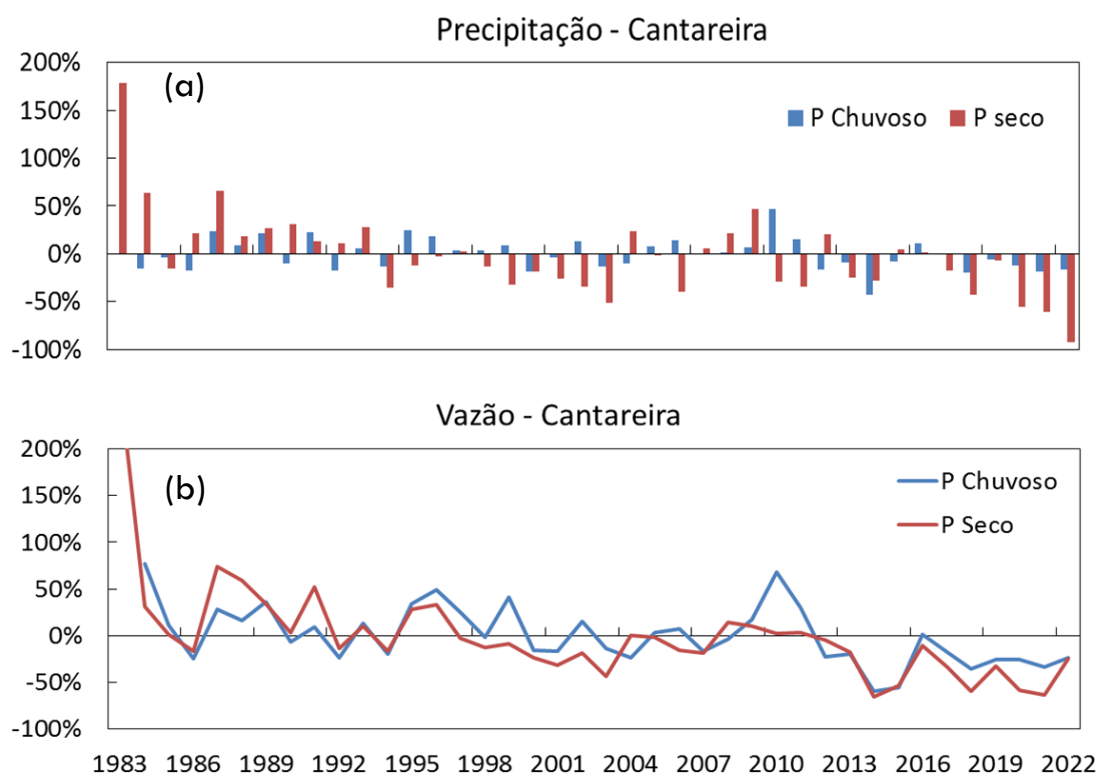
Com relação às projeções, as simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente ao reservatório, no período de maio a setembro de 2022, para o mesmo cenário de chuvas, a vazão afluyente alcançaria 17 m<sup>3</sup>/s, o que representa 63% da média histórica para este período (27 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 26%, 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 48% da média histórica e armazenamento no final de setembro, de 20% (faixa de operação “Especial”).

## Sumário

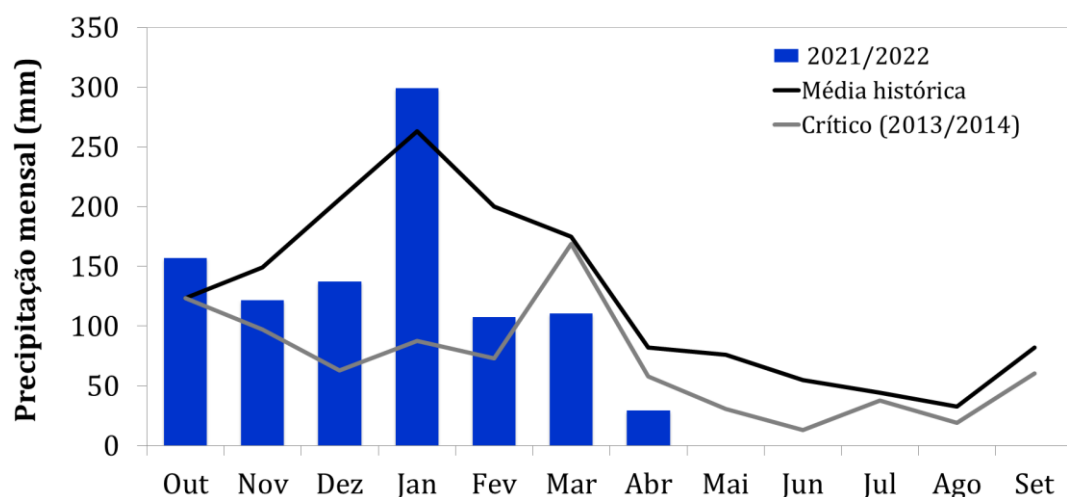
<b>Preâmbulo .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Situação atual do Sistema Cantareira .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Projeções de vazão afluente para os próximos meses .....</b>	<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 a estação chuvosa 2021/2022, de outubro de 2021 a março de 2022, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP e 23 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 933 mm (945<sup>2</sup> mm), o que representa cerca de 84% (85%<sup>2</sup>) da média histórica da estação chuvosa (outubro a março) de 1983-2021 (1116 mm). Isso pode ser observado na **Figura 2a**, que exibe as anomalias de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2022, destacando assim, um déficit de chuva de 16% em relação a estação chuvosa 2021/2022. No mês de abril de 2022, início da estação seca, a precipitação acumulada foi 29 mm, o que representa 36% da média histórica para este mês (82 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.



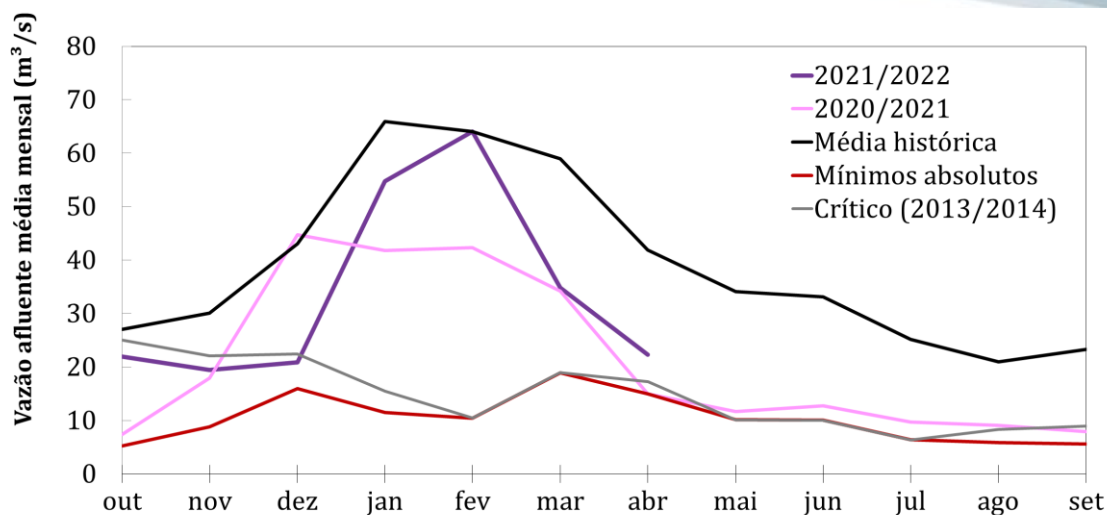
**Figura 3.** Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2012 a abril de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) na estação chuvosa de outubro de 2021 a março de 2022, de acordo com dados da SABESP<sup>2</sup> e da ANA<sup>3</sup> foi 36 m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponde 75% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre outubro a março (48 m<sup>3</sup>/s) como observado na **Figura 2b**. Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 29 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 22 m<sup>3</sup>/s.

Para o mês de maio de 2022, a média de vazão afluente foi 22 m<sup>3</sup>/s (**Figura 4**), o que representa 53% da média mensal histórica (42 m<sup>3</sup>/s). Para o 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 21 m<sup>3</sup>/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com a bacia dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí (Região do PCJ), foi 9 m<sup>3</sup>/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de 30 m<sup>3</sup>/s. Ressalta-se que, a interligação que estava inoperante desde 09 de janeiro de 2021 foi reestabelecida em 19 de maio.

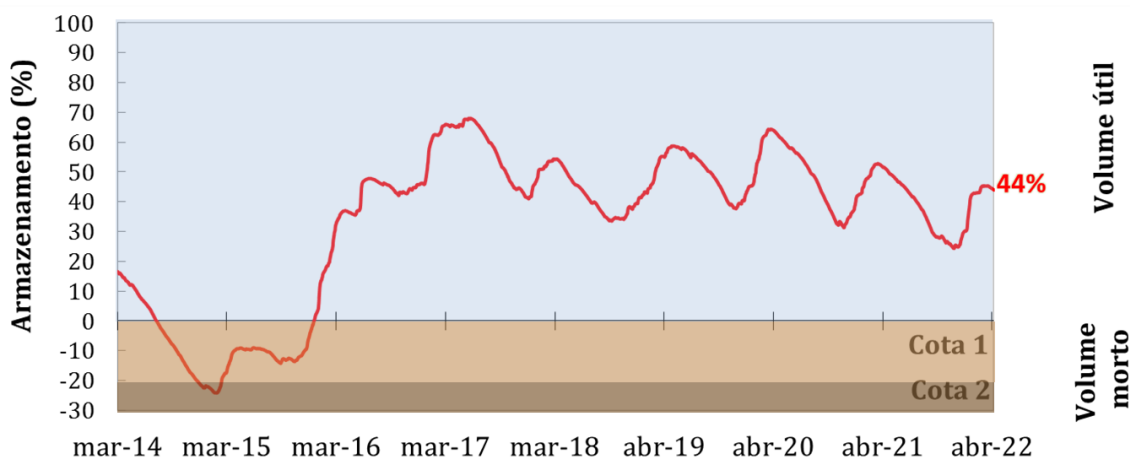
<sup>2</sup> SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Situação dos Mananciais.

<sup>3</sup> ANA: Agência Nacional de Águas.



**Figura 4.** Vazão afluyente (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 abril 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>4</sup> são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 30 de abril de 2022 com 44% 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.



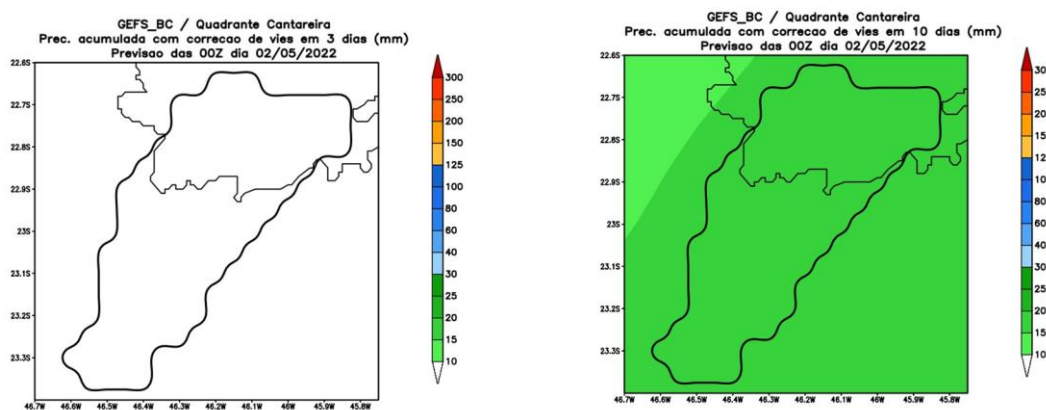
**Figura 5.** Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório ( $982 \text{ hm}^3$ ), em marrom claro à primeira cota do volume morto ( $182,5 \text{ hm}^3$ ) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto ( $105 \text{ hm}^3$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

<sup>4</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.

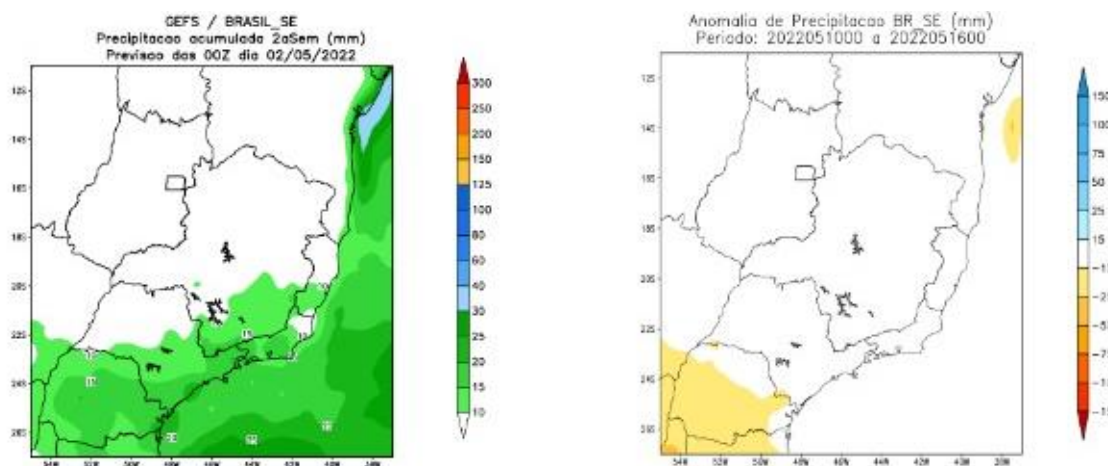


## 2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

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.

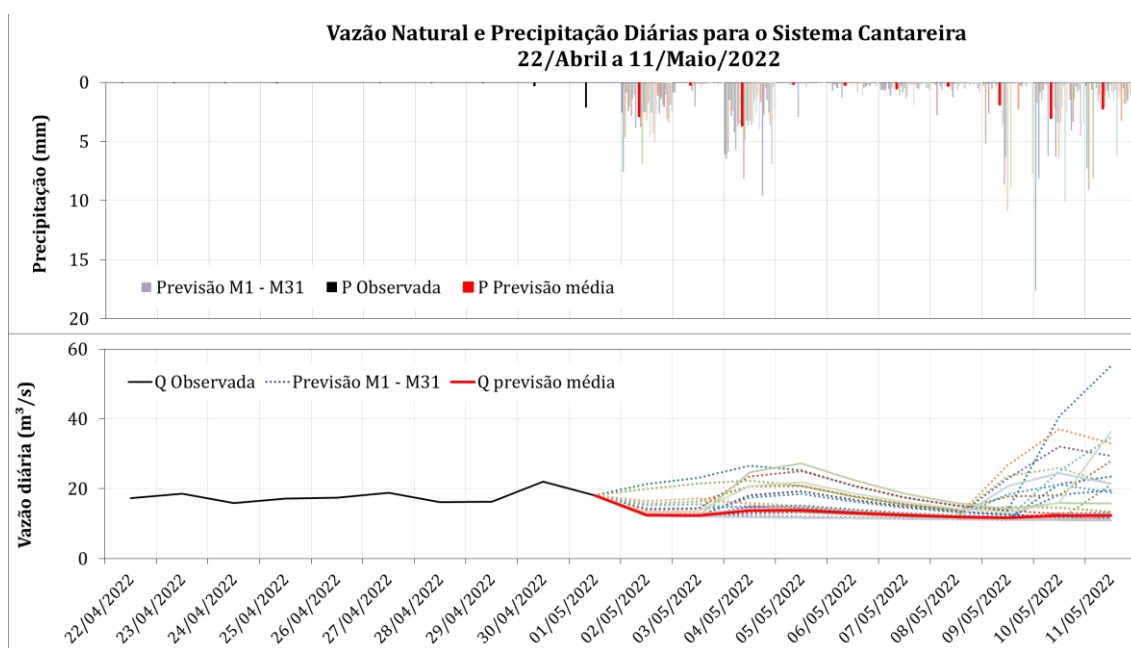


**Figura 7.** Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.



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

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (24 de abril a 01 de maio) e previstas (02 a 11 de maio de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 15 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,  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ .

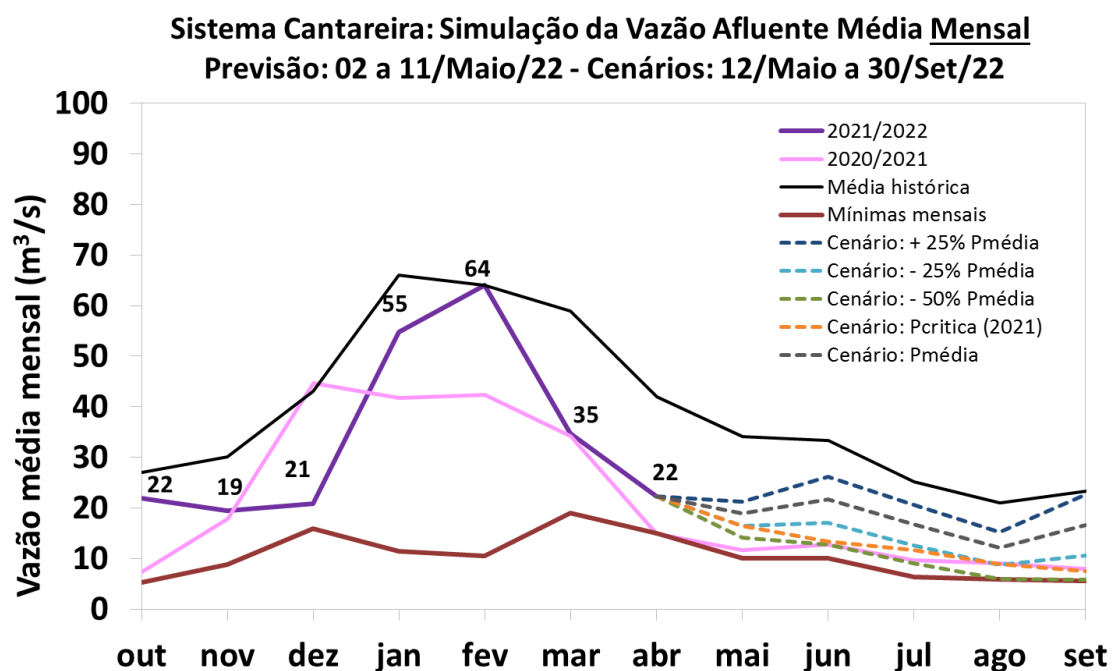


**Figura 8.** Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 (02 a 11 de maio de 2022, **Figura 8**) e, a partir do dia 12 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 (maio a setembro de 2021).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média entre o período de maio 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 63% da média histórica para este período (27 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 48% e 35% da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 92% da média histórica deste período.



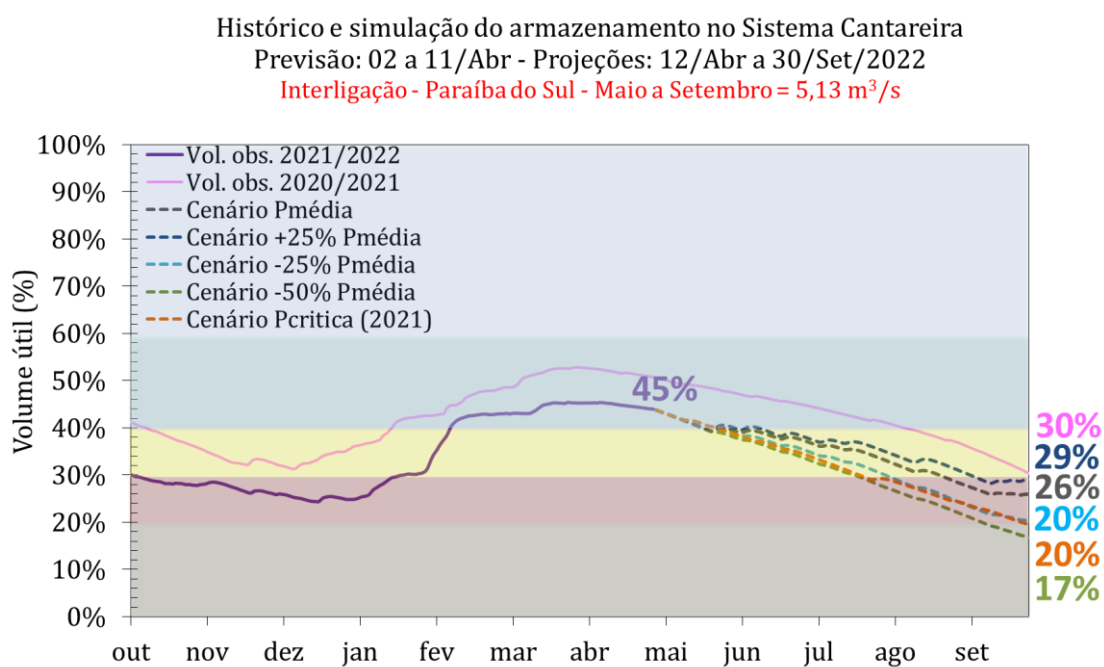
**Figura 9.** Histórico e simulação de vazão média mensal (em m<sup>3</sup>/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (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 abril 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: i) aporte médio de 5,13 m<sup>3</sup>/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha, reativada no dia 19 de abril, ii) e vazão defluente (Q jusante) para as bacias

do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 8,7 (2020) 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 26% do seu volume útil (**Tabela 01**). Considerando os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório estaria, ao final de setembro de 2022, na faixa de operação “Especial” (armazenamento entre 0% a 20%), com 20% e 17%, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 29%, faixa de operação “Restrição”. Ressalta-se que esses cenários podem ser modificados de acordo com mudanças na vazão de interligação com o 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 maio 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 abril 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 Nº 925.

	Cenários de Precipitação				
	50% abaixo da média histórica	25% abaixo da média histórica	Média histórica	25% acima da média histórica	Crítico (precipitação de 2021)
<b>30/06/2022 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	34%	36%	37%	38%	35%
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> - (%)	17%	20,3%	26%	29%	19,5%
Faixa de operação	Especial	Restrição	Restrição	Restrição	Especial
Extração máxima (m <sup>3</sup> /s)	15,5 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	15,5 m <sup>3</sup> /s