

Agosto de 2023

Ano 09 | número 84

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 agosto de 2023, e projeções hidrológicas de setembro de 2023 a março de 2024. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de agosto, foi de 73%. Esse valor representa uma redução de 6% 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 agosto de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 26 m³/s. Além disso, ressalta-se que, com o 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 é suspensa, de acordo a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de agosto, foram equivalentes a 74% e 65% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição variando entre a normalidade e seca hidrológica moderada, de acordo com o Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para as escalas temporais de 12 e 24 meses, respectivamente. Condição semelhante 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 período de setembro a dezembro de 2023, alcançaria 29 m³/s, o que representa 89% 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 65%, na faixa de operação “Normal”. Para um horizonte de tempo maior, entre janeiro a março de 2024, o modelo indica vazão média de 64 m³/s, correspondente a 102% da média histórica e armazenamento no final de março, de 88%, 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 vazão média entre o período de setembro 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 setembro/2013 a março/2014)
Setembro a Dezembro de 2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	11	18	29	40	16
Vazão Afluente (% da MLT)	33%	57%	89%	123%	50%
31/12/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	50%	56%	65%	76%	54%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Normal	Normal	Atenção
Janeiro a Março/2024					
Vazão Afluente (m ³ /s)	13	36	64	94	18
Vazão Afluente (% da MLT)	21%	57%	102%	149%	29%
31/03/2024 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	39%	61%	88%	123%	46%
Faixa de operação	Atenção	Normal	Normal	Normal	Atenção

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses secos de 2023, de abril a agosto, 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 215 mm (220² mm). Esse valor corresponde a 75% (77%²) da média histórica deste período (286 mm), e 58% (60%²) da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de abril a setembro (370 mm).

No mês de agosto de 2023, a precipitação acumulada foi de 24.4 mm (28.6² mm), equivalente a um valor de 74% (87%²) da média histórica para este mês (33 mm) (**Figura 2**). O sistema Cantareira apresentou, neste mês, condição variando entre a normalidade e seca hidrológica fraca, de acordo com o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para as escalas temporais de 12 meses e 24 meses, respectivamente (SPI-12 = 0.32; SPI-24 = -0.58) (**Figura 3a e 3b**). Essa condição de seca em relação a precipitação, na escala de 24 meses, representa uma situação melhor, comparativamente ao mês anterior (seca hidrológica moderada).

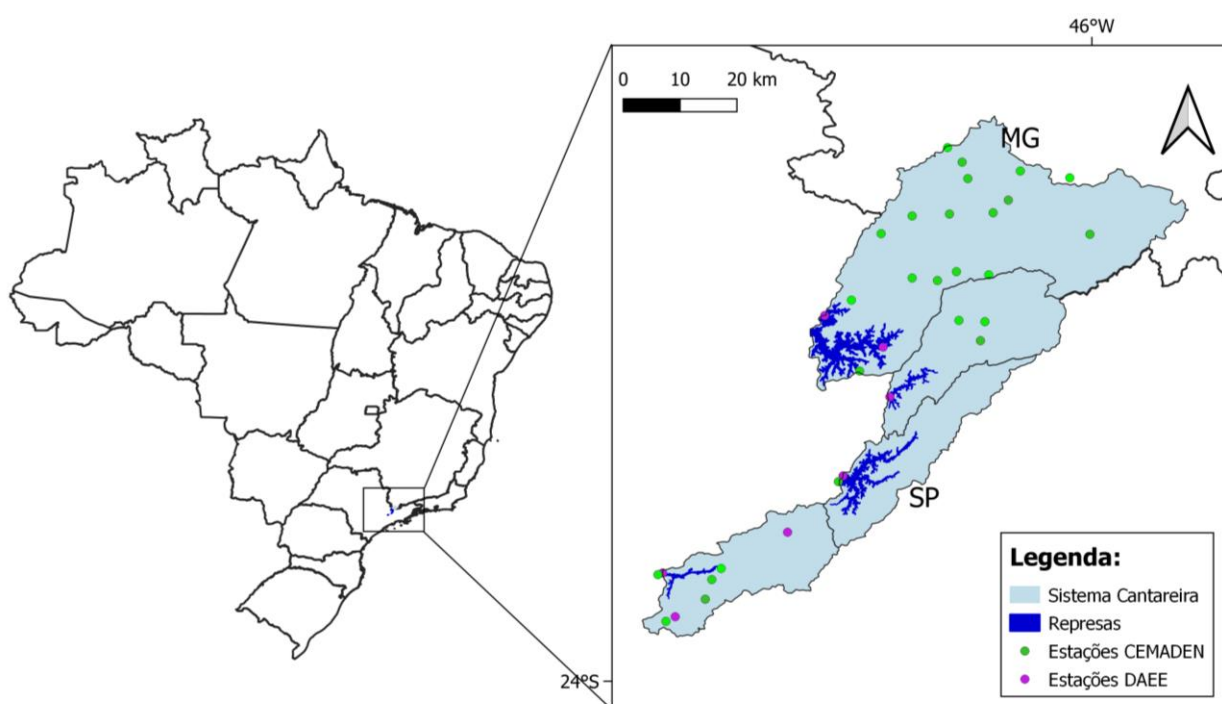


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 21 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

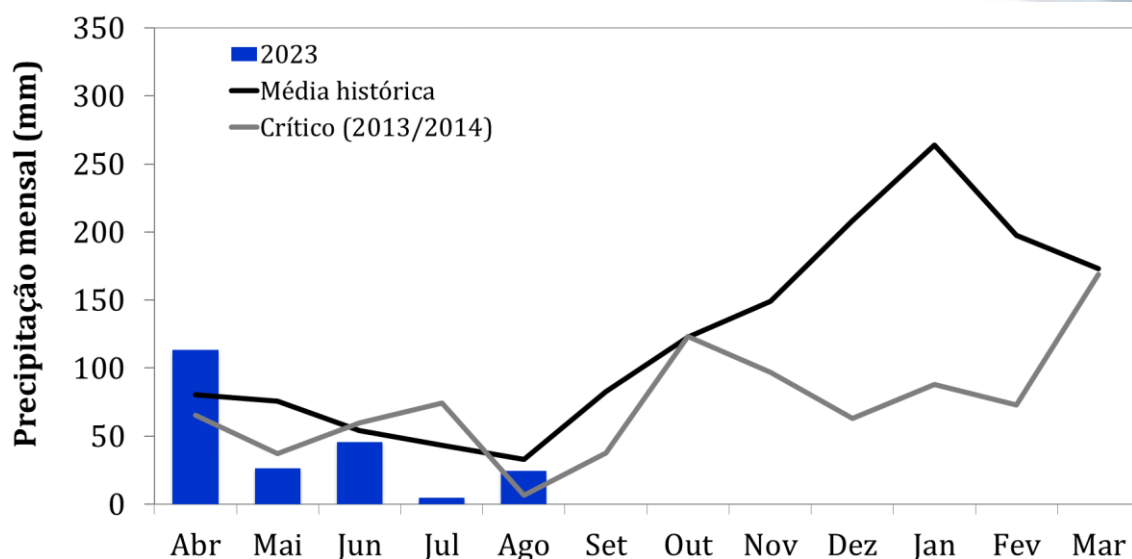


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril a agosto de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e a precipitação crítica do histórico, compreendida entre abril de 2013 a março de 2014.

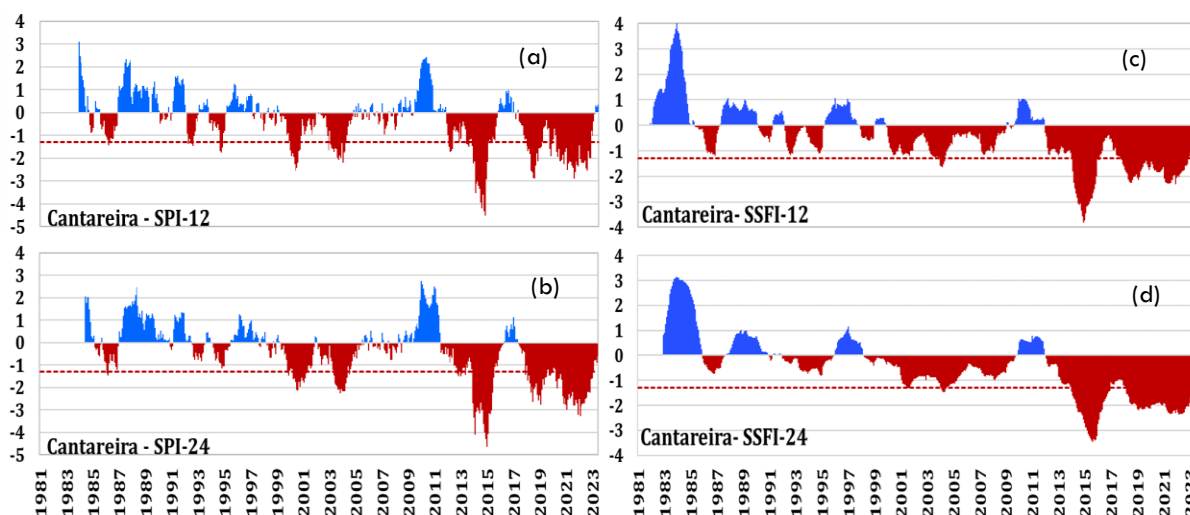


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a e b) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (c e d) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 12 e 24 meses, entre janeiro de 1981 a agosto de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa à excepcional.

A média de vazão afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), de abril a agosto de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 25 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 81% da média histórica deste período (31 m³/s) e 83% da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de abril a setembro (30 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

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 25 m³/s.

No mês de agosto de 2023, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 14 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 65% da média mensal histórica (21 m³/s). O Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição variando entre a normalidade e seca hidrológica moderada, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para as escalas temporais de 12 e 24 meses, respectivamente (SSFI-12 = -0.38; SSFI-24 = -1.16) (**Figura 3c e 3d**). Ainda de acordo com o SSFI, a atual condição de seca hidrológica no Sistema Cantareira representa uma situação semelhante ao mês anterior. Ressalta-se que o Sistema Cantareira vinha enfrentando condições de seca hidrológica, variando de fraca a excepcional, desde o início de 2012, à exceção dos meses de agosto a novembro de 2016.

Adicionalmente, em agosto de 2023, Qesi foi de, aproximadamente, 26 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de 9,4 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, 36 m³/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.

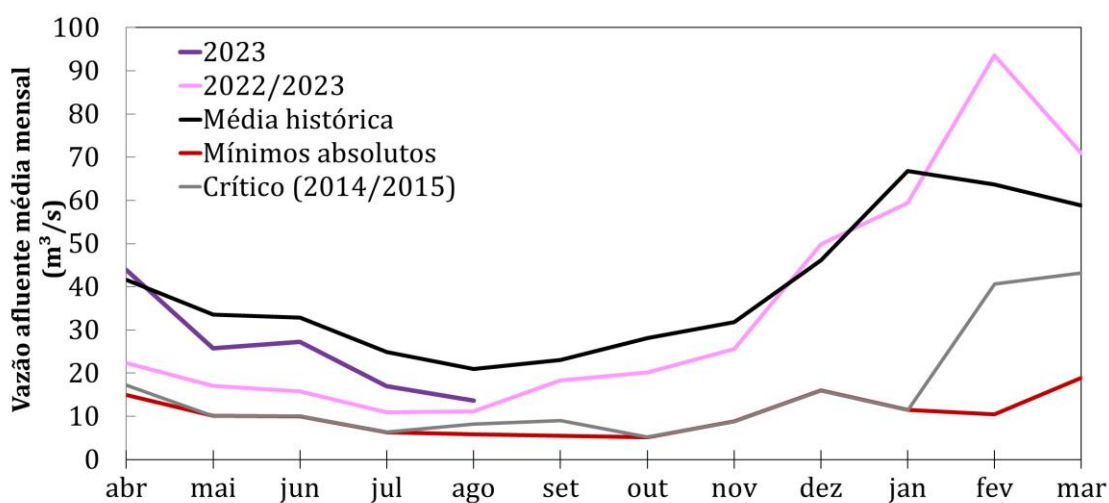


Figura 4. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente 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 agosto 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 31 de agosto de 2023 com, aproximadamente, 73% do volume útil (715,8 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 redução de 6% em relação ao final do mês anterior e uma situação significativamente melhor que no mesmo período do ano de 2022 (33%). Adicionalmente, representa uma condição melhor ao apresentado no período pré-crise, em agosto de 2013 (47%), além de ser o maior volume já registrado após a crise hídrica de 2014 (**Figura 6**).

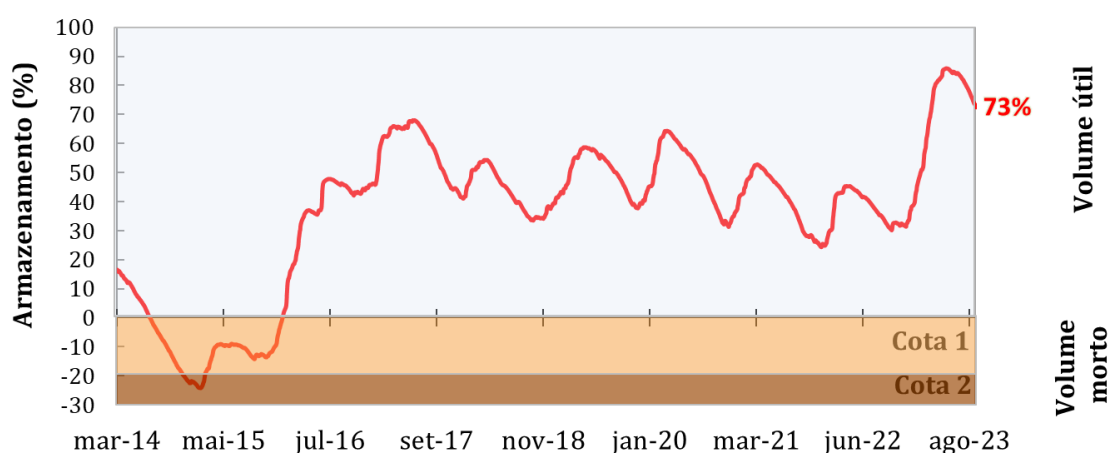


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a agosto de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto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

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.

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

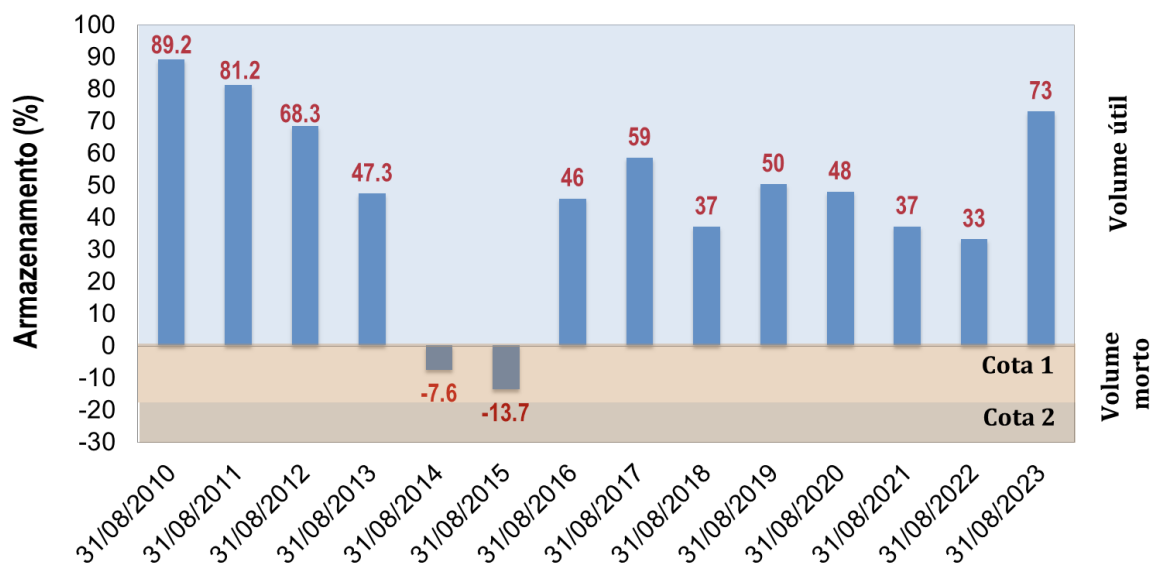


Figura 6. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o dia 31 de agosto, dos anos de 2010 a 2023.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra atualmente no auge do período seco, caracterizado por chuvas escassas que ocorrem apenas em decorrência da passagem de sistemas frontais. Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 7**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam ausência de precipitações na bacia, o que é esperado para a época. A tendência para a segunda semana (**Figura 8**), também indica ausência de precipitação.

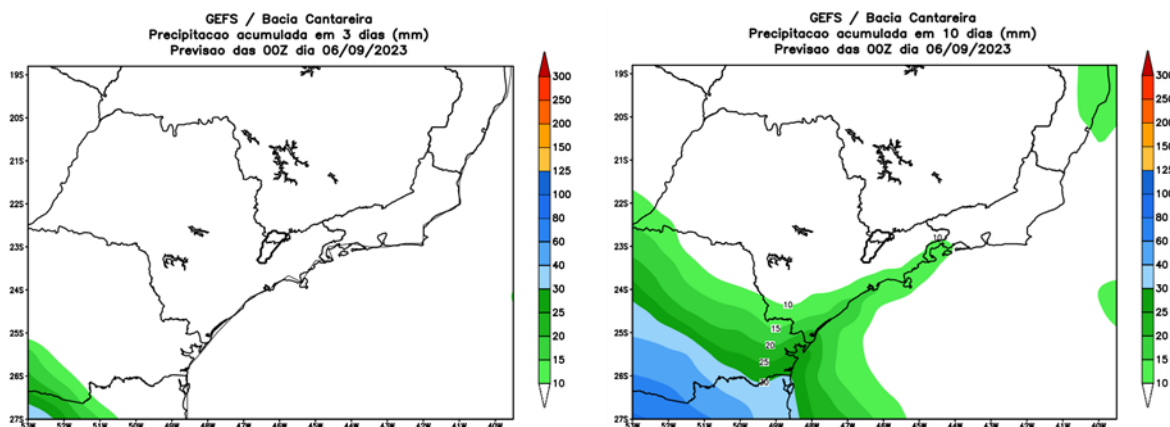


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

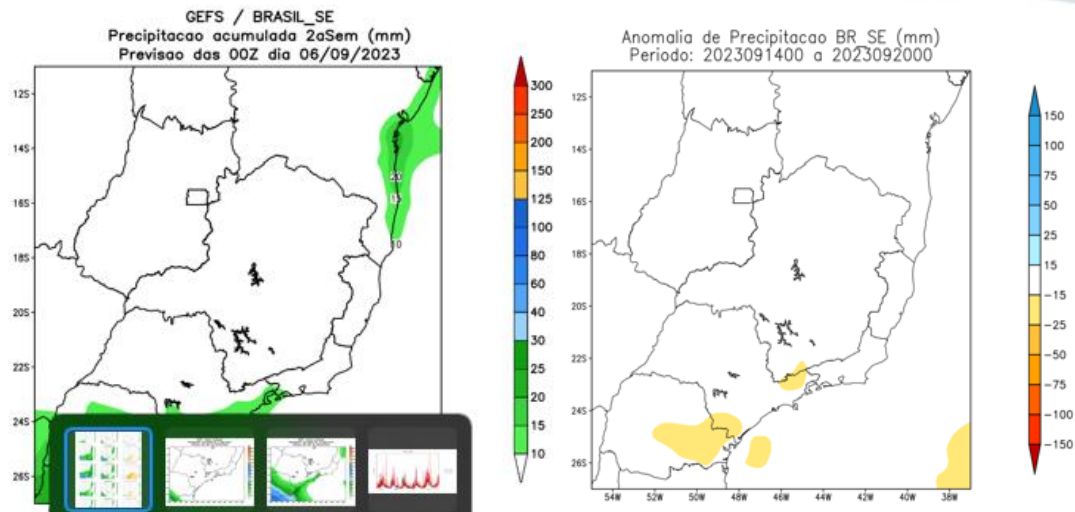


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (27 de agosto a 05 de setembro de 2023) e previstas (06 a 15 de setembro de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 7.8 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, 11 m³/s. Esse valor é inferior à vazão média histórica para o mês de setembro (23 m³/s), de acordo com a SABESP, como pode ser observado pela linha pontilhada preta da **Figura 9** (inferior).

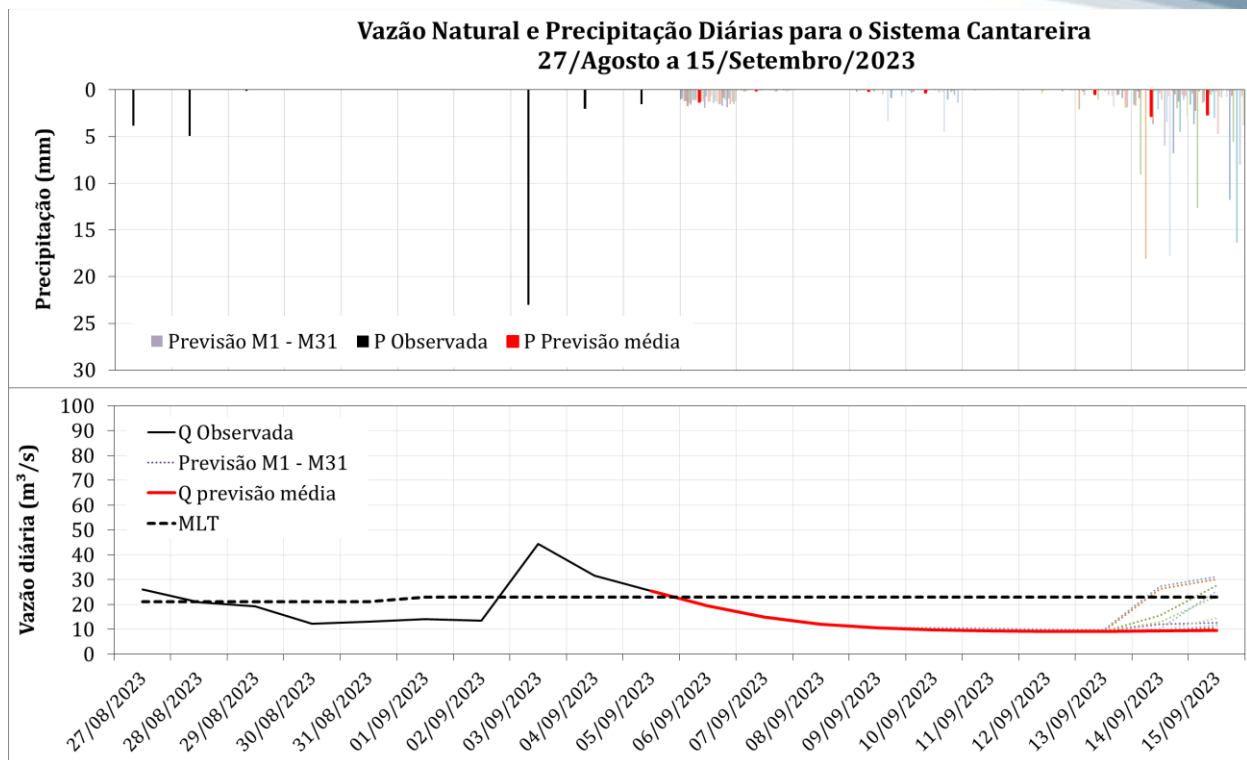


Figura 9. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 (06 a 15 de setembro de 2023, **Figura 9**) e, a partir do dia 16 de setembro 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 (setembro de 2013 a março de 2014).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média entre setembro e dezembro de 2023, seria em torno de 29 m³/s, o que representa 89% 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 18 m³/s (57%) e 11 m³/s (33%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica ocorrido de setembro de 2013 a março de 2014, o modelo hidrológico aponta vazão média de 16 m³/s, correspondente a 50% da média do período. Por outro lado, em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o

modelo indica vazão média de 40 m³/s, equivalente a 123% da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizado na **Tabela 1**.

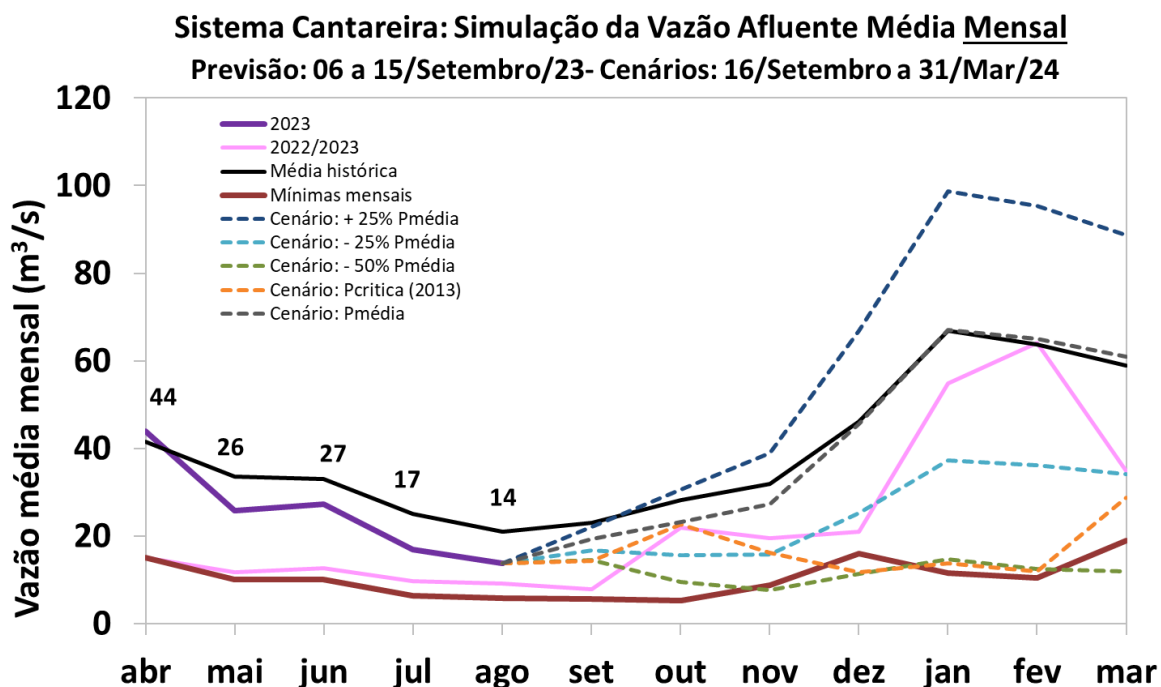


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluyente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 agosto 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 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); Os valores médios de Qjus utilizados nessas simulações referem-se aos anos 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 65% do seu volume útil. Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de dezembro, com 56% e 50% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações mais otimista, 25%

acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 76% (**Tabela 01**). Em todos os cenários hipotéticos de precipitação, o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de dezembro de 2023, estaria numa condição significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano anterior, 2022 (42%).

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 2024), na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 88% do seu volume útil. Em um cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria, ao final de março, nas faixas de operação “Normal” e “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%) com 61% e 39% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitação 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 123%, 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: 06 a 15/Setembro- Projeções: 16/Setembro a 31/Mar/24
Interligação - Paraíba do Sul: Set/23 a Mar/24 = 5,13 m³/s

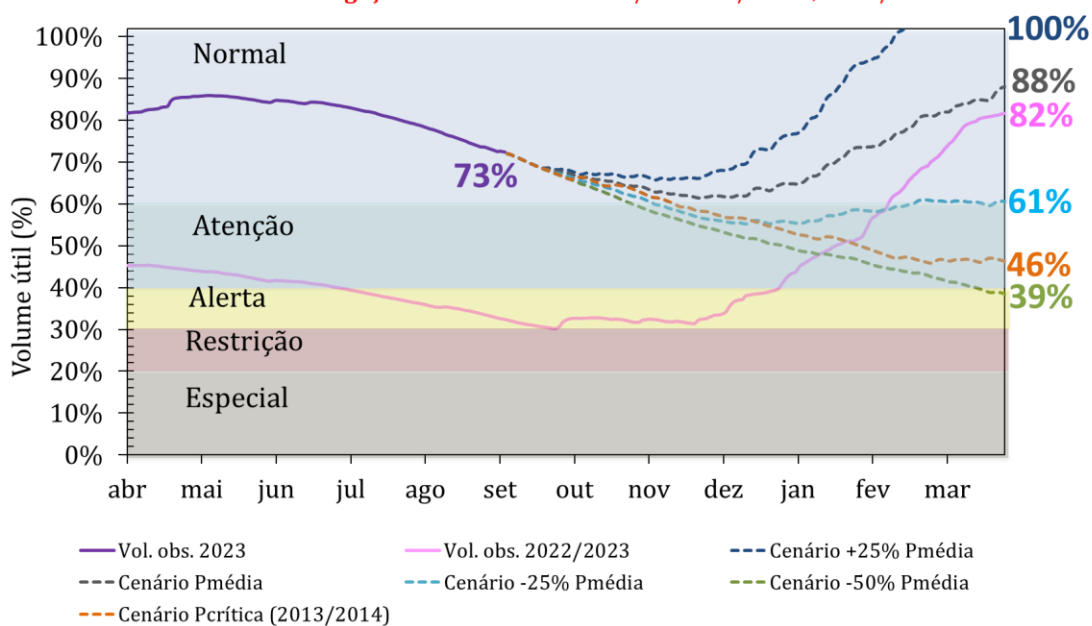


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nessas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul, entre setembro de 2023 a março de 2024, de 5,13 m³/s. 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 agosto de 2023. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE N° 925/2017.