

Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira

SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 24 de junho de 2015, baseada nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de 46,4 mm (37,5¹ mm), o que representa 79,4% (64,1%¹) da média climatológica do mês (58,5¹ mm). Para o mesmo período, a extração média de água do Sistema Cantareira foi de 15,18 m³/s. O Sistema opera hoje, 24 de junho de 2015, com 15,4% do volume total autorizado (1269,5 hm³), correspondente ao volume útil mais as duas reservas técnicas (volume morto 1 + volume morto 2). As previsões baseadas no modelo ETA/CPTEC/INPE, no modo de conjunto, indicam pouca chuva nos próximos dias. Da análise de evolução hipotética das chuvas até 31 de dezembro de 2015, usando as simulações do modelo hidrológico PDM/CEMADEN² e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a 17,0 m³/s para o período de 1º de junho a 31 de agosto e dezembro de 2015 e igual a 13,5 m³/s para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247), para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 164 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 1º de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 11,3% da água do chamado volume morto 1. Para a mesma data e um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 31,2% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 187 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 165 dias (vide tabela resumo).

¹ De acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/>.

² PDM/CEMADEN é um modelo hidrológico implementado no CEMADEN para calcular a vazão afluente na bacia de captação do Sistema Cantareira. Utiliza dados diários de precipitação pluviométrica das redes do DAEE e CEMADEN (36 pluviômetros distribuídos por toda a bacia) e evapotranspiração potencial para calcular vazão afluente em base diária e mensal. Neste relatório foi considerada uma nova calibração do modelo.

Resumo das previsões para o período de 24/junho/2015 a 31/dezembro/2015 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total ($Q_{esi} + Q_{jus}$) constante igual a $17,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de 1º de junho a 31 de agosto e dezembro de 2015 e igual a $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015, segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias para recuperar o volume morto 2	Recuperado em 24/fevereiro/2015				
Dias de uso do volume morto 1	163	>191	>191	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	-	187	165
% do Vol. total autorizado ($1269,5 \text{ hm}^3$) em 30/set/2015	11,1%	11,8%	12,5%	13,5%	14,6%
% do Vol. total autorizado ($1269,5 \text{ hm}^3$) em 01/dez/2015	8,4%	9,9%	12,8%	16,7%	21,9%

1) Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação média espacial, acumulada durante a estação chuvosa de outubro de 2014 a março de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi de 879 mm (1020^3 mm), equivalente a $73,5\%$ ($83,7\%^3$) de 1161^3 mm , média climatológica para o período. A precipitação média espacial acumulada de abril a maio de 2015 foi $128,1 \text{ mm}$ ($119,7^3 \text{ mm}$), $76,3\%$ ($71,3\%^3$) da média climatológica do período de $168,0^3 \text{ mm}$.

A precipitação média espacial acumulada no mês (Figura 1), até 24 de junho de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de $46,4 \text{ mm}$ ($37,5^3 \text{ mm}$), o que representa $79,4\%$ ($64,1\%^3$) da média climatológica do mês ($58,5^3 \text{ mm}$).

A vazão média afluyente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês de junho de 2015 foi $16,67 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 2), $52,7\%$ abaixo da vazão média mensal de $35,23 \text{ m}^3/\text{s}$, e próximo à vazão mínima histórica de $16,50 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período 1930-2013, segundo dados da SABESP e do GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios / ANA.

A Figura 3 mostra a variação média mensal do armazenamento d'água no solo nas sub-bacias do Sistema Cantareira, a partir de outubro de 2013. Observa-se que para a estação chuvosa 2014-2015 houve excedente de água no solo, contudo os meses de abril e maio de 2015 apresentaram déficit de água no solo.

No dia 16 de maio de 2014, o chamado volume morto (volume morto 1) começou a ser bombeado, adicionando um volume de $182,5 \text{ hm}^3$. O volume útil do Sistema Cantareira ($982,0 \text{ hm}^3$) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 4). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de $105,0 \text{ hm}^3$, o chamado volume morto 2, tornou-se utilizável. O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014. Na Tabela 1 são apresentados os valores do armazenamento do Sistema Cantareira até 24 de junho de 2015.

³ De acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>.

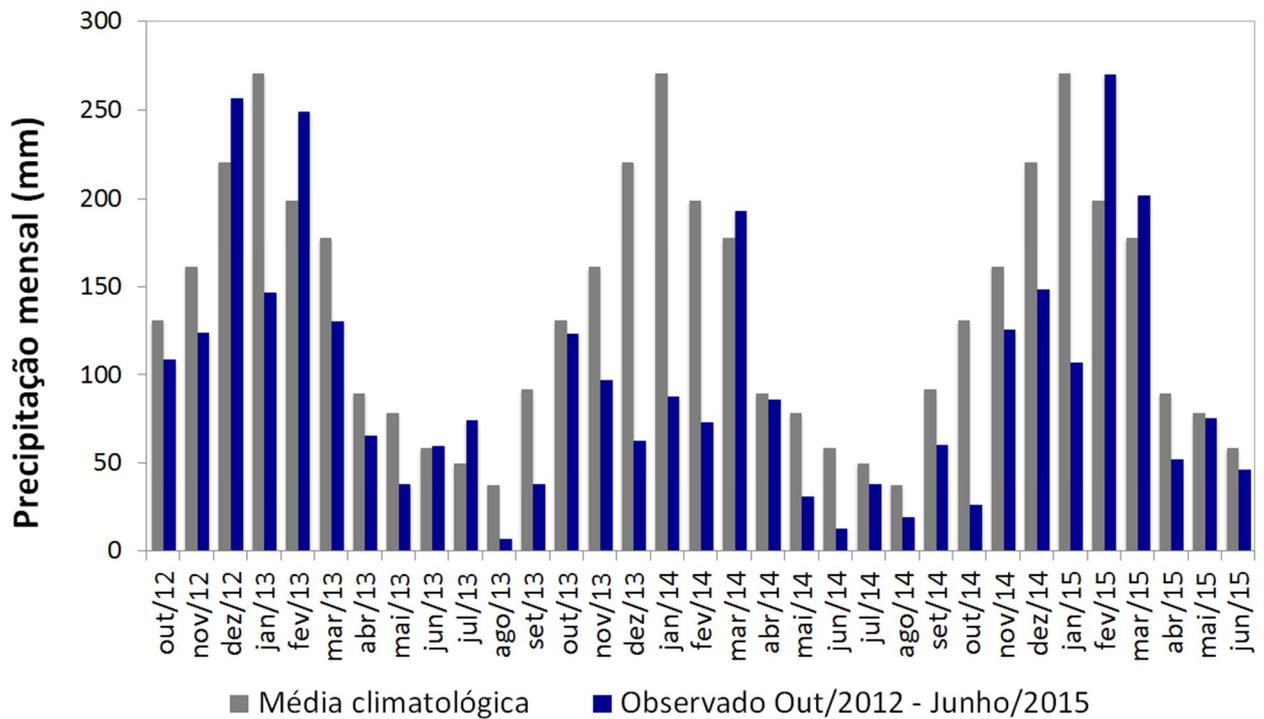


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

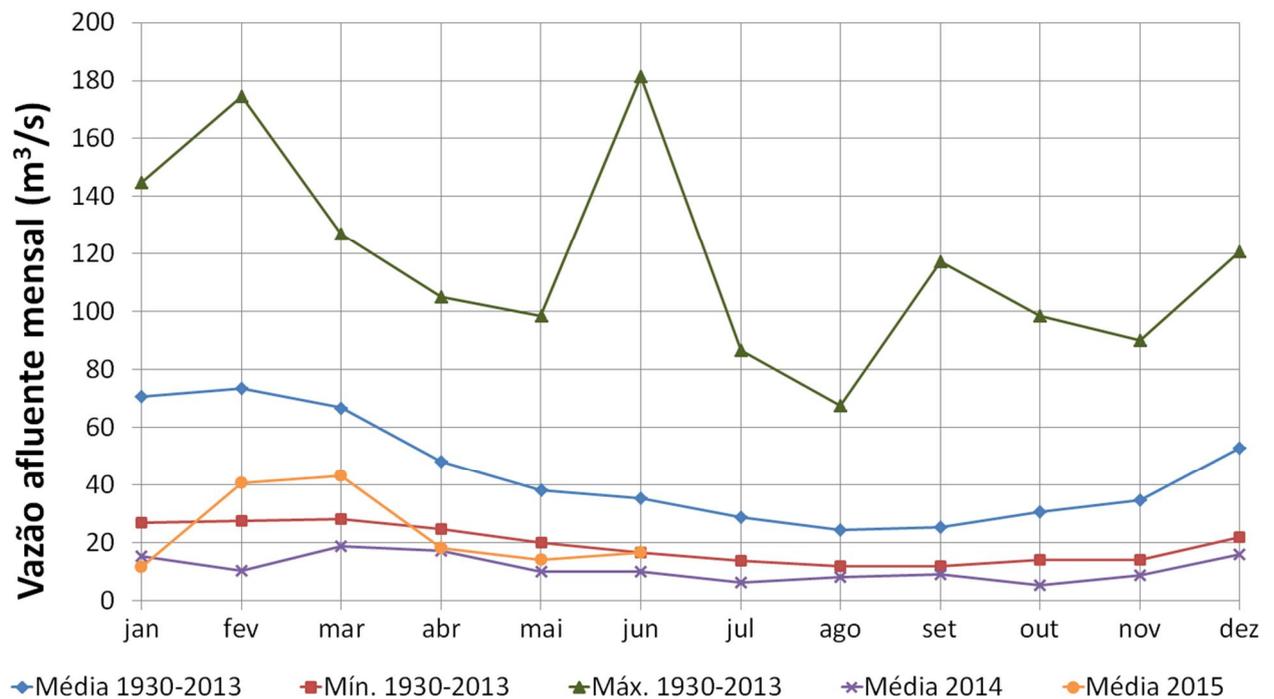


Figura 2. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 24 de junho de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas verde e vermelha referem-se, respectivamente, aos máximos e mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930 – 2013.

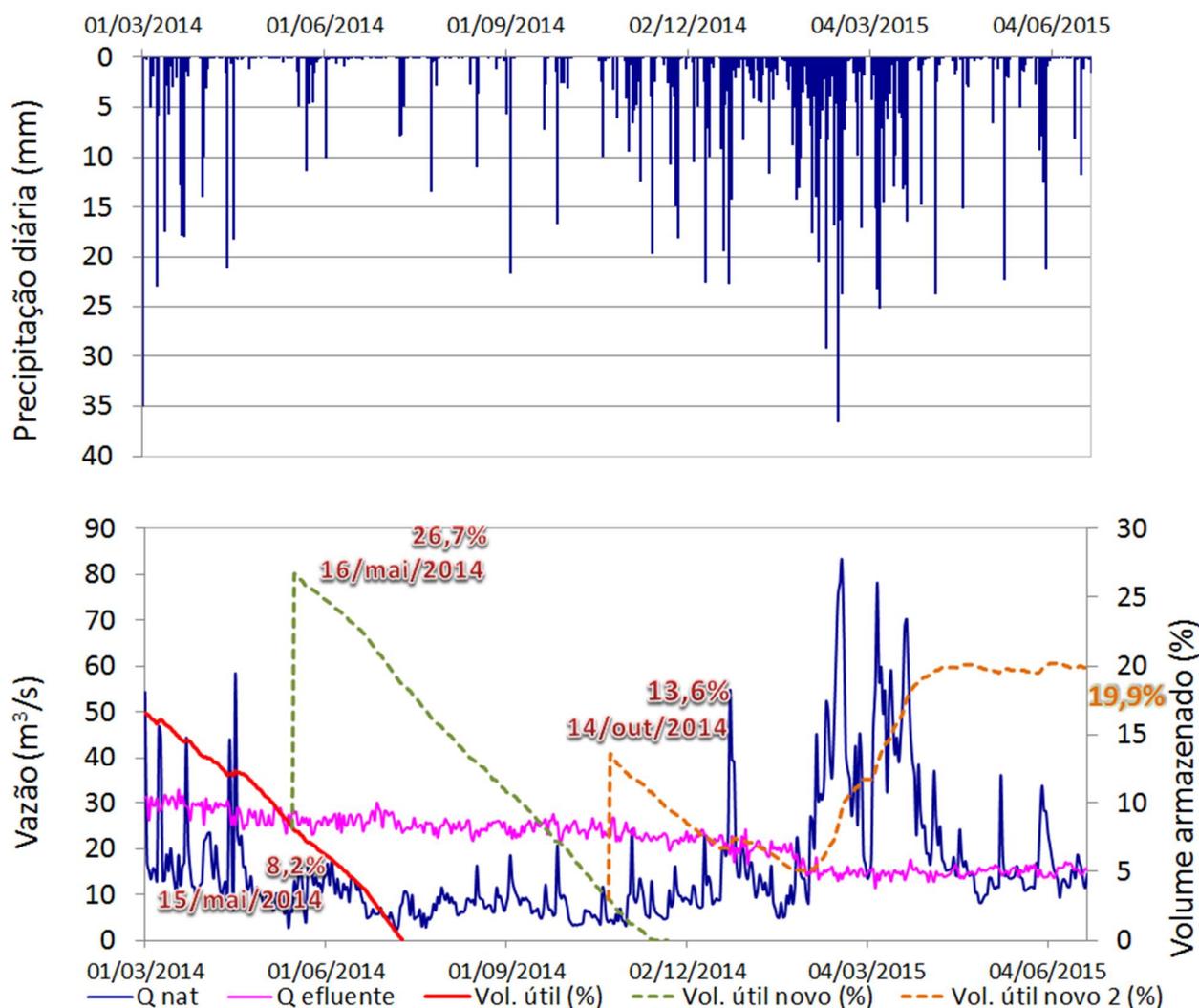


Figura 3. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluente (Q_{nat}) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ($Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + vazão a jusante (linha magenta), e do volume útil (em porcentagem) do Sistema Cantareira (linha vermelha), do novo volume útil 1 (linha verde) e do novo volume útil 2 (linha laranja). As porcentagens correspondem ao volume útil de $982,0 \text{ hm}^3$ (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais).

Tabela 1. Resumo da situação do armazenamento do Sistema Cantareira (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais).

Situação em 24/junho/2015					
Volume útil (hm^3)	Vol. útil armazenado (hm^3)	Vol. total autorizado (hm^3)	Vol. total armazenado (hm^3)	% do volume total autorizado	% do volume útil
982,0	0,0	1269,5	195,7	15,4	19,9

2) Análise e Previsão de Chuva para o Sistema Cantareira.

2.1) Precipitação observada acumulada do mês de junho de 2015.

A chuva no Sistema Cantareira é monitorada por seis (6) pluviômetros do DAEE e trinta (30) pluviômetros do CEMADEN instalados entre o final de abril de 2014 e início de maio de 2014. Na Figura 4 são apresentados os dados acumulados do mês.

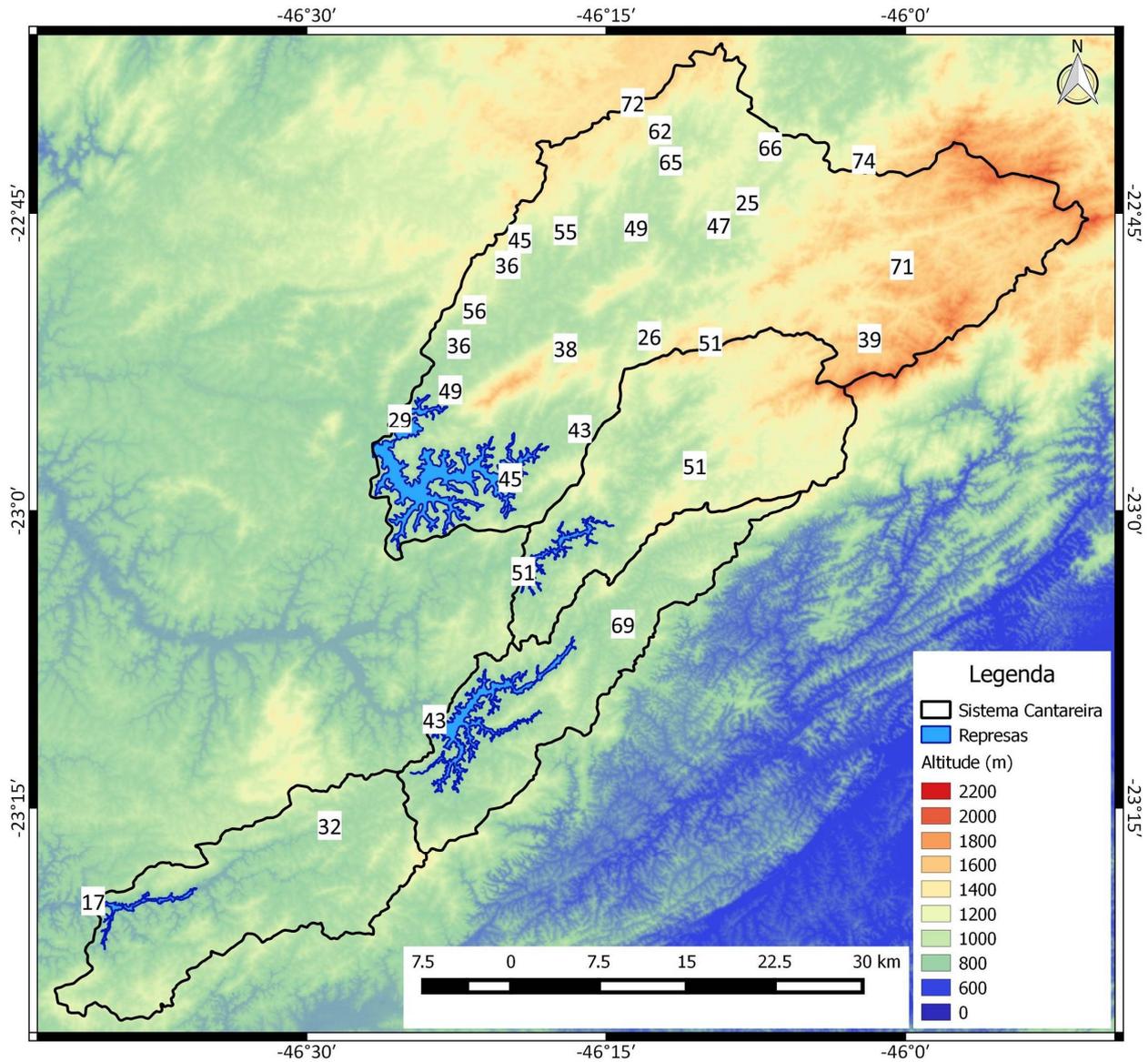


Figura 4. Precipitação observada acumulada (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

2.2) Previsão de Chuva para o Período de 24 de junho a 1º de julho de 2015

A Figura 5 mostra a previsão numérica de precipitação acumulada para os próximos 3 (três) dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (ETA 5x5km), que é a média de cinco membros, onde são combinadas diferentes condições de contorno e de parametrização física. A Figura 6 mostra a previsão por conjuntos (média de 7 previsões paralelas, modificando as condições iniciais) de chuva acumulada para os próximos 3 (três) e 7 (sete) dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. As previsões denominadas "média 7 membros" são a média de seis membros do ETA 40x40 km, que combinam diferentes condições de contorno e de parametrização física, e do ETA 15x15 km determinístico. As previsões baseadas no modelo ETA/CPTEC/INPE, no modo de conjunto, para a região de abrangência da bacia de captação do Sistema Cantareira indicam pouca chuva nos próximos sete dias. A previsão é de mais chuva sobre o litoral paulista. Na região da Cantareira tanto a chance de ocorrência de chuva quanto os prováveis volumes pluviométricos são pequenos.

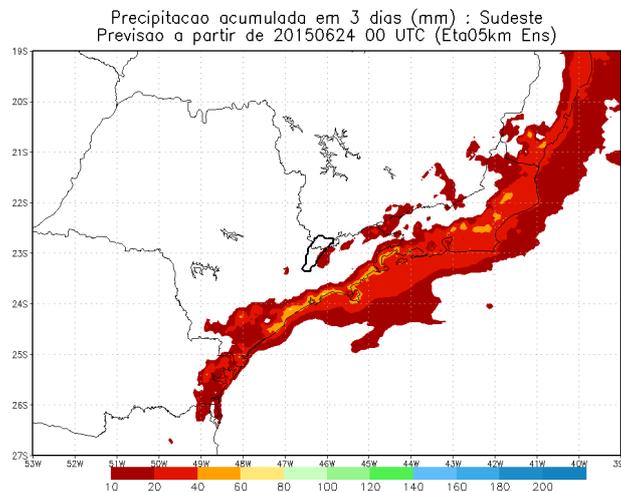


Figura 5. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

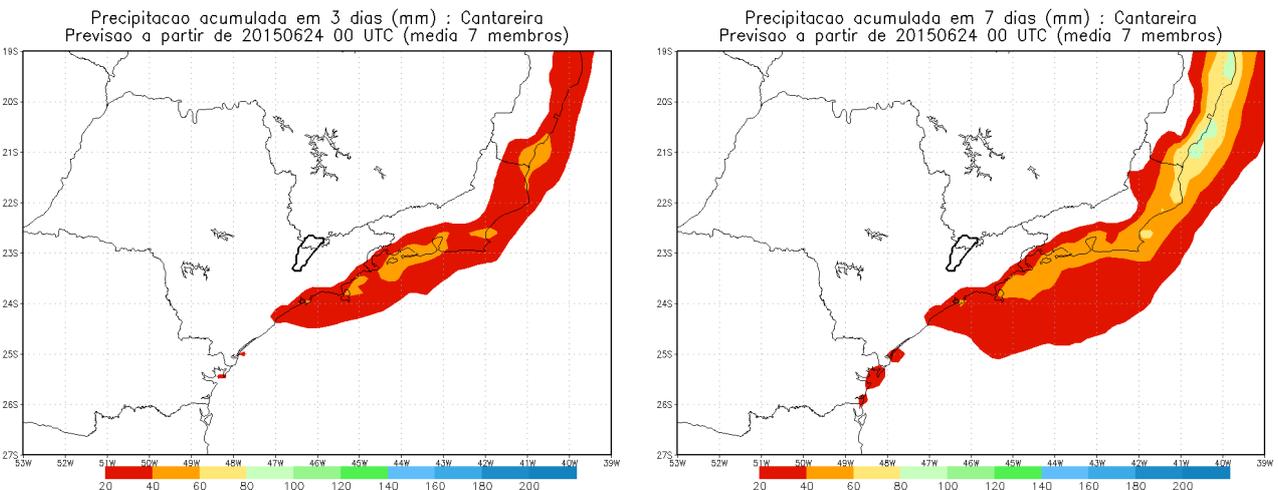


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

3) Estimativa da provável evolução do armazenamento do Sistema Cantareira

A Figura 7 apresenta as precipitações e vazões diárias observadas de 16 a 24 de junho e previstas de 25 de junho a 1º de julho de 2015. A previsão média da precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE (média de 7 previsões paralelas), é cerca de 2 mm, enquanto a *previsão da vazão média afluente é, aproximadamente, 11,0 m³/s* (Figura 7). Considerando uma extração total para os próximos sete dias igual a 17,0 m³/s ($Q_{esi}=13,50 \text{ m}^3/\text{s} + Q_{jus}=3,50 \text{ m}^3/\text{s}$, segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247), o volume armazenado no Sistema Cantareira diminuirá cerca de 0,3 ponto percentual.

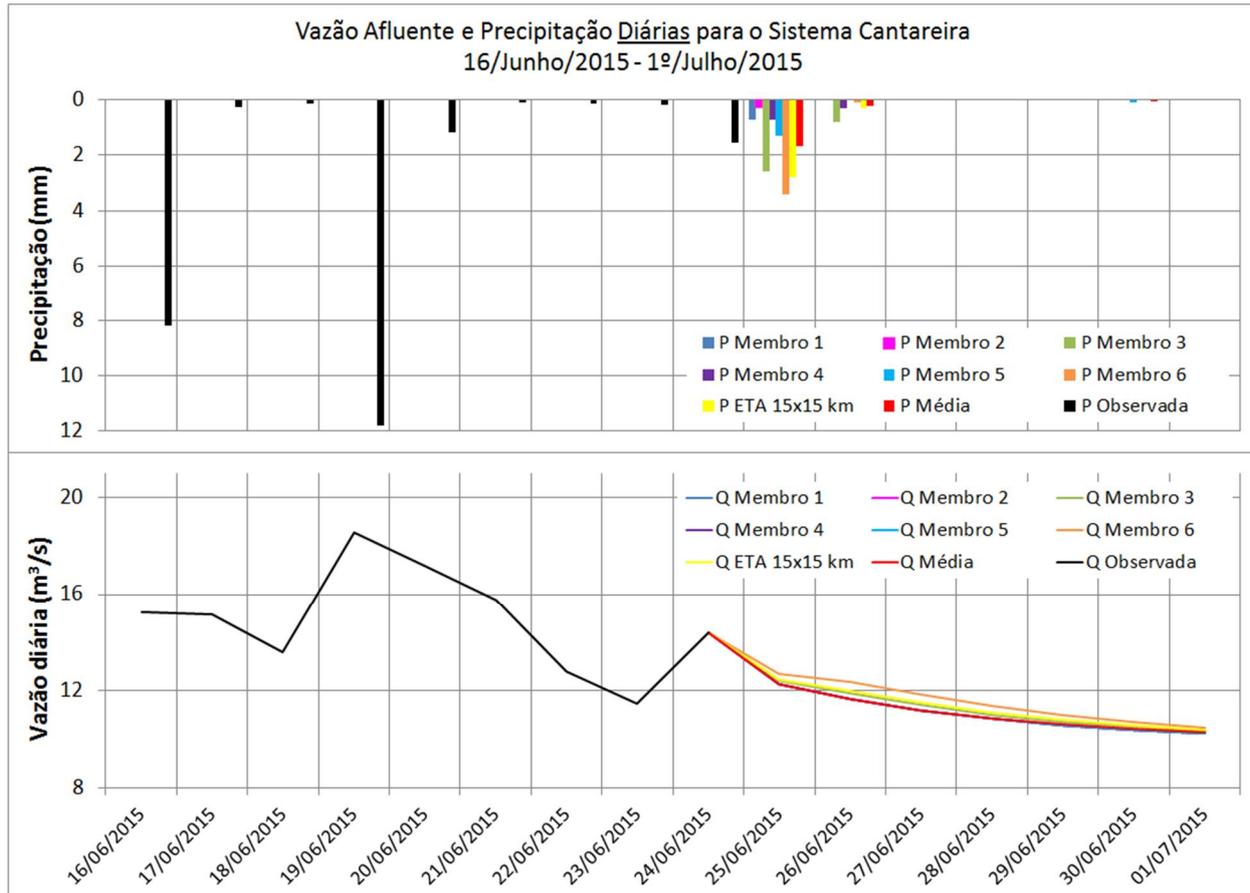


Figura 7. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). (Q) Corresponde às vazões diárias observadas e as demais as vazões projetadas a partir das diferentes previsões de precipitação.

A Figura 8 mostra a projeção da vazão média mensal afluente, em m³/s, do modelo hidrológico PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN), usando a previsão de precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias (Figura 7) e, na sequência, considerando 5 cenários de precipitação: média climatológica, 25% e 50% abaixo, 25% e 50% acima da média climatológica até 31 de dezembro de 2015. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperatura.

Projeção da Vazão Média Mensal Afluente para o Sistema Cantareira 24/Junho/2015 - 31/Dez/2015

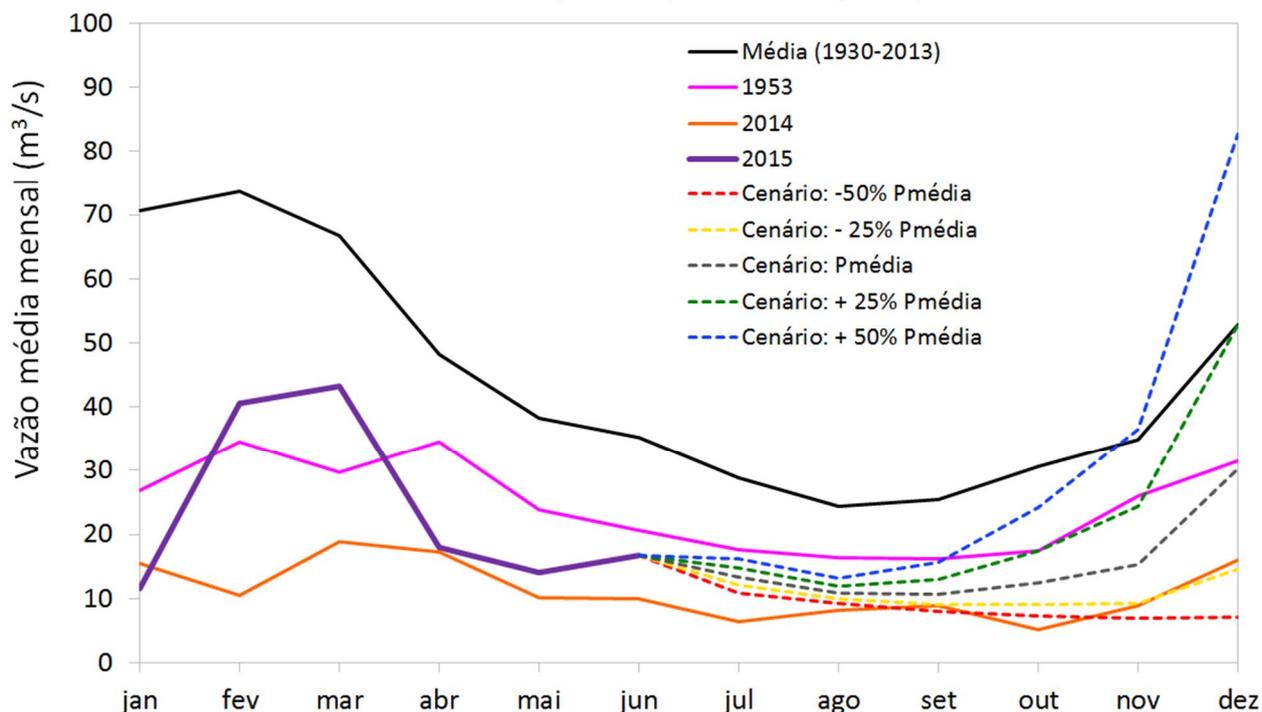


Figura 8. As linhas tracejadas apresentam cinco projeções de vazão média mensal afluente em m^3/s ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias e, na sequência, para os cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha amarela), na média climatológica (linha cinza), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica (linha azul). A linha preta corresponde à média mensal climatológica para o período 1930-2013, em rosa as vazões médias mensais de 1953, em laranja de 2014 e em roxo de 2015. Para o mês de junho de 2015, corresponde à média dos dias 01 a 24.

A Figura 9 mostra a evolução do volume acumulado dos reservatórios do Sistema Cantareira usando as previsões de vazão das Figuras 7 e 8, e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a $17,0 m^3/s$ para o período de 1º de junho a 30 de agosto e dezembro de 2015 e igual a $13,5 m^3/s$ para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015. Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 164 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 1º de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 11,3% da água do chamado volume morto 1. Para a mesma data e um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 31,2% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 187 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 165 dias (Tabela 2).

No cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, no final da estação seca, 30 de setembro de 2015, o volume armazenado seria de $159,29 hm^3$ (12,5% de $1269,5 hm^3$). No dia 1º de dezembro de 2015 seria de $161,87 hm^3$ (12,8% de $1269,5 hm^3$), aproximadamente.

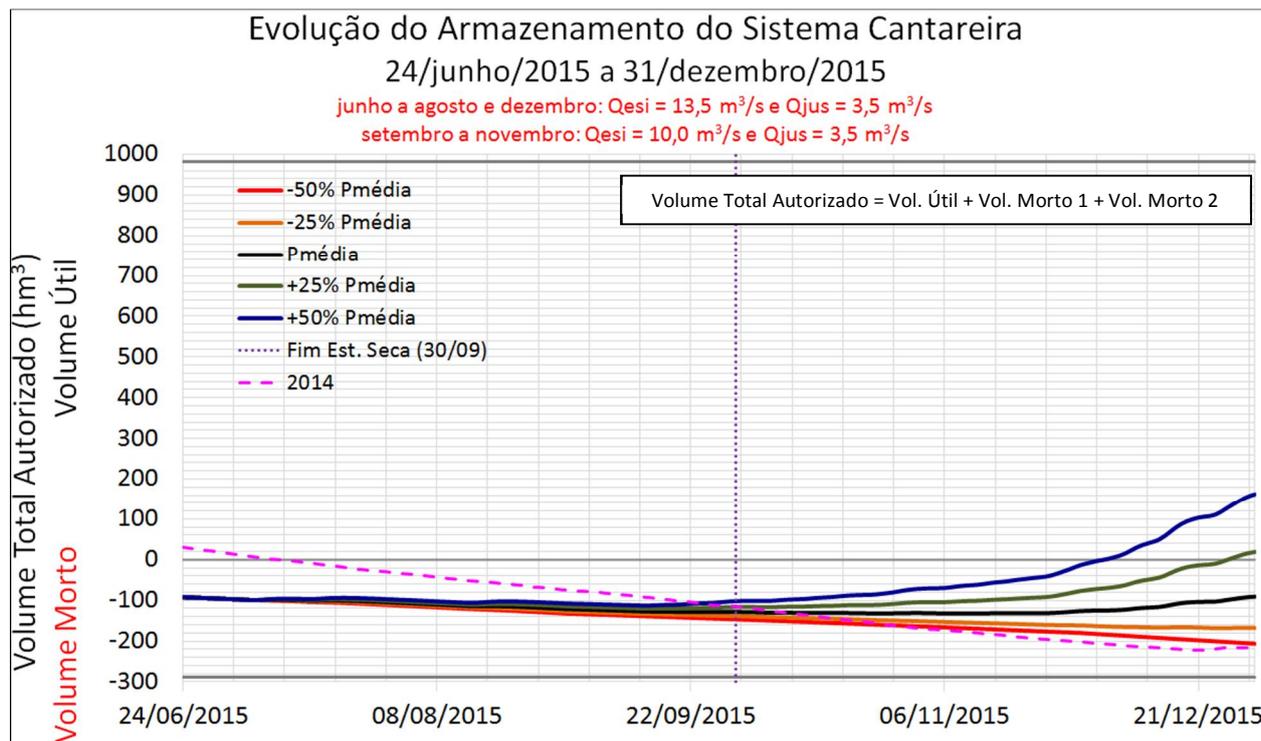


Figura 9. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o Volume Total Autorizado (volume útil + volume morto1 + volume morto2 = 982,0 hm³ + 182,5 hm³ + 105,0 hm³) da água que está sendo bombeada do volume morto dos reservatórios Jaguari-Jacaré e Atibainha. Em todos os cenários foi utilizada a temperatura média mensal. A linha rosa tracejada mostra a evolução do armazenamento do Sistema Cantareira em 2014.

Tabela 2. Resumo das previsões para o período de 24/junho/2015 a 31/dezembro/2015 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total (Qesi + Qjus) constante igual a 17,0 m³/s para o período de 1º de junho a 31 de agosto e dezembro de 2015, e igual a 13,5 m³/s para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015, segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias para recuperar o volume morto 2	Recuperado em 24/fevereiro/2015				
Dias de uso do volume morto 1	163	>191	>191	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	-	187	165
% do Vol. total autorizado (1269,5 hm ³) em 30/set/2015	11,1%	11,8%	12,5%	13,5%	14,6%
% do Vol. total autorizado (1269,5 hm ³) em 01/dez/2015	8,4%	9,9%	12,8%	16,7%	21,9%

4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (16 a 23 de junho de 2015)

A Figura 10 mostra nos três painéis, respectivamente, a previsão do período anterior (painel da esquerda), as observações de chuva (painel central) e a diferença entre as previsões e as observações (painel da direita). O painel à direita mostra que as previsões foram corretas já que foram previstas chuvas fracas, o que de fato aconteceu.

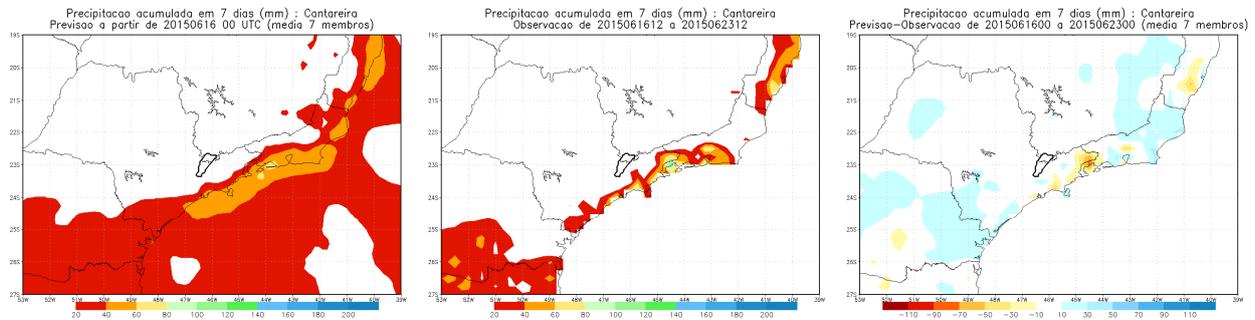


Figura 10. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em azul) indicam que os valores previstos foram superiores ao observados e os valores negativos (cores avermelhados) indicam os valores previstos foram ligeiramente inferiores aos observados. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

A vazão média afluente observada no período de 16 a 23 de junho de 2015 foi igual a 14,97 m³/s, segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>). A vazão média afluente prevista para o mesmo período foi de 13,25 m³/s.