

Novembro de 2024

Ano 10 | número 99

# SITUAÇÃO ATUAL E PROJEÇÃO HIDROLÓGICA PARA O SISTEMA CANTAREIRA

## Diretora Substituta do Cemaden

Regina Célia dos Santos Alvalá

## Coordenador Geral de Pesquisa e Desenvolvimento

José A. Marengo

## Revisor Científico

Luz Adriana Cuartas Pineda

## Pesquisadores colaboradores

Elisângela Broedel

Marcelo Seluchi

Giovanni Dolif

Lucas Carvalho Vieira Cavalcante

## 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 2024, e projeções hidrológicas de dezembro de 2024 a março de 2025. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de novembro, foi de 45% do volume útil total. Esse valor representa uma redução de 2% em relação ao final do mês anterior, e adicionalmente, um patamar inferior comparativamente ao mesmo período do ano de 2023 (74%). 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 novembro de 2024, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 29 m<sup>3</sup>/s. É importante destacar que, desde maio de 2024, após um longo período de desativação, a contribuição do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Jaguari, localizado na bacia do rio Paraíba do Sul, para o reservatório do rio Atibainha, que faz parte do Sistema Cantareira, foi retomada, conforme a Resolução Conjunta ANA 1.931/17. A contribuição mensal proveniente dessa interligação entre o Sistema Cantareira e o Paraíba do Sul operou com cerca de 7,5 m<sup>3</sup>/s entre maio e novembro de 2024, de acordo com o Ofício OA 008/2024.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de novembro foram equivalentes a 103% e 75% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em seca hidrológica variando entre severa e extrema, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) nas escalas temporais de 6 e 12 meses, respectivamente. Em comparação ao mês anterior, a condição de seca hidrológica no Sistema Cantareira apresentou agravamento na escala temporal de 12 meses, enquanto permaneceu estável na escala de 6 meses.

Com relação às projeções hidrológicas a partir do modelo PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN) (**Tabela 01**), as simulações indicam que, no cenário hipotético de precipitação na média histórica, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no último mês de 2024 oscilará em torno de 44 m<sup>3</sup>/s, o que corresponde a 96% da média histórica deste período. Ainda, considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final de dezembro, de 49%, na faixa de operação “Atenção”. Para um horizonte de tempo maior, entre dezembro de 2024 e março de

---

<sup>1</sup> De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

2025, o modelo indica vazão média de 58 m<sup>3</sup>/s, correspondente a 98% da média histórica, e armazenamento no final de março de 2024, de 75%, 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.

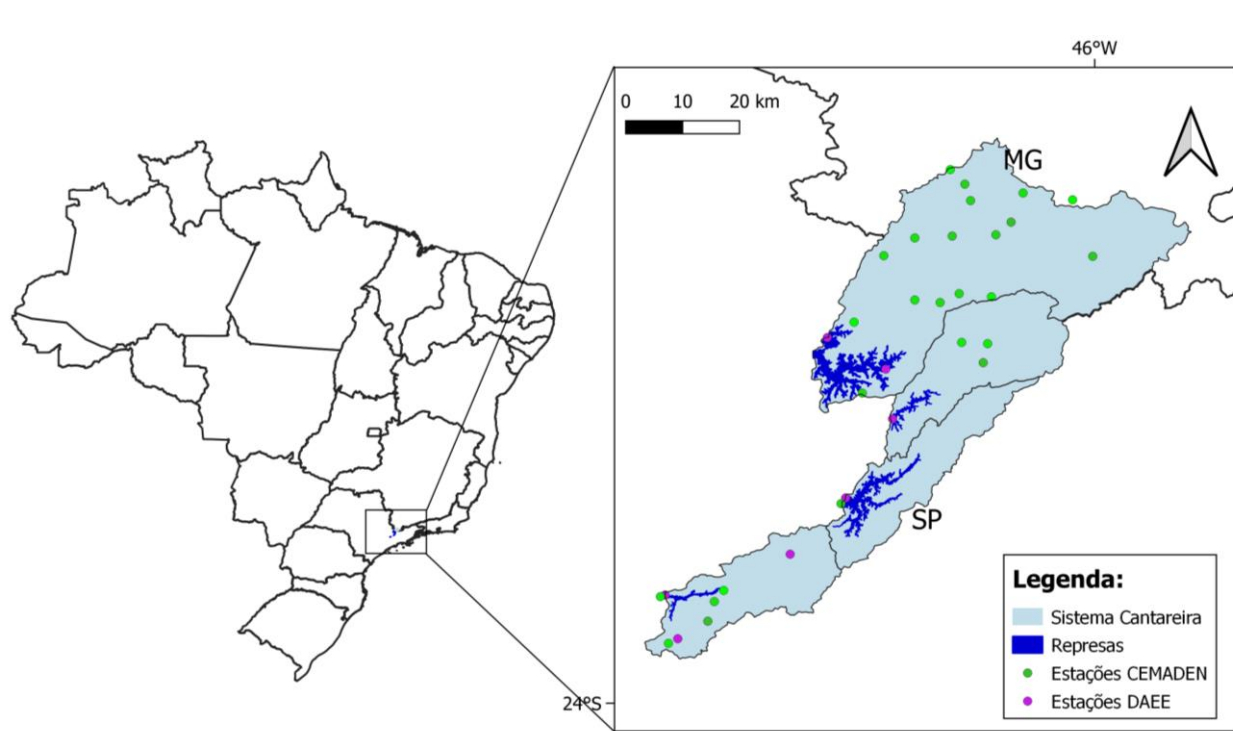
**Tabela 01.** Projeções de vazões médias entre o período de dezembro de 2024 a março de 2025 e volume armazenado no final de dezembro de 2024 e março de 2025, considerando cinco cenários de precipitação: 50% e 25% abaixo da média histórica, na média histórica e 25% acima da média histórica e cenário crítico. As faixas de operação do reservatório estão de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925/2017. Nessas simulações, foi considerado o aporte de 5,13 m<sup>3</sup>/s proveniente da interligação do Sistema Paraíba do Sul para Sistema Cantareira, de acordo com a Resolução conjunta ANA 1.931/17.

	Cenários de Precipitação				
	50% abaixo da média histórica	25% abaixo da média histórica	Média histórica	25% acima da média histórica	Crítico (precipitação de 2013/2014)
<b>Chuvoso: Dez/24</b>					
Vazão Afluente (m <sup>3</sup> /s)	27	35	44	52	21
Vazão Afluente (% da MLT)	60%	76%	96%	115%	46%
<b>31/12/2024</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	45%	47%	49%	51%	43%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
<b>Chuvoso: Dez/24 a Mar/25</b>					
Vazão Afluente (m <sup>3</sup> /s)	21	37	58	80	20
Vazão Afluente (% da MLT)	36%	62%	98%	136%	34%
<b>31/03/2025</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	37%	53%	75%	97%	38%
Faixa de operação	Alerta	Atenção	Normal	Normal	Alerta

## 1. Situação atual do Sistema Cantareira

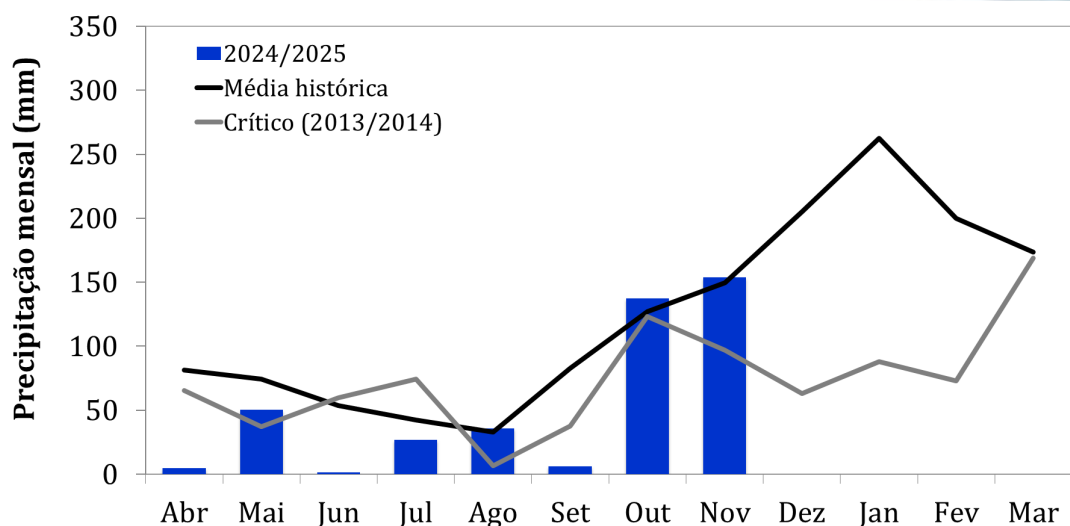
A precipitação acumulada durante os meses chuvosos de 2024, de outubro a novembro, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (**Figura 1**), incluindo 26 pluviômetros do CEMADEN e 7 pluviômetros do DAEE/ SAISP<sup>2</sup>, foi 291 mm (297<sup>2</sup> mm). Esse valor corresponde a 5% (7%<sup>2</sup>) acima da média histórica deste período (277 mm), e 26% (27%<sup>2</sup>) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (1118 mm).

No mês de novembro, segundo mês chuvoso de 2024, a precipitação acumulada foi 154 mm (157<sup>2</sup> mm), equivalente a um valor de, aproximadamente, 3% (5%<sup>2</sup>) acima da média histórica para este mês (149 mm) (**Figura 2**).



**Figura 1:** Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 21 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

<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 2024 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2023) e a precipitação crítica do histórico, compreendida entre abril de 2013 a março de 2014.

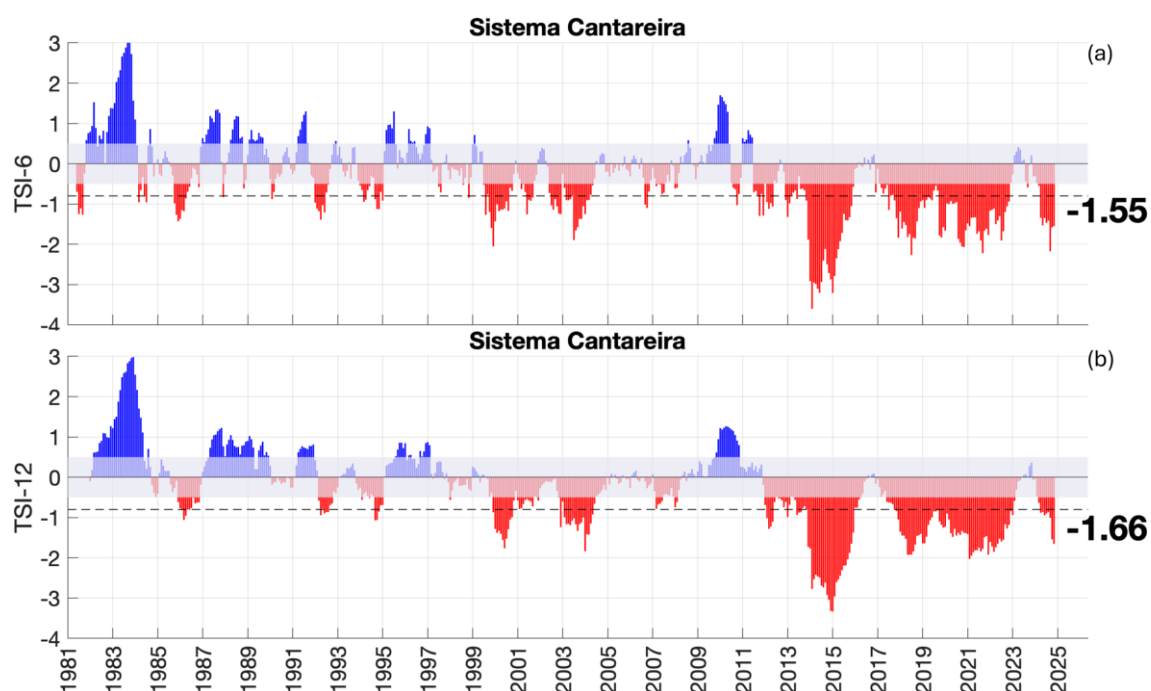
A média de vazão afluyente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), nos meses chuvosos de 2024, entre outubro e novembro, de acordo com dados da SABESP<sup>3</sup> e da ANA<sup>4</sup> foi, de aproximadamente, 19 m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponde a 63% da média histórica deste período (30 m<sup>3</sup>/s), e 39% 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 37 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 29 m<sup>3</sup>/s.

No mês de novembro, a vazão média afluyente registrada foi, de aproximadamente, 24 m<sup>3</sup>/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 75% da média mensal histórica (32 m<sup>3</sup>/s). O Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando entre severa e extrema, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para as escalas temporais de 6 e 12 meses (TSI-6 = -1,55; TSI-12 = -1,66, respectivamente) (**Figura 3a e 3b**). Ainda de acordo com o TSI, em relação ao mês anterior, a seca no Sistema Cantareira agravou-se na escala de 12 meses, classificada como hidrológica severa em outubro, enquanto na escala de 6 meses permaneceu estável. Destaca-se que, embora a bacia tenha apresentado condições de normalidade entre março de 2023 e fevereiro de 2024, o Sistema Cantareira enfrenta uma seca

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

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

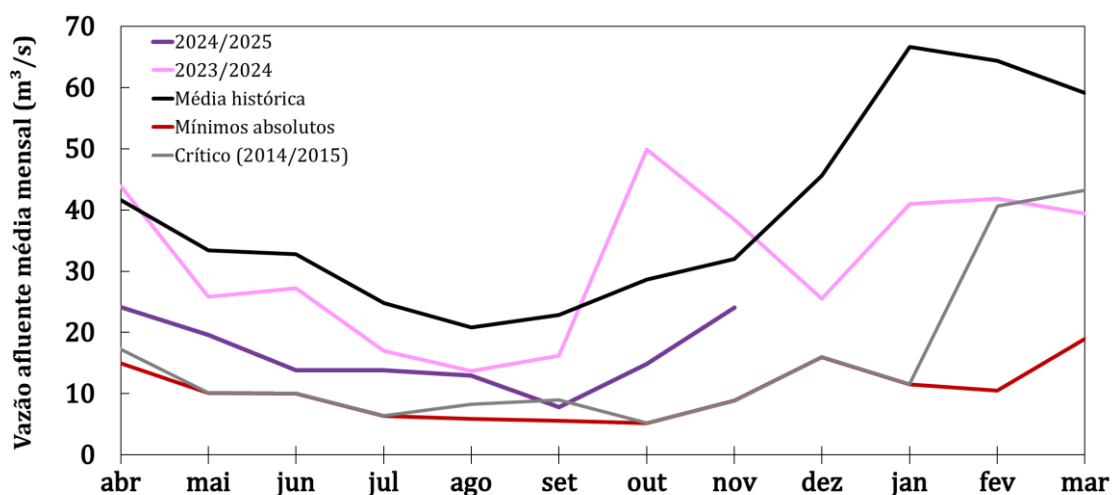
hidrológica crítica desde o início de 2012, com intensidade variando de fraca a excepcional, exceto no período entre maio de 2016 e maio de 2017.



**Figura 3.** Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 6 (a) e 12 (b) meses, entre janeiro de 1981 a novembro de 2024. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre uma condição de seca hidrológica fraca e moderada à excepcional.

Adicionalmente, em novembro de 2024, Qesi foi de, aproximadamente,  $29 \text{ m}^3/\text{s}$ , e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de, aproximadamente,  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente,  $36 \text{ m}^3/\text{s}$ . Esse valor representa, comparativamente ao mês anterior, um incremento equivalente a, aproximadamente,  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

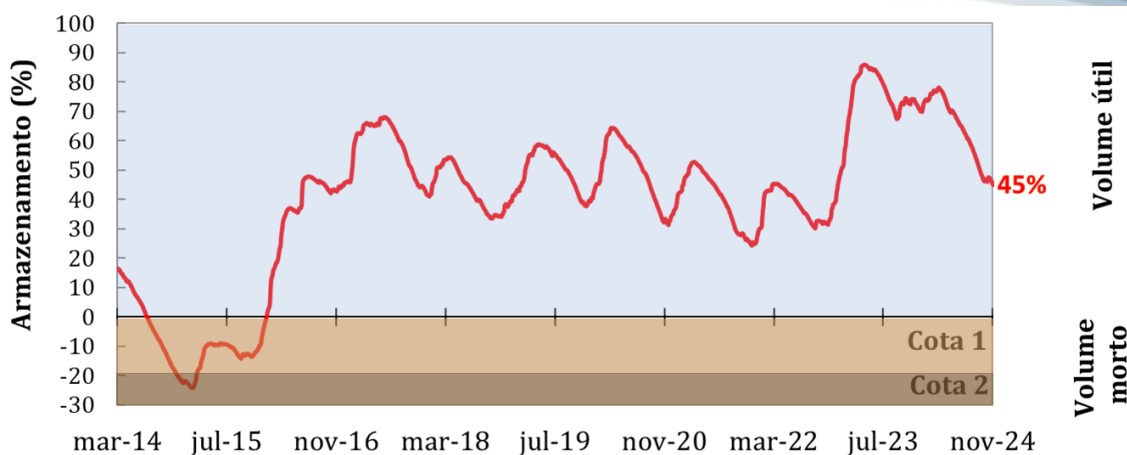
Em novembro de 2024, o aporte da interligação alcançou  $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . É importante ressaltar que a operação da interligação, suspensa desde 27 de dezembro de 2022, quando os reservatórios do Sistema Cantareira estavam com apenas 39% de sua capacidade total, foi retomada em 17 de maio de 2024, mantendo uma média de  $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$  até novembro.



**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 - 2023. 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 2023 a março de 2024; e de abril a novembro de 2024. Fonte dos dados: SABESP.

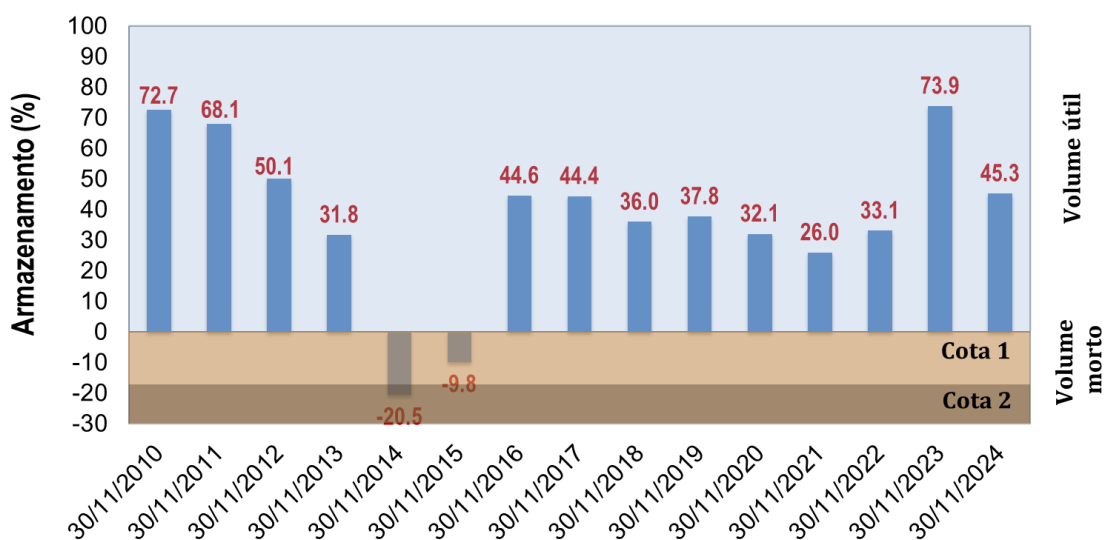
A evolução do nível diário de armazenamento no Sistema Cantareira, entre os anos de 2014 e 2024, considerando o volume útil e as cotas do volume morto<sup>5</sup> são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 30 de novembro de 2024 com, aproximadamente, 45% do volume útil total, na faixa de operação “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, também na faixa de operação “Atenção”. Adicionalmente, o nível atual é inferior ao registrado no mesmo período de 2023, quando alcançava 74% e se enquadrava na faixa de operação "Normal" (armazenamento entre 60% e 100%). Contudo, em comparação ao período pré-crise, em novembro de 2013, quando o nível era de 32% e enquadrava-se na faixa de operação "Alerta" (armazenamento entre 30% e 40%) representa uma condição melhor (**Figura 6**).

<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 5.** Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a novembro de 2024. 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.

### Evolução do volume armazenado no Sistema Cantareira (2010-2024)

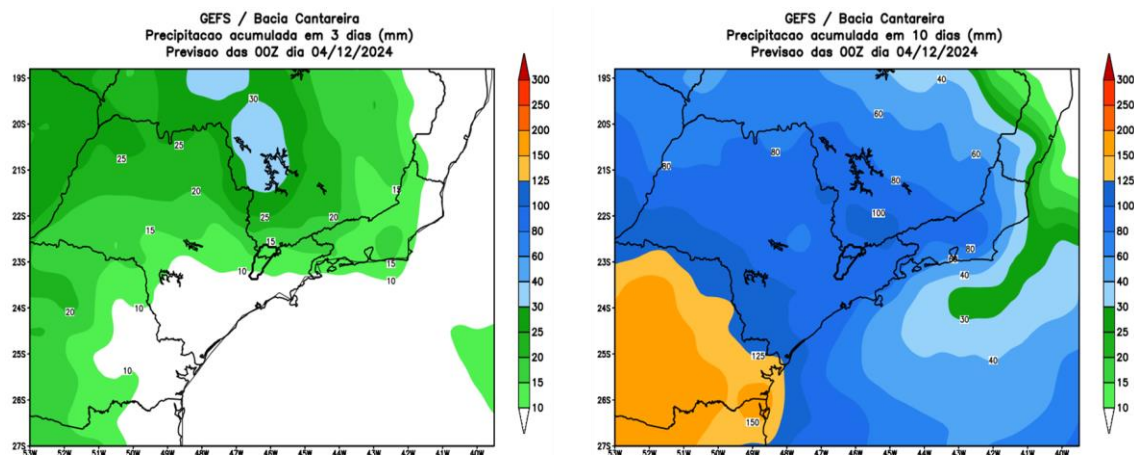


**Figura 6.** Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o final do mês de novembro, entre os anos de 2010 e 2024.

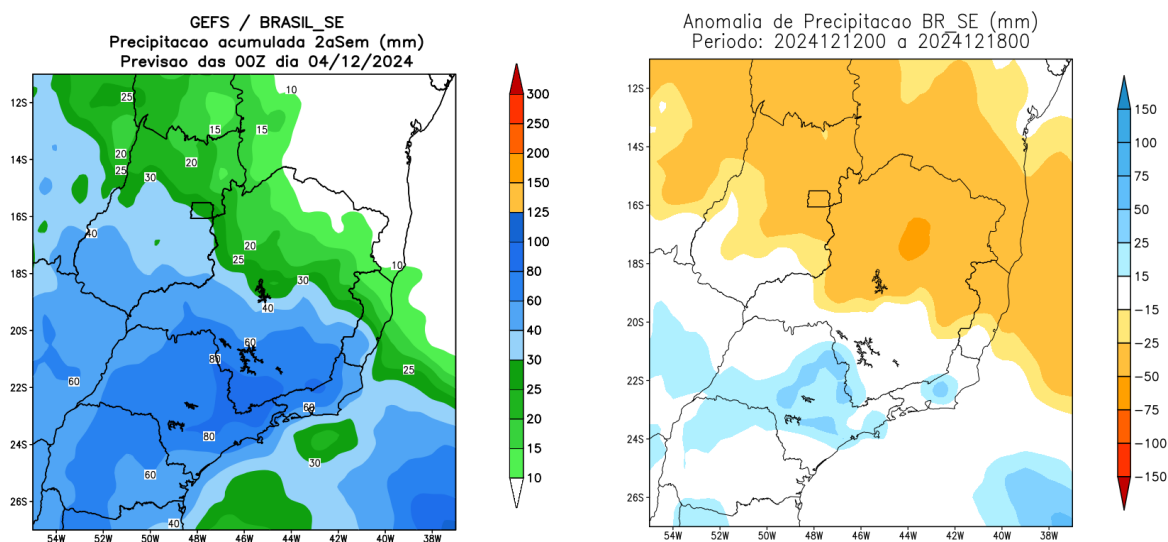
## 2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira já se encontra no período chuvoso, caracterizado por precipitações relativamente frequentes e volumosas. Especificamente para os próximos 10 dias (**Figura 7**), as previsões do modelo GEFS/NOAA (50x50 km) indicam chuvas predominantemente em forma de pancadas, com maior probabilidade de ocorrência durante a tarde e noite. Os acumulados totais previstos estão relativamente próximos aos valores médios

para o período. Para a segunda semana (**Figura 8**), também são esperadas precipitações com volumes totais próximos à média histórica para esta época do ano.



**Figura 7.** 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 GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.

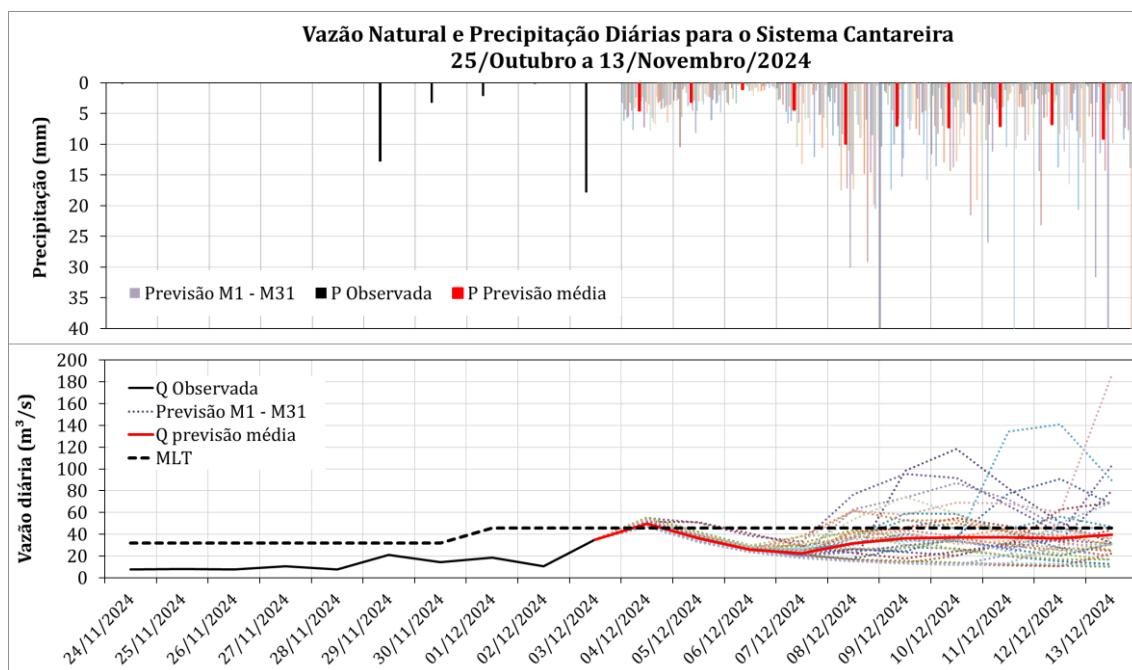


**Figura 8.** Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

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

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (24 de novembro a 03 de dezembro de 2024) e previstas (04 a 13 de dezembro de 2024) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 60 mm. A **Figura 9** (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, 35 m<sup>3</sup>/s. Esse patamar de vazão representa um valor inferior à média histórica para esse período (47 m<sup>3</sup>/s), como pode ser observado pela linha pontilhada preta da **Figura 9** (inferior).



**Figura 9.** Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) 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 as linhas pretas contínuas e pontilhadas representam a vazão diária observada e a vazão média histórica ou Média de Longo Termo (MLT), respectivamente. Adicionalmente, as linhas coloridas correspondem aos 31 membros de previsão de vazão e a linha vermelha corresponde à média destes membros.

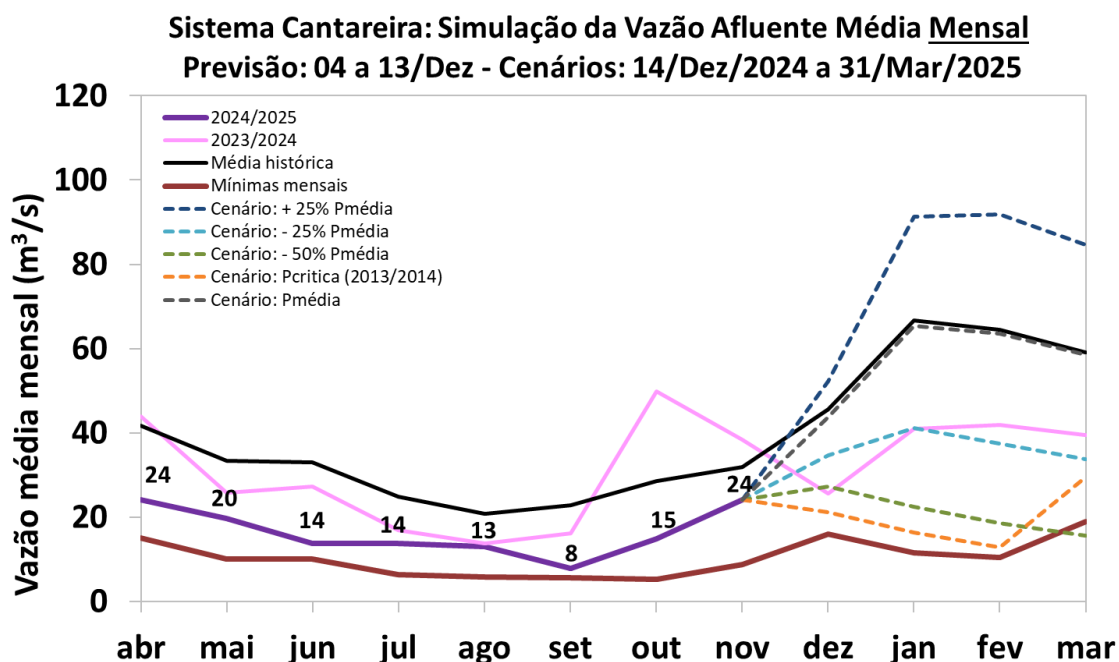
#### 4. Projeções de vazão afluente para os próximos meses

A **Figura 10** apresenta as médias mensais de vazão afluente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (04 a 13 de dezembro de 2024, **Figura 9**) e, a partir do dia 14 de dezembro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1981-2023), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (dezembro de 2013 a março de 2014, quando choveu 50% da média histórica).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média, correspondente ao último mês de 2024 será em torno de 44 m<sup>3</sup>/s, o que representa 96%

da média histórica para este período. Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações projetam vazões da ordem de 35 m<sup>3</sup>/s (76%) e 27 m<sup>3</sup>/s (60%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica, ocorrido em 2013, o modelo hidrológico aponta vazão média em torno de 21 m<sup>3</sup>/s, correspondente a 46% da média do período. Por outro lado, em um cenário de chuvas mais otimista, 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de 52 m<sup>3</sup>/s, equivalente a 115% da média histórica deste período. Destaca-se que apenas no cenário de precipitações 25% acima da média o modelo projeta vazões superiores à média histórica para o período. Por outro lado, nos demais cenários, observa-se um viés negativo de vazão para esta região até o final de 2024.

Considerando um horizonte de tempo maior, de dezembro de 2024 a março de 2025, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente ficará em torno de 58 m<sup>3</sup>/s, o que representa 98% da média histórica para este período. Nos cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 37 m<sup>3</sup>/s (62%) e 21 m<sup>3</sup>/s (36%) da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo projeta uma vazão média vazão média de 80 m<sup>3</sup>/s, caracterizando um valor de 36% acima da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizado na **Tabela 1**.



**Figura 10.** Histórico (linhas contínuas) 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 de abril de 2023 a março de 2024 (magenta); e série de abril a novembro de 2024 (roxo).

## 5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

A **Figura 11** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: (i) previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 9** e **Figura 10**, 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 925/2017 (foram aplicados valores médios entre as faixas); (iii) aporte médio de 5,13 m<sup>3</sup>/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha durante os meses de dezembro de 2024 a março de 2025, conforme a Resolução Conjunta ANA 1.931/17 e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 4,9 m<sup>3</sup>/s e 9,4 m<sup>3</sup>/s para estação chuvosa e seca, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2023/2024.

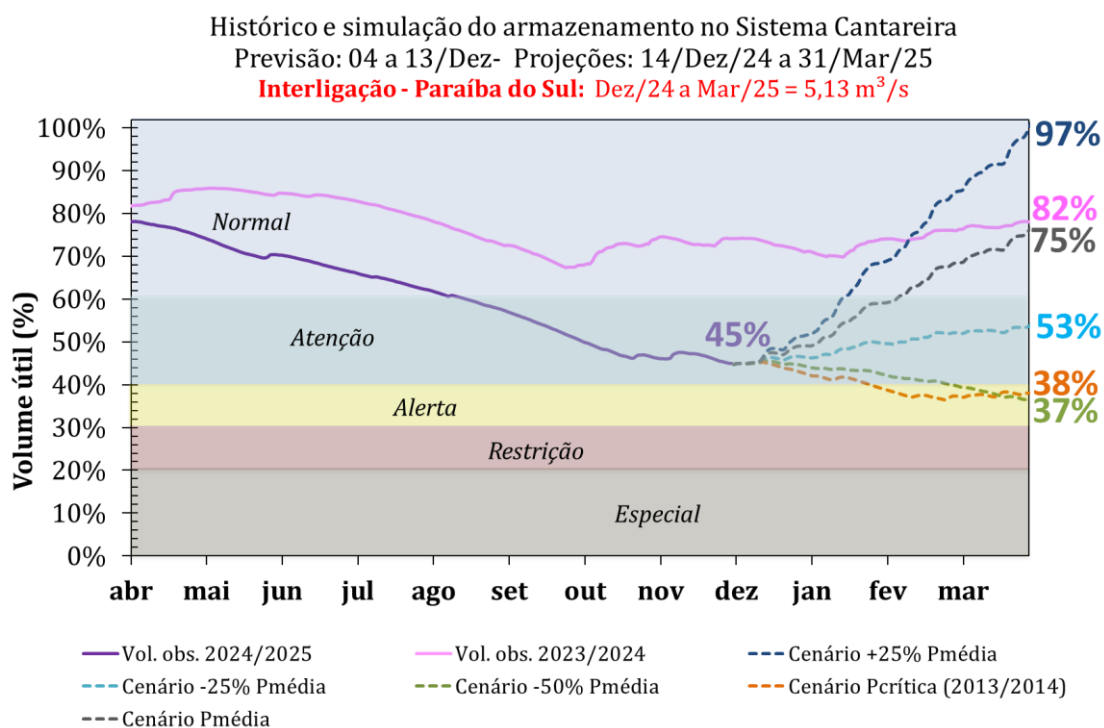
Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, por exemplo, as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final do ano de 2024 (31 de dezembro), na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 49% do seu volume útil” (**Tabela 01**). Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios continuariam, no final de dezembro de 2024, na faixa de operação “Atenção”, com 47% e 45% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido em 2013, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de dezembro de 2024 é de 43% da capacidade total do sistema, também na faixa de operação “Atenção”. Por fim, no cenário de chuvas mais otimista, 25% acima da média histórica, o modelo indica que os reservatórios permaneceriam até o final de dezembro de 2024 na faixa de operação “Atenção”, alcançando um valor de 51% da capacidade total.

Considerando um horizonte de tempo maior, para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final do horizonte de projeções (31 de março de 2025), novamente na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100 %), com 75% do seu volume útil. Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios atingiriam, ao final de março de 2025, as faixas de operação “Atenção” e “Alerta” (armazenamento entre 30% e 40%), com 53% e 37% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido em 2013/2014, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de março de 2025 é de 38% da capacidade total do

Sistema, também na faixa de operação “Alerta”. Em um cenário de chuvas mais otimista, 25% acima da média histórica, o modelo indica que os reservatórios estariam até o final do horizonte de projeções na faixa de operação “Normal”, alcançando um valor de 97% da capacidade total, em 31 de março.

Salienta-se que, para o cenário de precipitação igual a média histórica, entre dezembro de 2024 a março de 2025, o volume armazenado no Sistema Cantareira, no final do horizonte de projeção (março de 2025), estaria em uma faixa de operação superior à atual, porém em um patamar inferior comparativamente ao registrado no mesmo período de 2023 (82%).

É importante destacar 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 11.** 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). Nessas simulações foi considerada uma vazão média de aporte da interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul de 5,13 m<sup>3</sup>/s, entre dezembro de 2024 a março de 2025, de acordo a Resolução conjunta ANA 1.931/17. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2023 a março de 2024 e a linha roxa no período abril a novembro de 2024. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925/2017.