

Dezembro de 2022

Ano 08 | número 76

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 dezembro de 2022, e projeções hidrológicas de janeiro a março de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de dezembro de 2022, foi de 43%. Esse valor representa um aumento de 10% em relação ao mês anterior, e uma situação melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2021 (25%). 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 2022, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 20 m³/s. Ainda no mês de dezembro, a precipitação e a vazão no Sistema Cantareira foram equivalentes a 151% e 108% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica “Severa”, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para a escala temporal de 12 meses.

Com relação às projeções hidrológicas a partir do modelo PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN) (**Tabela 01**), as simulações indicam que, no cenário de precipitação na média histórica, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no período de janeiro a março de 2023, alcançaria 68 m³/s, o que representa um valor 8% acima da média histórica para este período. Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica e a interligação com o Paraíba do Sul, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final do horizonte de projeções, de 70%, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%). Para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média entre janeiro e março de 2023 seria de, aproximadamente, 79% e 138% da média histórica, respectivamente. A passo que, o volume armazenado no sistema, para esses mesmos cenários, alcançaria, no final de março de 2023, cerca de 59% (faixa de operação “Atenção”, armazenamento entre 40% e 60%) e 85% (faixa de operação “Normal”), respectivamente.

Caso a interligação se mantenha inoperante nos próximos três meses, o armazenamento no Sistema Cantareira, de acordo com o modelo hidrológico, alcançaria valores ligeiramente inferiores no final do horizonte de projeções. Para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, por exemplo, as projeções indicam que, o reservatório estaria com 67% do seu volume

¹ De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE N° 925.

útil (faixa de operação “Normal”). Considerando os cenários de precipitação 25% abaixo e acima da média histórica, o reservatório chegaria ao final de março, com 53% (faixa de operação “Atenção”) e 81% (faixa de operação “Normal”) do volume útil, respectivamente.

Tabela 01. Projeções de vazão (entre janeiro e março de 2023) e volume armazenado do Sistema Cantareira, com e sem interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (no final de março de 2023), 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.

	Cenários de Precipitação				
	50% abaixo da média histórica	25% abaixo da média histórica	Média histórica	25% acima da média histórica	Crítico (precipitação de 2014)
Janeiro a Março/2023					
Vazão Afluente (m3/s)	36	50	68	87	43
Vazão Afluente (% da MLT)	57%	79%	108%	138%	69%
31/03/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	48%	59%	70%	85%	54%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Normal	Normal	Atenção
31/03/2023 (Sem interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	42%	53%	67%	81%	48%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Normal	Normal	Atenção

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos de 2022, 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 579 mm (607² mm). Esse valor corresponde a 121% (127%²) da média histórica deste período (478 mm) e 52% (54%²) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (1116 mm).

No mês de dezembro, a precipitação acumulada foi de 310 mm (325² mm), equivalente a um valor de 51% (58%²) acima da média histórica para este mês (206 mm) (**Figura 2**). O sistema Cantareira apresentou, neste mês, condição de seca meteorológica moderada, de acordo com o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para a escala temporal de 12 meses (SPI-12 = -0.81) (**Figura 3a**). 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.

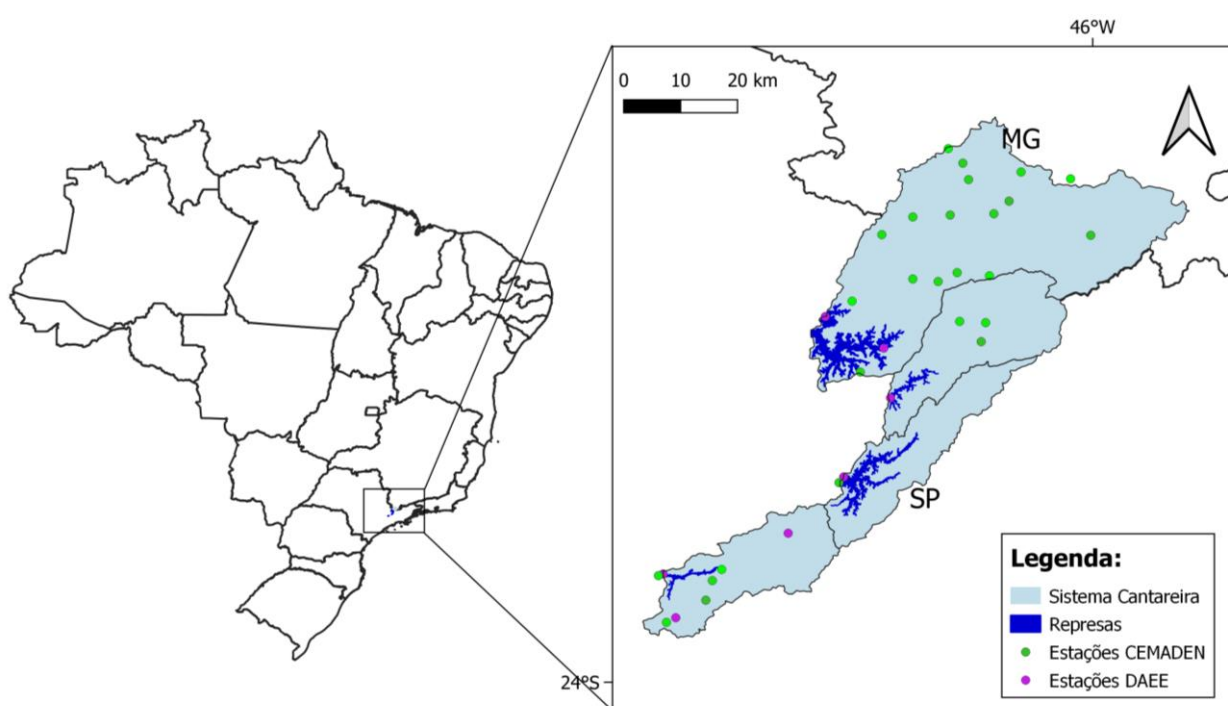


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos pretos), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 26 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

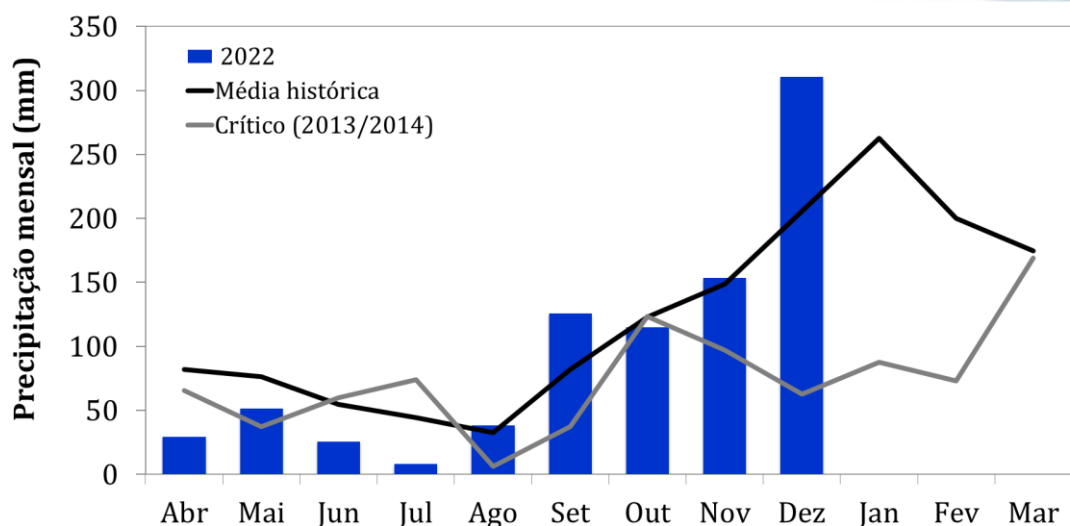


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e dezembro de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro. A linha cinza representa a precipitação crítica do histórico, entre o período de abril de 2013 e março de 2014.

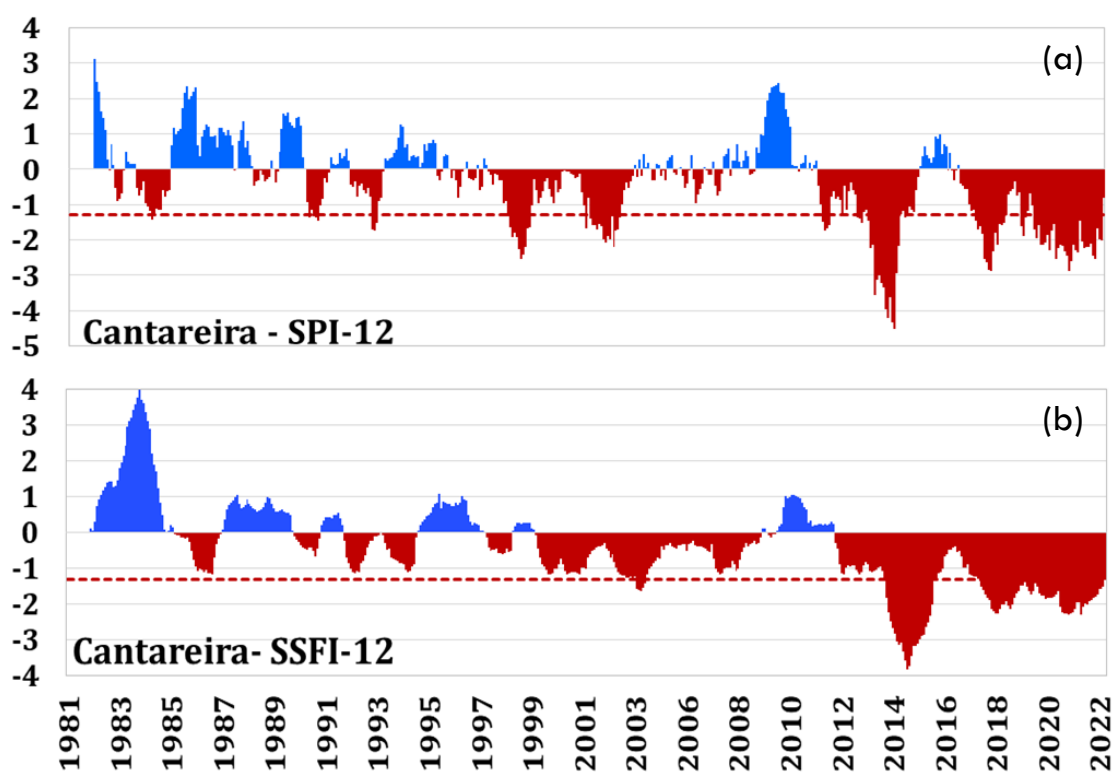


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (b) para o Sistema Cantareira, na escala temporal de 12 meses, referente ao mês de dezembro de 2022. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa à excepcional.

A média de vazão afluyente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) nos meses chuvosos de outubro a dezembro de 2022, de acordo com dados da

SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 32 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 91% da média histórica deste período (35 m³/s) e 65% 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 26 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 21 m³/s.

No mês de dezembro, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 50 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 8% acima da média mensal histórica (46 m³/s). O sistema Cantareira apresentou, em dezembro, condição de seca hidrológica severa (SSFI-12 = -1.32) como é possível observar a partir do Índice Padronizado de Vazão (SSFI), na **Figura 3b**. Ressalta-se que o sistema Cantareira vem enfrentando condições de seca hidrológica desde o início de 2012, à exceção dos meses de agosto a novembro de 2016.

Em dezembro, Qesi foi 20 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi 2 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de aproximadamente 22 m³/s. Neste mês, a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 5,9 m³/s. Ressalta-se que, a interligação em 2022 que manteve-se inoperante entre 09 de janeiro a 18 de abril, voltou novamente a ser desligada a partir de 28 de dezembro.

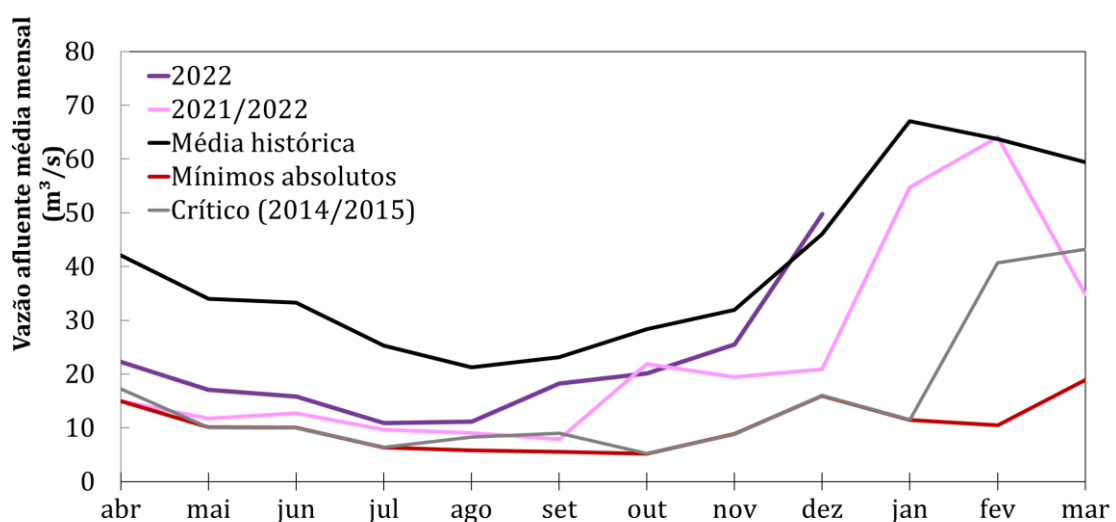


Figura 4. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

vazões médias mensais de: abril de 2014 a março de 2015, representando o período crítico do histórico; de abril de 2021 a março de 2022; e de abril a dezembro de 2022. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁵ são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 31 de dezembro de 2022 com 43% do volume útil (982,0 hm³), 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 aumento de 10% em relação ao final do mês anterior e uma situação melhor que no mesmo período do ano de 2021 (25%). Adicionalmente, também representa uma condição melhor ao apresentado no período pré-crise, em dezembro de 2013 (27%).

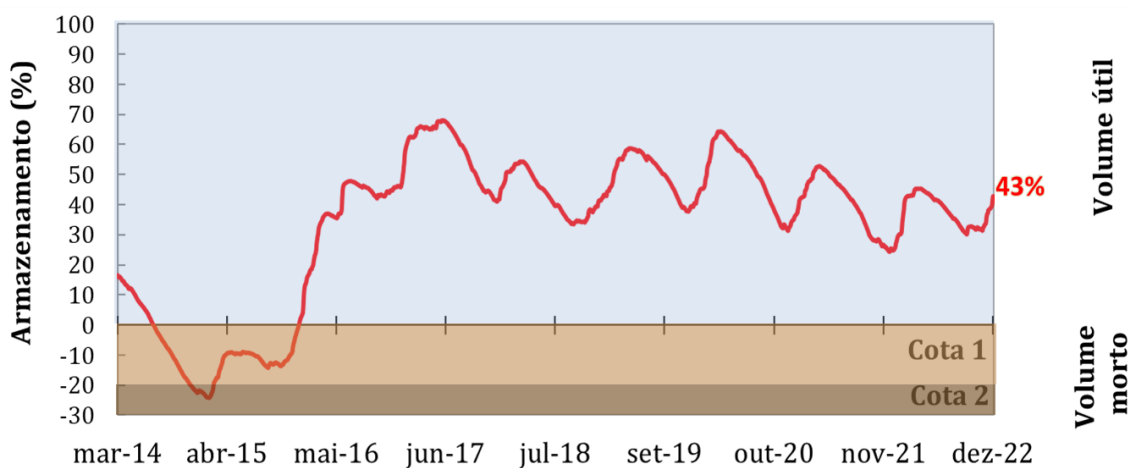


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a dezembro de 2022. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra atualmente no auge da estação chuvosa, que ocorre de outubro a março. Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a ocorrência de precipitações abundantes e generalizadas no âmbito da bacia, totalizando valores acumulados próximos à média histórica do período. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), também indica a ocorrência de chuva, embora com valores comparativamente menores, provavelmente ligeiramente inferiores à média histórica.

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.

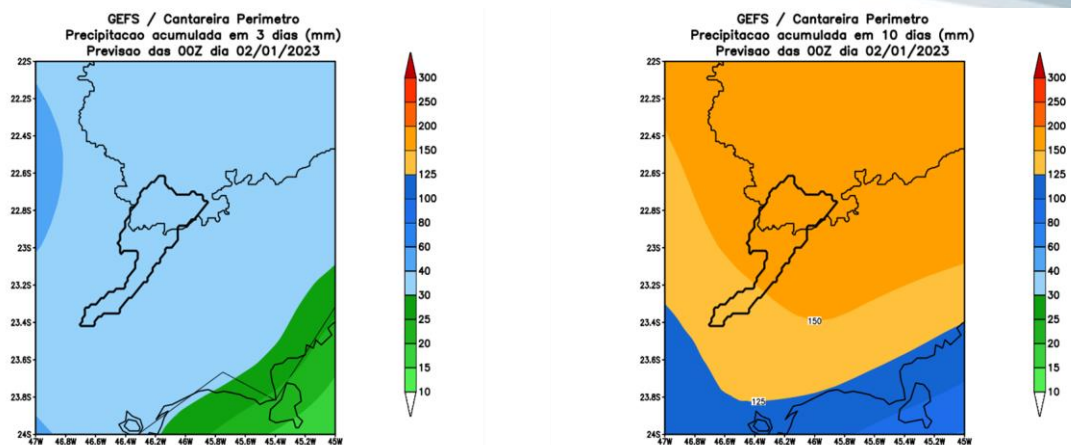


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.

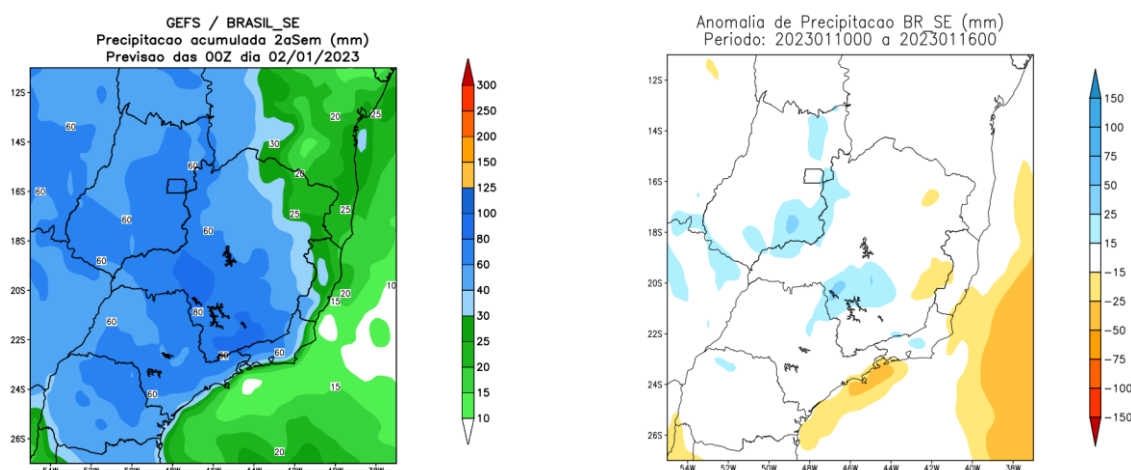


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (23 de dezembro de 2022 a 01 de janeiro de 2023) e previstas (02 a 11 de janeiro de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 106 mm. A **Figura 8** (inferior) exibe 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, 81 m³/s. Esse valor é ligeiramente inferior à vazão média observada no dia 01 de janeiro (86 m³/s), de acordo com a SABESP.

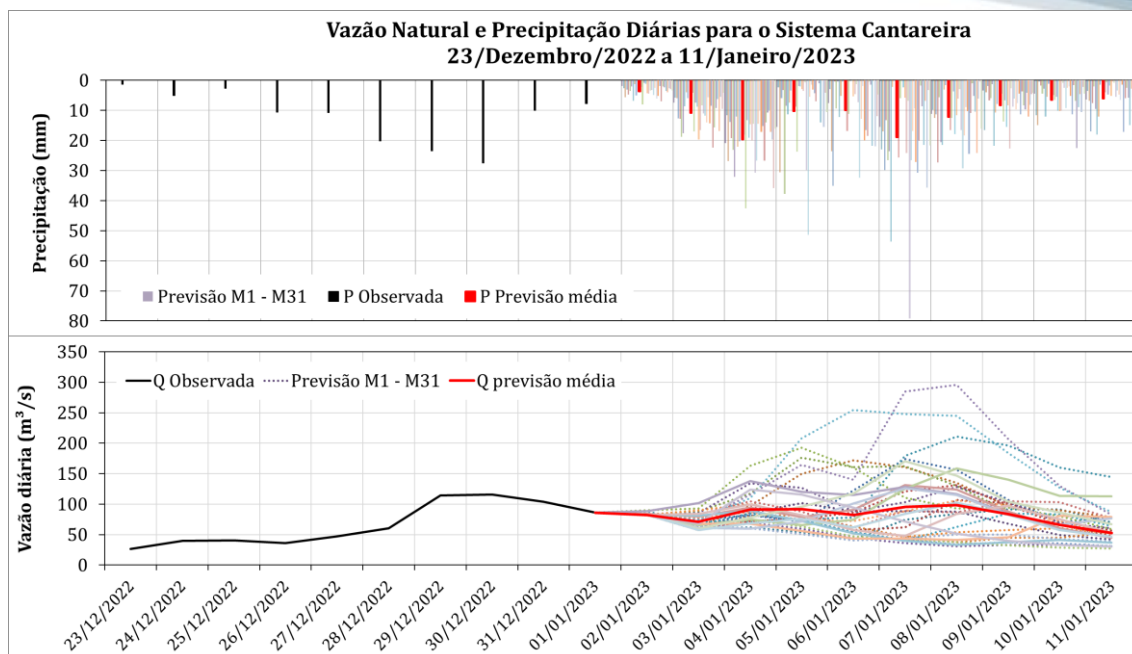


Figura 8. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior a linha preta representa a vazão observada, 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 9** 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 janeiro de 2023, **Figura 8**) e, a partir do dia 12 de janeiro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1981-2021), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (janeiro a março de 2014).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no período de janeiro a março de 2023 seria de, aproximadamente, 68 m³/s, 8% acima da média histórica para este período (63 m³/s). Para esse mesmo intervalo de tempo, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 79% e 57% da média histórica, respectivamente. No entanto, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 38% acima da média histórica deste período. Portanto, para os cenários de chuva na média e 25% acima da média, o modelo aponta vazões superiores aos valores médios do período.

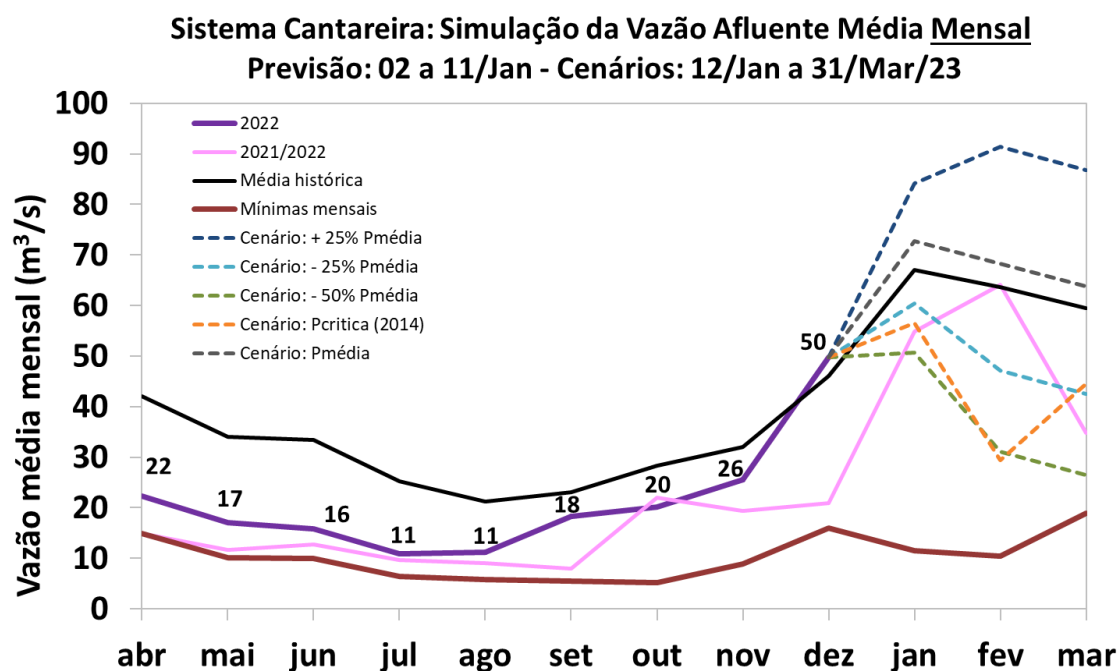


Figura 9. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 abril de 2021 a março de 2022 (magenta); e abril a dezembro de 2022 (roxo).

5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

A **Figura 10** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: (i) previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 8** e **Figura 9**, 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) com e sem o aporte médio de 5,13 m³/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 10,9 m³/s e 7,2 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2021/2022.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica e a interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (**Figura 8a**), as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final do horizonte de projeções (março de 2023) na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 70% do seu volume útil (**Tabela 01**).

Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria, ao final de março, na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 59% e 48% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 85%, na faixa de operação “Normal”.

Caso a interligação se mantenha inoperante nos próximos três meses, o armazenamento no Sistema Cantareira, de acordo com o modelo hidrológico, alcançaria valores ligeiramente inferiores (**Figura 8b**). Para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, por exemplo, as projeções indicam que, os reservatórios estariam, no final de março de 2023, com 67% do seu volume útil (faixa de operação “Normal”). Considerando os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios chegariam ao final de março, com 53% e 42% do volume útil (faixa de operação “Atenção”), respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 81%, 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.

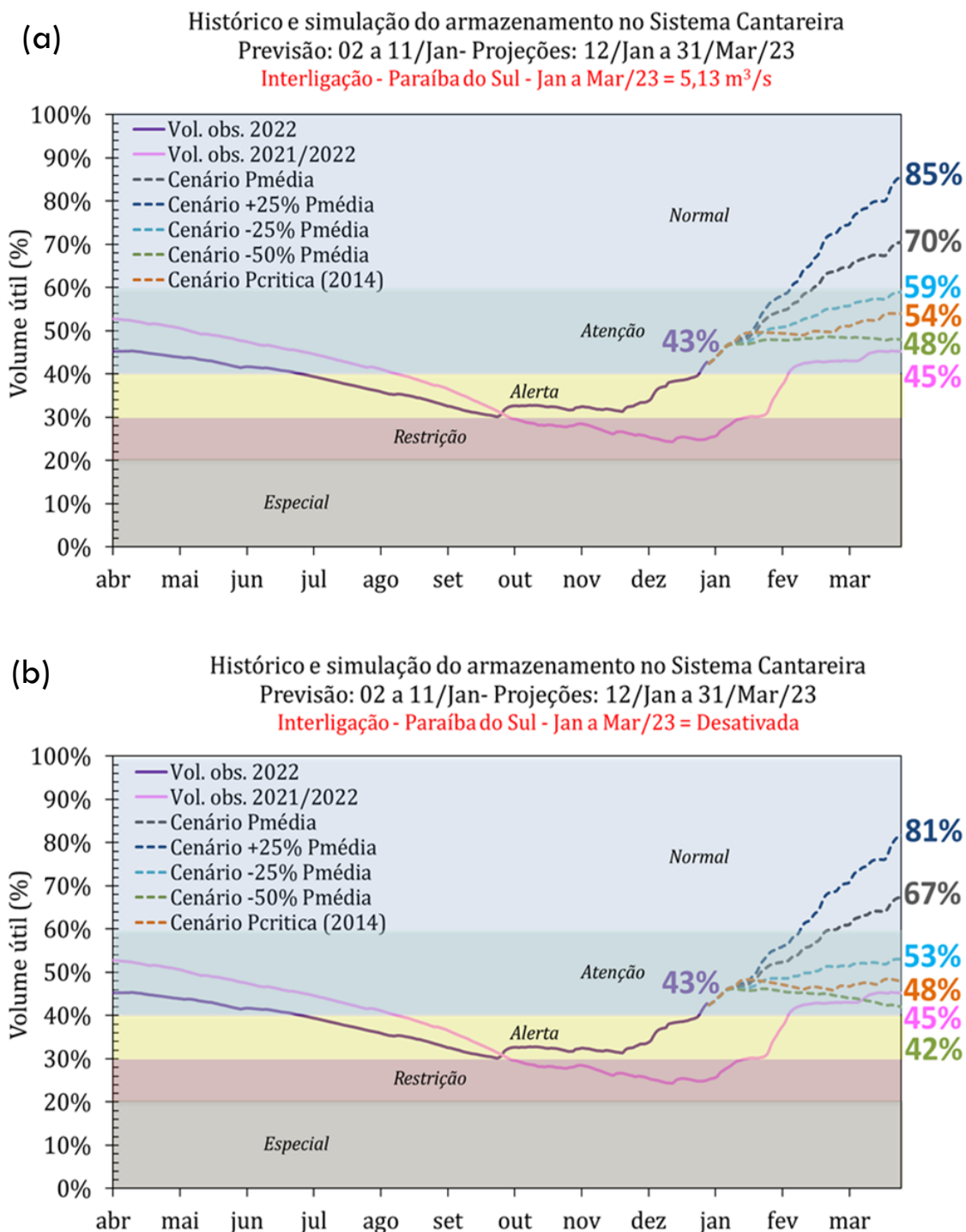


Figura 10. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerada tanto uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, entre janeiro e março de 2023, de 5,13 m³/s (a) quanto a desativação da interligação nesse mesmo período (b). A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2021 a março de 2022 e a linha roxa no período abril a dezembro de 2022. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925/2017.