

Agosto de 2021

Ano 07 | número 60

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

Tárcio Lopes



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.

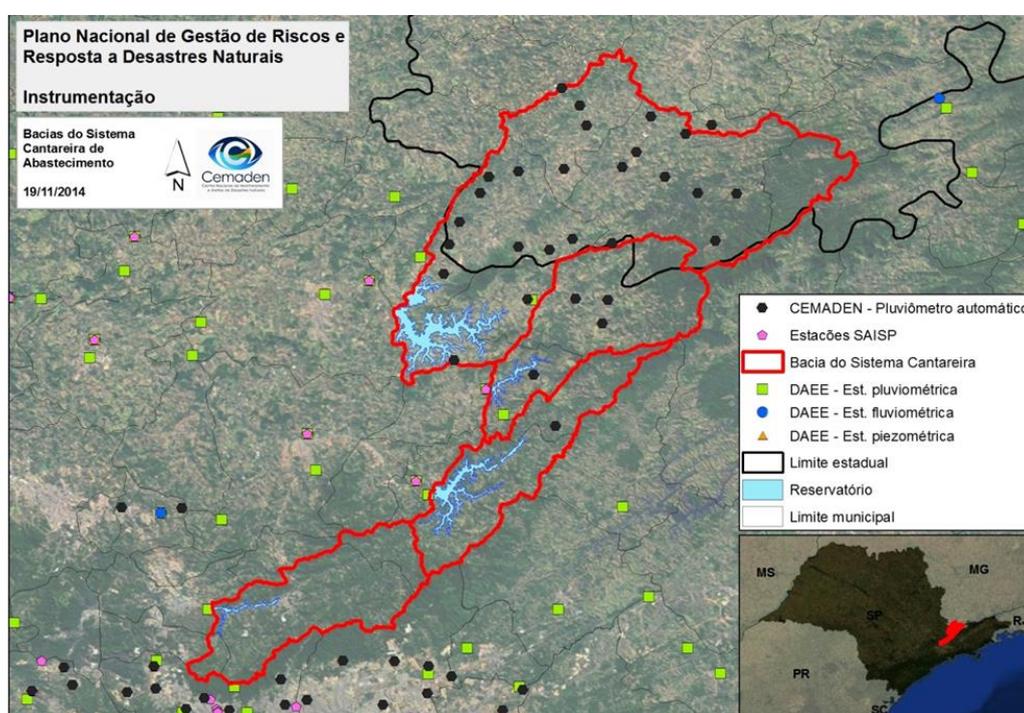


Figura 1: Localização do Sistema Cantareira no contexto do estado de São Paulo. Pontos pretos destacam Estações pluviométricas do Cemaden, quadrados verdes destacam as do DAEE. Os espelhos de água são destacados em azul.

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 agosto de 2021 e projeções hidrológicas com horizonte até dezembro de 2021. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de agosto de 2021 (37%), é pior quando comparada

ao mesmo período de 2020 (48%). 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 31 m³/s. Em agosto de 2021, a média desta vazão de extração foi 22 m³/s. Ainda em agosto, choveu o equivalente a 45% da média histórica do mês, enquanto a vazão afluyente aos reservatórios foi 42% da média histórica, valor inferior quando comparado ao mesmo período do ano de 2020 (45%). Com relação às projeções, considerando um cenário hipotético de chuvas na média histórica de setembro a dezembro, o modelo hidrológico projeta que a média de vazão afluyente poderá ser em torno de 74% da média histórica do período e o armazenamento no sistema, no final de dezembro de 2021, poderá chegar a 36%.

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

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses secos, de abril a agosto de 2021, 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 122 mm (123² mm), o que representa 32% (33%²) da média histórica (1983-2020) da estação seca (378 mm, abril - setembro). Na **Figura 2a** apresenta-se a anomalia de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2021. Destaca-se a estação seca de 2021 (até agosto) com precipitação 68% abaixo da média deste período (barra vertical vermelha) e o período chuvoso de 2020/2021, com o valor de precipitação correspondente a 19% abaixo da média para a estação chuvosa. No mês de agosto de 2021, a precipitação acumulada foi em torno de 15 mm (21² mm), o que representa 45% (64%²) da média histórica para este mês (33 mm) (**Figura 3**).

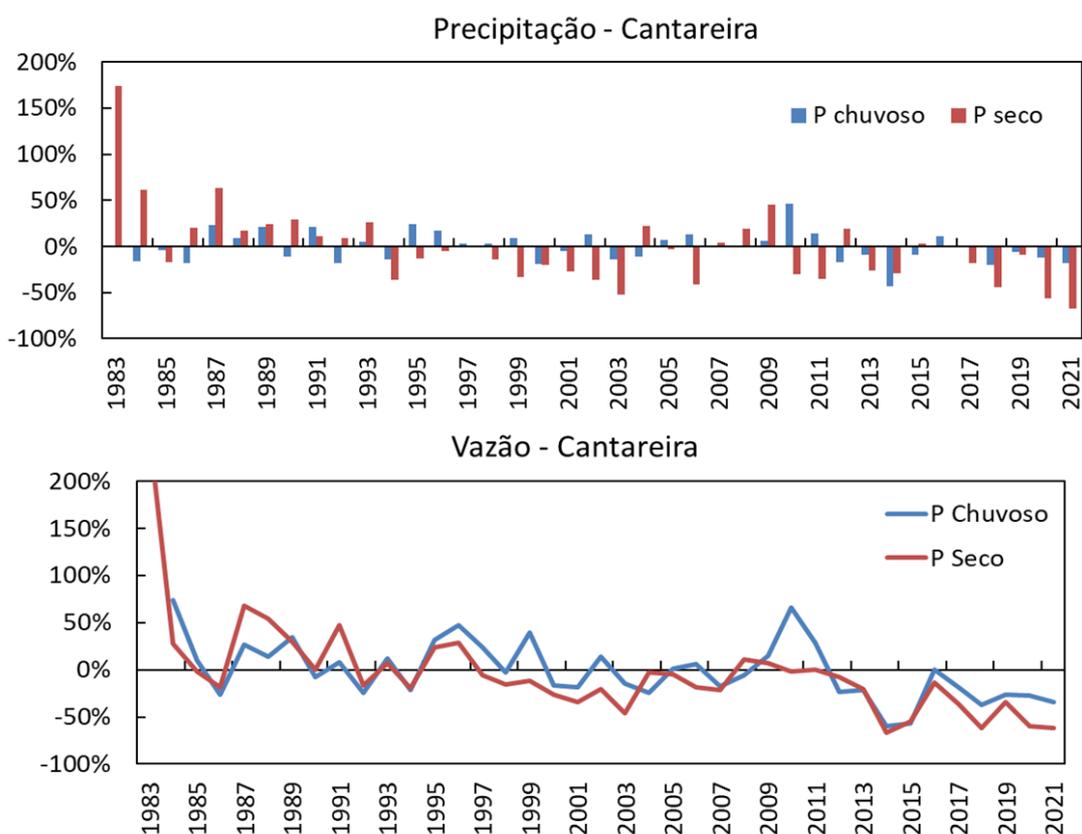


Figura 2. Anomalia de (a) precipitação (P) e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

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

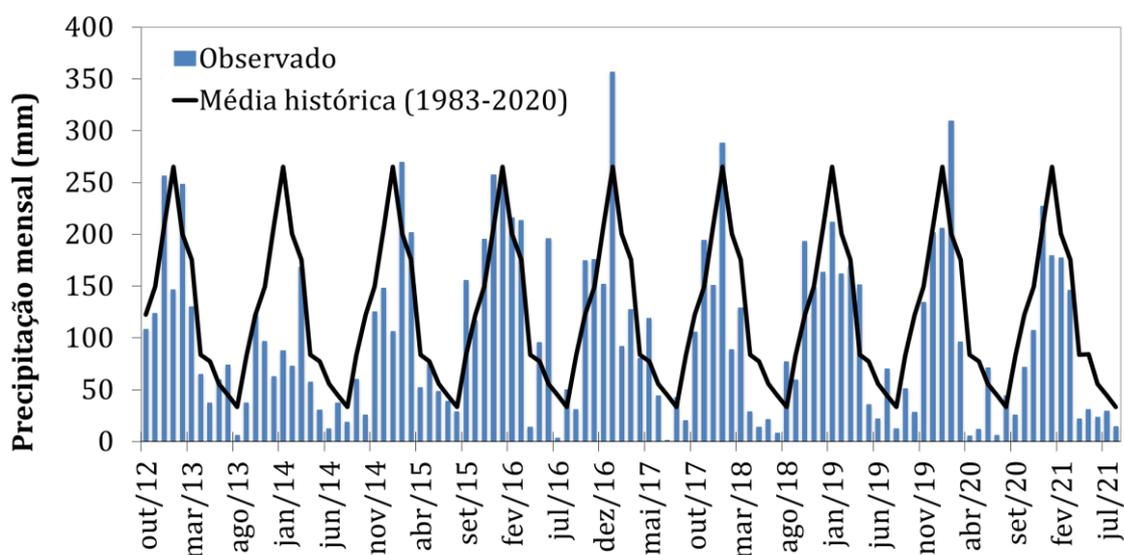


Figura 3. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de abril a agosto de 2021, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi 12 m³/s, 38% da média histórica (**Figura 2b**) para a estação seca (30 m³/s). 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, a vazão do elevatório Santa Inês, atingiu 20 m³/s, representando o menor valor para o período seco desde a crise hídrica de 2014-2015. Ainda para o período de abril a agosto de 2021, a média do aporte recebido através da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi 7,6 m³/s.

Para o mês de agosto de 2021, a média de vazão afluente foi 9 m³/s (**Figura 4**), o que representa 42% da vazão média mensal histórica (21 m³/s), valor inferior ao registrado no mesmo período de 2020 (45%). 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, Jundiaí (bacia PCJ), foi 11 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 33 m³/s. Ainda no mês de agosto de 2021 a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,6 m³/s.

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

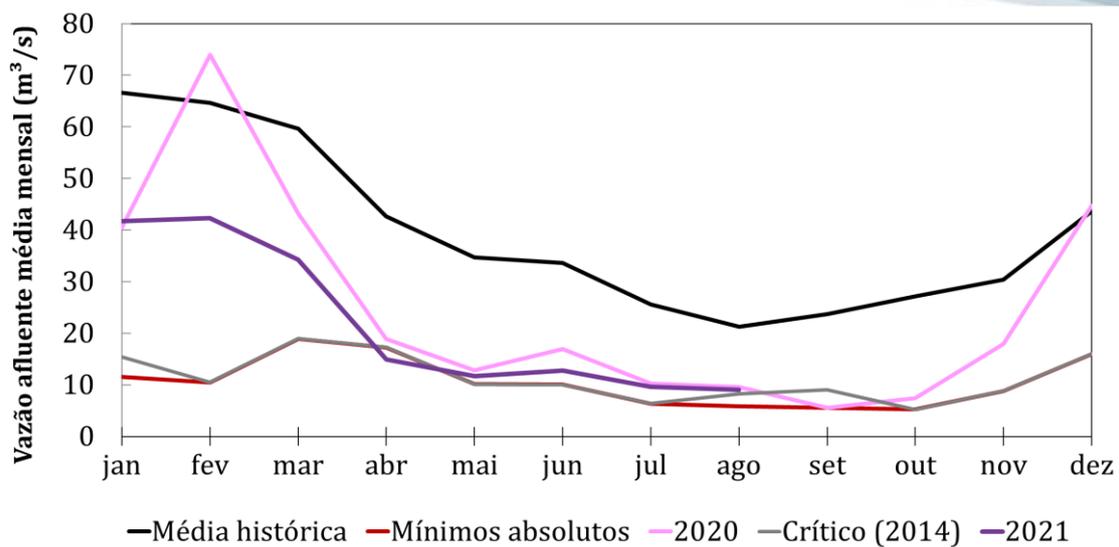


Figura 4. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2020. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente,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

A evolução diária, de março de 2014 a agosto 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 agosto de 2020 com 37% do volume útil ($982,0 \text{ hm}^3$), 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.

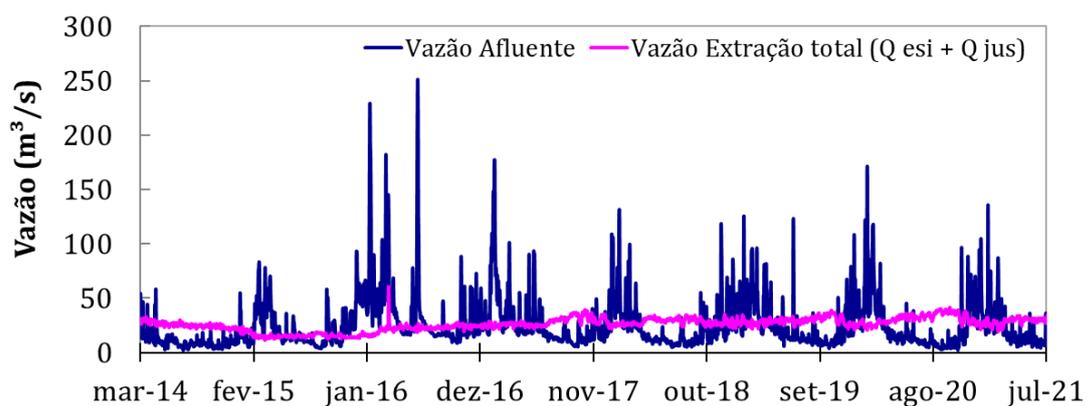


Figura 5. Evolução das vazões (m^3/s) diárias observadas no Sistema Cantareira: afluente (linha azul) e extração total, referente à vazão para atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo – Q esi - somada à vazão a jusante para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jaguari – Q jus (linha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

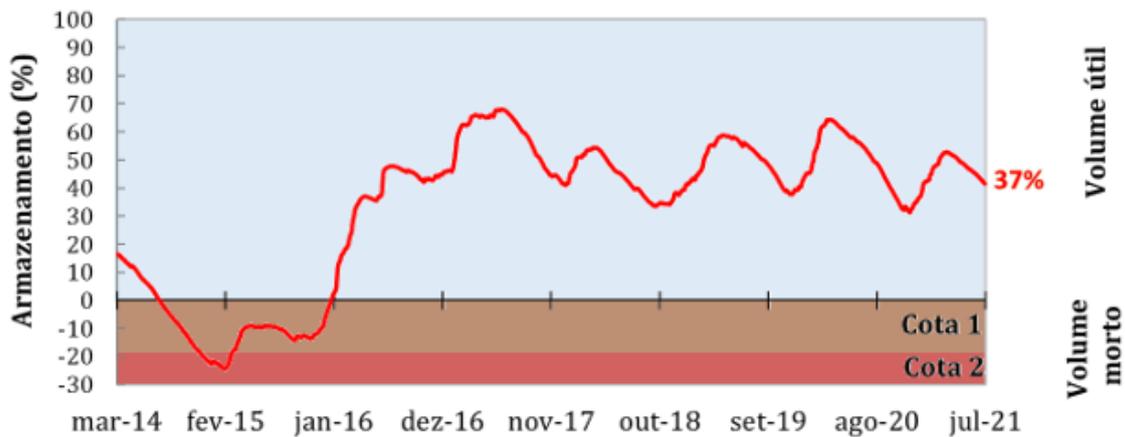


Figura 6. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A bacia de captação do Sistema Cantareira ainda se encontra dentro do período seco. Normalmente, as primeiras precipitações do próximo período chuvoso começam no final de setembro, mas a transição para a estação chuvosa só ocorre em meados de outubro. Em particular, o modelo GFS indica que nos próximos 3-10 dias não há previsão de chuvas expressivas (**Figura 7**). As previsões (tendência) de chuva para a segunda semana apresentadas na **Figura 8**, mostram um aumento das chuvas na faixa leste de São Paulo, o que também pode beneficiar o Sistema Cantareira. Essas precipitações teriam um volume próximo à média da época.

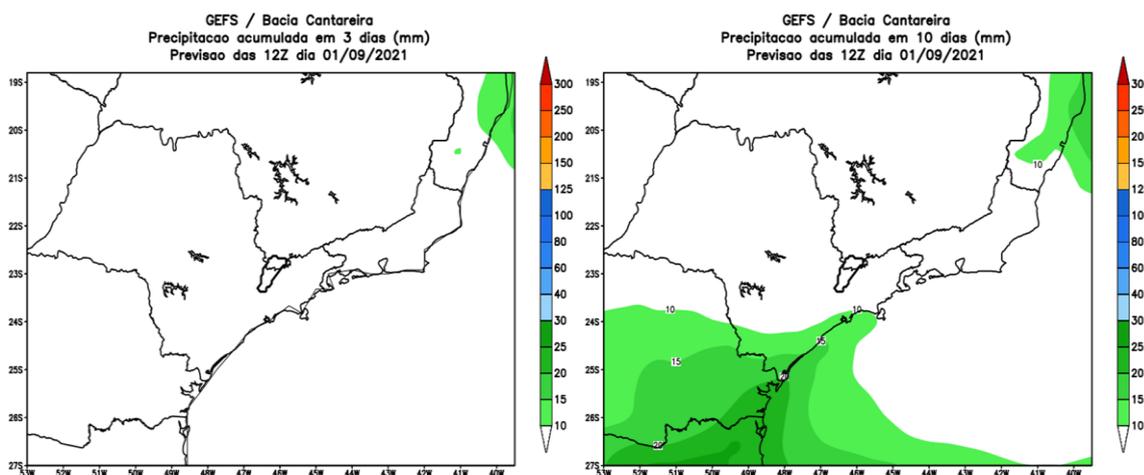


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

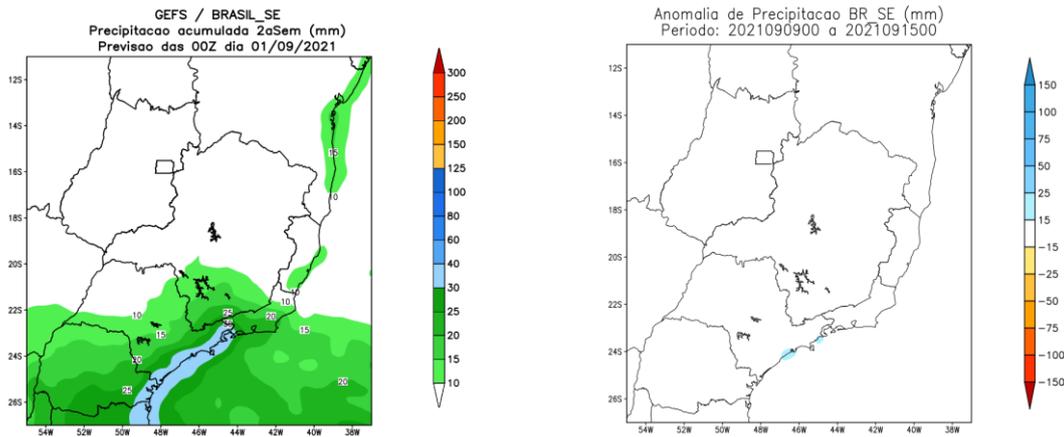


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (23 de agosto a 01 de setembro de 2021) e previstas (02 a 11 de setembro de 2021) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 7 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, $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

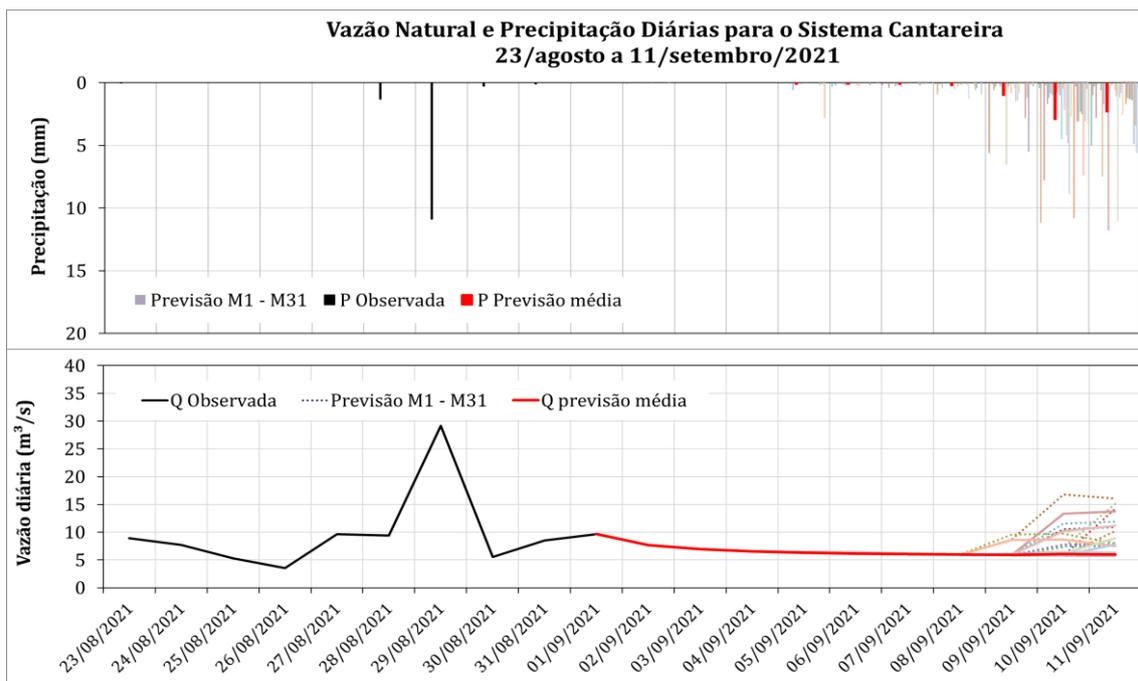


Figura 9. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas

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 (02 a 11 de setembro de 2021, **Figura 9**) e, a partir do dia 12 de setembro foram considerados cinco cenários de precipitação: média histórica (1983-2020), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (setembro a dezembro de 2013). As simulações indicam que, considerando um cenário hipotético de chuva na média histórica, a vazão afluente no período de setembro a dezembro de 2021, poderá alcançar cerca de 23 m³/s, o que representa 74% da média histórica desse período (31 m³/s). Para cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 45% e 24% da média histórica desse mesmo período, respectivamente.

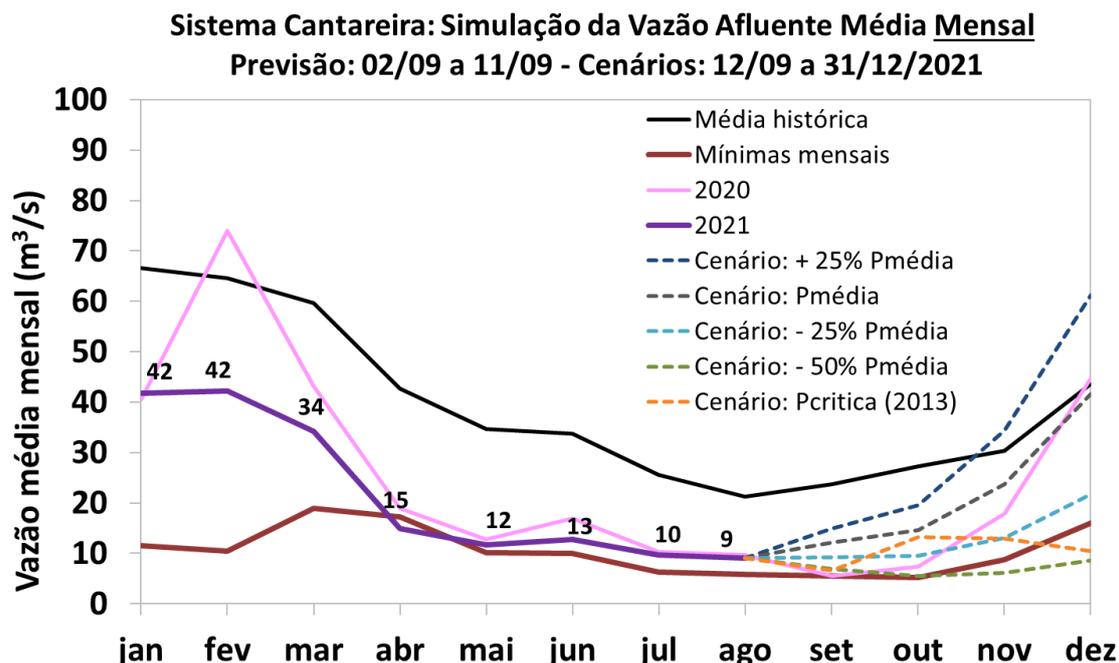


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 2020 (magenta); e de janeiro a agosto 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; vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí) 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); e aporte de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, cuja vazão média é 5,13 m³/s (de acordo com a Resolução ANA Nº 1931) para o período de simulação. As projeções indicam que o reservatório deverá operar na faixa de operação “alerta” (armazenamento entre 30% e 40%) nos próximos meses. Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% acima da média, o reservatório retornará no final do horizonte de projeções (dezembro de 2021) para a faixa de operação “atenção” (armazenamento entre 40% e 60%). Em dezembro de 2020, o reservatório operou com 36% da capacidade. Importante salientar que, operando abaixo de 30% de armazenamento, o reservatório entra na faixa de “restrição”.

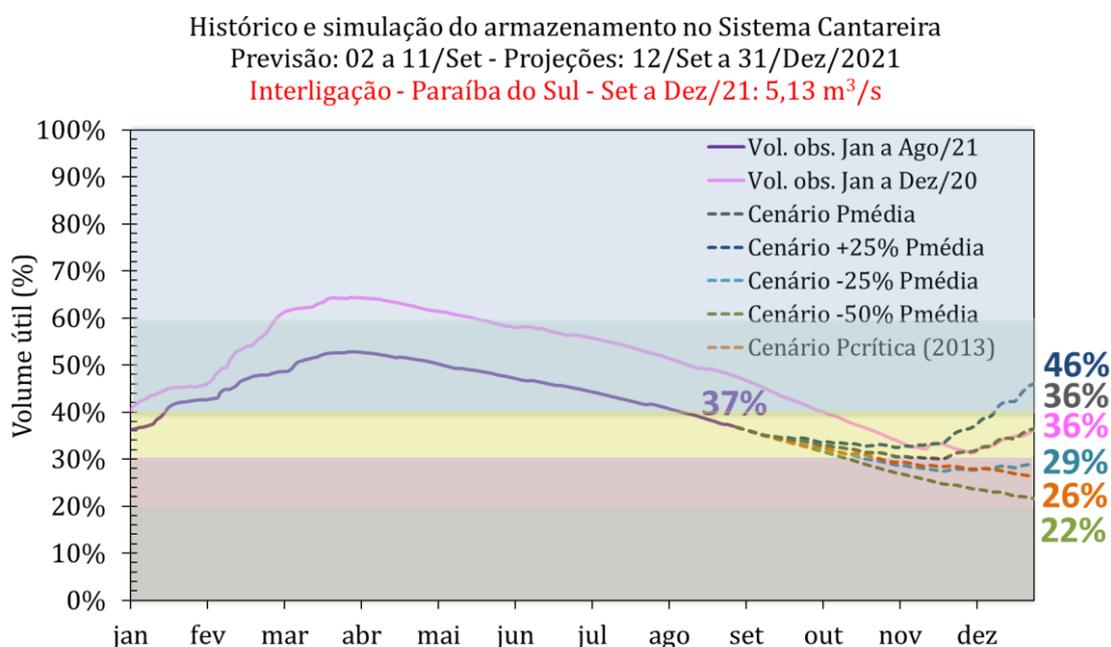


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nesta simulação considera-se a vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m³/s. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira em 2019 e a linha roxa no período de janeiro a agosto de 2021. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

