

Dezembro de 2024

Ano 10 | Número 100

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 dezembro de 2024, e projeções hidrológicas de janeiro a março de 2025. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de dezembro, foi de 50% do volume útil total. Esse valor representa um incremento de 5% em relação ao final do mês anterior. No entanto, esse valor é inferior ao registrado no mesmo período de 2023, quando o armazenamento foi de 72%. Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 31 m³/s. Em dezembro de 2024, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 29 m³/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. Em dezembro de 2024, a contribuição proveniente dessa interligação entre o Sistema Cantareira e o Paraíba do Sul operou com cerca de 7,3 m³/s.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de dezembro foram equivalentes a 141% e 97% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em seca hidrológica moderada, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) nas escalas temporais de 6 e 12 meses. Em comparação ao mês anterior, a condição de seca hidrológica no Sistema Cantareira apresentou desintensificação em ambas as escalas temporais.

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 primeiro mês de 2025 oscilará em torno de 46 m³/s, o que corresponde a 70% 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 janeiro, de 55%, na faixa de operação “Atenção”. Para um horizonte de tempo maior, entre janeiro e março de 2025, o modelo indica vazão média de 54 m³/s, correspondente a 86% da média histórica, e armazenamento no final de março de 2025, de 69%, na faixa de operação “Normal”.

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

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 janeiro a março de 2025 e volume armazenado no final de janeiro e de 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 m³/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)
Chuvoso: Jan/25					
Vazão Afluente (m ³ /s)	30	37	46	54	26
Vazão Afluente (% da MLT)	45%	56%	70%	82%	39%
31/01/2025					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	51%	53%	55%	57%	50%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
Chuvoso: Jan a Mar/25					
Vazão Afluente (m ³ /s)	25	37	54	71	28
Vazão Afluente (% da MLT)	39%	59%	86%	113%	45%
31/03/2025					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	47%	57%	69%	83%	50%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Normal	Normal	Atenção

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos de 2024, de outubro a dezembro, 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/ SAISP², foi 580 mm (577² mm). Esse valor corresponde a 20% (19%²) acima da média histórica deste período (484 mm), e 52% (52%²) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (1118 mm).

No mês de dezembro, terceiro mês chuvoso de 2024, a precipitação acumulada foi 289 mm (280² mm), equivalente a um valor de, aproximadamente, 39% (35%²) acima da média histórica para este mês (207 mm) (**Figura 2**).

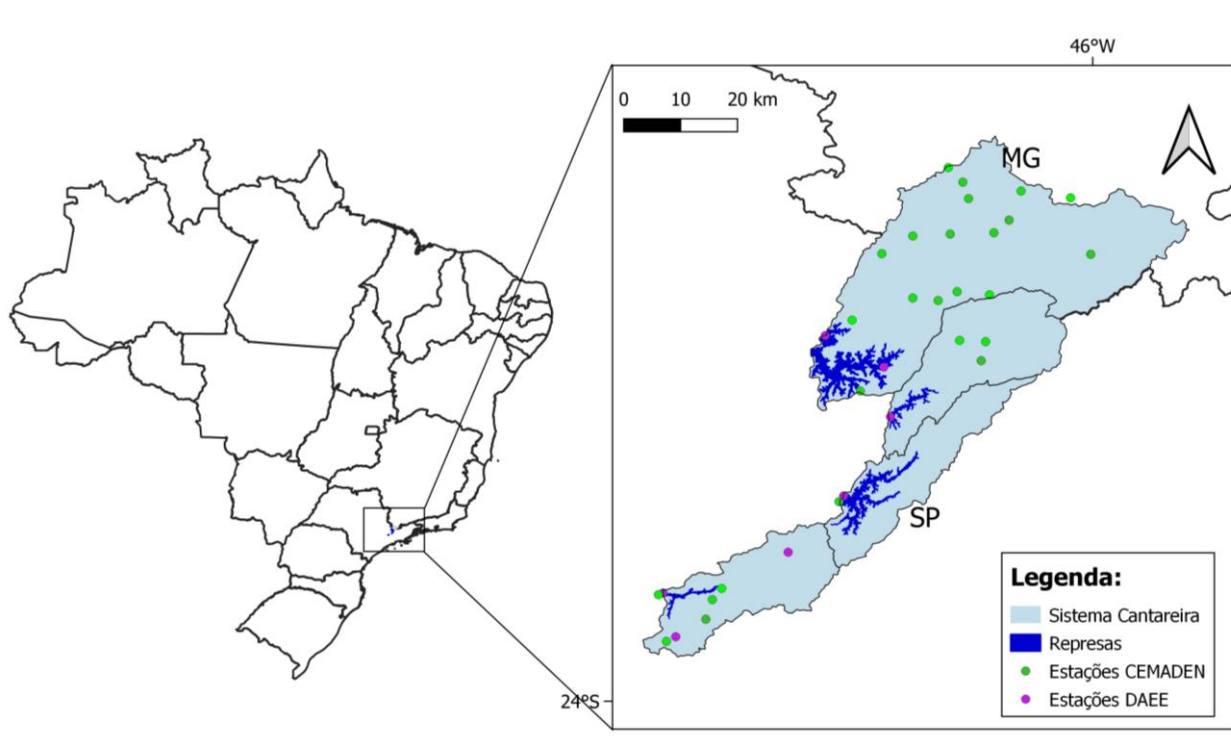


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 21 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

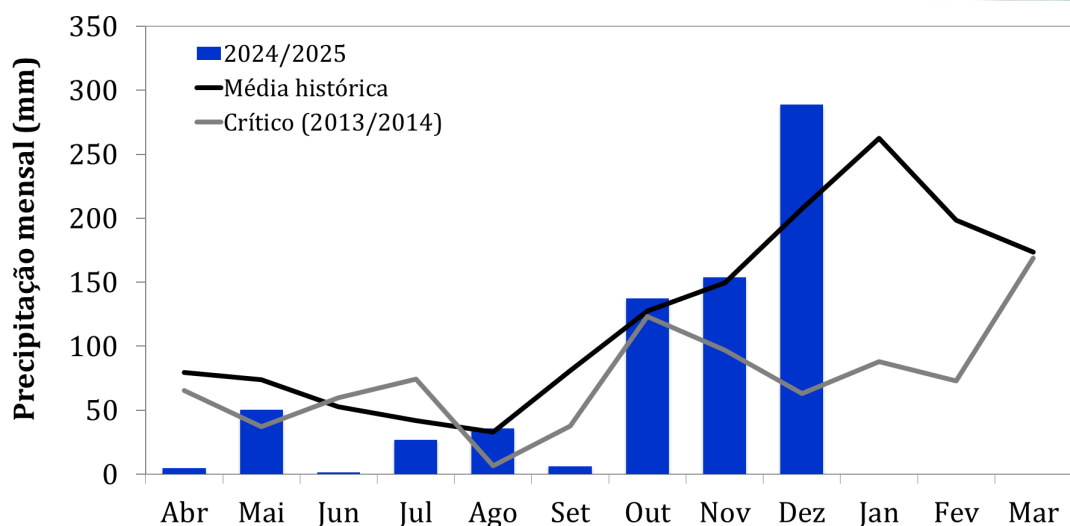


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e dezembro de 2024 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2023) e a precipitação 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 dezembro, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 28 m³/s. Esse valor corresponde a 80% da média histórica deste período (35 m³/s), e 56% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (49 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 36 m³/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 m³/s.

No mês de dezembro, a vazão média afluyente registrada foi, de aproximadamente, 44 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 97% da média mensal histórica (46 m³/s). O Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica moderada, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para as escalas temporais de 6 e 12 meses (TSI-6 = -0,89; TSI-12 = -1,20) (**Figura 3a e 3b**). Ainda segundo o TSI, em comparação com o mês anterior, a seca no Sistema Cantareira apresentou uma diminuição de intensidade em ambas as escalas. Em novembro, a seca nessa região variava entre severa e extrema. Destaca-se que, embora a bacia tenha apresentado condições de normalidade em alguns períodos desde a crise hídrica de 2014, como entre maio de 2016 e maio de 2017 e entre março de 2023 e fevereiro de

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

2024, o Sistema Cantareira enfrentou, nos demais períodos após 2014, uma condição de seca, com intensidade variando de fraca a excepcional.

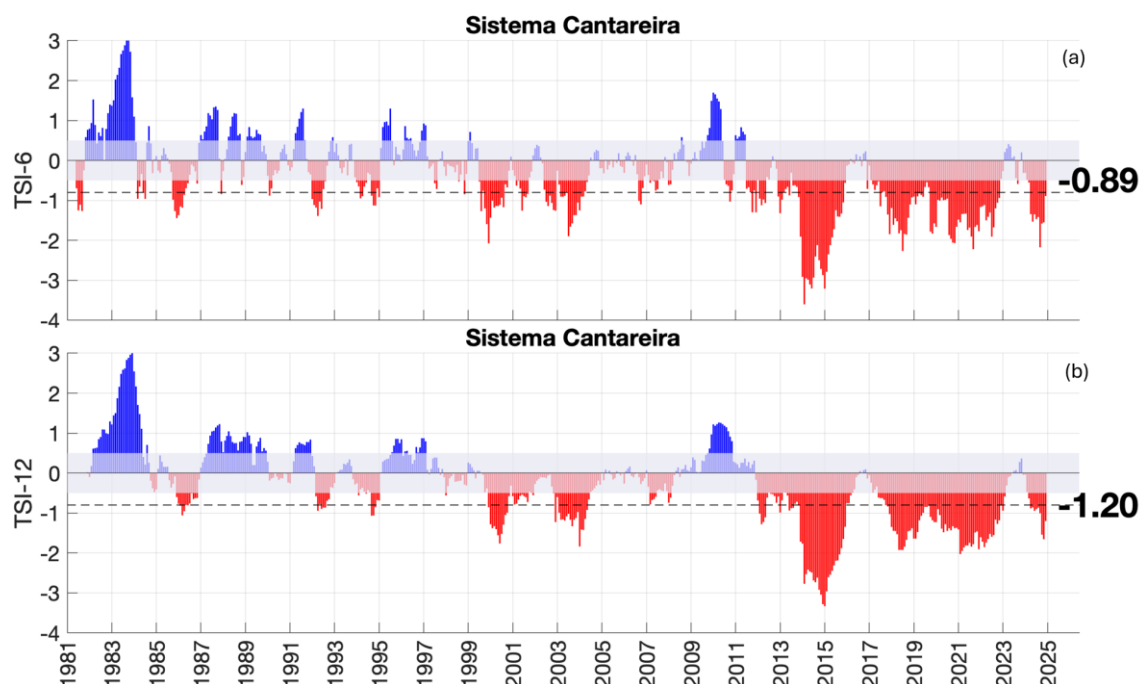


Figura 3. Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 6 (a) e 12 (b) meses, entre janeiro de 1981 a dezembro de 2024. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre uma condição de seca hidrológica fraca e moderada à excepcional.

Adicionalmente, em dezembro de 2024, Qesi foi de, aproximadamente, 29 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de, aproximadamente, 4 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, 33 m³/s. Esse valor representa, comparativamente ao mês anterior, uma redução equivalente a, aproximadamente, 3 m³/s.

Em dezembro de 2024, o aporte médio da interligação alcançou 7,3 m³/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 mensal de 7,5 m³/s até novembro, de acordo com o Ofício OA 008/2024.

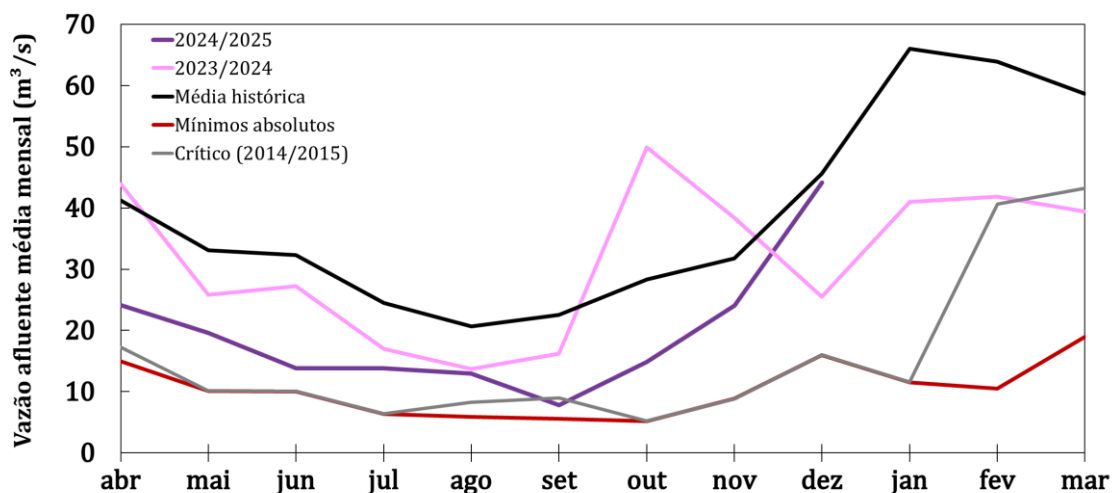


Figura 4. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 - 2023. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente 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 dezembro 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 morto⁵ são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 31 de dezembro de 2024 com, aproximadamente, 50% 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 um incremento de 5% em relação ao final do mês anterior, também na faixa de operação “Atenção”. No entanto, o nível atual é inferior ao registrado no mesmo período de 2023, quando alcançava 72% e se enquadrava na faixa de operação "Normal" (armazenamento entre 60% e 100%). Em comparação ao período pré-crise, em dezembro de 2013, quando o nível era de 27% e enquadrava-se na faixa de operação "Restrição" (armazenamento entre 20% e 30%) representa uma condição melhor (**Figura 6**).

⁵ 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.

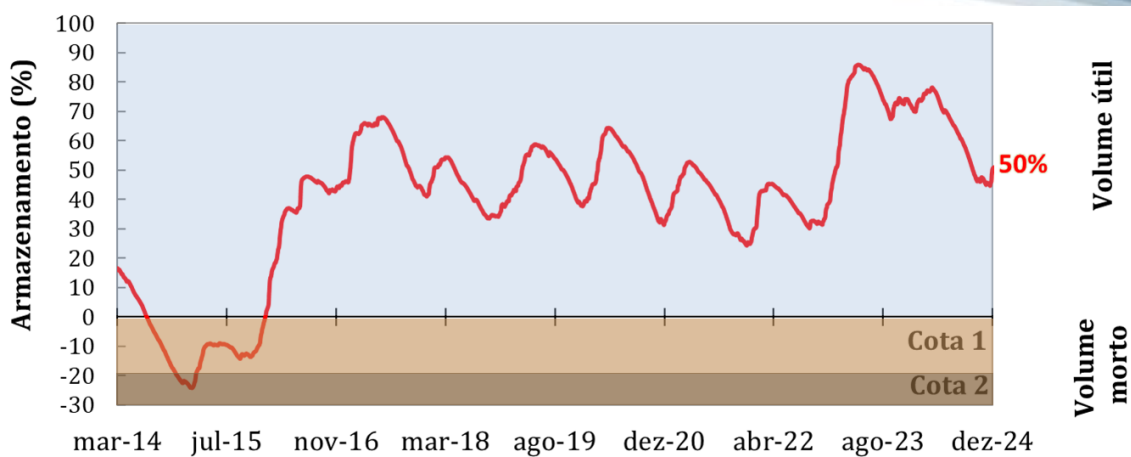


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a dezembro de 2024. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

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

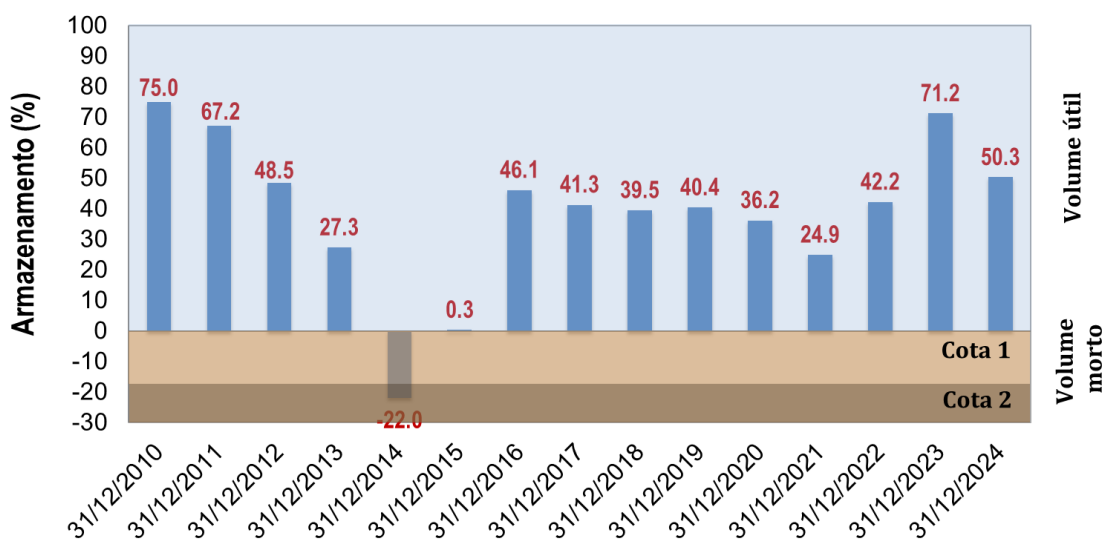


Figura 6. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o final do mês de dezembro, entre os anos de 2010 e 2024.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra em pleno período chuvoso, caracterizado por precipitações relativamente frequentes e abundantes. Especificamente para os próximos 10 dias (**Figura 7**), as previsões do modelo GEFS/NOAA (50x50 km) indicam condições de chuva, predominantemente em forma de pancadas, com maior probabilidade de ocorrência durante a tarde e noite. Os acumulados totais previstos estarão, muito provavelmente, próximos

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

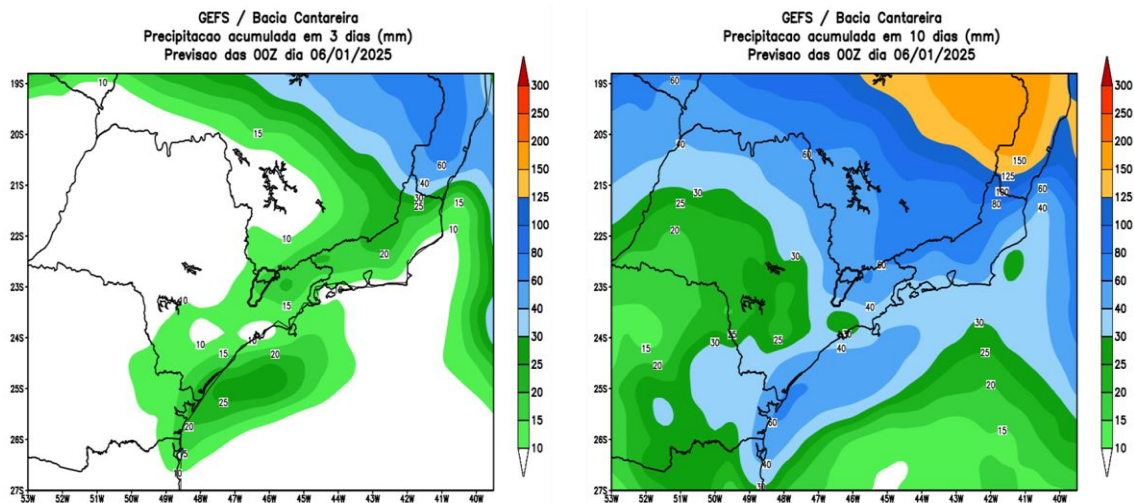


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.

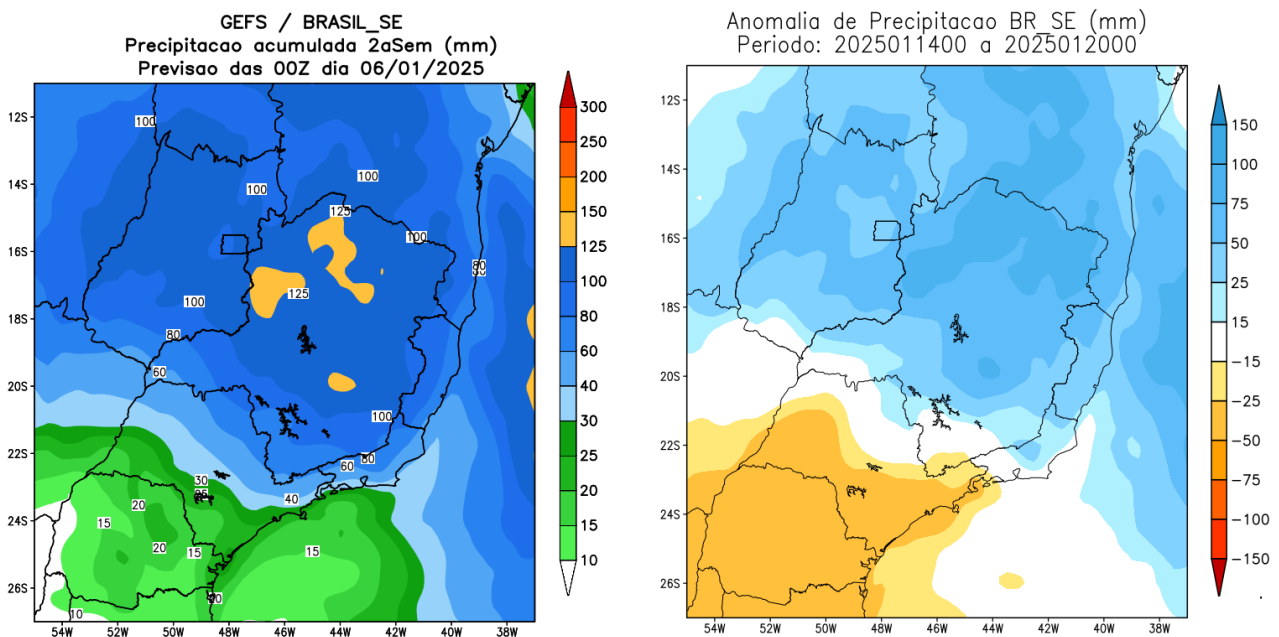


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (27 de dezembro de 2024 a 05 de janeiro de 2025) e previstas (06 a 15 de janeiro de 2025) dos 31 membros de

previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 36 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, 31 m³/s. Esse patamar de vazão é inferior à média histórica para esse período (66 m³/s), como pode ser observado pela linha pontilhada preta da **Figura 9** (inferior).

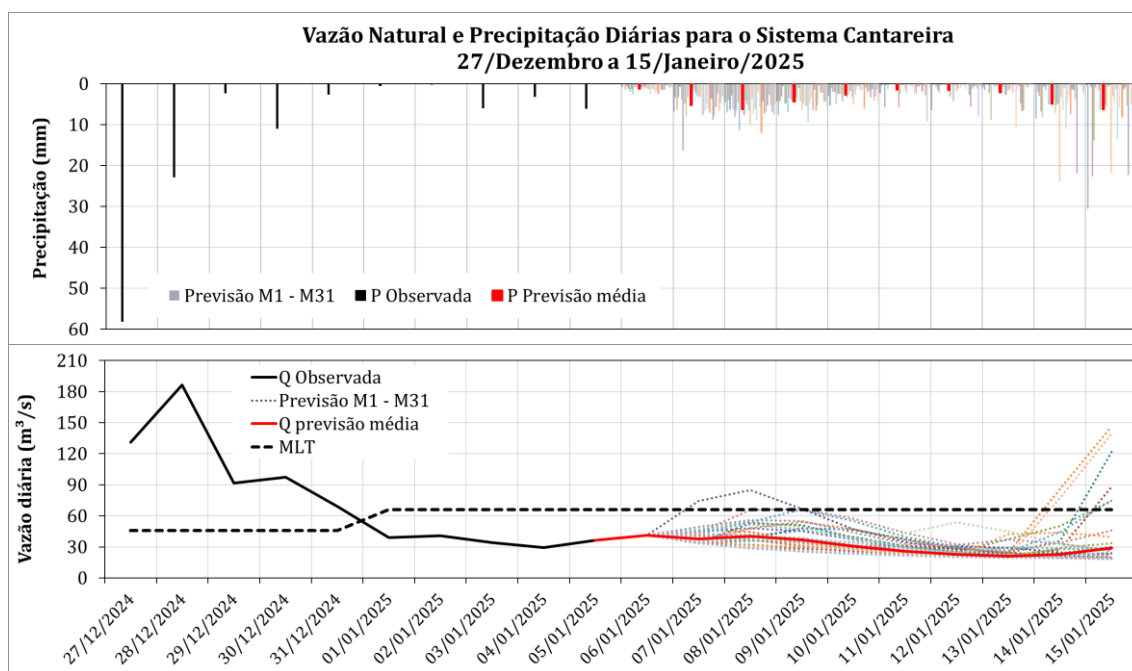


Figura 9. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior as linhas pretas contínua e pontilhada 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 (06 a 15 de janeiro de 2025, **Figura 9**) e, a partir do dia 16 de janeiro 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 (janeiro a março de 2014, quando choveu 56% da média histórica).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média, correspondente ao mês de janeiro de 2025 será em torno de 46 m³/s, o que representa

70% 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 37 m³/s (56%) e 30 m³/s (45%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica, ocorrido em 2014, o modelo hidrológico aponta vazão média em torno de 26 m³/s, correspondente a 39% 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 54 m³/s, equivalente a 82% da média histórica deste período. Destaca-se que em todos os cenários apresentados, o modelo hidrológico projeta vazões inferiores à média histórica para o período.

Considerando um horizonte de tempo maior, de janeiro a março de 2025, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente ficará em torno de 54 m³/s, equivalente a 86% 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 m³/s (59%) e 25 m³/s (39%) da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo projeta uma vazão média vazão média de 71 m³/s, caracterizando um valor de 13% acima da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizado na **Tabela 1**.

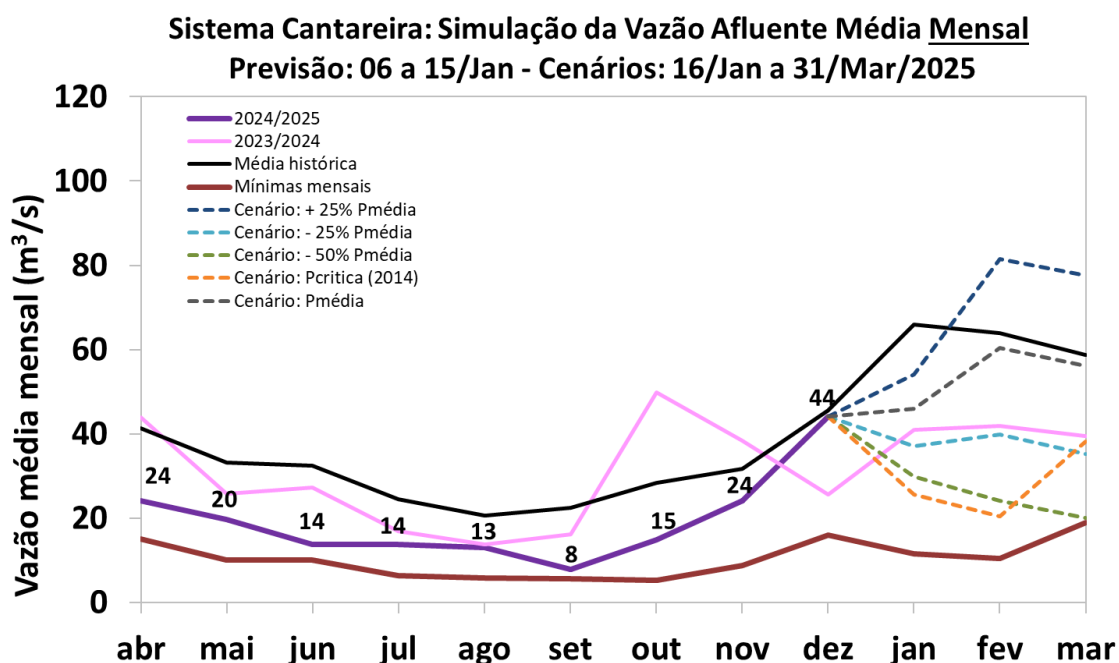


Figura 10. Histórico (linhas contínuas) e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (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 dezembro 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 afluyente 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 m³/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 m³/s e 9,4 m³/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 janeiro de 2025 na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 55% do seu volume útil” (**Tabela 01**). Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios continuariam, no final de janeiro, na faixa de operação “Atenção”, com 53% e 51% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido em 2014, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de janeiro é de 50% 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 janeiro de 2025 na faixa de operação “Atenção”, alcançando um valor de 57% 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 69% do seu volume útil. Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios continuariam, ao final de março de 2025, na faixa de operação “Atenção”, com 57% e 47% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido em 2014, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de março de 2025 é de 50% da capacidade total do Sistema, na faixa de operação “Atenção”. 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 83% da capacidade total, em 31 de março.

Salienta-se que, para o cenário de precipitação igual a média histórica, entre janeiro e 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 (78%, faixa de operação “Normal”).

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.

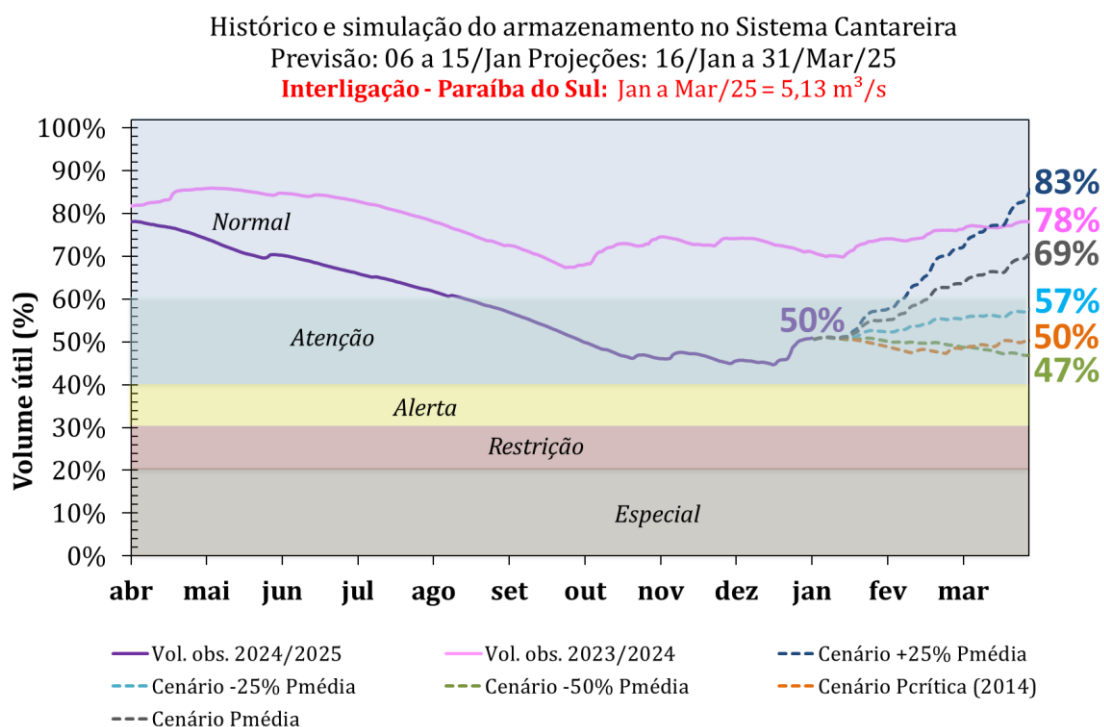


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nessas simulações foi considerada uma vazão média de aporte da interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul de 5,13 m³/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 dezembro 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.