

Novembro de 2023

Ano 09 | número 87

SITUAÇÃO ATUAL E PROJEÇÃO HIDROLÓGICA PARA O SISTEMA CANTAREIRA

Diretora 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

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 2023, e projeções hidrológicas de dezembro de 2023 a março de 2024. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de novembro, foi de 74%. Esse valor representa um aumento de 1% em relação ao final do mês anterior, e uma situação significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2022 (33%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 33 m³/s. Em novembro de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 27 m³/s. Ressalta-se que, com o atual nível de armazenamento superior a 60%, a contribuição proveniente do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Jaguari, na bacia do rio Paraíba do Sul, para o reservatório do rio Atibainha, integrante do Sistema Cantareira permanece suspensa, de acordo a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de novembro, foram equivalentes a 12% e 21% acima da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de normalidade em relação a seca hidrológica, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) em ambas as escalas temporais, de 6 e 12 meses. Condição essa similar à registrada no mês anterior.

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 2023, seria 50 m³/s, o que representa 9% acima 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 de dezembro de 2023, de 78%, na faixa de operação “Normal”. Para um horizonte de tempo maior, entre dezembro de 2023 e março de 2024, o modelo indica vazão média de 63 m³/s, correspondente a 6% acima da média histórica e armazenamento no final de março de 2024, de 100%, 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.

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

Tabela 01. Projeções de vazão média entre o período de dezembro de 2023 a março de 2024 e volume armazenado no final de dezembro de 2023 e março de 2024, 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.

	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)
Dezembro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	35	42	50	58	29
Vazão Afluente (% da MLT)	76%	91%	109%	126%	63%
31/12/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	74%	75%	78%	80%	72%
Faixa de operação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Dezembro/2023 a Março/2024					
Vazão Afluente (m ³ /s)	28	44	63	82	27
Vazão Afluente (% da MLT)	47%	74%	106%	140%	45%
31/03/2024 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	66%	83%	100%	100%	65%
Faixa de operação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos de 2023, 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/ SAISP² foi 462 mm (478² mm). Esse valor corresponde a 70% (76%²) acima da média histórica deste período (272 mm), e 41% (43%²) da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de outubro a março (1115 mm).

No mês de novembro de 2023, a precipitação acumulada foi de 167 mm (176² mm), equivalente a um valor de, aproximadamente, 12% (18%²) acima da média histórica para este mês (149 mm) (**Figura 2**). Ainda na **Figura 2**, também é possível observar os elevados valores de precipitação no primeiro mês correspondente a estação chuvosa na região, com valores de 140% (145%²) acima da média histórica para este mês (123 mm).

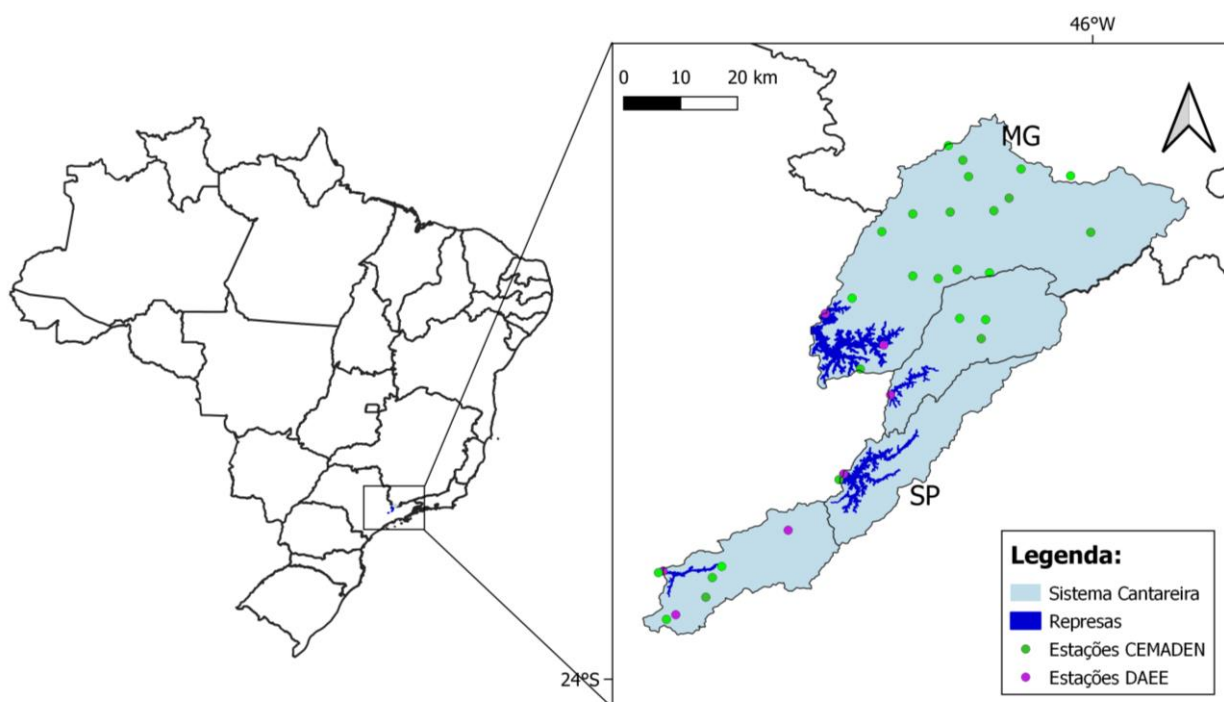


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 21 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

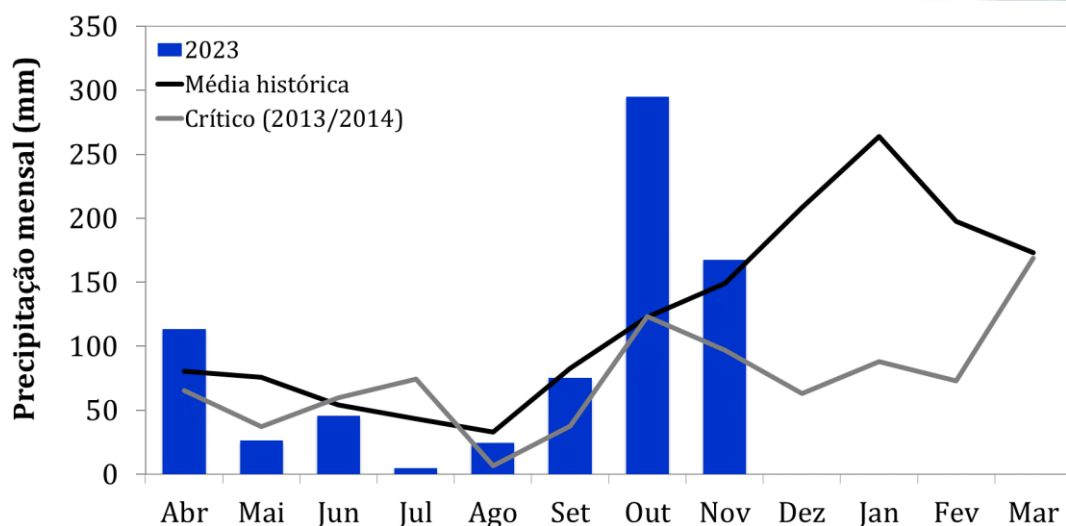


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e novembro de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e a precipitação 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 2023, entre outubro e novembro de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 44 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 47% acima da média histórica deste período (30 m³/s) e 90% da média histórica para a estação chuvosa (49 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 32 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 26 m³/s.

No mês chuvoso correspondente a novembro de 2023, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 38 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 21% acima da média mensal histórica (32 m³/s). O Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de normalidade em relação a seca hidrológica, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para as escalas temporais de 6 e 12 meses (TSI-6 = 0,17; TSI-12 = 0,33) (**Figura 3a e 3b**). Ainda de acordo com o TSI, a atual condição no Sistema Cantareira representa uma estabilidade em relação ao mês anterior. Ressalta-se que, apesar da condição atual de normalidade que se repete desde março de 2023, o Sistema Cantareira enfrentou condições de seca hidrológica crítica, variando de fraca a excepcional, desde o início de 2012 (à exceção dos meses entre maio e 2016 e maio de 2017).

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

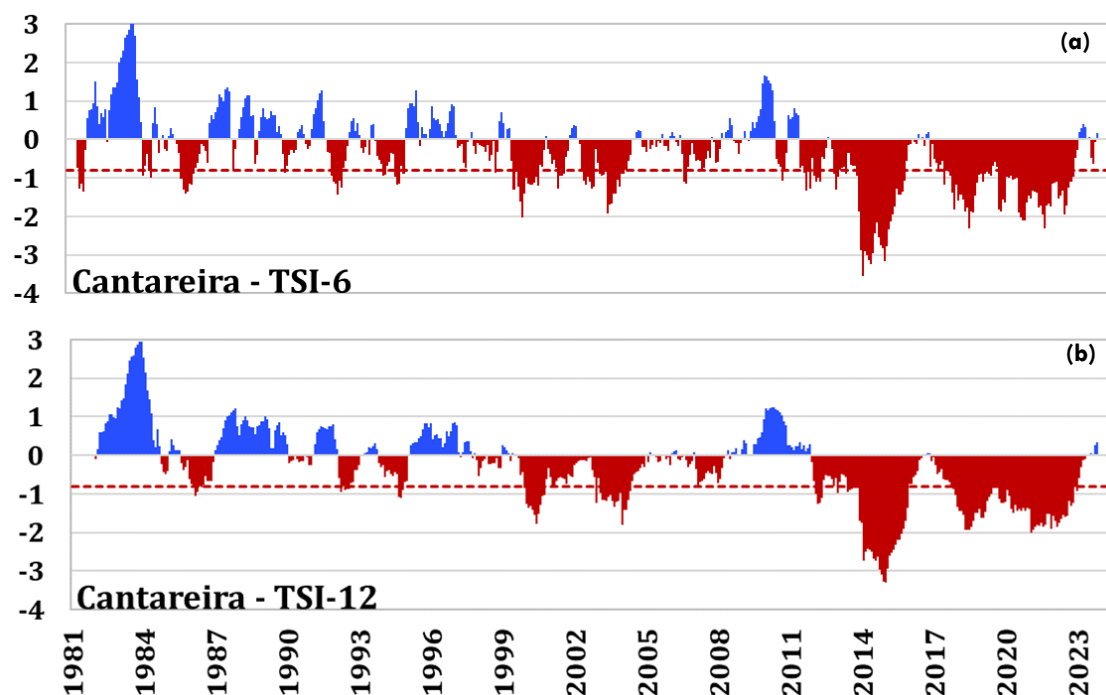


Figura 3. Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 6 e 12 meses, entre janeiro de 1981 a novembro de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre uma condição de seca hidrológica fraca e moderada à excepcional.

Adicionalmente, em novembro de 2023, Qesi foi de, aproximadamente, $27 \text{ m}^3/\text{s}$, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do Sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, $34 \text{ m}^3/\text{s}$. Neste mês, o aporte proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, manteve-se desativado, uma vez que, o armazenamento foi superior a 60% da capacidade total (em acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017). Ressalta-se que, a interligação foi suspensa em 27 de dezembro de 2022, quando o volume registrado nos reservatórios do Sistema Cantareira era de 39% da capacidade total.

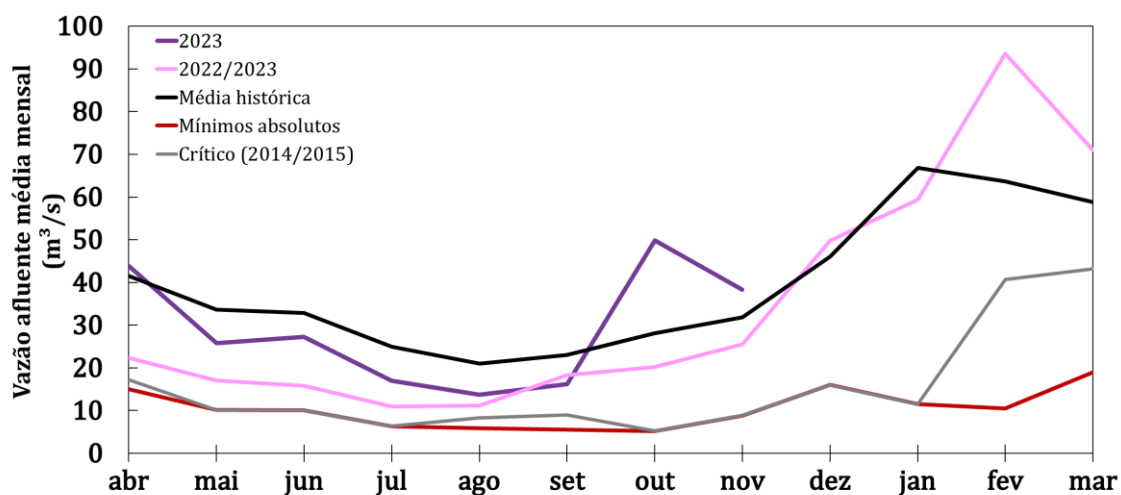


Figura 4. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais: de abril de 2014 a março de 2015, representando o período crítico do histórico; de abril de 2022 a março de 2023; e de abril a novembro de 2023. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível diário de armazenamento no Sistema Cantareira, entre os anos de 2014 e 2023, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁵ são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 30 de novembro de 2023 com, aproximadamente, 74% do volume útil total (982 hm³), na faixa de operação “Normal” (nível de armazenamento entre 60% e 100%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza uma elevação de 1% em relação ao final do mês anterior e uma situação significativamente melhor que no mesmo período do ano de 2022 (33%, na faixa de operação “Alerta”). Adicionalmente, representa uma condição significativamente melhor ao apresentado no período pré-crise, em novembro de 2013 (32%), como pode ser observado na **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.

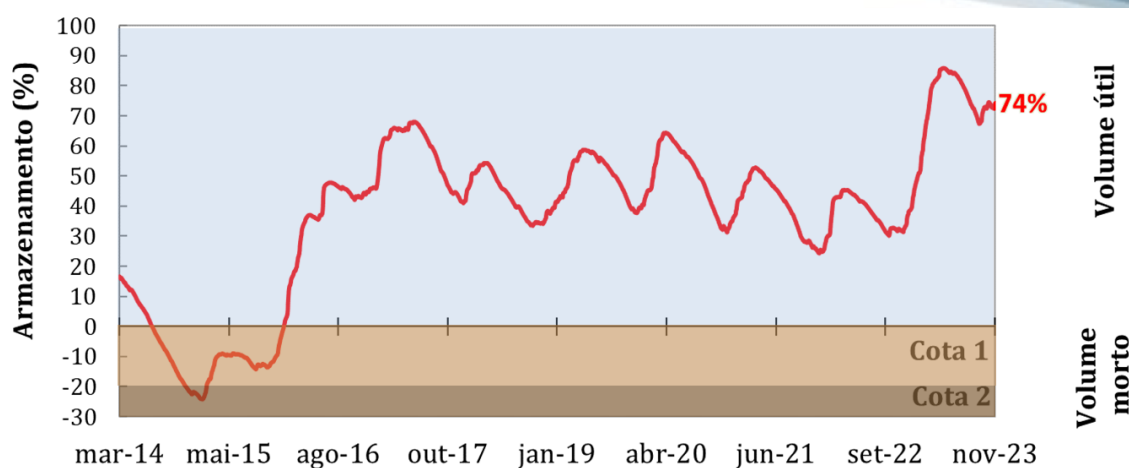


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a novembro de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

Evolução do volume armazenado no Sistema Cantareira (2010-2023)

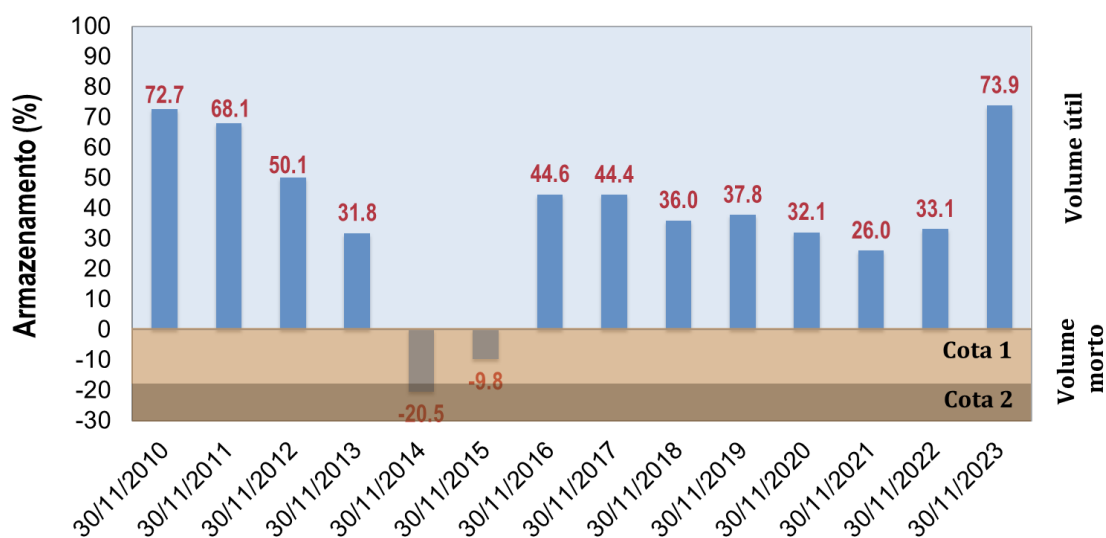


Figura 6. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o dia 30 de novembro, dos anos de 2010 a 2023.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira já se encontra no período chuvoso. Em termos gerais, a estação chuvosa da Região Sudeste não é influenciada, pelo menos de forma clara, pelo fenômeno do “El Niño”. Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 7**) as previsões baseadas no modelo GEFS/NOAA (50x50 km) apontam ocorrência de precipitações na bacia, fundamentalmente em forma de pancadas, com volumes totais que estarão, provavelmente,

próximas aos valores médios da época. A tendência para a segunda semana (**Figura 8**), também indica precipitações principalmente em forma de pancadas e com volumes totais próximos à média histórica.

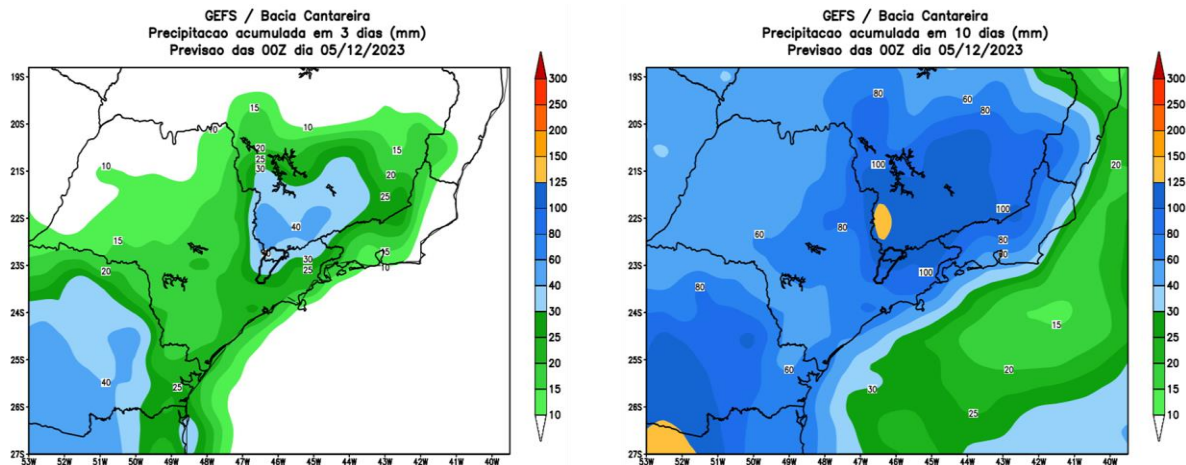


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

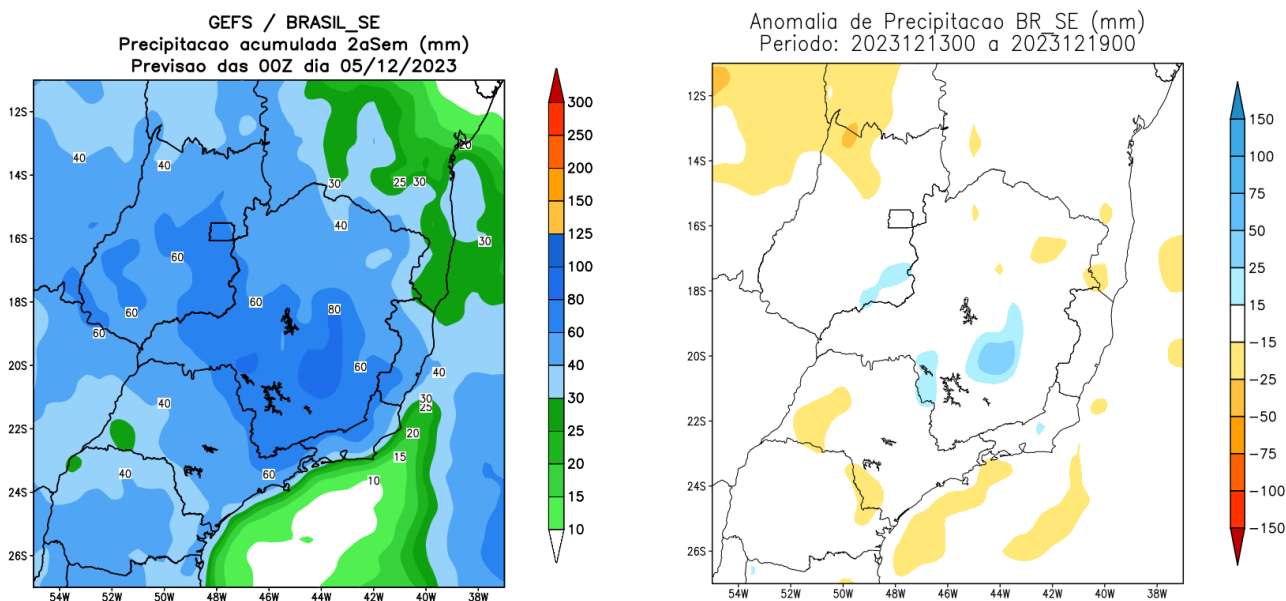


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (25 de novembro a 04 de dezembro de 2023) e previstas (05 a 14 de dezembro de 2023) dos 31 membros de previsão

de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 69 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, 43 m³/s. Esse valor é ligeiramente inferior à vazão média histórica para o mês de dezembro (46 m³/s), de acordo com a SABESP, como pode ser observado pela linha pontilhada preta da **Figura 9** (inferior).

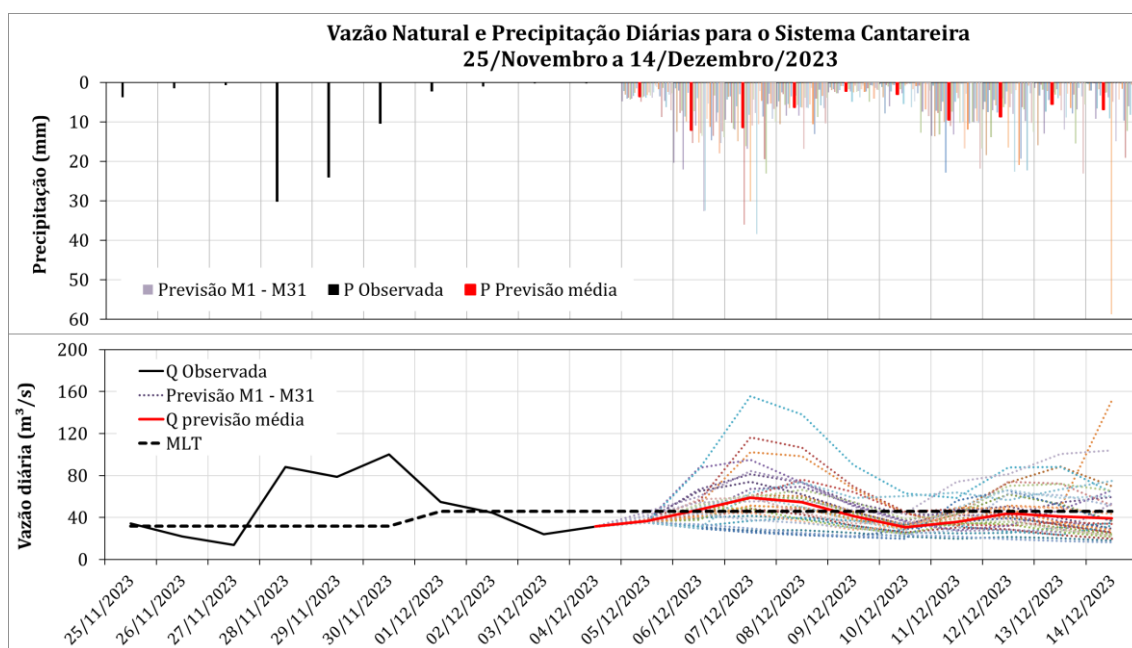


Figura 9. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 (05 a 14 de dezembro de 2023, **Figura 9**) e, a partir do dia 15 de dezembro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1981-2022), 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 afluyente média no último mês de 2023 seria em torno de 50 m³/s, o que representa 9% acima da média histórica para este período (46 m³/s). Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações projetam vazões da ordem de 42 m³/s (91%) e 35 m³/s (76%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica, ocorrido em 2013, o modelo hidrológico aponta vazão média de 29 m³/s, correspondente a 63% 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 58 m³/s, equivalente a 26% acima da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizado na **Tabela 1**.

Considerando um horizonte de tempo maior, de dezembro de 2023 a março de 2024, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente seria em torno de 63 m³/s, o que representa 6% acima da média histórica para este período. Nos cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 44 m³/s (74%) e 28 m³/s (47%) da média, respectivamente. No cenário de precipitação crítica, o modelo hidrológico aponta vazão média de 27 m³/s, correspondente a 45% da média do período. Por fim, em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de 82 m³/s, caracterizando um valor de 40% acima da média histórica deste período.

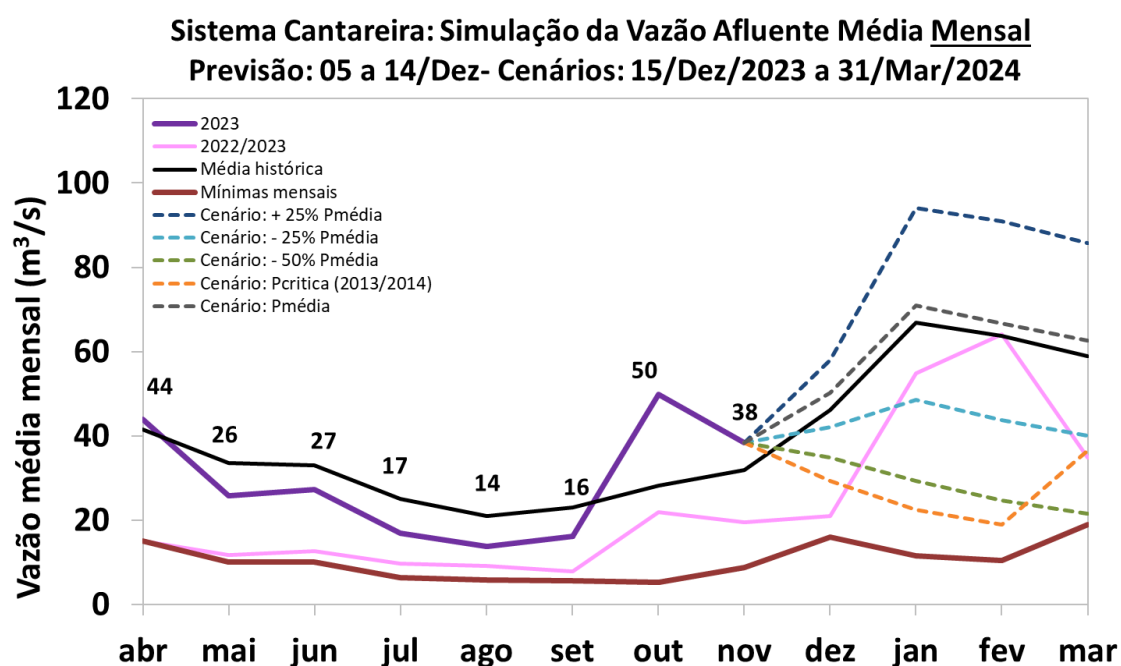


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluyente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 2022 a março de 2023 (magenta); e série de abril a novembro 2023 (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 m³/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha, apenas para volume armazenado inferior a 60% da capacidade total e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 7,0 m³/s e 3,2 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2022/2023.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, por exemplo, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final de dezembro de 2023, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 78% do seu volume útil. Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de dezembro, com 75% e 74% do volume útil, respectivamente, também na faixa de operação “Normal”. Por fim, para o cenário de precipitações mais otimista, 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado, no final de dezembro, de 80% da capacidade total (**Tabela 01**). Ressalta-se que, em todos os cenários hipotéticos de precipitação, o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de dezembro de 2023, estaria na faixa de operação “Normal” e adicionalmente, numa condição significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano anterior, 2022 (42%).

Considerando um horizonte de tempo maior, para os cenários hipotéticos de precipitação na média histórica e 25% acima da média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final do horizonte de projeções (março de 2024), também na faixa de operação “Normal”, com 100% do seu volume útil. Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório ainda na faixa de operação “Normal” chegaria, ao final de março de 2024, com 83% e 66% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido entre dezembro de 2013 e março de 2014, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de março de 2024 é de 65% da capacidade total do sistema.

Salienta-se que, se chover 25% abaixo da média histórica, nesse mesmo período, o volume armazenado no Sistema Cantareira no final do horizonte de projeção alcançaria um valor similar ao registado no mesmo período de 2022 (82%).

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.

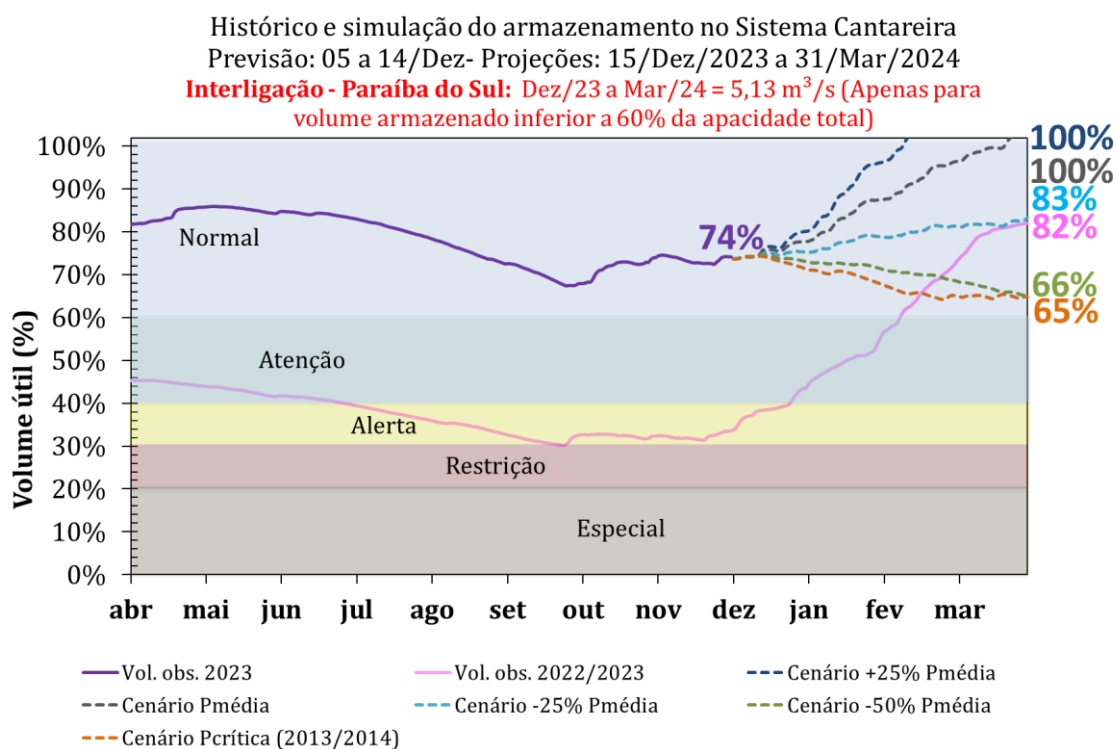


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nessas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul de 5,13 m³/s, entre dezembro de 2023 a março de 2024, apenas para volume armazenado inferior a 60% da capacidade total. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2022 a março de 2023 e a linha roxa no período abril a novembro de 2023. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925/2017.