

BOLETIM
Nº 09/2019

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

Wanderley Mendes

Elaboração

Karinne Deusdará-Leal



UNIDADE DE PESQUISA DO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



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.

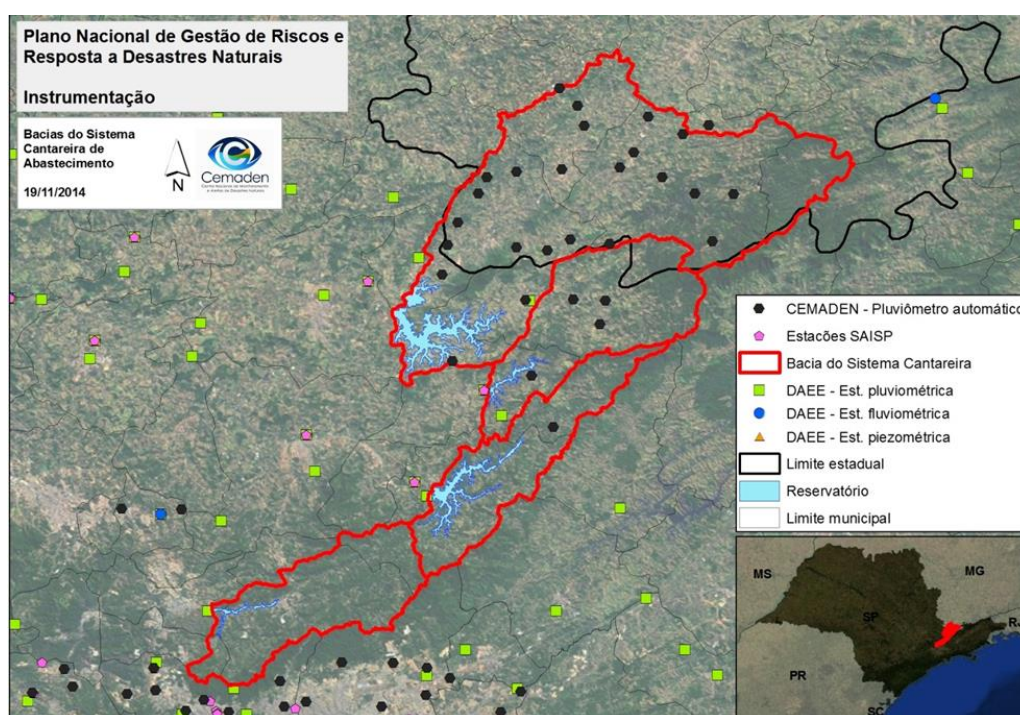


Figura 1: Localização do Sistema Cantareira no contexto do estado de São Paulo. Pontos pretos destacam Estações pluviométricas do Cemaden, quadrados verdes destacam as do DAEE e triângulos. Os espelhos de água são destacados em azul.

O CEMADEN, desde 2014, devido à intensa seca na região Sudeste, estabeleceu um sistema de monitoramento, previsão e cenários 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 2019 com horizonte de projeções até o final da estação chuvosa que se aproxima, isto é, março de 2020. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira (50,2%), em 04 de setembro de 2019, é superior à situação do ano passado (36,5%). Com a situação atual de armazenamento, a vazão de

extração máxima dos reservatórios para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é de até 31 m³/s. Em agosto, esta vazão de extração foi de 22,3 m³/s. Com relação às projeções para os próximos meses, em um cenário hipotético de chuvas na média climatológica, o modelo hidrológico projeta que a vazão afluyente ficará próxima à média histórica para a próxima estação chuvosa (94%) e o armazenamento no sistema ficará em torno de 75%, enquadrado na faixa 1 de operação do reservatório¹. Nesta faixa de operação a vazão de extração máxima permitida é de 33 m³/s.

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

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação média espacial, acumulada durante o período seco de 01 de abril a 31 de agosto de 2019, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² e 19 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi de 293 mm (329²mm), o que representa 75% (84%²) da média climatológica do período seco, compreendido entre abril a setembro (390 mm). Para o mês de agosto de 2019, a precipitação média espacial foi de 13 mm (13² mm), o que representa 40% (40%²) da média climatológica para este mês (32 mm) (Figura 2).

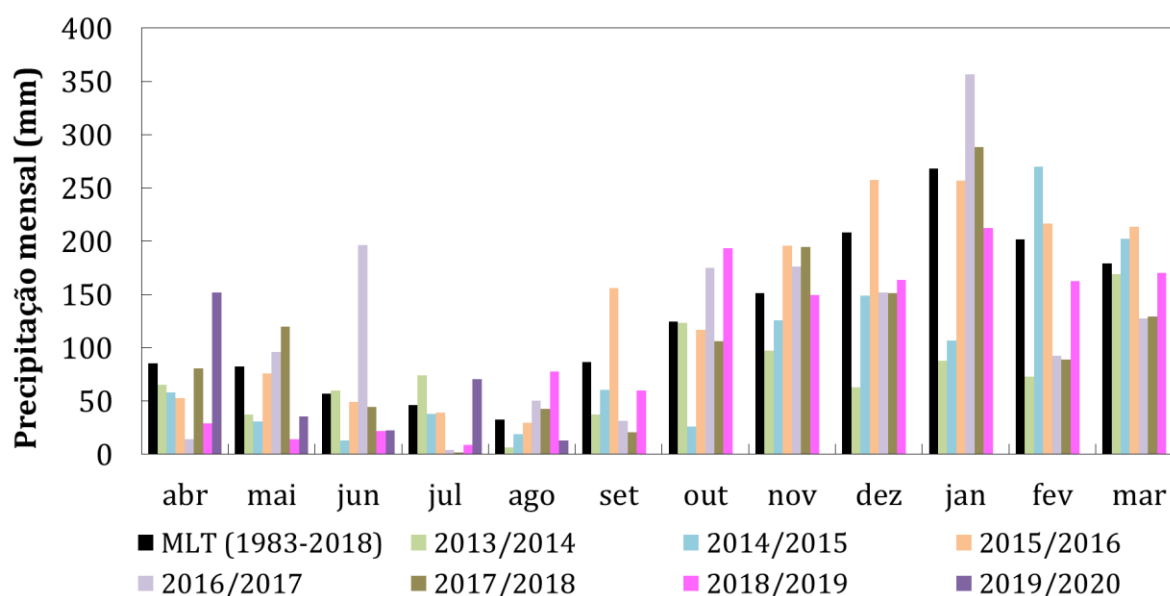


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN. Ano hidrológico: outubro – setembro. MLT: média de longo termo.

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de 01 de abril a 31 de agosto de 2019, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi de 22 m³/s (Figura 3), 70% da vazão média para a estação seca (31 m³/s). Para o mesmo período, a vazão média de extração total foi de 29 m³/s (Figura 4) e a vazão média de interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi de 3,8 m³/s.

Para o mês de agosto de 2019, a vazão média afluente foi 11,5 m³/s, o que representa 53% da vazão média mensal histórica (22 m³/s). Para o mesmo período, a extração média de água do Sistema Cantareira para o elevatório Santa Inês (Qesi), que abastece a cidade de São Paulo, foi de 22,3 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus) que contribui com a bacia dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá (bacia PCJ) foi de 7,9 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do

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

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

sistema Cantareira, que foi de 30,3 m³/s. Ainda no mês de agosto, a vazão média afluyente ao reservatório Atibainha da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi de 5,1 m³/s.

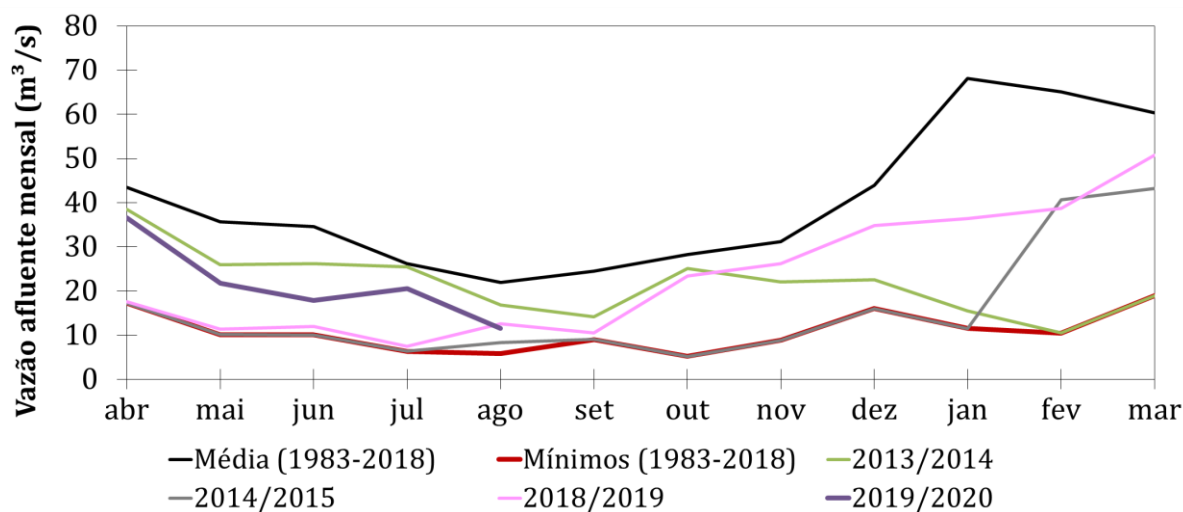


Figura 3. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias e mínimas mensais para o período 1983 – 2018. As linhas cinza e magenta correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de abril de 2013 a março de 2014 e de abril de 2018 a março de 2019. A linha roxa corresponde à vazão média mensal de abril a agosto de 2019. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução diária, de 01 março de 2014 a 04 de setembro de 2019, da vazão afluyente e vazão de extração do reservatório somada à vazão defluyente podem ser observados na Figura 4. 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 5, operando no último dia com 50,2% do volume útil (982,0 hm³).

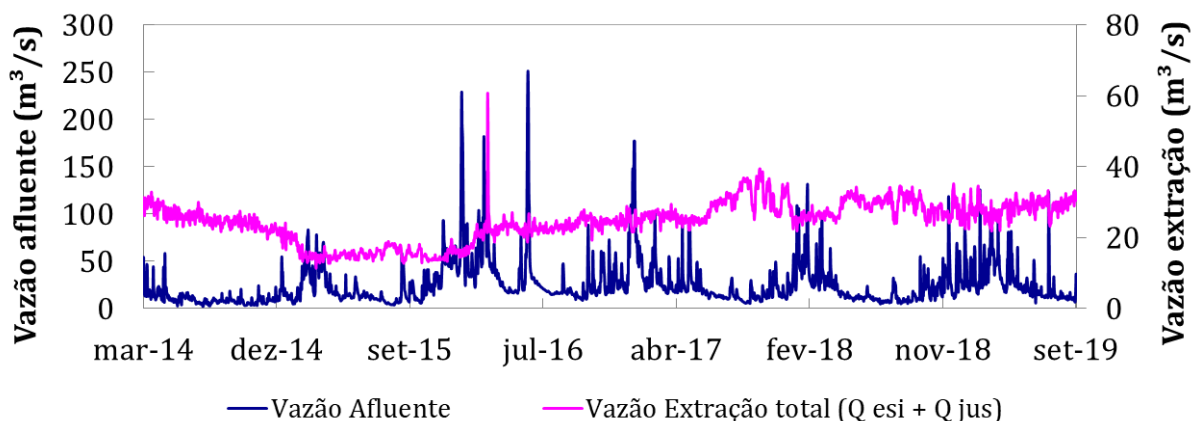


Figura 4. Evolução da vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (linha azul) e da vazão de extração total: vazão para atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo - Q esi - somada à vazão a jusante para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jaguari - Q jus (linha magenta). Fonte 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.

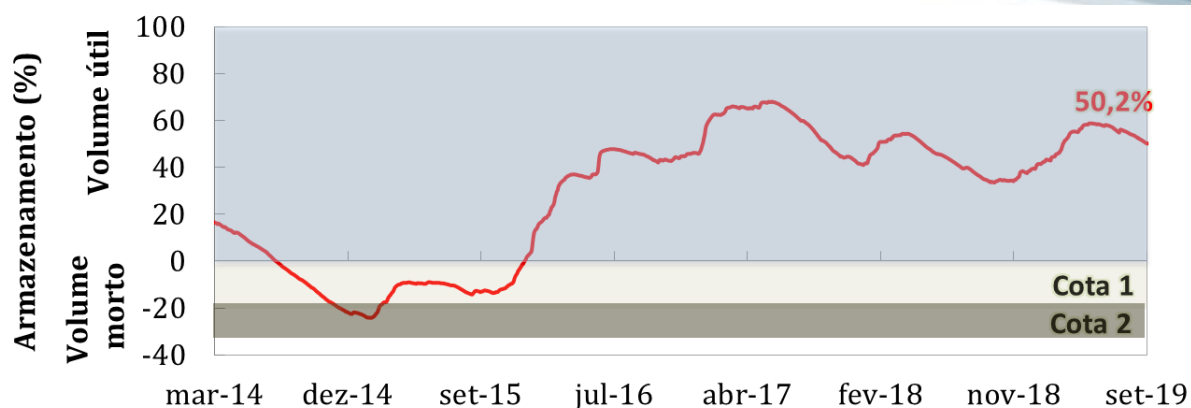


Figura 5. Evolução do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira: volume útil (linha vermelha), volume armazenado com 1ª cota do volume morto (linha verde, considerando volume útil + volume morto 1 – adicionada no dia 16/05/2014) e volume armazenado com 1ª e 2ª cota do volume morto (linha laranja, considerando volume útil + volume morto 1 + volume morto 2 – adicionada no dia 24/10/2014). Índice utilizado até o dia 15/05/2017). 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

Nos próximos dias não há previsão de sistemas meteorológicos capazes de gerar chuva significativa na bacia do Cantareira. Sendo assim, as previsões baseadas no modelo numérico GFS/NOAA (Figura 6) indicam apenas precipitações escassas no âmbito da bacia. Na Figura 7 apresentam-se as previsões (tendência) de chuva para a segunda semana, onde, na bacia de captação do Sistema Cantareira, não há previsão de acumulados pluviométricos expressivos. Em termos estatísticos, a transição para a estação chuvosa ocorre no mês de outubro.

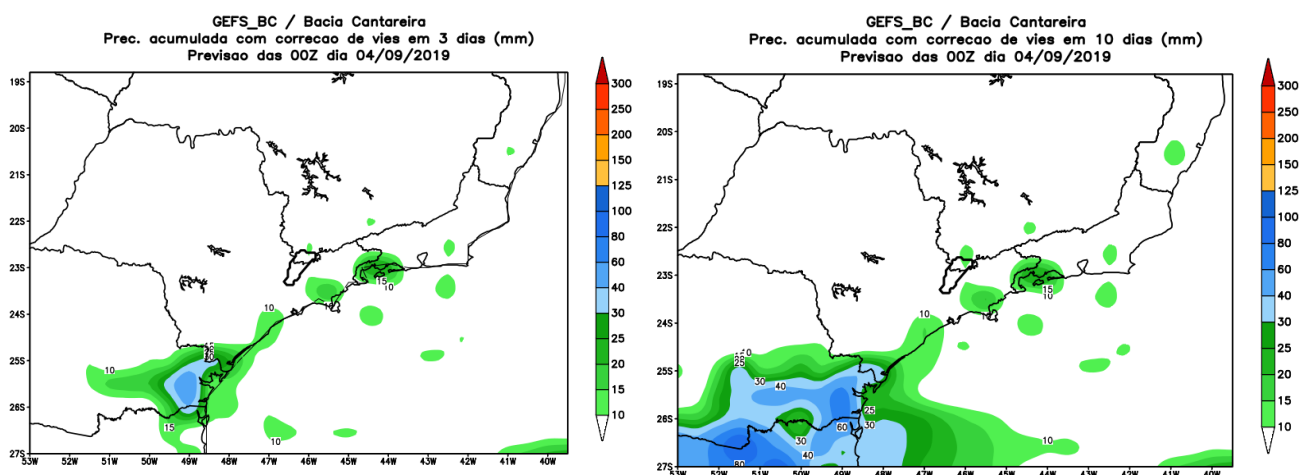


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

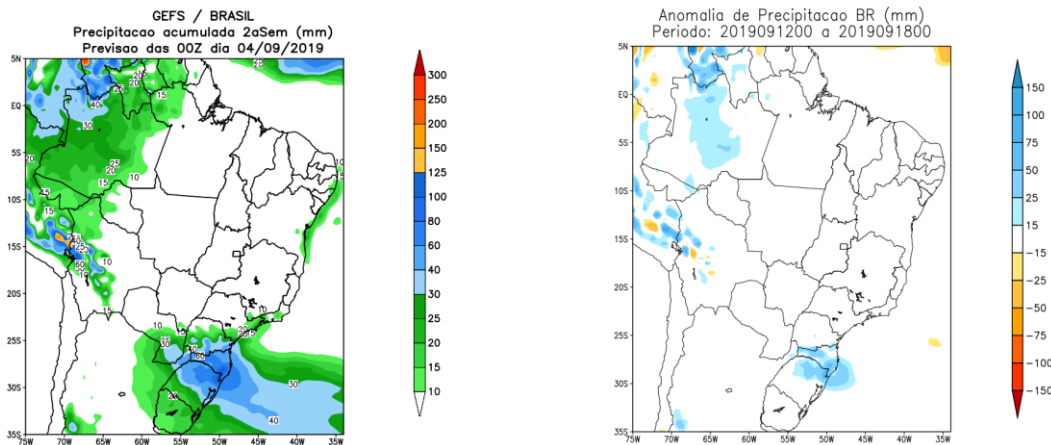


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão e Cenários de vazão afluente

Na Figura 8 (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (27 de agosto a 04 de setembro de 2019) e previstas (05 a 14 de setembro de 2019) dos 21 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 11 mm. A Figura 8 (inferior) exhibe as vazões diárias observadas e previstas dos 21 membros de previsão, 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 de, aproximadamente, $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

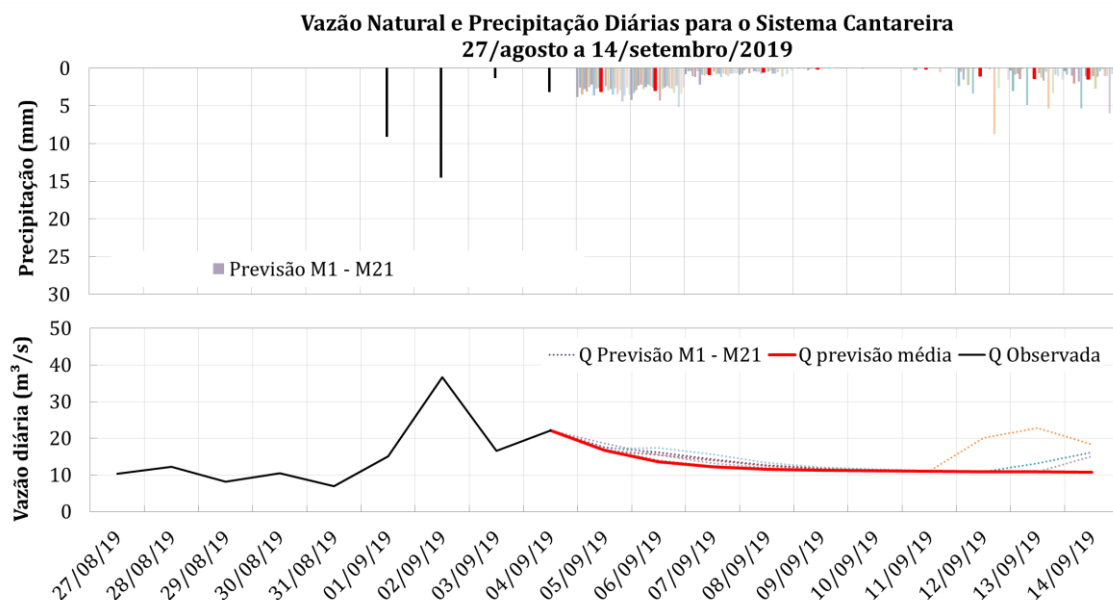


Figura 8. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 21 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior a linha preta representa a vazão observada, as linhas coloridas correspondem aos membros de previsão de vazão e a linha vermelha corresponde à média destes membros.

A Figura 9 apresenta, além das vazões médias mensais observadas, as projeções de vazão média mensal afluyente (em m^3/s), usando a média dos membros de previsão de vazão para o período 05 a 14 de setembro de 2019 (conforme apresentado na Figura 8), e cenários de precipitação para o período de 15 de setembro de 2019 a 31 de março de 2020. Foram considerados cinco diferentes cenários de precipitação: média climatológica, 25% acima da média climatológica, 25% e 50% abaixo da média climatológica e um cenário crítico de precipitações iguais às ocorridas entre 13 de setembro de 2013 a 31 de março de 2014. As simulações indicam que, considerando um cenário de chuva na média histórica, a vazão média no período de setembro de 2019 a março de 2020 seria $43 m^3/s$, o que representa 94% da média histórica desse período ($46 m^3/s$). Ainda de acordo com esta simulação, no cenário crítico, a vazão para o mesmo período seria de, aproximadamente, $17 m^3/s$, representando 37% da vazão média histórica do período.

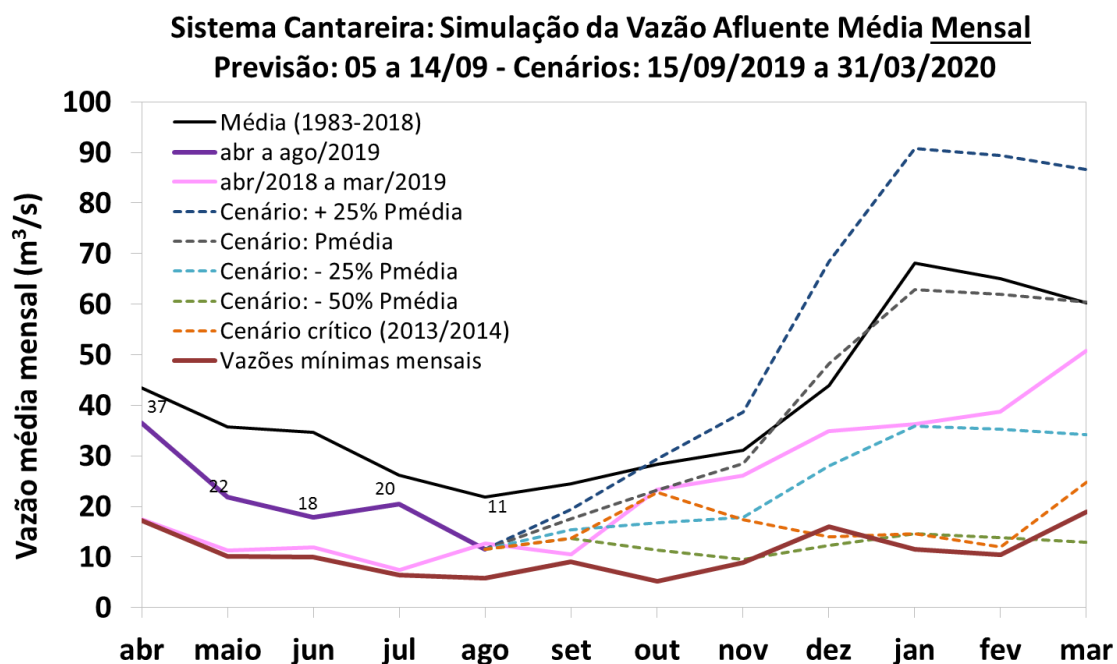


Figura 9. Cenários de vazão natural média mensal (em m^3/s) afluyente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas): precipitação 50% abaixo da média climatológica (verde); precipitação 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média climatológica (cinza); 25% acima da média climatológica (azul escuro); e cenário crítico (2013/2014) (laranja). As linhas espessas representam as vazões médias mensais observadas, de acordo com a SABESP: média histórica (preto); mínimos mensais (marrom); de abril de 2018 a março de 2019 (magenta); e de abril a agosto de 2019 (roxo).

4. Simulação da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira

A Figura 10 apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: a previsão e projeções de vazões das Figura 8 e Figura 9, 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 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); e aporte de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, cuja vazão média é 6,8 m³/s para o período de setembro a outubro, igual a zero para novembro e dezembro de 2019 e média de 5,13 m³/s para o período entre janeiro e março de 2020, de acordo com a nota técnica MAR 016/2019 da Sabesp. Em contrapartida, na Figura 11 são apresentadas as projeções da evolução do armazenamento nos reservatórios do Sistema Cantareira sem considerar a interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul. No cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, no dia 31 de dezembro de 2019, o volume armazenado no Sistema Cantareira, considerando a interligação, seria de aproximadamente 491 hm³ (50% de 982 hm³, capacidade de armazenamento do Sistema Cantareira), e no final da próxima estação chuvosa, em março de 2020, o volume seria 740 hm³ (75%), aproximadamente. Na simulação sem a interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, estes valores seriam 457 hm³ (47%) e 680 hm³ (69%), respectivamente.

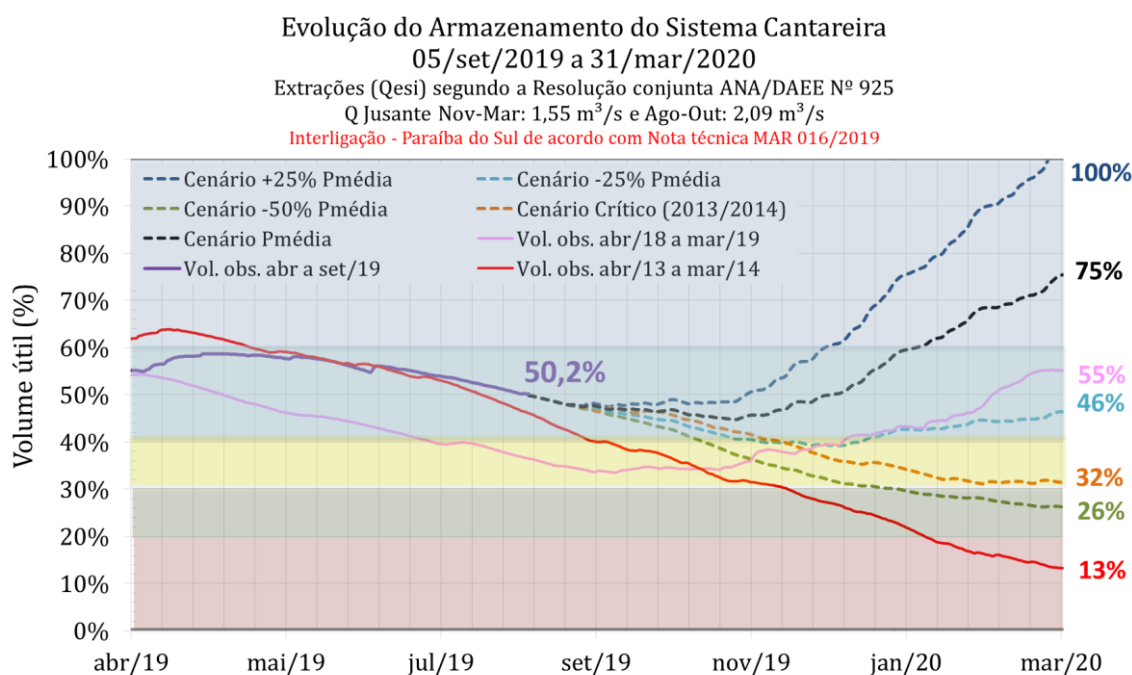


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para cinco diferentes cenários de precipitação: 50% (linha verde) e 25% (linha azul claro) abaixo da média climatológica, na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha azul escuro) e cenário crítico (linha laranja). Nesta simulação considera-se a vazão média de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul (resolução ANA Nº 1931 e a nota técnica MAR 016/2019 da Sabesp). A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira no período de abril/2018 a março/2019 e a linha vermelha de abril/2013 a março/2014. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira
 05/set/2019 a 31/mar/2020
 Extrações (Qesi) segundo a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925
 Q Jusante Nov-Mar: 1,55 m³/s e Ago-Out: 2,09 m³/s
 Sem interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul

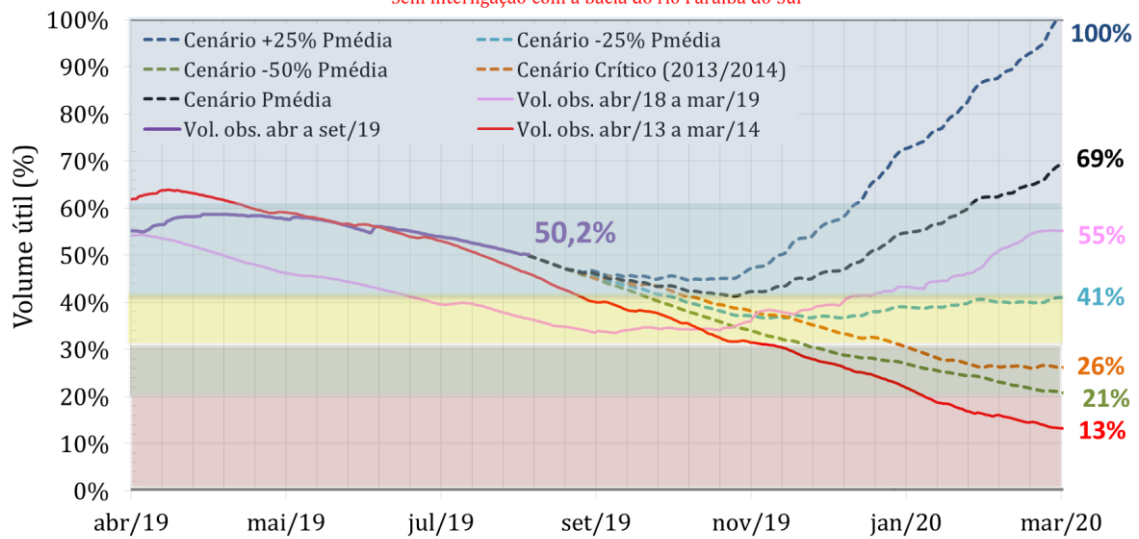


Figura 11. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para cinco diferentes cenários de precipitação: 50% (linha verde) e 25% (linha azul claro) abaixo da média climatológica, na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha azul escuro) e cenário crítico (linha laranja). A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira no período de abril/2018 a março/2019 e a linha vermelha de abril/2013 a março/2014. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.