

Dezembro de 2021

Ano 07 | número 64

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

Tárcio Lopes

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 (como mostrado na **Figura 1**) e Águas Claras (fora da área da 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.

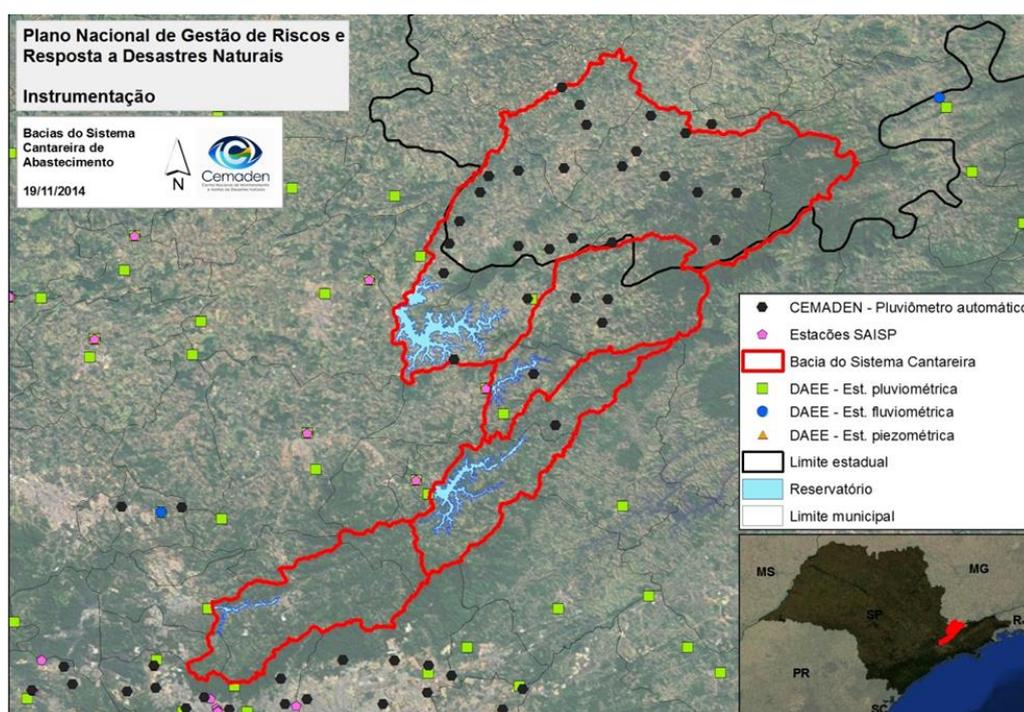


Figura 1: Localização do Sistema Cantareira no contexto do estado de São Paulo. Pontos pretos destacam Estações pluviométricas do CEMADEN, quadrados verdes destacam as do DAEE. Os espelhos de água são destacados em azul.

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.

Esta edição do boletim traz a situação para o mês de dezembro de 2021, e projeções hidrológicas de janeiro a abril de 2022. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de dezembro de 2021 (25%), é pior quando comparada ao mesmo período do ano de 2020 (36%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% e 30%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 23 m³/s. Em dezembro de 2021, a média desta vazão de extração

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

para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi 22 m³/s. Ainda em dezembro, tanto a precipitação quanto a vazão registradas no Sistema Cantareira ficaram abaixo da média. A precipitação foi o equivalente a 66% da média histórica do mês, enquanto a vazão afluente aos reservatórios foi 48% da média histórica.

Com relação às projeções, considerando um cenário hipotético de chuvas na média histórica de janeiro a abril de 2022, o modelo hidrológico projeta que a média de vazão afluente seria 94% da média histórica do período, ou seja, 54 m³/s e o armazenamento no sistema, no final de abril de 2022, poderá chegar a 49% (na faixa de operação “Atenção”). Considerando um cenário de chuvas 25% abaixo da média, o modelo indica, para o mesmo período, vazão cerca de 66% da média histórica e armazenamento no final do horizonte de projeções, de 34% (na faixa de operação “Alerta”).

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	10
5. Projeções de armazenamento para os próximos meses.....	11

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos, de 01 de outubro a 31 de dezembro de 2021, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP e 16 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 416 mm (414² mm), o que representa cerca de 37% (37%²) da média histórica da estação chuvosa (outubro a março) de 1983-2020 (1121 mm). Isso pode ser observado na **Figura 2a**, que exibe as anomalias de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2021, destacando assim, a importância da ocorrência de chuvas nos próximos meses, para a recuperação do sistema. No mês de dezembro de 2021, a precipitação acumulada foi 136 mm (137² mm), o que representa 65% (66%²) da média histórica para este mês (208 mm) (**Figura 3**).

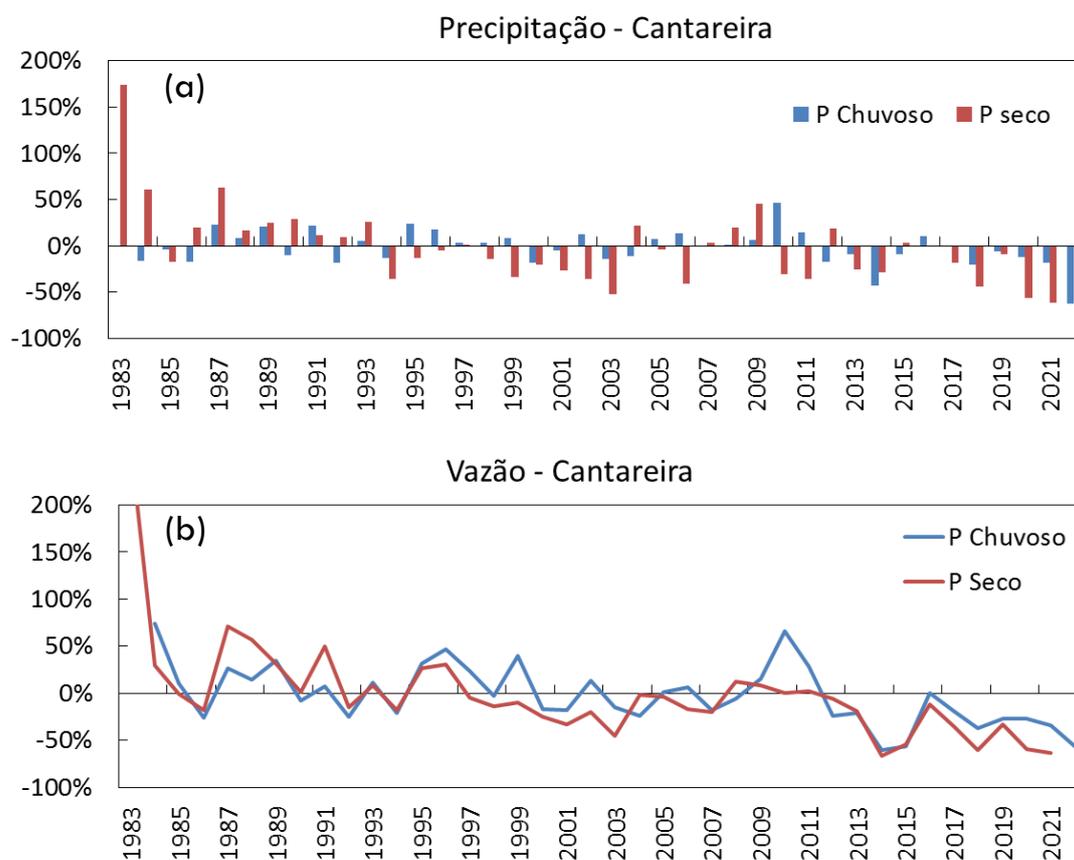


Figura 2. Anomalia de (a) precipitação (P) e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

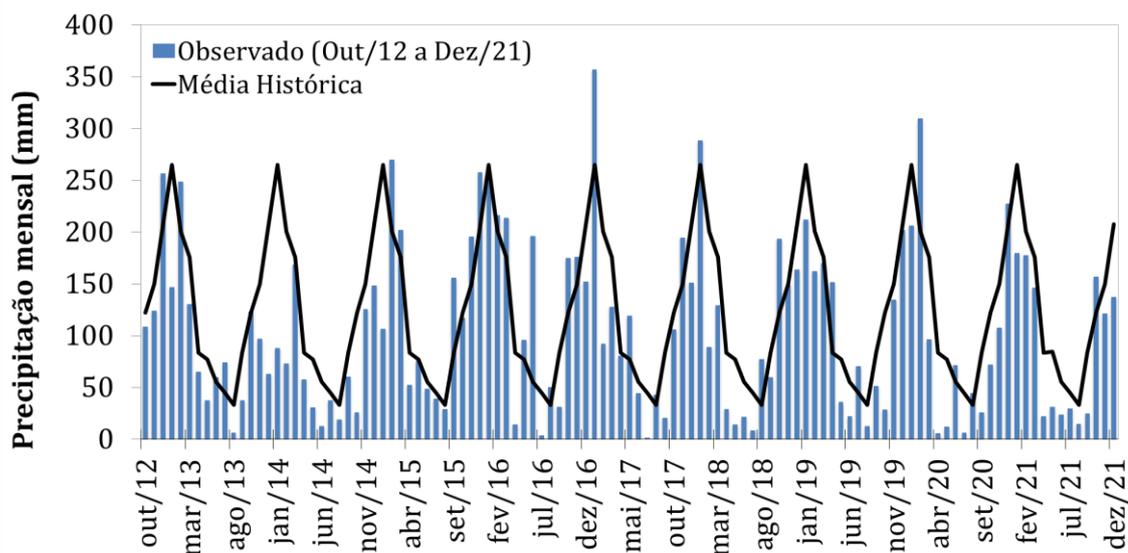


Figura 3. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2012 a dezembro de 2021. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de outubro a dezembro de 2021, de acordo com dados da SABESP² e da ANA³ foi 21 m³/s. Esse valor corresponde a 62% da média deste período (34 m³/s) e 43% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre outubro a março (49 m³/s) como observado na **Figura 2b**. Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 32m³/s, enquanto a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês), foi 23 m³/s. Durante o período de 01 de outubro a 31 de dezembro de 2021, a média do aporte recebido através da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi 5,0 m³/s. É importante salientar que, após desligamento das bombas no início de setembro de 2021, devido ao limite anual de transferência de água entre os dois sistemas (162 milhões m³) ter sido alcançado, foi aprovada em outubro, em caráter excepcional e temporário, até 31 de dezembro de 2021, a manutenção da transferência do reservatório da UHE Jaguari para o reservatório Atibainha, no valor máximo de 5,13 m³/s para armazenamento do sistema menor que 30%.

Para o mês de dezembro de 2021, a média de vazão afluente foi 21 m³/s (**Figura 4**), o que representa 48% da vazão média mensal histórica (44 m³/s). Para o 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 22 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com a bacia dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá (Região do PCJ), foi 9,2 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 31 m³/s (**Figura 5**). Ainda no mês de dezembro, de acordo com a SABESP, a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 6,3 m³/s.

² SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Situação dos Mananciais.

³ ANA: Agência Nacional de Águas.

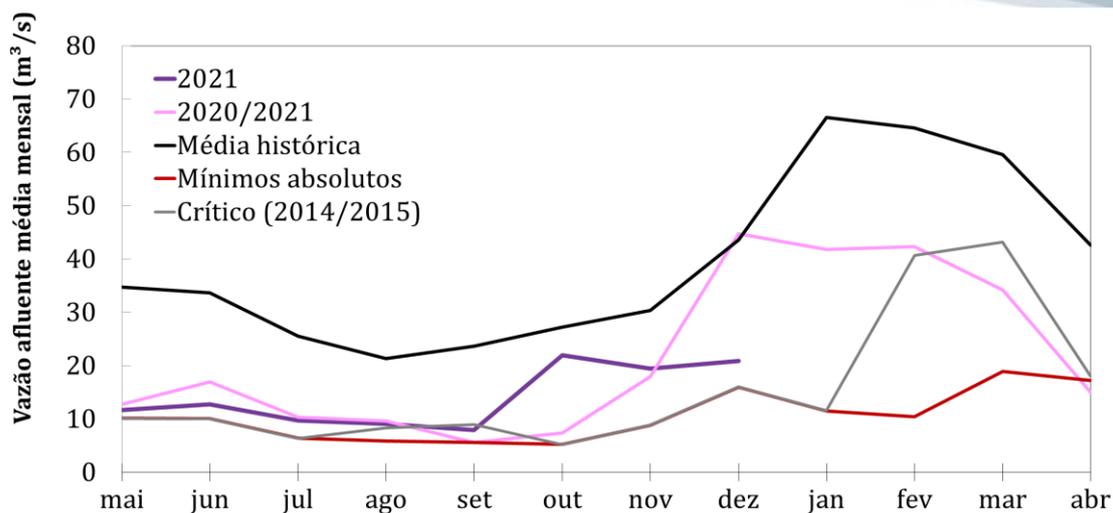


Figura 4. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2020. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de maio de 2014 a abril de 2015, representando o período crítico do histórico, de maio de 2020 a abril de 2021 e de maio a dezembro de 2021. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução diária, de 01 de março de 2014 a 31 de dezembro de 2021, da vazão afluente e vazão de extração do reservatório somada à vazão defluente podem ser observados na **Figura 5**. Para este mesmo período, a evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁴ pode ser observada na **Figura 6**. O Sistema operou no final do mês de dezembro de 2021 com 25% do volume útil ($982,0 \text{ hm}^3$), na faixa de operação “Restrição” (nível de armazenamento entre 20% e 30%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

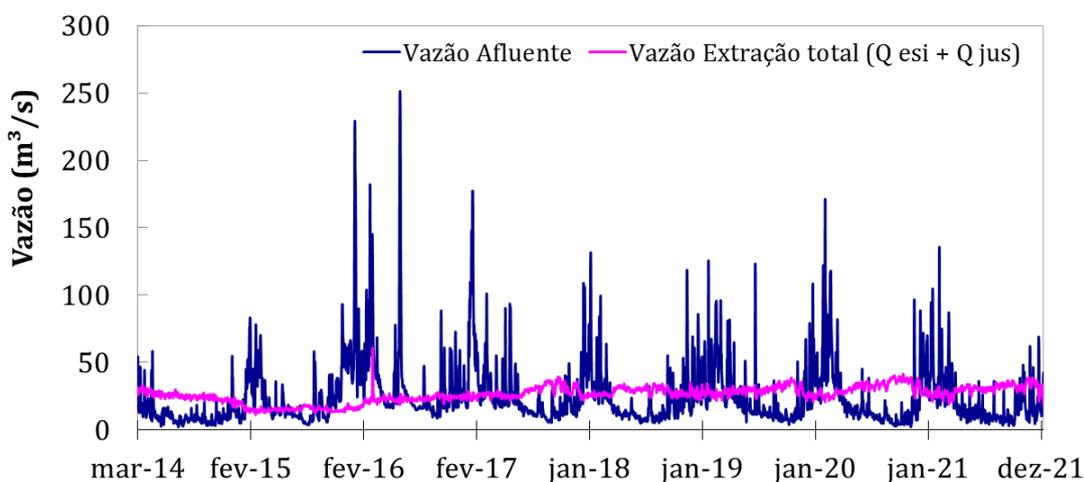


Figura 5. Evolução das vazões (m^3/s) diárias observadas no Sistema Cantareira: afluente (linha azul) e extração total, referente à vazão para atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo –

⁴ 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.

Q esi - somada à vazão a jusante para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jaguari – Q jus (linha magenta).
 Fonte dos dados: SABESP.

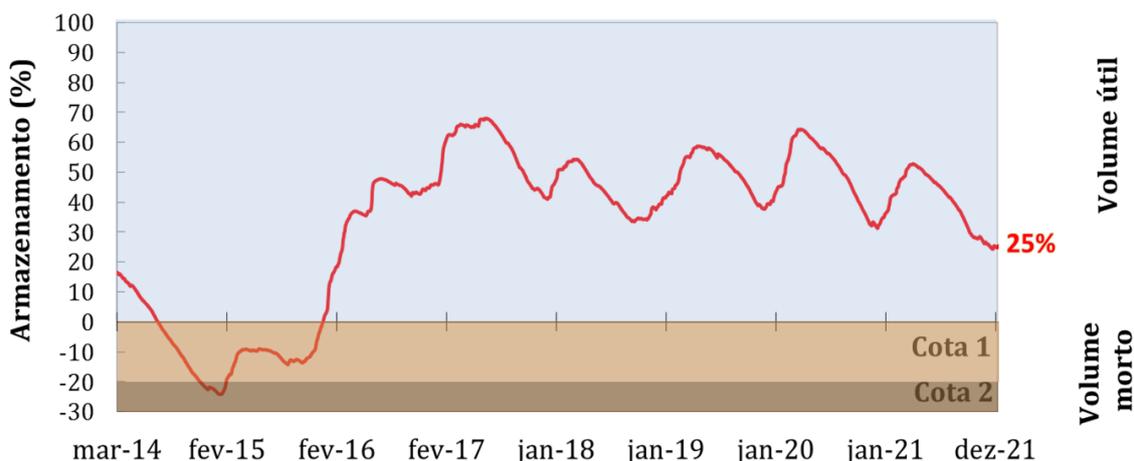


Figura 6. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra atualmente no auge do período chuvoso, que tem apresentado irregularidade ao longo dos meses. Em particular, para os próximos 3 e 10 dias (**Figura 7**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) indicam que as precipitações terão volumes próximos aos valores médios da época. A tendência para a segunda semana (**Figura 8**), também aponta a possibilidade de chuva, embora provavelmente com acumulados pluviométricos inferiores à média histórica.

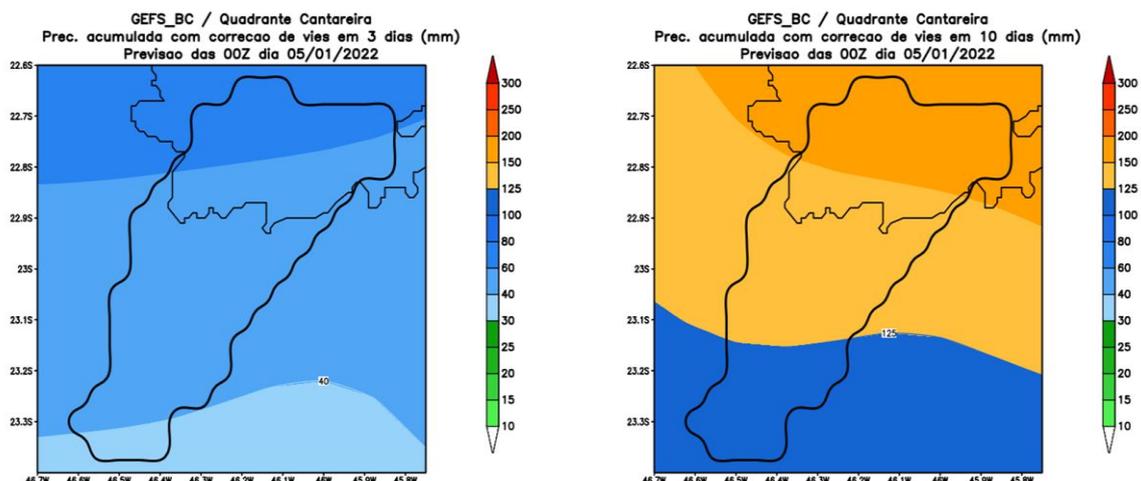


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

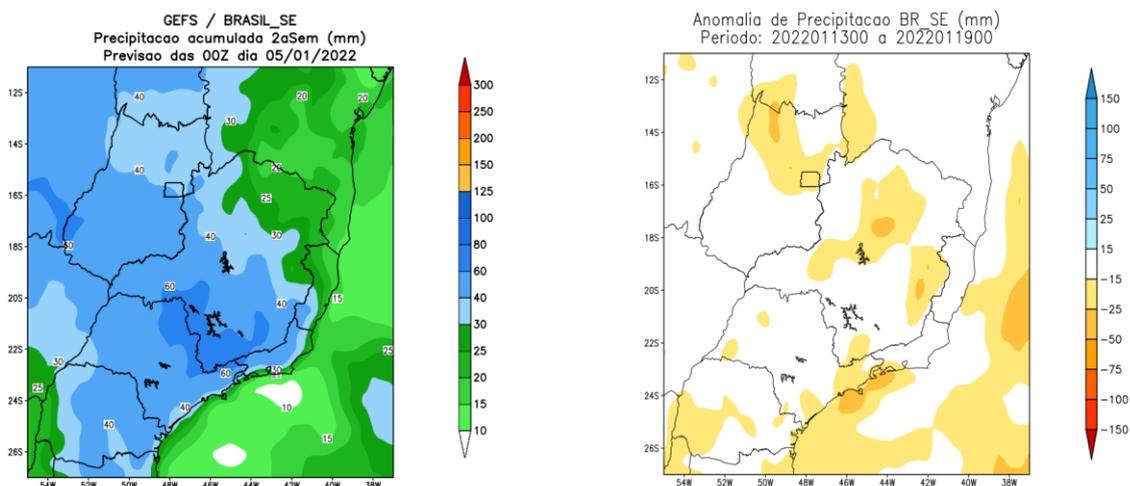


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (26 de dezembro de 2021 a 04 de janeiro de 2022) e previstas (05 a 14 de janeiro de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 90 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, 45 m³/s.

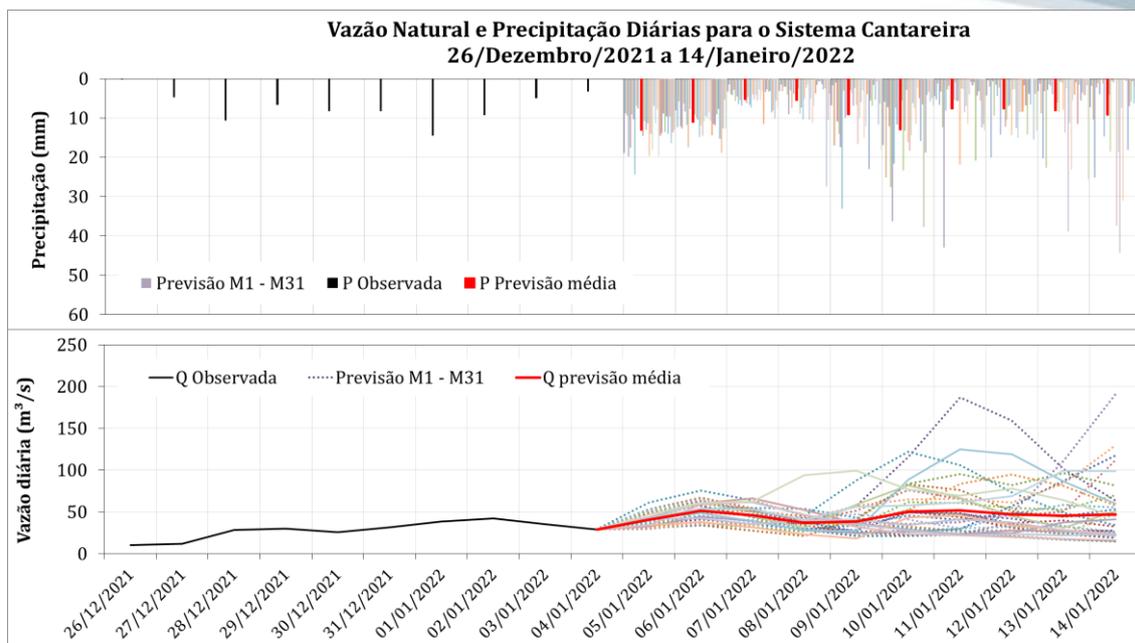


Figura 9. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 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 janeiro de 2022, **Figura 9**) e, a partir do dia 15 de janeiro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1983-2020), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (janeiro a abril de 2014). As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente no período de janeiro a abril de 2022, poderá alcançar cerca de 55 m³/s, o que representa 94% da média histórica para este período. Para cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 66% e 43% da média histórica desse mesmo período, respectivamente.

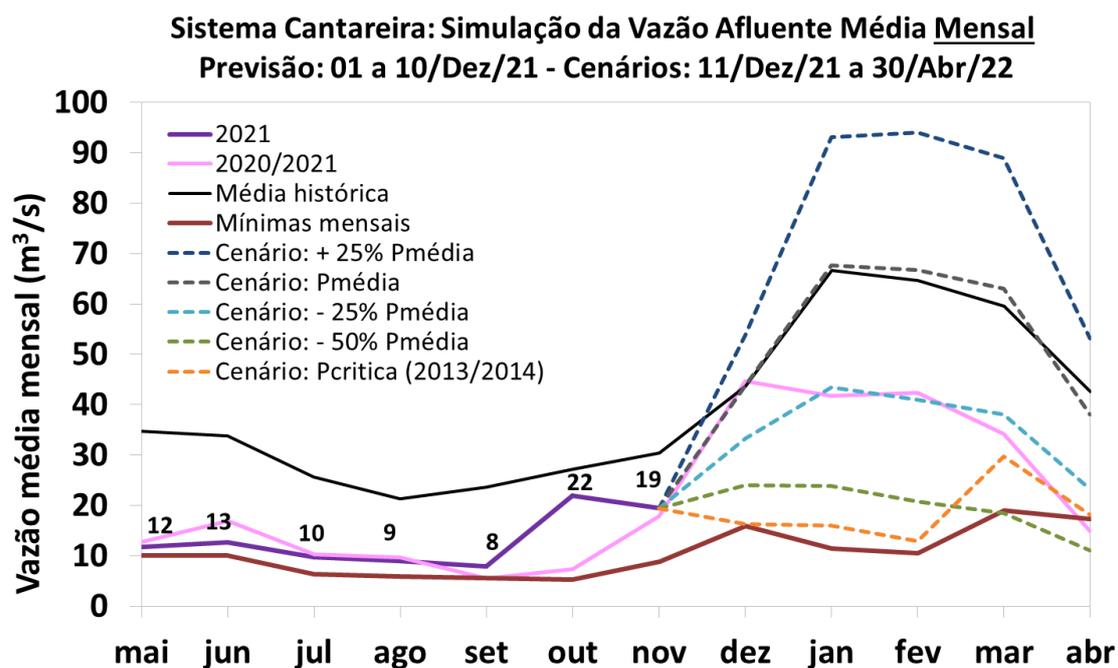


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 maio de 2020 a abril de 2021 (magenta); e de maio a dezembro de 2021 (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: previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 9** e **Figura 10**, respectivamente; 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; e vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) igual à média praticada em dezembro de 2021, 9,2 m³/s. Nas simulações o aporte de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul (de acordo com a Resolução ANA Nº 1931) que havia sido aprovado em carácter excepcional, até 31 de dezembro de 2021, volta a operar normalmente a partir de janeiro de 2022.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estará no final do horizonte de projeções (abril de 2022) na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% a 60%), com 49% do seu volume útil (**Tabela 01**). Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório estaria, respectivamente, ao final de abril de 2022, na faixa de operação “alerta” (armazenamento entre 30% a 40%) e faixa de operação “restrição” (armazenamento entre 20% e 30%). Ressalta-se que esses cenários podem ser modificados de acordo com mudanças na vazão de interligação com o 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: 05 a 14/Jan - Projeções: 15/Jan a 30/Abr/2022
 Interligação - Paraíba do Sul - Jan a Abr/22= 5,13 m³/s

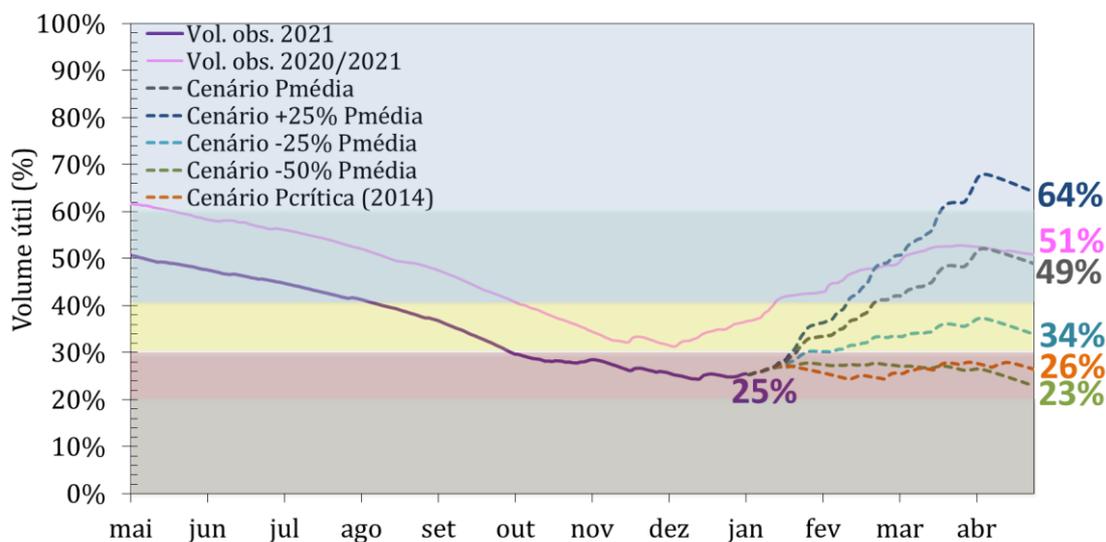


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nesta simulação foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m³/s entre janeiro a abril de 2022. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira entre maio de 2020 a abril de 2021 e a linha roxa no período de maio a dezembro de 2021. 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 de fevereiro e abril 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 2014)
28/02/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	28%	33%	41%	49%	24%
Faixa de operação	Restrição	Alerta	Atenção	Atenção	Restrição
Extração máxima (m ³ /s)	23 m ³ /s	27 m ³ /s	31 m ³ /s	31 m ³ /s	23 m ³ /s
30/04/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	23%	34%	49%	64%	26%
Faixa de operação	Restrição	Alerta	Atenção	Normal	Restrição
Extração máxima (m ³ /s)	23 m ³ /s	27 m ³ /s	31 m ³ /s	33 m ³ /s	23 m ³ /s