

Abril de 2023

Ano 09 | número 80

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 abril de 2023, e projeções hidrológicas de maio a setembro de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de abril, foi de 86%. Esse valor representa um aumento de 4% em relação ao mês anterior, e uma situação significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2022 (44%). 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 abril de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 25 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 abril, foram equivalentes a 141% e 105% da média histórica do mês, respectivamente. No entanto, mesmo com chuva e vazão acima da média, atualmente o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando entre fraca e severa, de acordo com o Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para as escalas temporais de 12 e 24 meses, respectivamente.

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, nos meses secos de 2023, de maio a setembro, seria em torno de 27 m³/s, o que representa, aproximadamente, 100% da média histórica. Considerando este mesmo cenário, as projeções indicam que, o reservatório estaria ao final de setembro, com 74% do seu volume útil, na faixa de operação “Normal”. Para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média entre maio e setembro seria de, aproximadamente, 79% e 119% da média histórica, respectivamente. Ao passo que, o volume armazenado no sistema, para esses mesmos cenários, alcançaria, no final de setembro de 2023, valores de 66% e 80%, respectivamente, ambos na faixa de operação “Normal”.

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

Destaca-se que, nessas simulações de volume armazenado, a interligação entre o Sistema Cantareira e a bacia do rio Paraíba do Sul não altera os valores de armazenamento uma vez que, o volume entre o início e o final do horizonte de projeções se manteve acima de 60% da capacidade total, na faixa de operação “Normal”. *Ressalta-se também que, os valores de armazenamento obtidos a partir destas simulações podem variar de acordo com a operação do sistema.*

Tabela 01. Projeções de vazão média (de maio a setembro de 2023) e volume armazenado do Sistema Cantareira (final de setembro), 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 2021)
Maio a Setembro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	17	22	27	32	21
Vazão Afluente (% da MLT)	63%	79%	100%	119%	78%
30/09/2023 (Sem interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	60%	66%	74%	80%	66%
Faixa de operação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos, de outubro de 2022 a março de 2023, 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 1257 mm (1285² mm). Esse valor corresponde a 113% (115%²) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre o período de outubro a março (1115 mm).

No mês de abril, primeiro mês correspondente ao período seco de 2023, a precipitação acumulada foi de 113 mm (116² mm), equivalente a um valor de 141% (143%²) da média histórica para este mês (81 mm) (**Figura 2**). O Sistema Cantareira apresentou, neste mês, condição variando entre a normalidade e seca fraca de acordo com o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para as escalas temporais de 12 meses e 24 meses, respectivamente (SPI-12 = 0.30; SPI-24 = -0.78) (**Figura 3a e 3b**). Ainda nesta figura, é possível notar um déficit de chuva nessa região, situação que vem se repetindo, de forma sistemática, desde a estação chuvosa 2016/2017.

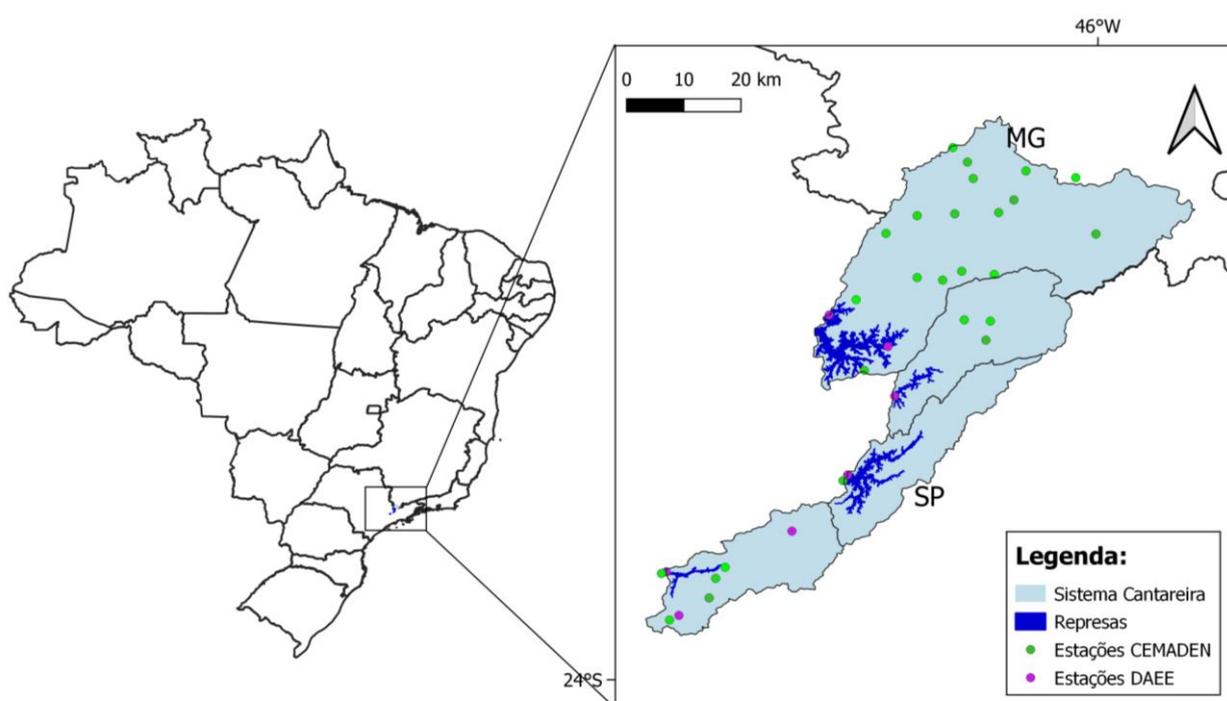


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 26 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

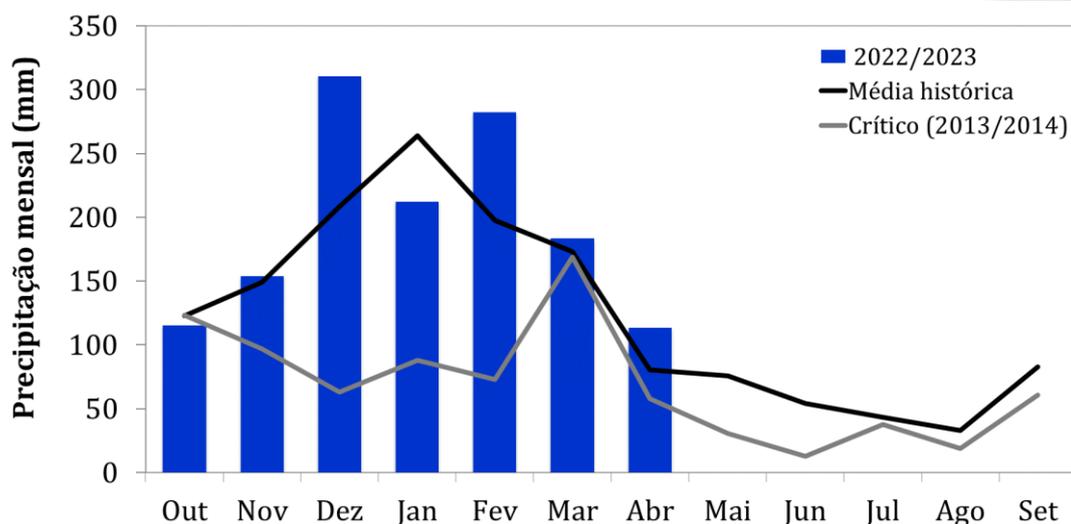


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2022 a abril de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e a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

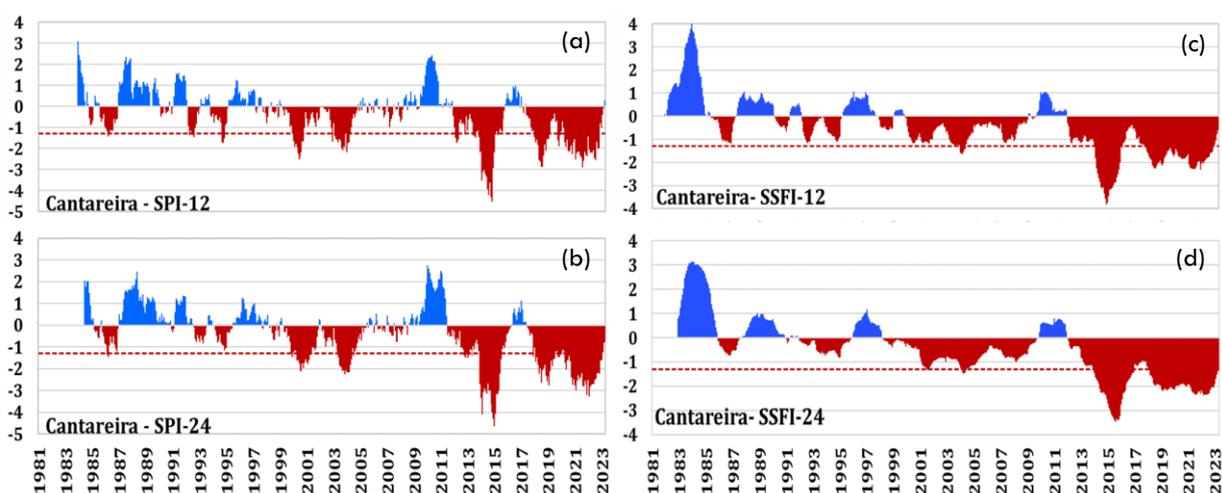


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a e b) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (c e d) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 12 e 24 meses, entre janeiro de 1981 a abril de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa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

A média de vazão afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), de outubro de 2022 a março de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 53 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 108% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre outubro e março (49 m³/s). Para o mesmo

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

período, a extração total média dos reservatórios foi 25 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 22 m³/s.

No mês de abril, início da estação seca 2023, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 44 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 5% acima da média mensal histórica (42 m³/s). No entanto, mesmo com vazões acima da média, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando entre fraca e severa, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para as escalas temporais de 12 e 24 meses, respectivamente (SSFI-12 = -0.62; SSFI-24 = -1.37) (**Figura 3c e 3d**). Ainda de acordo com o SSFI, a condição de seca hidrológica no Sistema Cantareira, comparativamente ao mês anterior, se manteve estável. Ressalta-se que o Sistema Cantareira vem 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 abril de 2023 Qesi foi de, aproximadamente, 25 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de 2,8 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do Sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, 28 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 desde o dia 28 de dezembro de 2022.

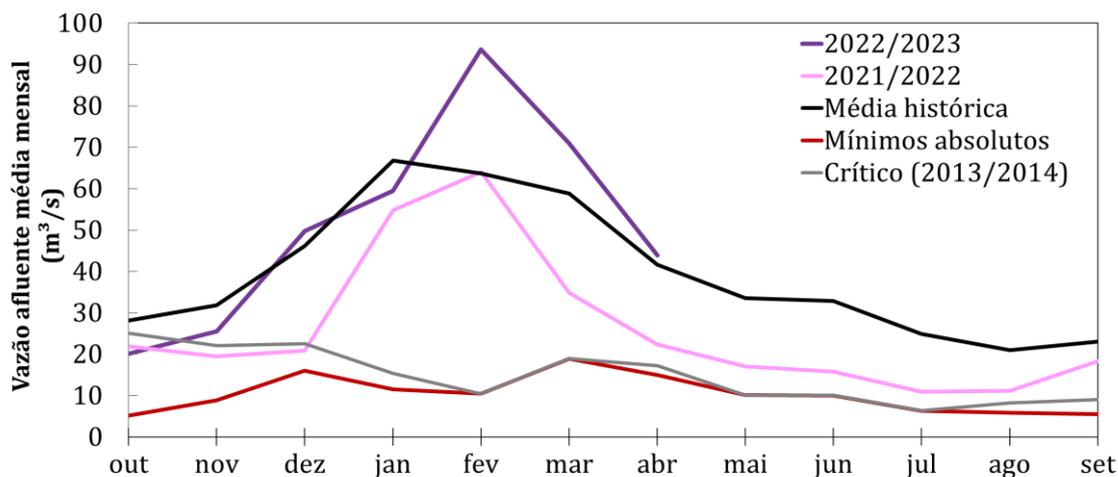


Figura 4. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais: de outubro de 2013 a setembro de 2014, representando o período crítico do

histórico; de outubro de 2021 a setembro de 2022; e de outubro de 2022 a abril de 2023. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível 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 abril de 2023 com, aproximadamente, 86% do volume útil (982,0 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 um aumento de 4% em relação ao final do mês anterior e uma situação significativamente melhor que no mesmo período do ano de 2022 (44%). Adicionalmente, representa uma condição melhor ao apresentado no período pré-crise, em abril de 2013 (63%), além de ser o maior volume já registrado após a crise hídrica de 2014 (**Figura 6**).

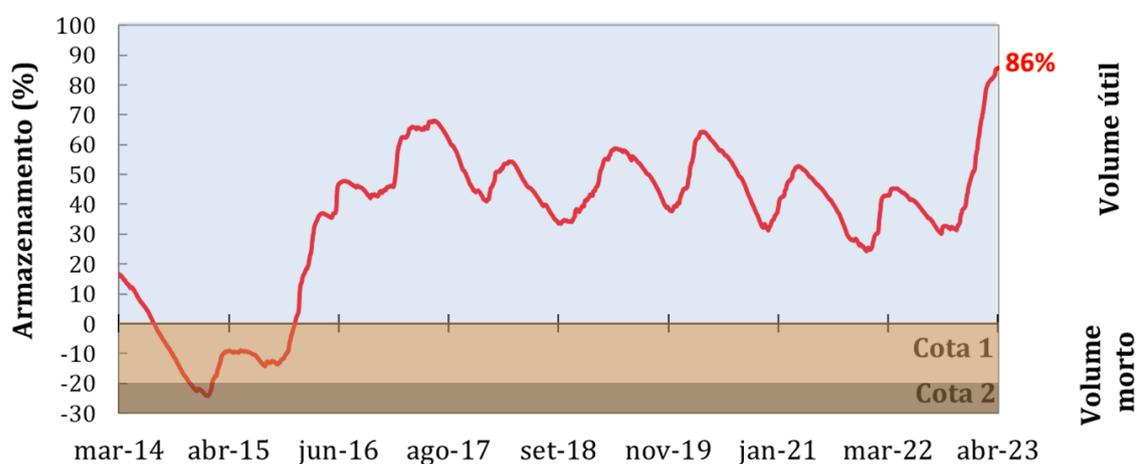


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a abril de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto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

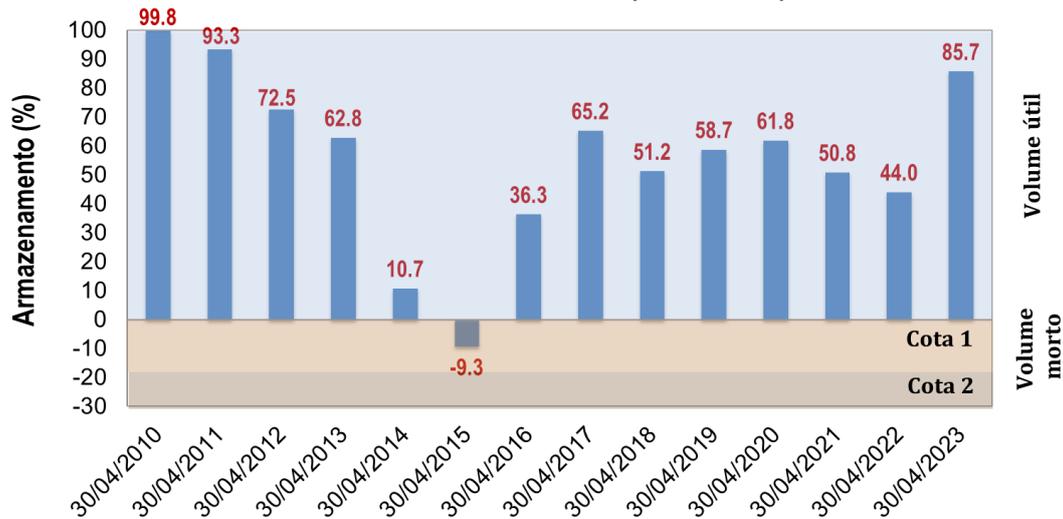


Figura 6. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o dia 30 de abril, dos anos de 2010 a 2023.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra atualmente no início do período seco, caracterizado por chuvas escassas que ocorrem basicamente 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 a ocorrência de algumas precipitações no âmbito da bacia, que embora relativamente fracas, deverão totalizar acumulados próximos à média histórica do período, que já é menor em função da época do ano. A tendência para a segunda semana (**Figura 8**), também indica a ocorrência de precipitações com valores ligeiramente superiores aos previstos para a primeira semana, ainda próximos dos valores médios.

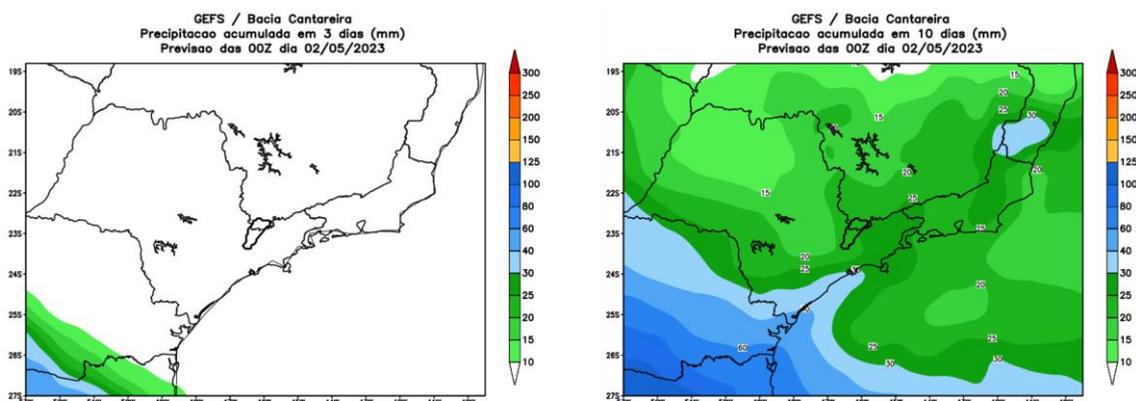


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

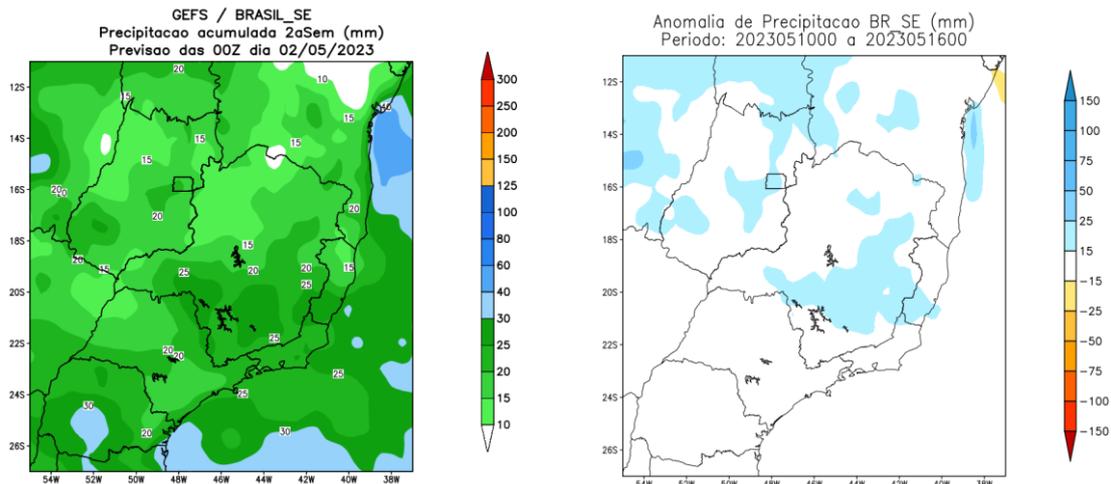


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (22 de abril a 01 de maio de 2023) e previstas (02 a 11 de maio de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 20 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, 28 m³/s. Esse valor é inferior à vazão média histórica para o mês de maio (34 m³/s), de acordo com a SABESP, como pode ser observado pela linha pontilhada preta da Figura 9 (inferior).

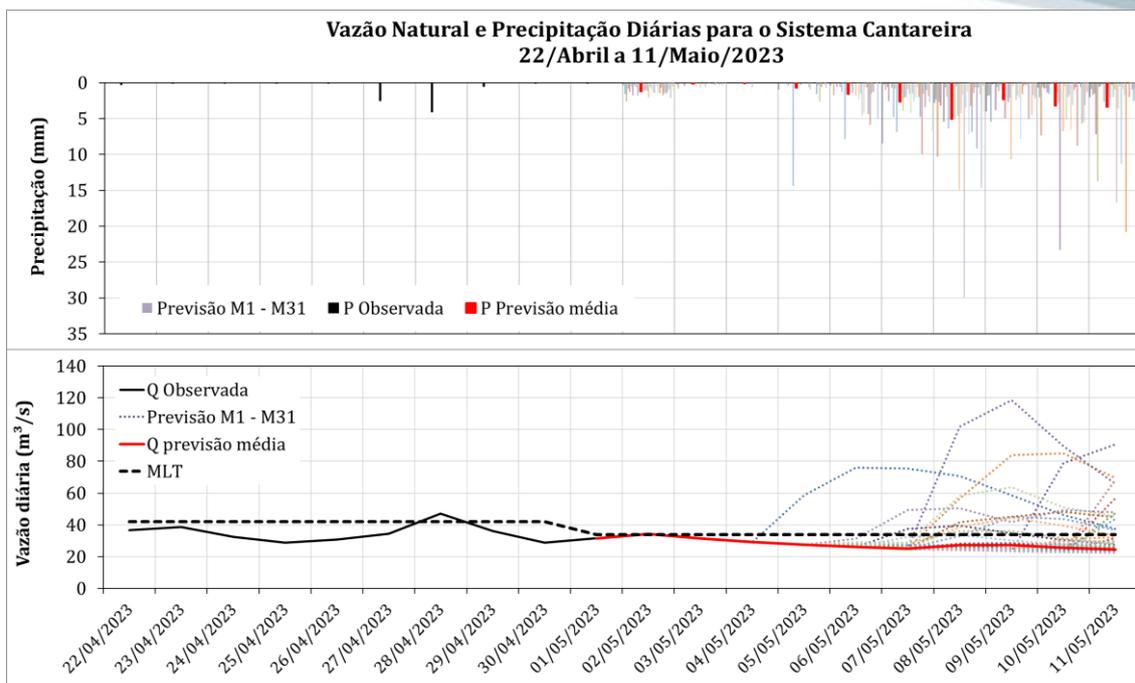


Figura 9. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 (02 a 11 de maio de 2023, **Figura 9**) e, a partir do dia 12 de maio 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 (maio a setembro de 2021).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média entre maio e setembro, seria em torno de $27 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa 100% 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 $22 \text{ m}^3/\text{s}$ (79%) e $17 \text{ m}^3/\text{s}$ (63%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica ocorrido em 2021 (valores de 43% em relação a média histórica), o modelo hidrológico aponta vazão média de $21 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente a 78% da média do período. Por outro lado, em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de $32 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente a 119% da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizados na **Tabela 1**.

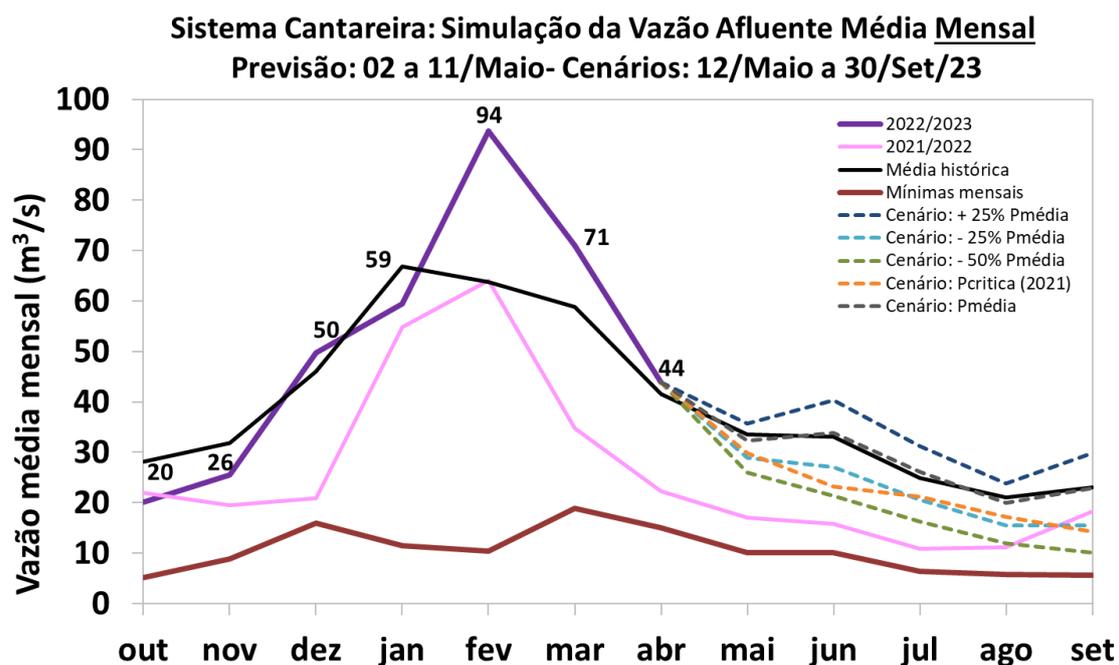


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 outubro de 2021 a setembro de 2022 (magenta); e série de outubro de 2022 a abril de 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); e (iii) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 3,8 m³/s e 1,0 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente. Os valores médios de Qjus utilizados nessas simulações referem-se aos anos 2016/2017, período que o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira foi o mais próximo (máximo de 68% da capacidade total) ao atual desde a crise hídrica de 2014.

Independente dos cenários de precipitações, as simulações indicam que o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira estaria acima de 60% da capacidade total, portanto, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%). Neste caso, ressalta-se que a contribuição advinda da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha não provoca alterações no armazenamento, uma vez que ela se mantém

inoperante. Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, por exemplo, as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final da estação seca 2023, com 74% do seu volume útil (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de setembro, com 66% e 60% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações mais otimista, 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 80%.

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.

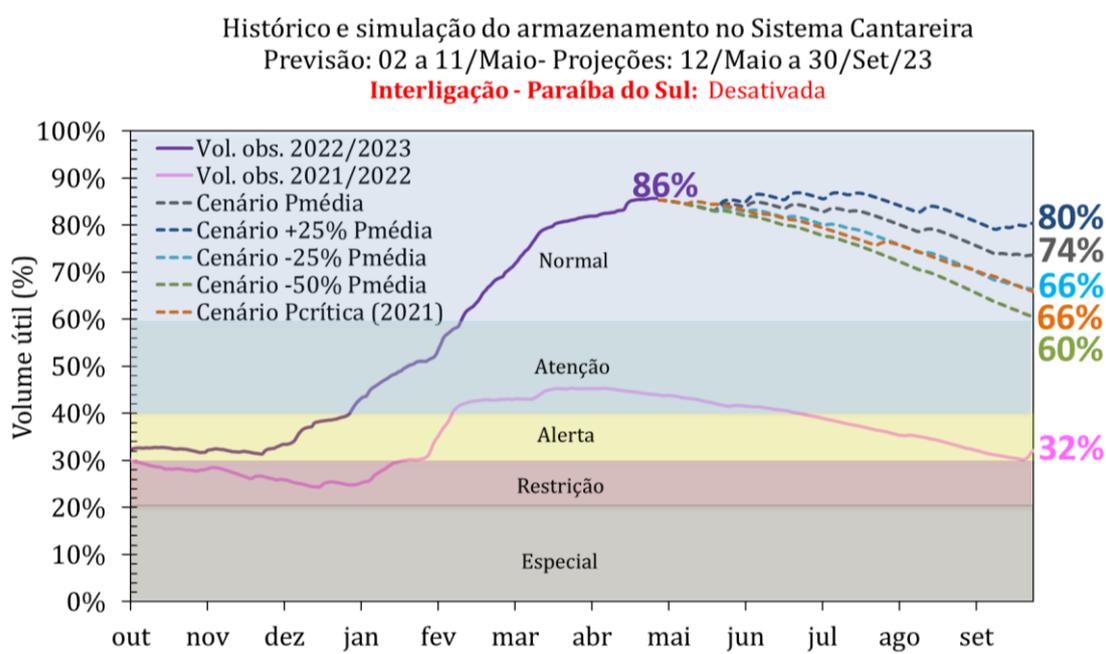


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações o aporte de 5,13 m³/s com a bacia do Rio Paraíba do Sul, entre o período de abril e setembro, não foi considerado uma vez que na faixa de operação normal, ela se mantém inoperante. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de outubro de 2021 a setembro de 2022 e a linha roxa no período outubro de 2022 a abril 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.