

Novembro de 2022

Ano 08 | número 75

# 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

Jerusa Peixoto

## **Elaboração**

Elisângela Broedel



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



## Sumário Executivo

Esta edição do boletim traz um resumo da situação referente ao mês de novembro de 2022, e projeções hidrológicas de dezembro de 2022 a março de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de novembro de 2022, foi de 33%. Esse valor representa um aumento de 1% em relação ao mês anterior e uma situação melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2021 (26%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% e 40%)<sup>1</sup>, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 27 m<sup>3</sup>/s.

Em novembro 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 novembro, a precipitação e a vazão no Sistema Cantareira foram equivalentes a 103% e 80% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em uma seca hidrológica “Severa” com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI), para a escala temporal de 12 meses.

Com relação às projeções (**Tabela 01**), as simulações indicam que, no cenário de precipitação na média histórica, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no período de dezembro de 2022 a março de 2023, alcançaria 53 m<sup>3</sup>/s, o que representa 90% da média histórica para este período. Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final do horizonte de projeções, de 61%, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%). Adicionalmente, para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média entre dezembro de 2022 e março de 2023 seria de, aproximadamente, 58% e 125% da média histórica, respectivamente. A passo que, o volume armazenado no sistema, para esses mesmos cenários, alcançaria, no final de março de 2023, cerca de 42% (faixa de operação “Atenção”, armazenamento entre 40% e 60%) e 80% (faixa de operação “Normal”), respectivamente.

---

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

**Tabela 01.** Projeções de vazão (entre dezembro de 2022 a março de 2023) e volume armazenado do Sistema Cantareira (no final dos meses de dezembro de 2022 e março de 2023), 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.

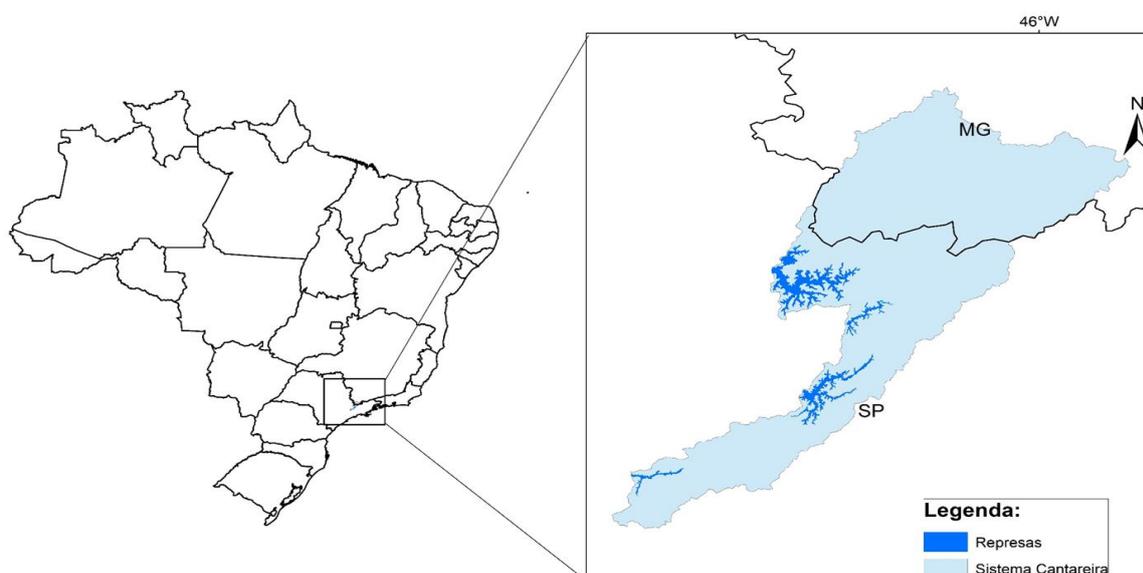
	<b>Cenários de Precipitação</b>				
	<b>50% abaixo da média histórica</b>	<b>25% abaixo da média histórica</b>	<b>Média histórica</b>	<b>25% acima da média histórica</b>	<b>Crítico (precipitação de 2013/2014)</b>
<b>31/12/2022 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	33%	34%	36%	38%	32%
Faixa de operação	Alerta	Alerta	Alerta	Alerta	Alerta
<b>Dezembro/22 a Março/23</b>					
Vazão Afluyente (m <sup>3</sup> /s)	20	34	53	74	19
Vazão Afluyente (% da MLT)	35%	58%	90%	125%	32%
<b>31/03/2023 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	28%	42%	61%	80%	29%
Faixa de operação	Restrição	Atenção	Normal	Normal	Restrição

## 1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos de 2022, de outubro e novembro, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (**Figura 1**), incluindo 7 pluviômetros do DAEE/ SAISP<sup>2</sup> e 23 pluviômetros em operação do CEMADEN foi 269 mm (282<sup>2</sup> mm). Esse valor corresponde a 99% (104%<sup>2</sup>) da média histórica deste período (272 mm) e 24% (25%<sup>2</sup>) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (1116 mm).

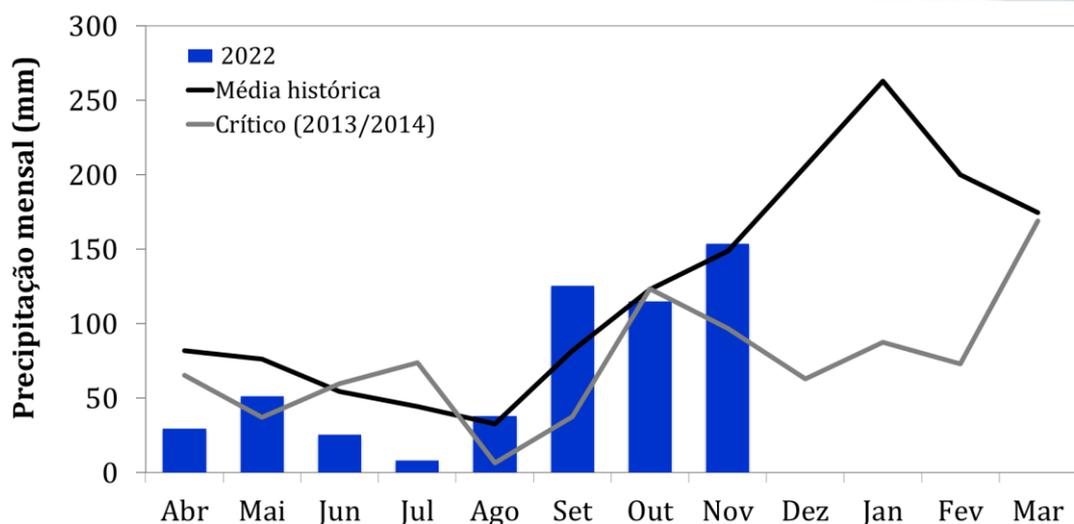
No mês de novembro, de acordo com o monitoramento do Cemaden, a precipitação acumulada foi de 154 mm, equivalente a um valor de 3% acima da média histórica para este mês (149 mm) (**Figura 2**).

A partir do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para a escala temporal de 12 meses (**Figura 3a**) é possível notar um déficit de chuva nessa região, situação que vem se repetindo, de forma sistemática, desde a estação chuvosa 2016/2017.

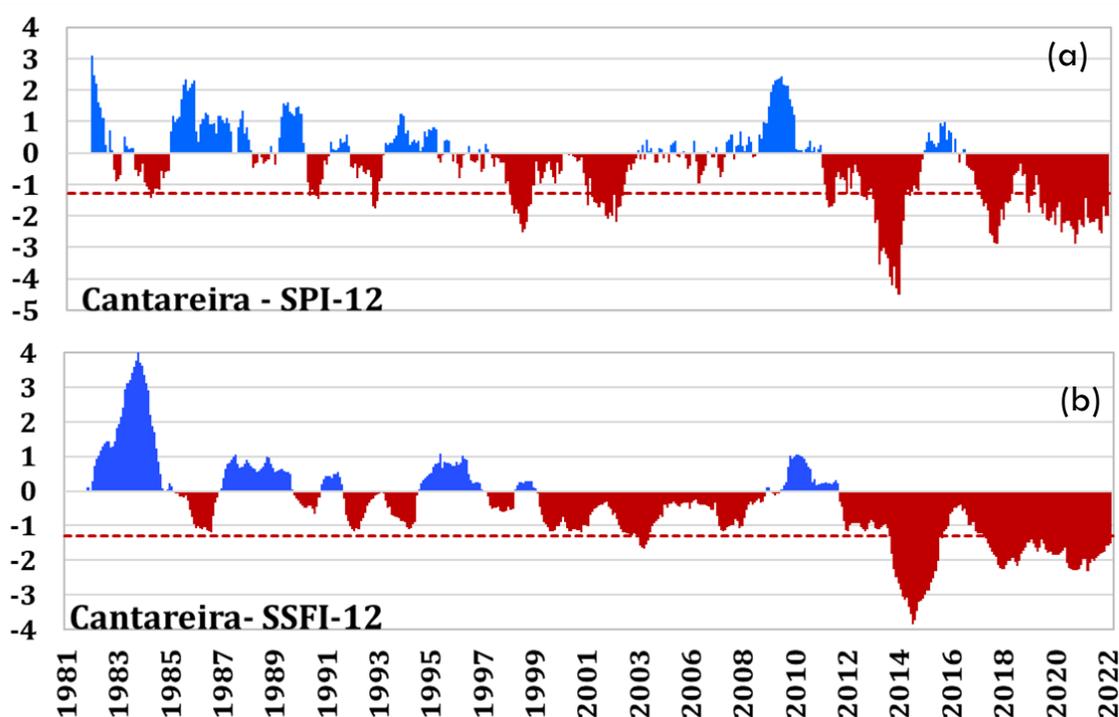


**Figura 1:** Mapa de localização da bacia de drenagem do Sistema Cantareira.

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



**Figura 2.** Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e novembro de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro. A linha cinza representa a precipitação crítica do histórico, entre o período de abril de 2013 e março de 2014.

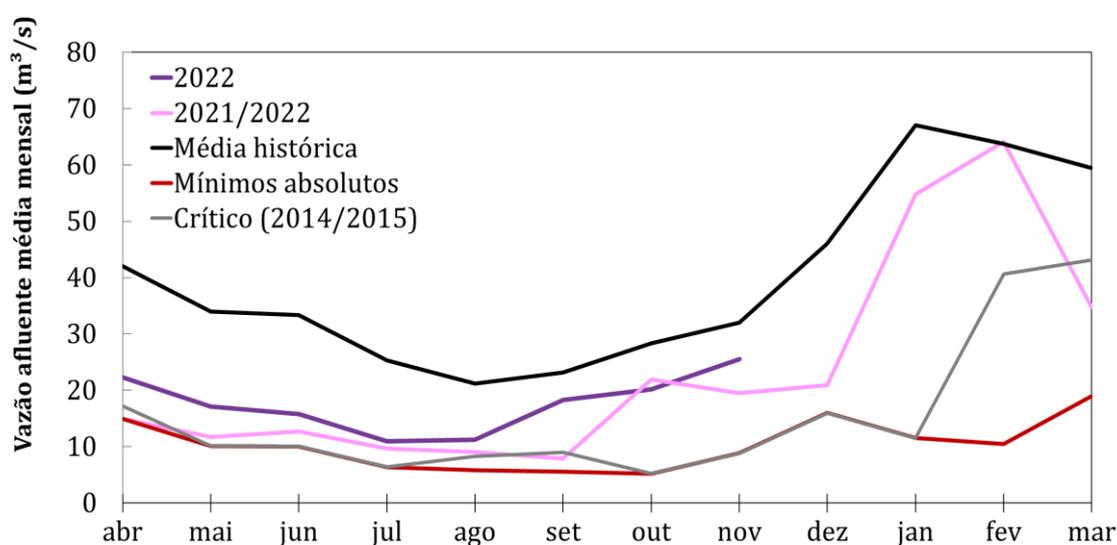


**Figura 3.** Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (b) para o Sistema Cantareira, na escala temporal de 12 meses, referente ao mês de novembro de 2022. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa à excepcional.

A média de vazão afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) nos meses chuvosos de outubro a novembro de 2022, de acordo com dados da

SABESP<sup>3</sup> e da ANA<sup>4</sup> foi, de aproximadamente, 23 m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 77% da média histórica deste período (30 m<sup>3</sup>/s) e 46% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (49 m<sup>3</sup>/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 28 m<sup>3</sup>/s, enquanto 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.

No mês de novembro, a média de vazão afluente registrada foi, de aproximadamente, 26 m<sup>3</sup>/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 80% da média mensal histórica (32 m<sup>3</sup>/s). O sistema Cantareira apresentou, em novembro, condição de seca hidrológica severa (SSFI-12 = -1.53) como é possível observar a partir do Índice Padronizado de Vazão (SSFI), na **Figura 3b**. Ressalta-se que o Cantareira vem enfrentando condições de seca hidrológica desde 2014, exceto no verão de 2015/2016. Em novembro, Qesi foi 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 7 m<sup>3</sup>/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de aproximadamente 28 m<sup>3</sup>/s. Neste mês, a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,3 m<sup>3</sup>/s. Ressalta-se que, a interligação em 2022 manteve-se inoperante entre 09 de janeiro a 18 de abril.

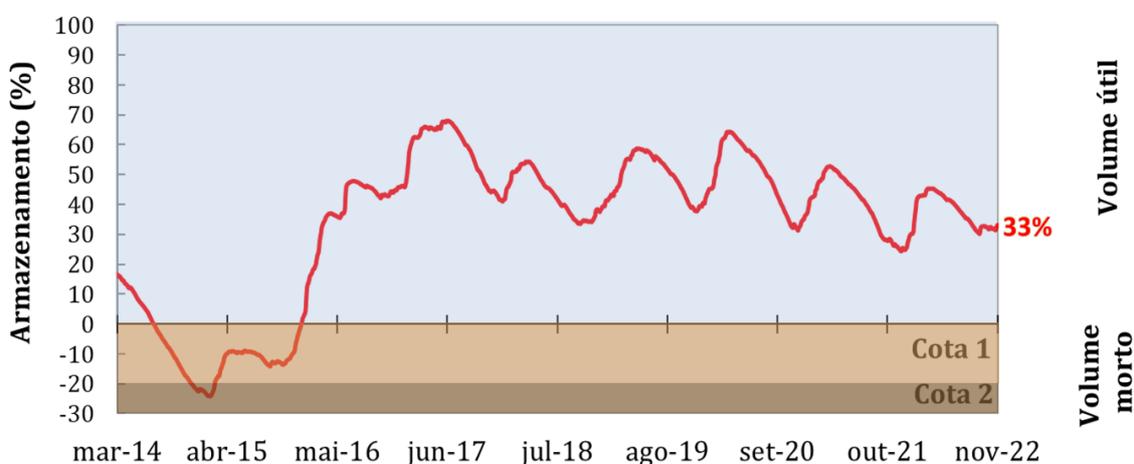


**Figura 4.** Vazão afluente (em m<sup>3</sup>/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais de: abril de 2014 a março de 2015, representando o período crítico do histórico; de abril de 2021 a março de 2022; e de abril a novembro de 2022. Fonte dos dados: SABESP.

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

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

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 30 de novembro de 2022 com 33% do volume útil (982,0 hm<sup>3</sup>), na faixa de operação “Alerta” (nível de armazenamento entre 30% e 40%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza um aumento de 1% em relação ao final do mês anterior e uma situação melhor que no mesmo período do ano de 2021 (26%). Adicionalmente, também representa uma condição ligeiramente melhor ao apresentado no período pré-crise, em novembro de 2013 (31,7%).

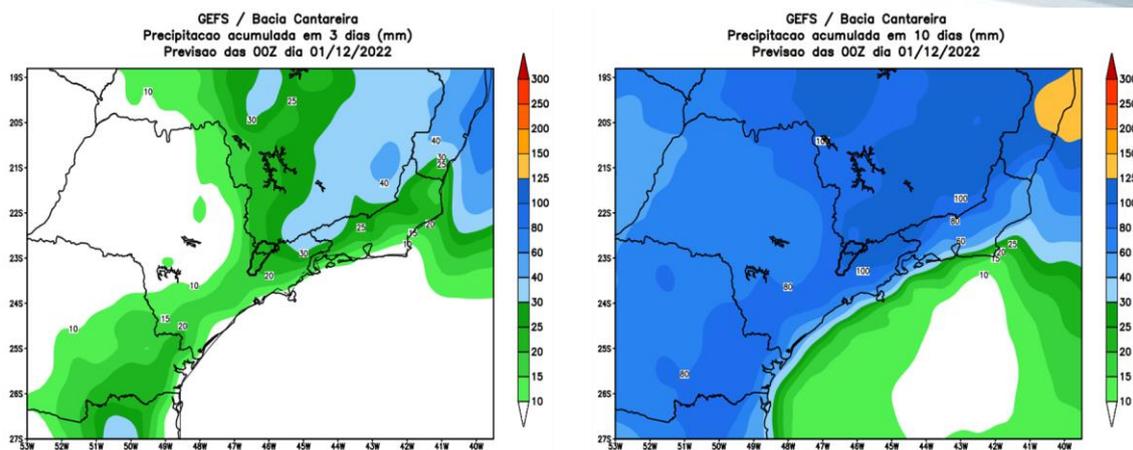


**Figura 5.** Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a novembro de 2022. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm<sup>3</sup>), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm<sup>3</sup>) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm<sup>3</sup>). Fonte dos dados: SABESP.

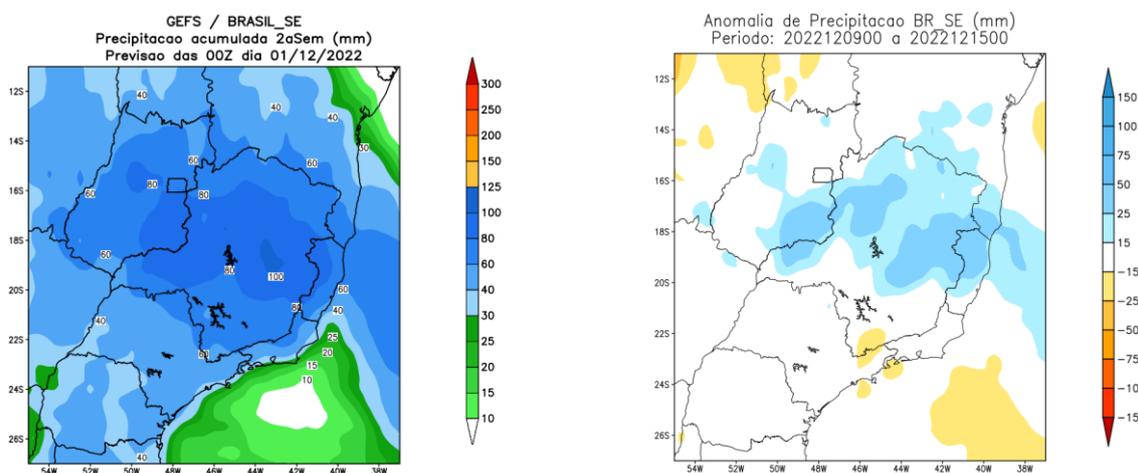
## 2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra na estação chuvosa (outubro-março). Em particular para os próximos 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a ocorrência de precipitações, fundamentalmente em forma de pancadas de chuva localizadas, totalizando valores acumulados próximos à média histórica da época. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), indica a ocorrência de chuva com valores próximos ou ligeiramente inferiores à média histórica.

<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.



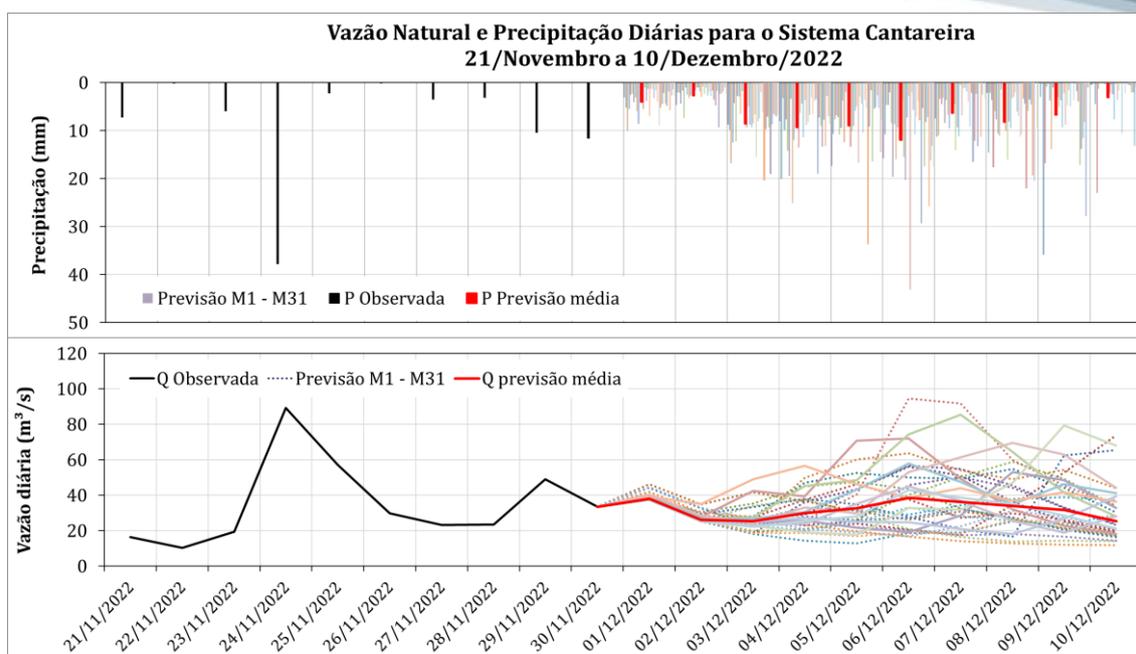
**Figura 6.** Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha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

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (21 a 30 de novembro de 2022) e previstas (01 a 10 de dezembro de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 70 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, 32 m<sup>3</sup>/s.

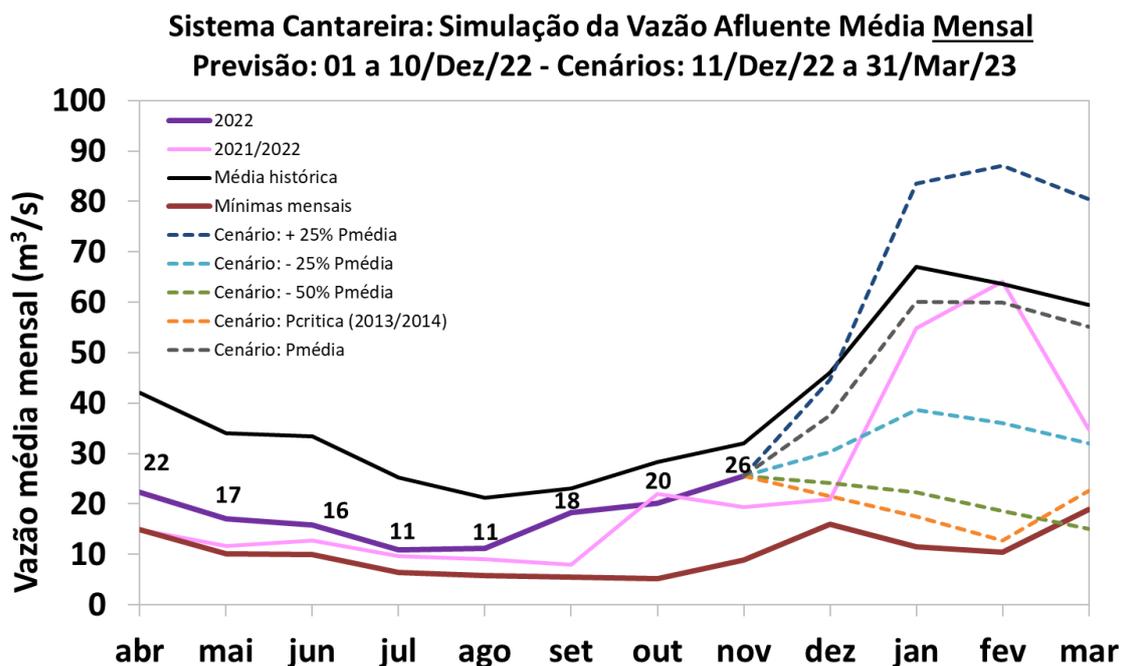


**Figura 8.** Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas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

A **Figura 9** apresenta as médias mensais de vazão afluente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (01 a 10 de dezembro de 2022, **Figura 8**) e, a partir do dia 11 de dezembro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1981-2021), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (dezembro de 2013 a março de 2014).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no período de dezembro de 2022 a março de 2023 seria de, aproximadamente, 53 m<sup>3</sup>/s, 90% da média histórica para este período (59 m<sup>3</sup>/s). Para esse mesmo período, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 58% e 34% da média histórica, respectivamente. No entanto, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 25% acima 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 histórica (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 abril de 2021 a março de 2022 (magenta); e abril a novembro de 2022 (roxo).

## 5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

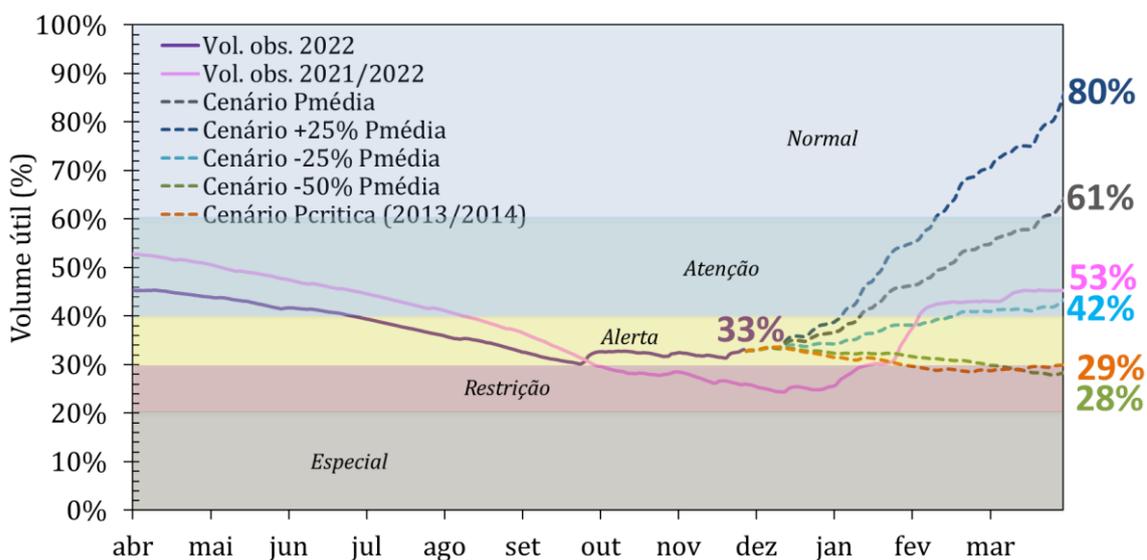
A **Figura 10** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: (i) previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 8** e **Figura 9**, respectivamente; (ii) vazão de extração para a estação elevatória Santa Inês (Q esi) de acordo com as regras condicionais estabelecidas pela resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925 (foram aplicados valores médios entre as faixas); (iii) aporte médio de 7,4 m<sup>3</sup>/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (valor médio registrado entre maio e novembro de 2022) e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí) de 10,6 m<sup>3</sup>/s e 7,0 m<sup>3</sup>/s para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2020/2021.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final de dezembro de 2022, na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% e 40%), com 36% do seu volume útil (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório continuaria, no final de dezembro, na

faixa de operação “Alerta”, com volume útil de 34% e 33%, respectivamente. Por fim, para o cenário mais otimista, de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 38%, aproximadamente, ainda na faixa de operação “Alerta”.

Considerando um horizonte de tempo maior, para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final do horizonte de projeções (março de 2023) na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 61% do seu volume útil. Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria, ao final de março, nas faixas de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%) e “Restrição” (armazenamento entre 20% e 30%) com 42% e 28% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 80%, na faixa de operação “Normal”. 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.

Histórico e simulação do armazenamento no Sistema Cantareira  
 Previsão: 01 a 10/Dez- Projeções: 11/Dez/22 a 31/Mar/23  
 Interligação - Paraíba do Sul - Dez/22 a Mar/23 = 7,4 m<sup>3</sup>/s



**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, entre novembro de 2022 a março de 2023, de 7,4 m<sup>3</sup>/s. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2021 a março de 2022 e a linha roxa no período abril a novembro de 2022. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.