

Setembro de 2021

Ano 07 | número 61

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

Karinne Deusdará-Leal

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.

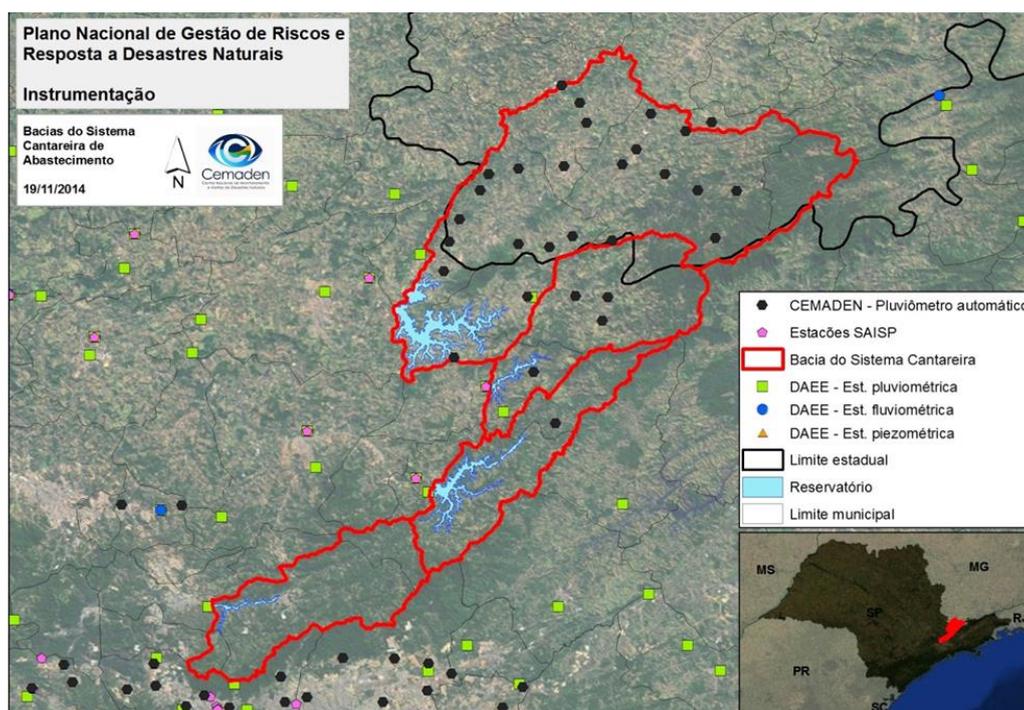


Figura 1: Localização do Sistema Cantareira no contexto do estado de São Paulo. Pontos pretos destacam Estações pluviométricas do Cemaden, quadrados verdes destacam as do DAEE. Os espelhos de água são destacados em azul.

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 setembro de 2021 e projeções hidrológicas de outubro de 2021 até abril de 2022. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de setembro de 2021 (30%), é pior quando comparada ao mesmo período de 2020 (42%). O armazenamento do Sistema no final da estação seca ficou no limite entre a faixa de operação “alerta” (armazenamento entre 30% e 40%)¹ e a faixa de operação “Restrição” (nível de armazenamento entre 20% e 30%), cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é de,

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

respectivamente, 27 m³/s e 23 m³/s. Em setembro de 2021, a média desta vazão de extração foi 22 m³/s. Ainda em setembro, choveu o equivalente a 30% da média histórica do mês, enquanto a vazão afluente aos reservatórios foi 33% da média histórica. Com relação às projeções, considerando um cenário hipotético de chuvas na média histórica de outubro de 2021 a abril de 2022, o modelo hidrológico projeta que a média de vazão afluente poderá ser em torno de 81% da média histórica do período e o armazenamento no sistema, no final de abril de 2022, poderá chegar a 48%.

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 a estação seca de 2021, de abril a setembro, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² e 16 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 147 mm (158² mm), o que representa 39% (42%²) da média histórica de 1983-2020 (378 mm). Na **Figura 2a** apresenta-se a anomalia de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2021. Destaca-se a finalização da estação seca de 2021 com precipitação 61% abaixo da média deste período (barra vertical vermelha), bem como o período chuvoso de 2020/2021, com o valor de precipitação correspondente a 19% abaixo da média para a estação chuvosa. No mês de setembro de 2021, a precipitação acumulada foi em torno de 25 mm (35² mm), o que representa 30% (42%²) da média histórica para este mês (83 mm) (**Figura 3**).

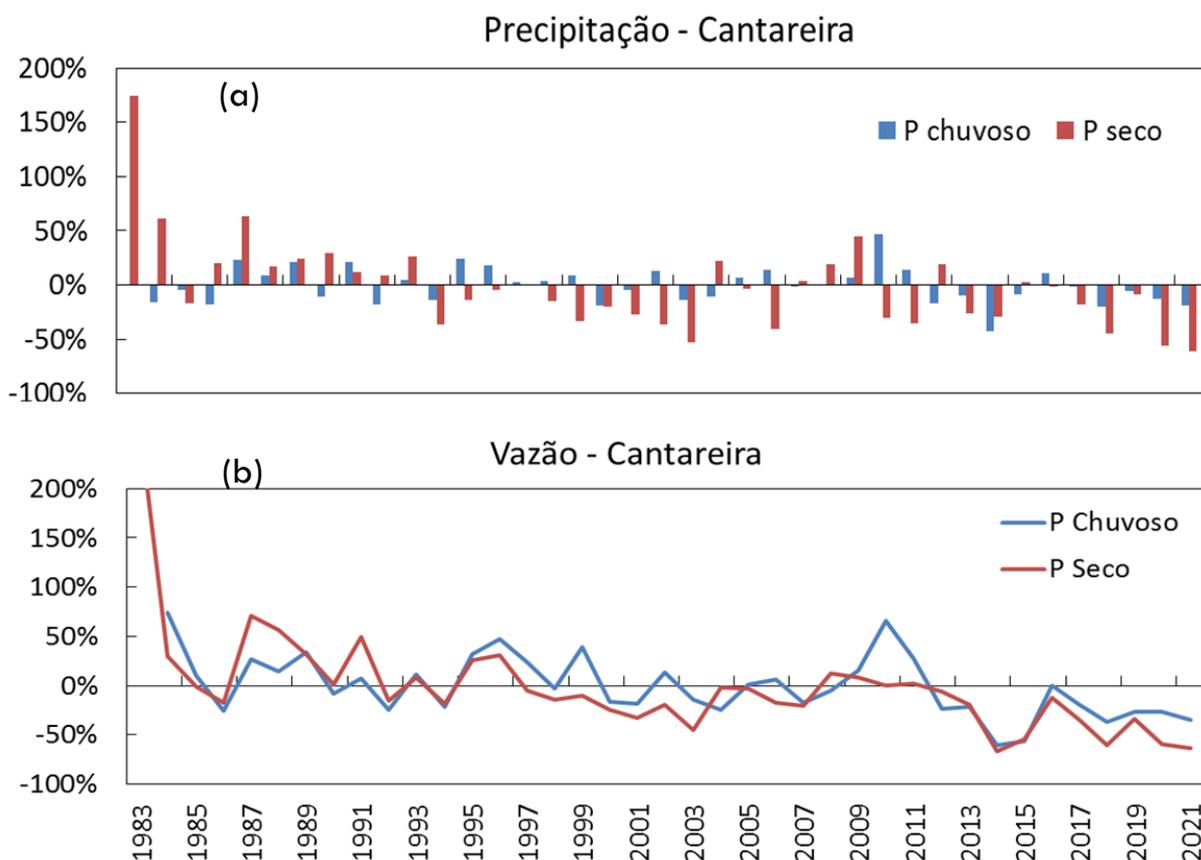


Figura 2. Anomalia de (a) precipitação (P) e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

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

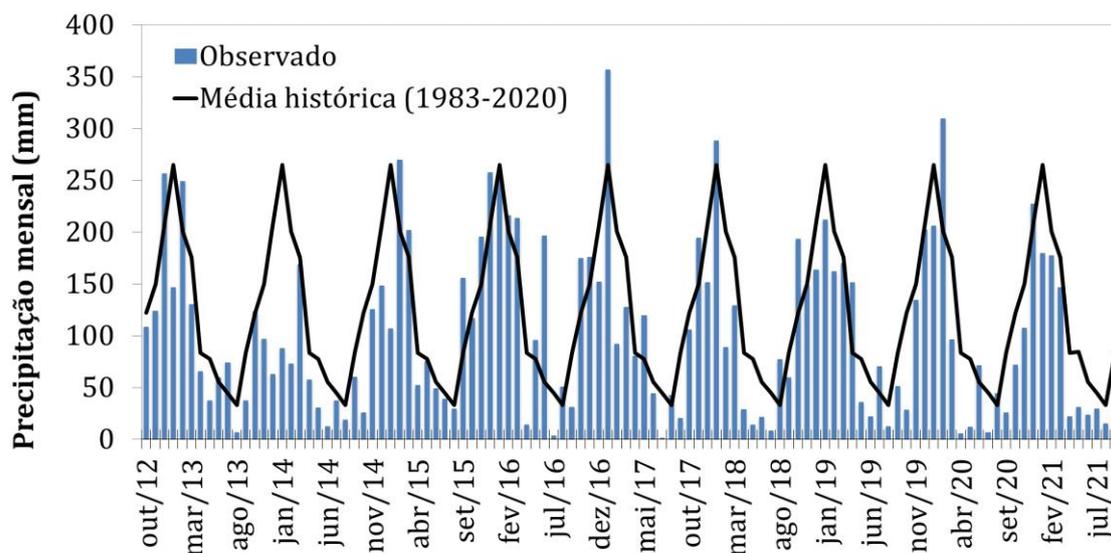


Figura 3. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2012 a setembro de 2021. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de abril a setembro de 2021, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi 11 m³/s, 36% da média histórica para a estação seca (30 m³/s). Ressalta-se, o término da estação seca de 2021 com um déficit de vazão de 64% em relação à média histórica (**Figura 2b**). Para o mesmo período, a média de vazão de extração total dos reservatórios foi 31 m³/s e a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês), atingiu 21 m³/s, representando o menor valor para o período seco desde a crise hídrica de 2014-2015. Ainda para o período de 01 de abril a 03 de setembro de 2021, a média do aporte recebido através da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi 7,6 m³/s. A partir do dia 04 de setembro de 2021, as bombas foram temporariamente desligadas uma vez que, a SABESP já alcançou o limite anual de transferência de água entre os dois sistemas (162 milhões de litros).

Para o mês de setembro de 2021, a média de vazão afluente foi 8 m³/s (**Figura 4**), o que representa 33% da vazão média mensal histórica (24 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 (bacia PCJ), foi 12 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 34 m³/s (**Figura 5**). Nos três primeiros dias de setembro de 2021, a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 5,25 m³/s. Após esse período as bombas seguem desligadas.

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

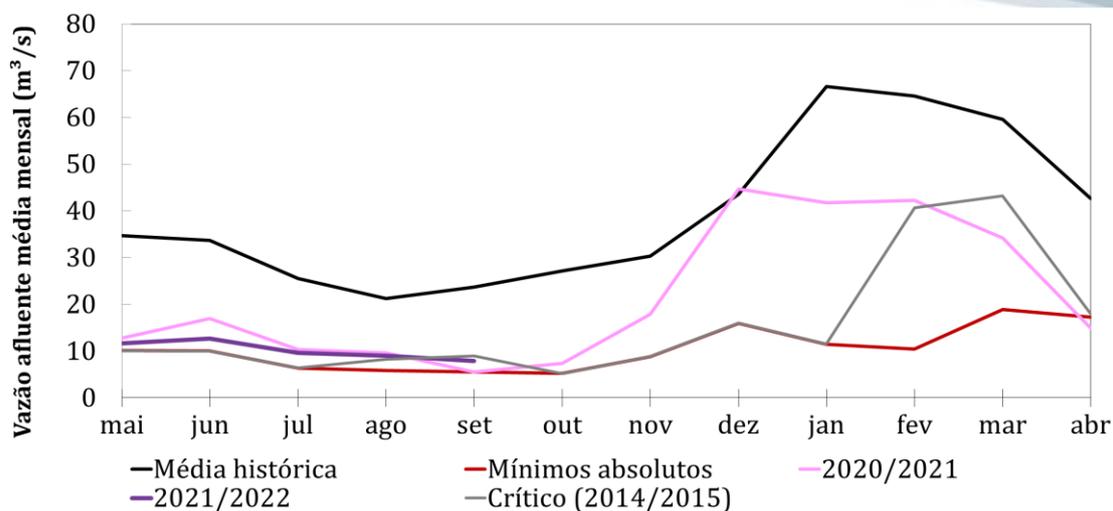


Figura 4. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2020. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente,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

A evolução diária, de março de 2014 a setembro 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 morto⁵ pode ser observada na **Figura 6**. O Sistema operou no final do mês de setembro de 2021 com 30% do volume útil ($982,0 \text{ hm}^3$), valor limite entre a faixa de operação “Alerta” (nível de armazenamento entre 30% e 40%) e a faixa de operação “Restrição” (nível de armazenamento entre 20% e 30%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

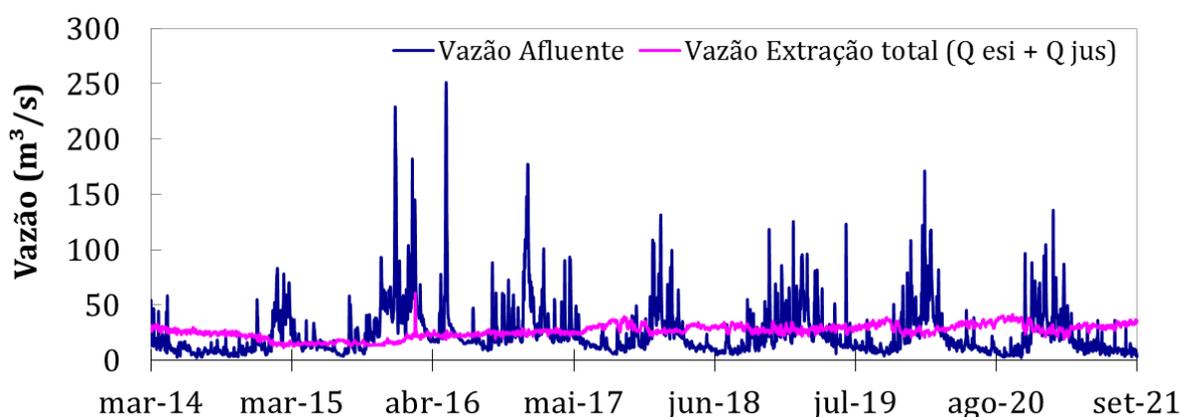


Figura 5. Evolução das vazões (m^3/s) diárias observadas no Sistema Cantareira: afluente (linha azul) e extração total, referente à vazão para atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo – Q esi - somada à vazão a jusante para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jaguari – Q jus (linha magenta). 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.

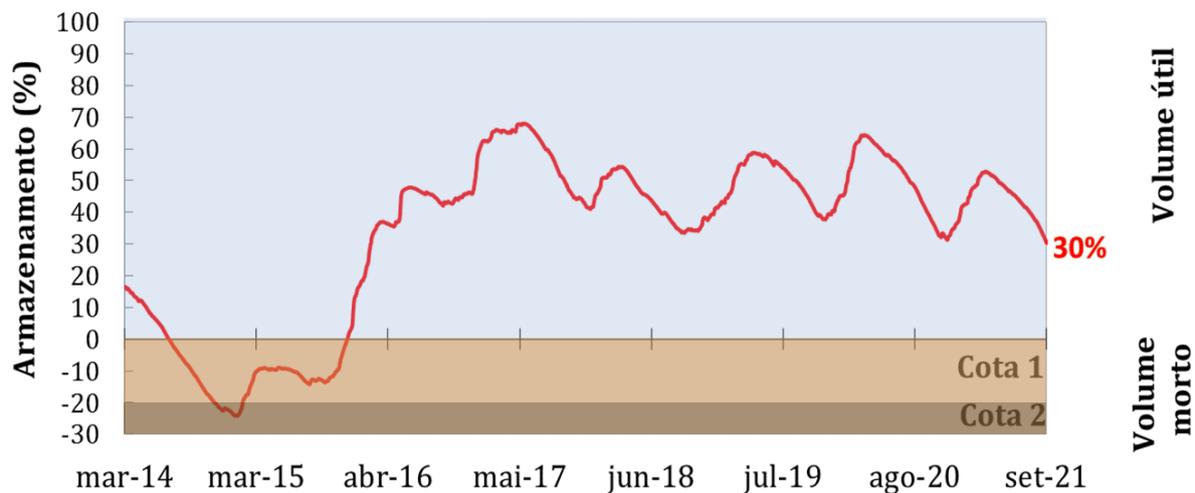


Figura 6. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra no final do período seco e início da transição para a estação chuvosa. Nesse período as chuvas ocorrem em forma de pancadas mal distribuídas. Nos próximos 3-10 dias há previsão de chuvas (**Figura 7**), o que é compatível com o cenário de transição para a estação chuvosa. As previsões (tendência) de chuva para a segunda semana apresentadas na **Figura 8**, também indicam um cenário com ocorrência de precipitações na bacia.

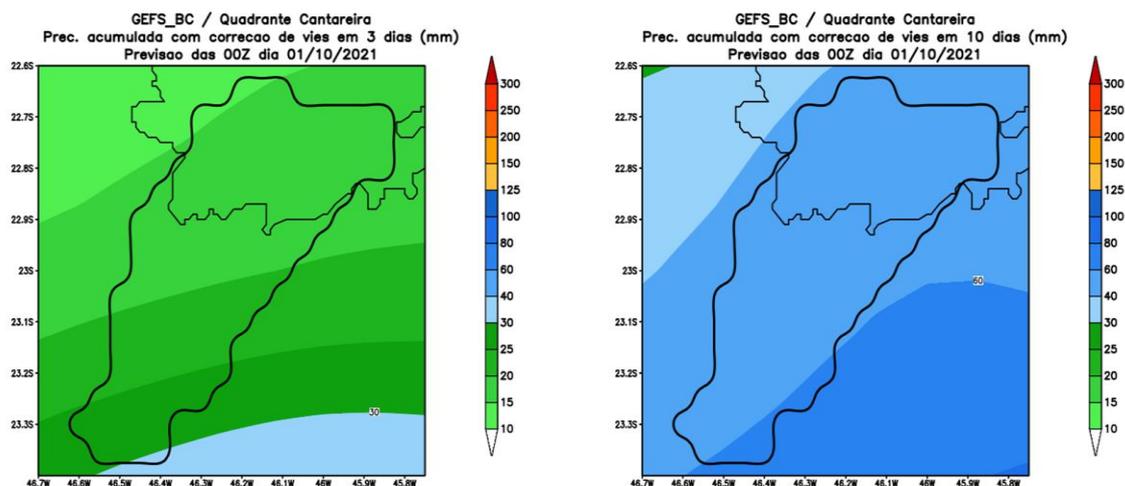


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

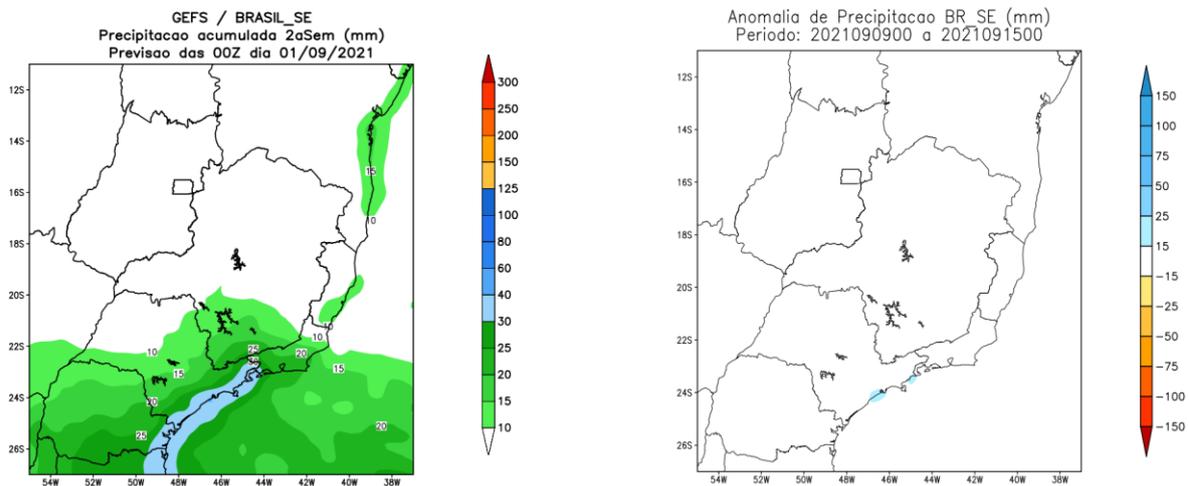


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (21 a 30 de setembro de 2021) e previstas (01 a 10 de outubro de 2021) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 62 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 é, aproximadamente, 13 m³/s.

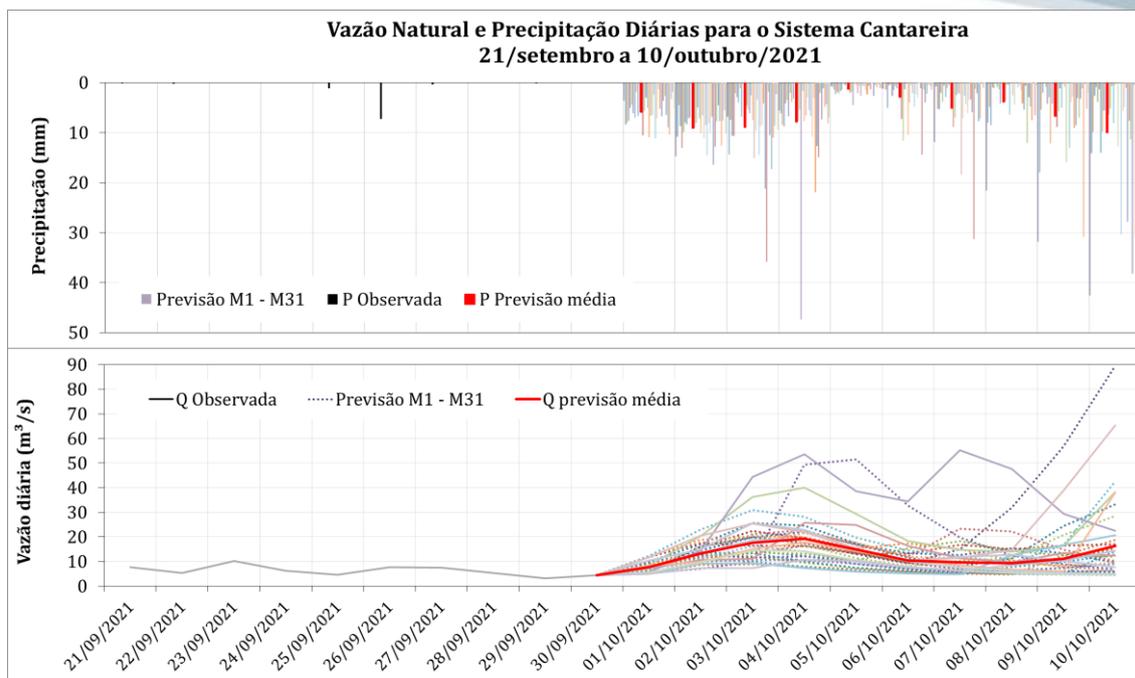


Figura 9. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 (01 a 10 de outubro de 2021, **Figura 9**) e, a partir do dia 11 de outubro foram considerados cinco cenários de precipitação: média histórica (1983-2020), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (outubro de 2013 a abril de 2014). As simulações indicam que, considerando um cenário hipotético de chuva na média histórica, a vazão afluente no período de outubro de 2021 a abril de 2022, poderá alcançar cerca de 39 m³/s, o que representa 81% da média histórica desse período (48 m³/s). Para cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 47% e 21% da média histórica desse mesmo período, respectivamente.

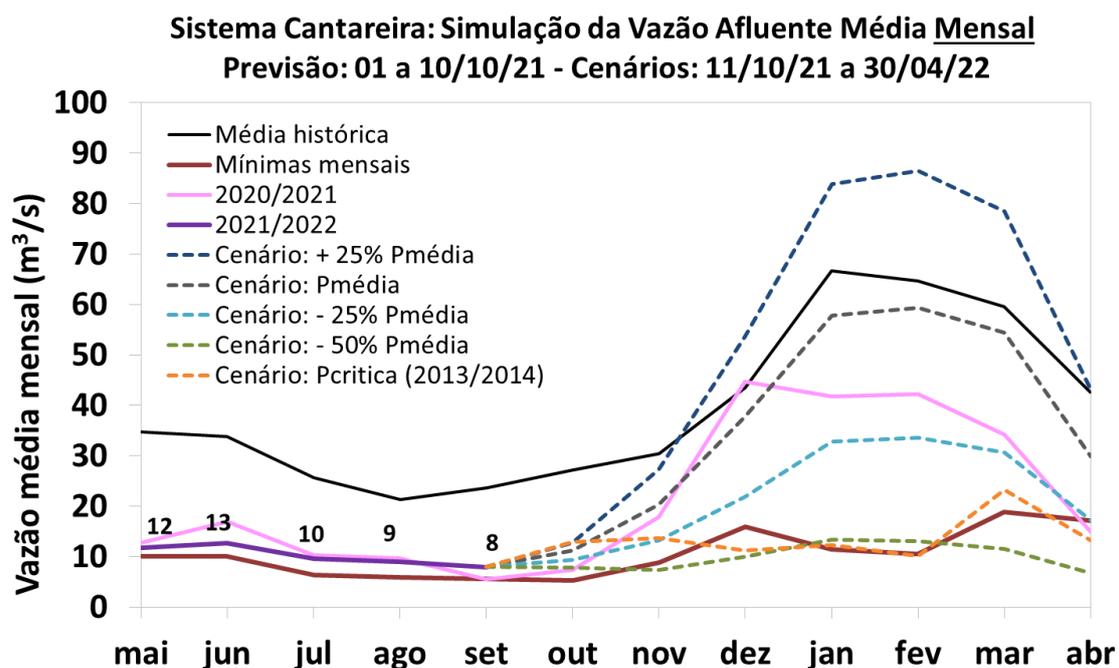


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 setembro 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 nos anos 2014 a 2016, para as estações seca e chuvosa (2,09 m³/s e 1,55 m³/s, respectivamente). Ressalta-se que, nessas simulações o aporte de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul (de acordo com a Resolução ANA Nº 1931) foi apenas considerado, em nossas simulações, a partir de janeiro de 2022, uma vez que o limite anual de transferência de água entre os sistemas, no ano de 2021, já foi atingido.

As projeções indicam que, sem a contribuição da vazão de interligação do Rio Paraíba do Sul, o reservatório deverá operar, durante os últimos três meses de 2021, na faixa de operação “restrição” (armazenamento entre 20% e 30%). Considerando um cenário de precipitação na média histórica bem como o retorno da interligação, a partir de janeiro de 2022, o reservatório retornará no final do horizonte de projeções (abril de 2022) para a faixa de operação “atenção” (armazenamento entre 40% e 60%). 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 atual (“restrição”) e faixa de operação “especial” (armazenamento entre 0% e 20%). Vale ressaltar 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.

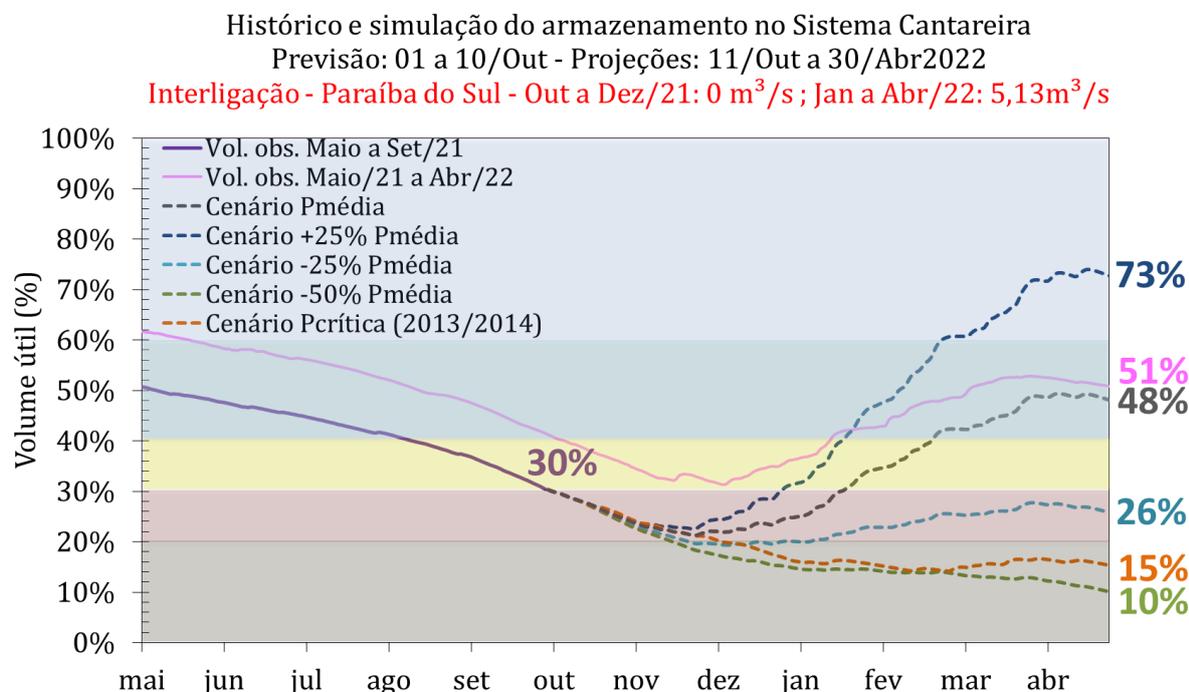


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nesta simulação foi considerada a vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m³/s apenas 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 setembro de 2021. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.