

Julho de 2022

Ano 08 | número 71

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

Elaboração

Elisângela Broedel



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Preâmbulo

Localizado ao norte da Grande São Paulo, o Sistema Cantareira é formado por 5 reservatórios: Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras (**Figura 1**). Os quatro primeiros, de regularização de vazões, captam e desviam água através de túneis e canais, de alguns afluentes do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri, na bacia do Alto Tietê, até o reservatório Paiva Castro, também de regularização. Finalmente, as águas são bombeadas deste último para o reservatório Águas Claras, para o abastecimento de, atualmente, 7,4 milhões de pessoas na Região Metropolitana de São Paulo. O CEMADEN, desde 2014, devido à intensa seca na região Sudeste, estabeleceu um sistema de monitoramento, previsão e projeção de vazão e de armazenamento para o Sistema Cantareira, e desde janeiro de 2015 publica boletins periódicos da Situação Atual e Projeções Hidrológicas para o Sistema Cantareira.

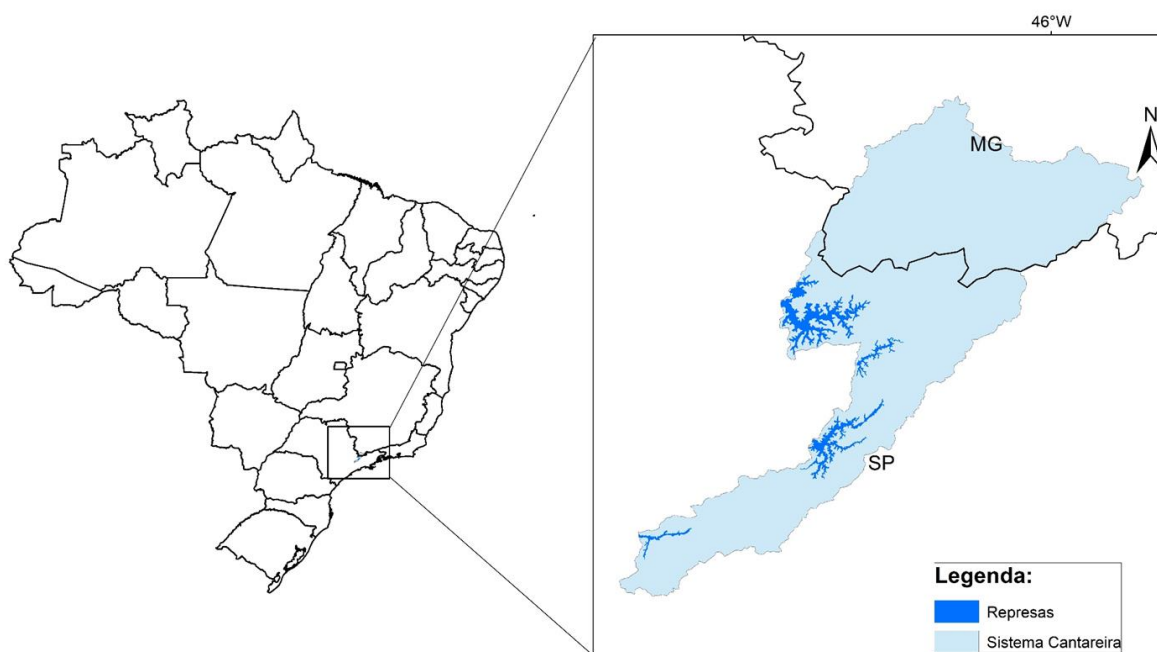


Figura 1: Mapa de localização da bacia de drenagem do Sistema Cantareira.

Esta edição do boletim traz um resumo da situação referente ao mês de julho de 2022, e projeções hidrológicas de agosto a dezembro de 2022. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de julho de 2022 apresentou um nível inferior (36%) quando comparado ao mesmo período do ano de 2021 (41%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Alerta” (armazenamento

entre 30% e 40%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 27 m³/s. Em julho de 2022, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 19 m³/s. Ainda no mês de julho, a precipitação e a vazão no Sistema Cantareira foram equivalentes a 19% e 43% da média histórica do mês, respectivamente.

Com relação às projeções, as simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no período de agosto a dezembro de 2022, alcançaria 24 m³/s, o que representa 83% da média histórica para este período (29 m³/s). Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final da estação seca (setembro de 2022), de 28%, na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%). Para um horizonte de tempo maior, dezembro de 2022, o volume útil alcançaria 35%, na faixa de operação “Alerta”. Adicionalmente, em um cenário de chuvas 25% abaixo da média, o modelo indica, para o mesmo período, vazão média de 50% da média histórica e armazenamento no final de dezembro, de 22%, na faixa de operação “Restrição”.

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

Sumário

Preâmbulo	2
1. Situação atual do Sistema Cantareira	5
2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira	8
3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias.....	9
4. Projeções de vazão afluyente para os próximos meses	9
5. Projeções de armazenamento para os próximos meses.....	10

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses da estação seca, de abril a julho de 2022, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² e 23 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 115 mm (108² mm). Esse valor corresponde a 45% (42%²) da média histórica (1983-2021) deste período (257 mm) e 31% (29%²) da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de abril a setembro (372 mm). Isso pode ser observado na **Figura 2a**, que exibe as anomalias de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2022, destacando um déficit de chuva tanto em relação à estação chuvosa 2021/2022 (barra azul), quanto à estação seca 2022 (barra vermelha). No mês de julho, de acordo com o monitoramento do Cemaden, a precipitação acumulada foi de apenas 8 mm, o que representa 19% da média histórica para este mês (44 mm) (**Figura 3**).

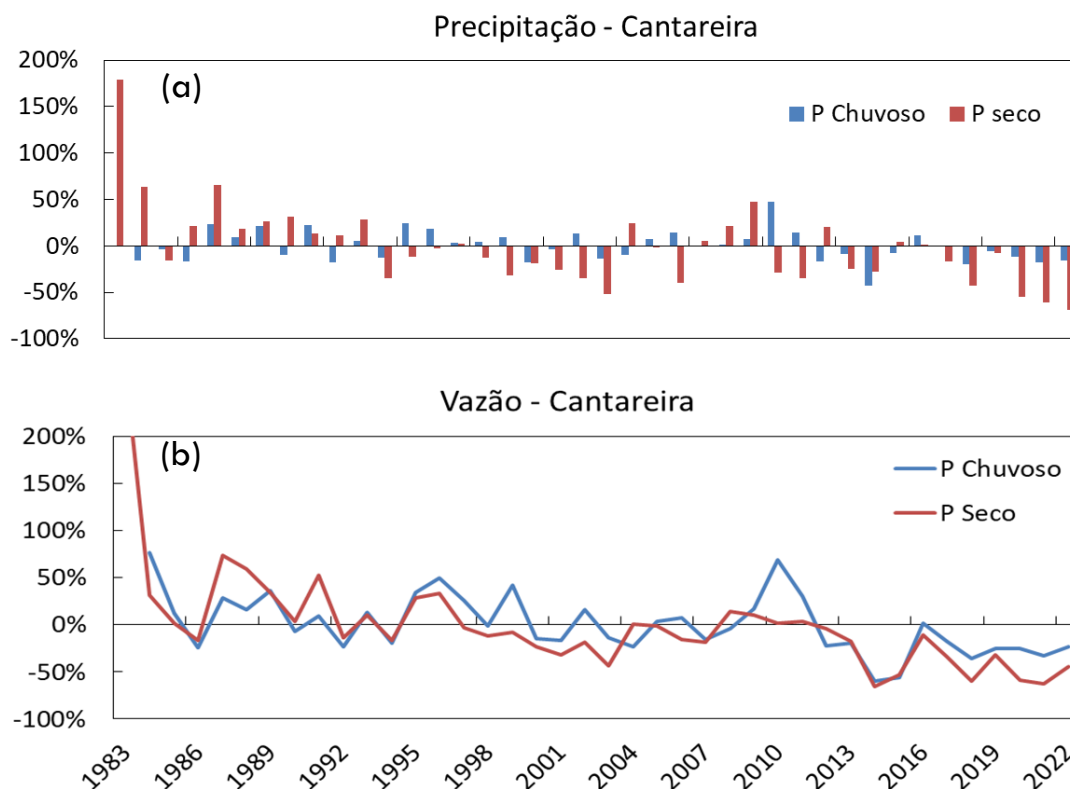


Figura 2. Anomalia de: (a) precipitação (P); e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

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

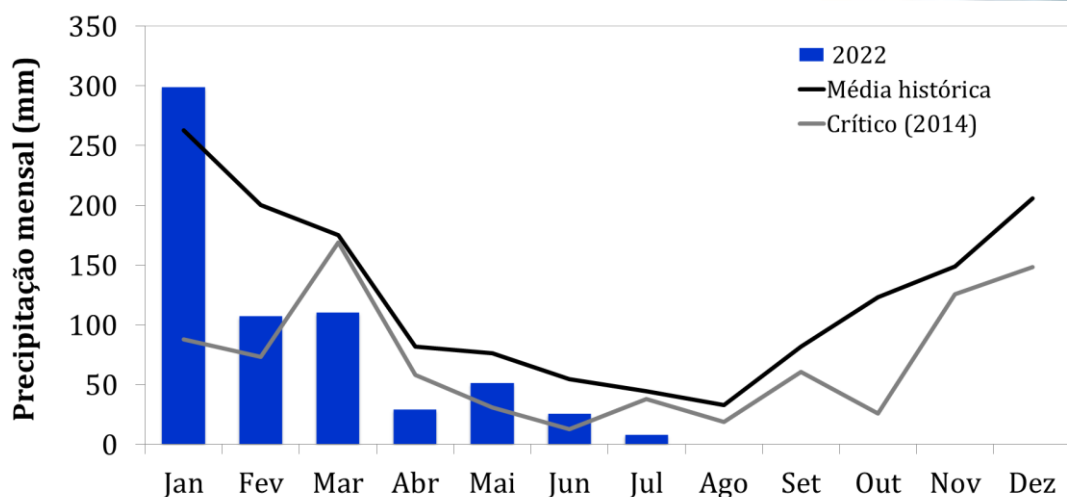


Figura 3. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre janeiro a julho de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro. A linha cinza representa a precipitação crítica do histórico, entre o período de janeiro a dezembro.

A média de vazão afluyente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) nos meses secos de abril a julho de 2022, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 16 m³/s. Esse valor corresponde 47% da média histórica deste período (34 m³/s) e de 56% da média histórica para a estação seca, compreendida entre abril a setembro (30 m³/s), como observado na **Figura 2b**. Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 31 m³/s, enquanto a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês) foi 20 m³/s.

Para o mês de julho, a média de vazão afluyente registrada foi 11 m³/s (**Figura 4**), o que representa 43% da média mensal histórica (25 m³/s). Neste mesmo período, a média de extração de água do Sistema Cantareira para o elevatório Santa Inês (Qesi), que abastece a região metropolitana de São Paulo, foi 19 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi, aproximadamente, 12 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 31 m³/s. Ainda no mês de julho de 2022 a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,5 m³/s. Ressalta-se que, a interligação que estava inoperante desde 09 de janeiro de 2021 foi reestabelecida em 19 de abril de 2022.

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

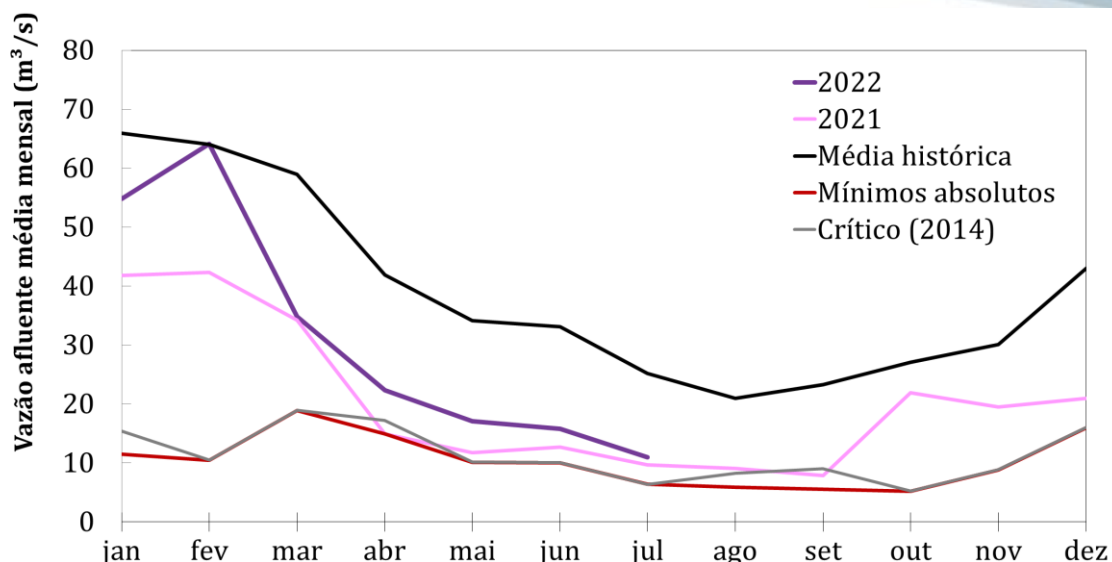


Figura 4. Vazão afluyente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais de: janeiro a dezembro de 2014, representando o período crítico do histórico; de janeiro a dezembro de 2021; e de janeiro a julho 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 julho de 2022 com 36% do volume útil (982,0 hm^3), na faixa de operação “Alerta” (nível de armazenamento entre 30% e 40%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza uma redução de 4% em relação ao final do mês anterior e uma situação pior que no mesmo período pré-crise (53% no final de julho de 2013).

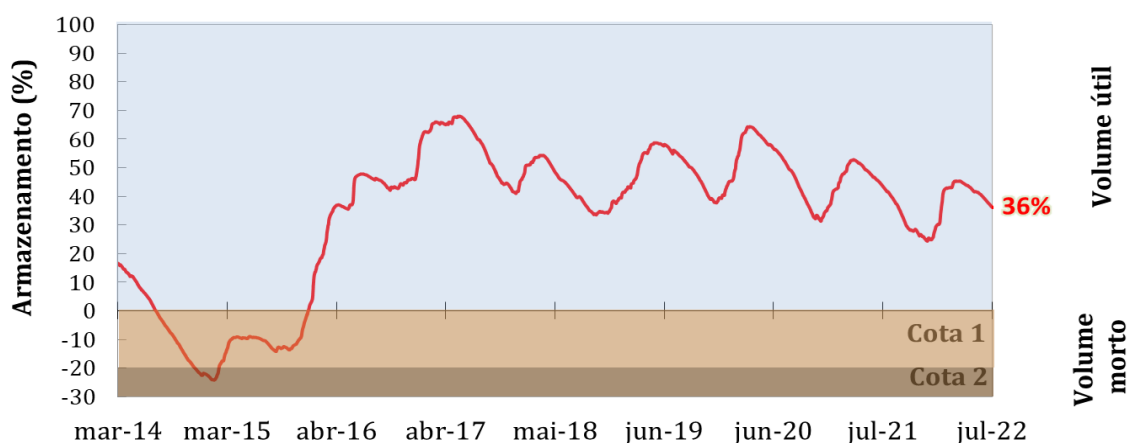


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm^3), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm^3) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm^3). Fonte dos dados: SABESP.

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.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra no auge do período seco, durante o qual as chuvas só ocorrem em decorrência da presença/passagem de sistemas meteorológicos específicos, como frentes frias. Em particular para os próximos 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a passagem de uma frente fria que deverá provocar algumas precipitações de fraca intensidade, porém com volumes totais considerados normais para a época. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), também indica a possibilidade de chuva em decorrência da passagem de outro sistema frontal.

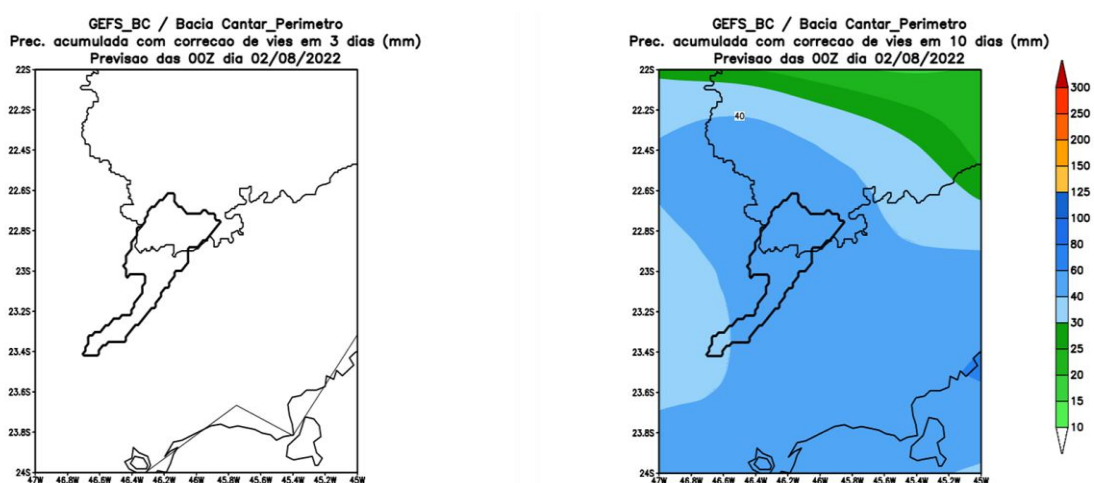


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

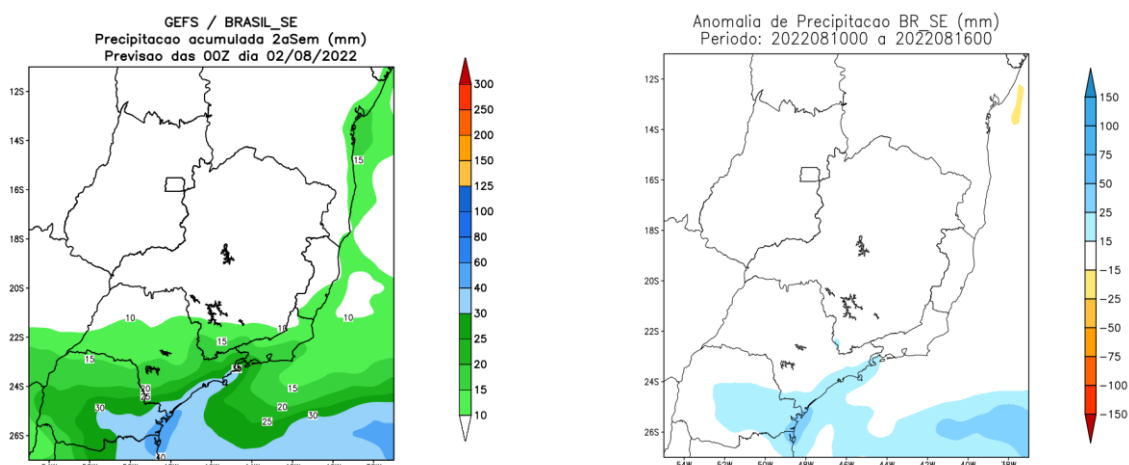


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (23 de julho a 01 de agosto de 2022) e previstas (02 a 11 de agosto de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 22 mm. A **Figura 8** (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, $11 \text{ m}^3/\text{s}$.

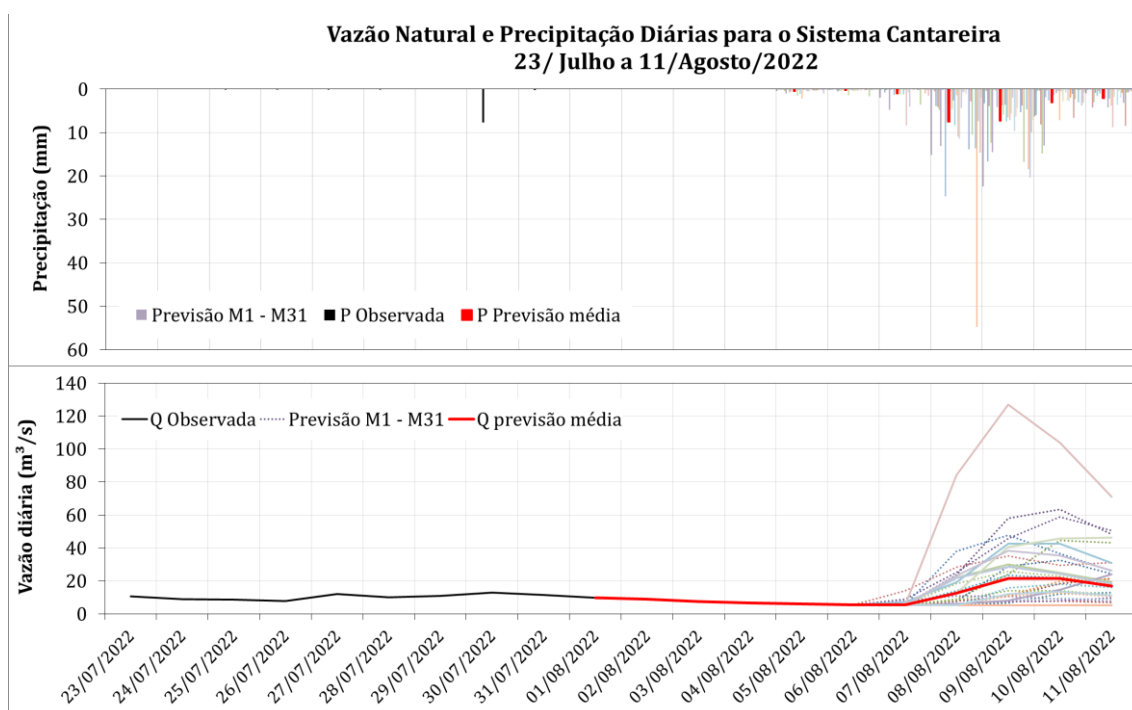


Figura 8. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 afluyente para os próximos meses

A **Figura 9** apresenta as médias mensais de vazão afluyente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (02 a 11 de agosto de 2022, **Figura 8**) e, a partir do dia 12 de agosto foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1983-2021), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (agosto a dezembro de 2013).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no período de agosto a dezembro de 2022 seria de, aproximadamente, 24 m³/s, 83% da média histórica para este período (29 m³/s). Para esse mesmo período, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 50% e 28% da média histórica, respectivamente. Adicionalmente, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 17% acima da média histórica deste período.

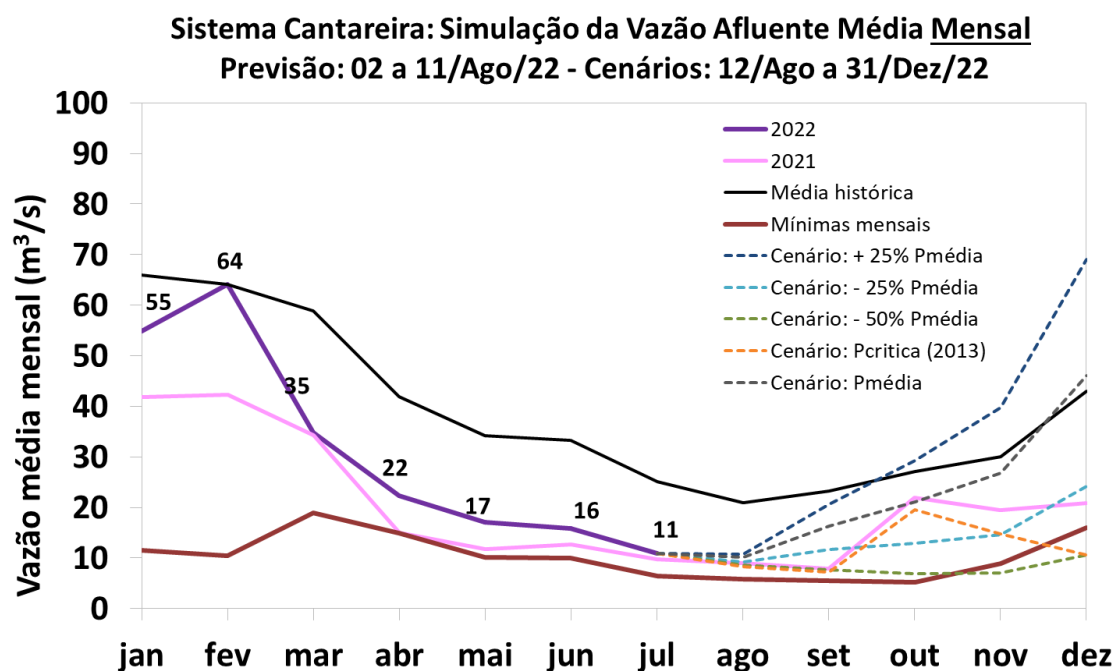


Figura 9. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 de janeiro a dezembro de 2021 (magenta); e de janeiro a julho 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 (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 (abaixo do praticado no mês

de julho), reativada no dia 19 de abril de 2022 e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 10,6 m³/s e 7,0 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2020/2021.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final da estação seca (setembro de 2022) na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%), com 28% do seu volume útil (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório também ficaria, no final de setembro de 2022, na faixa de operação “Restrição”, com volume útil de 26% e 25%, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 29%, aproximadamente, na faixa de operação “Restrição”.

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 (dezembro de 2022) na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% a 40%), com 35% do seu volume útil. Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório estaria, ao final de dezembro de 2022, nas faixas de operação “Restrição” e “Especial” (armazenamento entre 0% a 20%) com 22% e 15% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 45%, na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% a 60%). 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: 02 a 11/Ago - Projeções: 12/Ago a 31/Dez/2022
 Interligação - Paraíba do Sul - Agosto a Dezembro = 5,13 m³/s

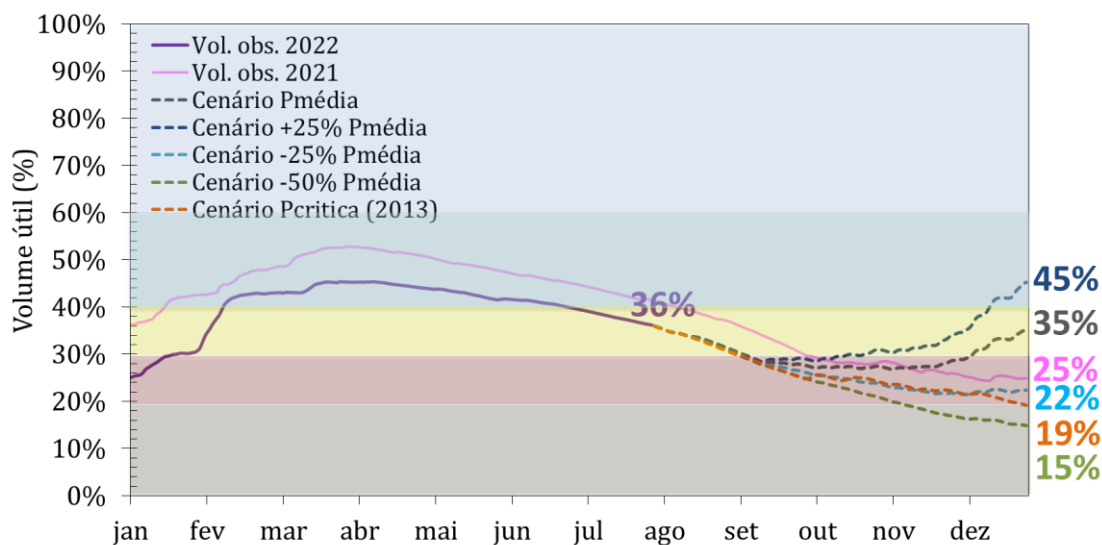


Figura 10. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m³/s entre agosto a dezembro de 2022. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de janeiro a dezembro de 2021 e a linha roxa no período de 01 de janeiro a 31 de julho de 2022. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

Tabela 01. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira, no final dos meses de setembro e dezembro de 2022, 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 2013)
30/09/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	24%	25%	27%	28%	24%
Faixa de operação	Restrição	Restrição	Restrição	Restrição	Restrição
Extração máxima (m ³ /s)	23 m ³ /s	23 m ³ /s	23 m ³ /s	23 m ³ /s	23 m ³ /s
31/12/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	15%	22%	35%	45%	19%
Faixa de operação	Especial	Restrição	Alerta	Atenção	Especial
Extração máxima (m ³ /s)	15,5 m ³ /s	23 m ³ /s	27 m ³ /s	31 m ³ /s	15,5 m ³ /s