

Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira

SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 13 de maio 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 34,4 mm (35,1¹ mm), 44,0% (44,9%¹) da média climatológica do mês de 78,2¹ mm. O Sistema opera hoje, 13 de maio de 2015, com 15,3% do seu 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, com volume que deve ficar próximo da média para o período. 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 16 m³/s, valor informado pela ANA, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 163 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 01 de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica seria recuperado, aproximadamente, 23,8% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 225 dias a partir de hoje, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 188 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 150 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 13/maio/2015 a 31/dezembro/2015, para os cinco cenários de precipitação e extração total ($Q_{esi} + Q_{jus}$) constante igual a $16 \text{ m}^3/\text{s}$, valor informado pela ANA.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = $Q_{esi} = 13,00 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)} + Q_{jus} = 3,00 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
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	162	>233	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	225 dias	188 dias	150 dias
% do Vol. morto 1 (de $182,5 \text{ hm}^3$) em 01/dez/2015	0,0%	23,8%	69,4%	100,0%	100,0%
% do Vol. total autorizado (de $1269,5 \text{ hm}^3$) em 01/dez/2015	6,2%	11,7%	18,3%	25,9%	34,5%

(1) Valores informados pela ANA.

1) Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação média espacial, acumulada no período de outubro de 2014 a 13 de maio 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 $965,9 \text{ mm}$ ($1100,5^3 \text{ mm}$), equivalente a $72,7\%$ ($82,8\%^3$) de $1329,1^3 \text{ mm}$, média climatológica para o período. A precipitação média espacial acumulada no mês, até 13 de maio 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 $34,4 \text{ mm}$ ($35,1^3 \text{ mm}$), $44,0\%$ ($44,9\%^3$) da média climatológica do mês de $78,2^3 \text{ mm}$ (Figura 1).

A vazão média afluyente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês, até 13 de maio de 2015 foi de $13,82 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 2), $63,9\%$ abaixo da vazão média mensal de $38,27 \text{ m}^3/\text{s}$, e ainda abaixo ($30,6\%$) da vazão mínima histórica de $19,90 \text{ m}^3/\text{s}$ (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, para o período de outubro de 2013 até maio de 2015. Observa-se que para a estação chuvosa 2014-2015 houve excedente de água no solo, contudo o mês de abril de 2015 apresentou déficit de água no solo.

No dia 16 de maio de 2014 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 $105,0 \text{ hm}^3$, do chamado volume morto, 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 13 de maio de 2015.

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

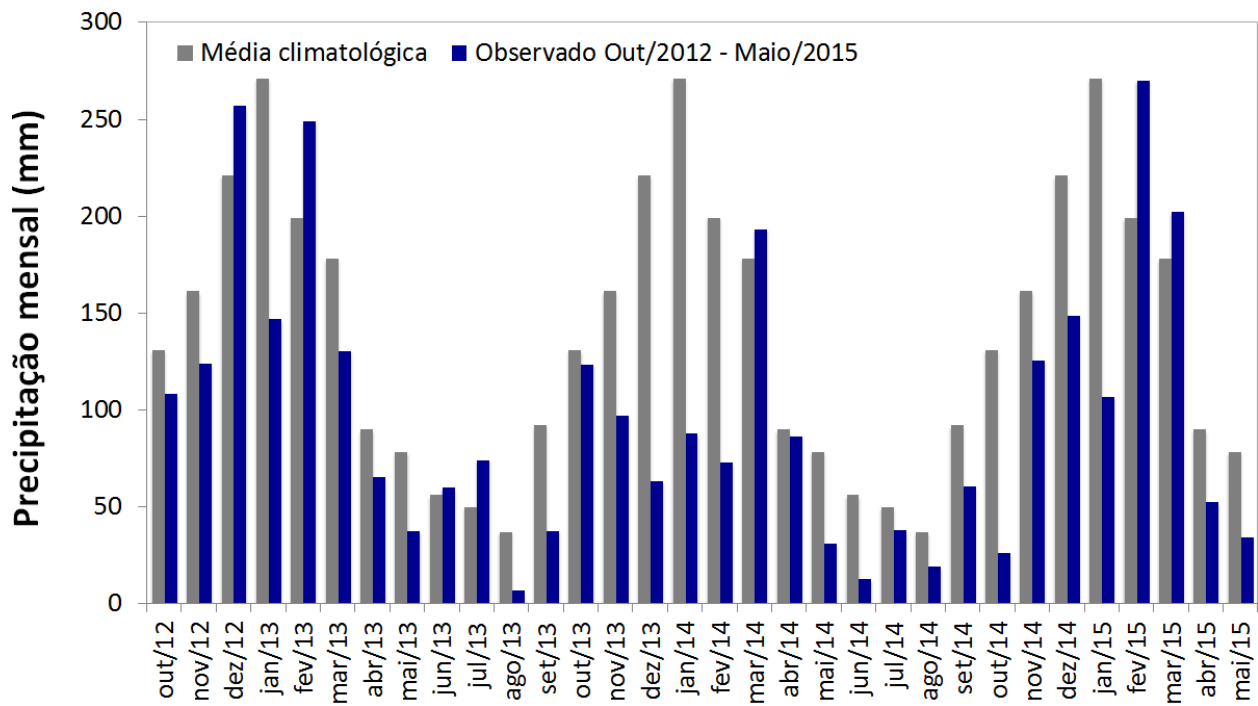


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

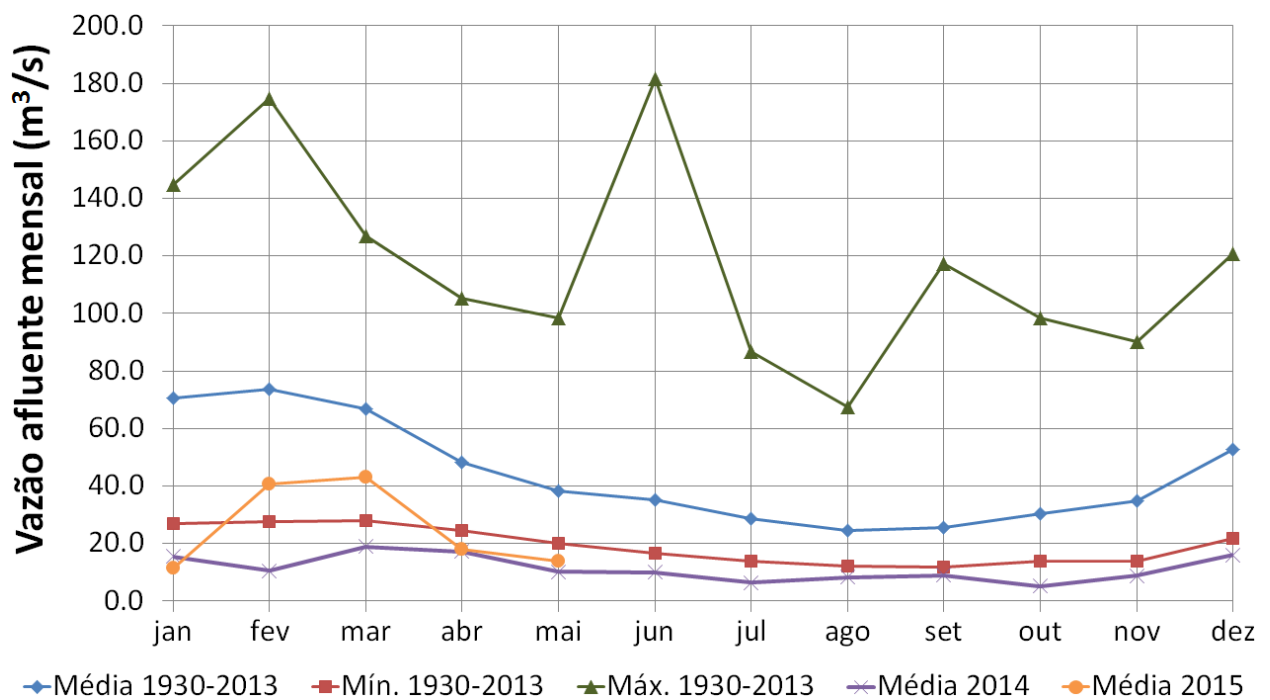


Figura 2. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 13 de maio de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas verde e vermelha referem-se, respectivamente, aos máximos e mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930 – 2013.

Varição do Armazenamento Médio d'água no solo nas sub-bacias do Sistema Cantareira Out/2013 - Maio/2015

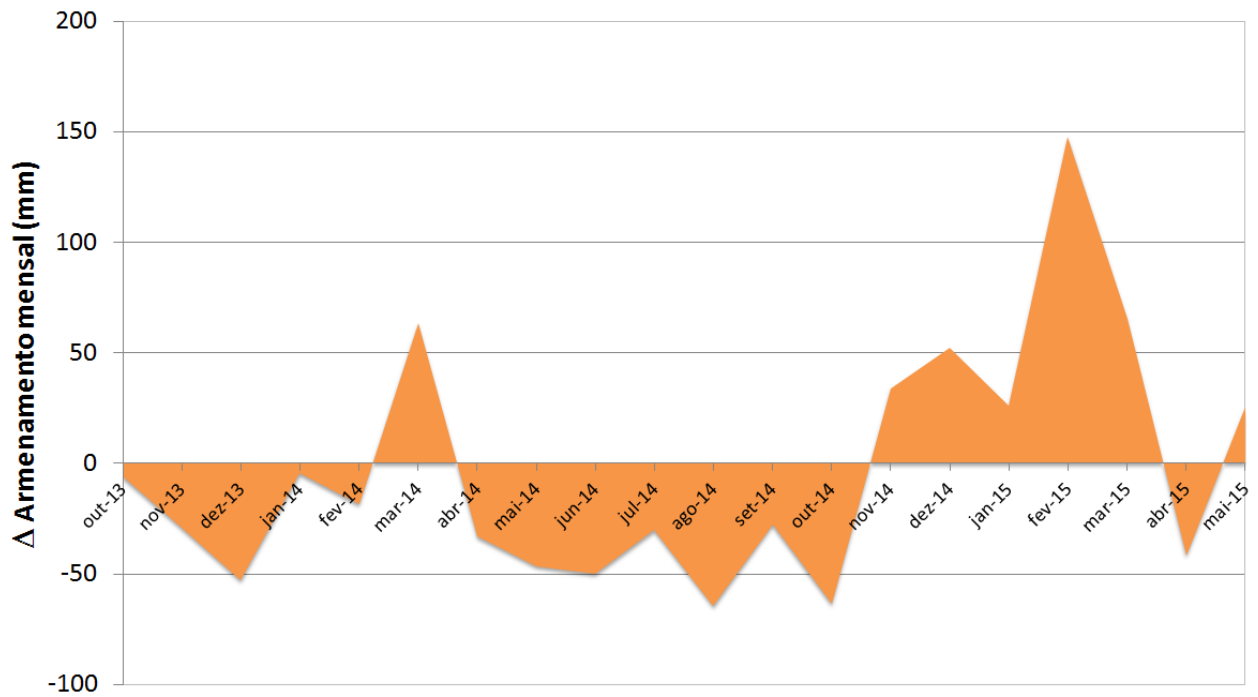


Figura 3. Variação média mensal do armazenamento de água no solo (em mm) para as sub-bacias do Sistema Cantareira). O valores negativos indicam déficit de água no solo.

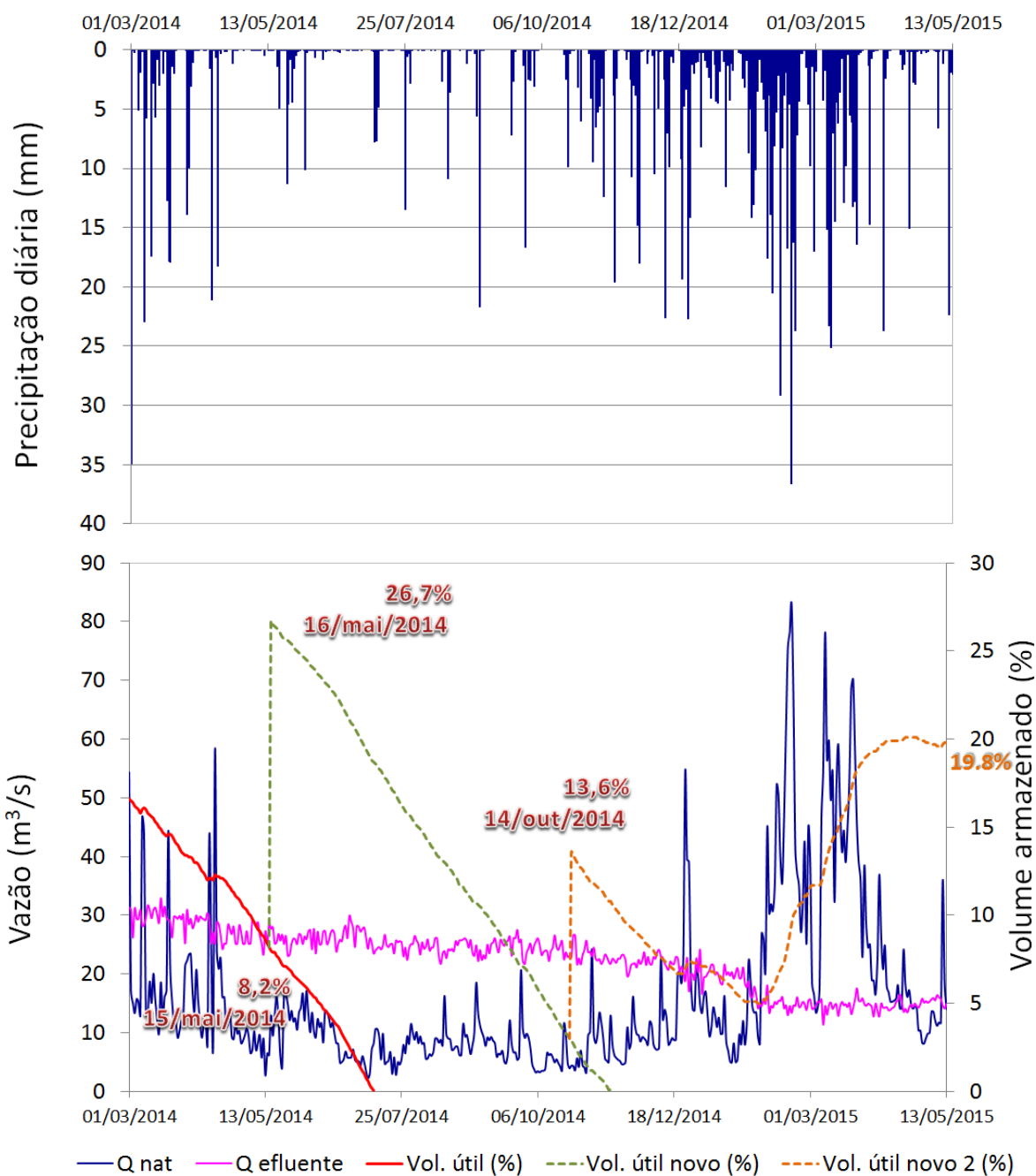


Figura 4. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluyente (Q_{nat}) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ($Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + 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 13/maio/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	194,1	15,3	19,8

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

2.1) Precipitação observada nas últimas 24 e 72 horas e acumulados do mês de maio 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 (Figura 5). Na tabela 2 são apresentados os dados nas últimas 24 e 72 horas e acumulados de todo o mês.

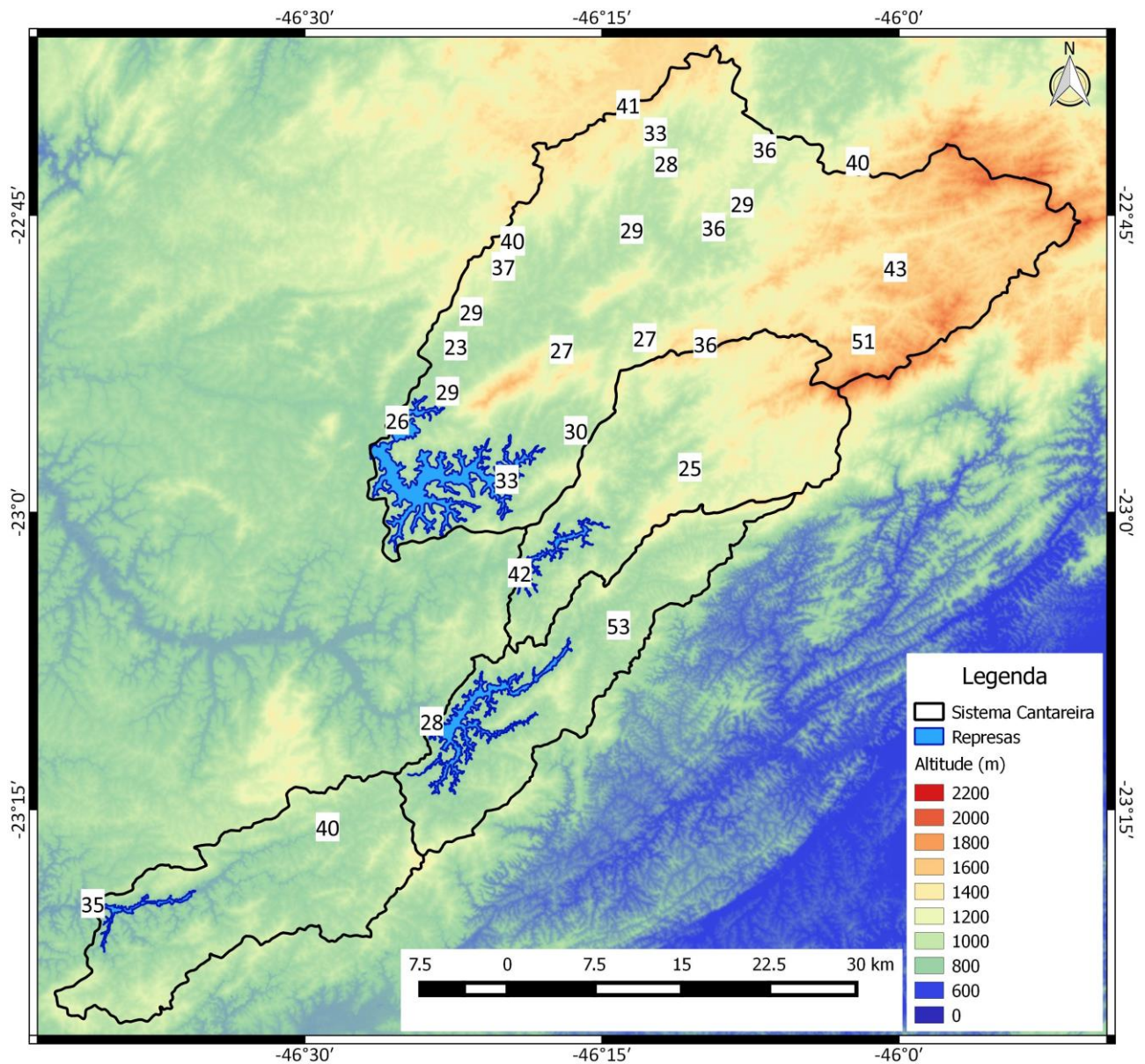


Figura 5. Precipitação observada acumulada (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

Tabela 2. Precipitação (em mm) nas últimas 24, 72 horas (13/05/2015 às 7:00h) e acumulado do mês de maio

Estações # Fonte: DAEE ** Fonte: CEMADEN	Precipitação acumulada (mm) Últimas 24h	Precipitação acumulada (mm) Últimas 72h	Precipitação acumulada (mm) Mês de Maio
# Barragem Jacareí	1,2	25,2	33,4
# Barragem Jaguari-Vargem	0,4	19,6	25,8
# Barragem Cachoeira	11,6	32,4	42,0
# Barragem Atibainha	1,2	22,6	28,2
# Desemboque do Tunel 5	1,8	36,4	40,0
# Barragem Paiva Castro	0,4	31,8	34,6
**Av, Targino Vargas/Camanducaia	0,0	24,0	29,0
**camanducaia04/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia06/Camanducaia	6,0	32,0	43,0
**camanducainha/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**COPASA/Camanducaia	3,0	36,0	51,0
**Cruzeiro/Camanducaia	0,0	25,0	36,0
**Fernão Dias km910/Camanducaia	0,0	31,0	36,0
**Ponte Nova/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**Santa Terezinha/Camanducaia	2,0	24,0	36,0
**São Mateus/Camanducaia	0,0	27,0	40,0
**Estrada das Posses/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema01/Extrema	1,0	20,0	27,0
**extrema02/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema07/Extrema	0,0	26,0	37,0
**Forjos/Extrema	1,0	20,0	27,0
**PSF Furnas/Extrema	0,0	27,0	40,0
**PSF Matão/Extrema	0,0	22,0	29,0
**COPASA/Itapeva	0,0	18,0	29,0
**Córrego dos Negros/Itapeva	0,0	27,0	33,0
**Distrito de Areias/Itapeva	0,0	23,0	28,0
**Tropical Flores/Itapeva	0,0	33,0	41,0
**Cachoeira/Joanópolis	0,0	16,0	25,0
**Centro/Joanópolis	1,0	21,0	30,0
**joanopolis02/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**joanopolis03/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**Caras/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Dobrada/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Pião/Piracaia	19,0	43,0	53,0
**Bairro dos Cardosos/Vargem	0,0	15,0	23,0
**SP036/Vargem	1,0	19,0	29,0

(s/d) Indica que houve falta de dados em algum período.

2.2) Previsão de Chuva para o Período de 13 a 20 de maio de 2015

A Figura 6 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 7 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 (< 10 mm) nos próximos 7 dias.

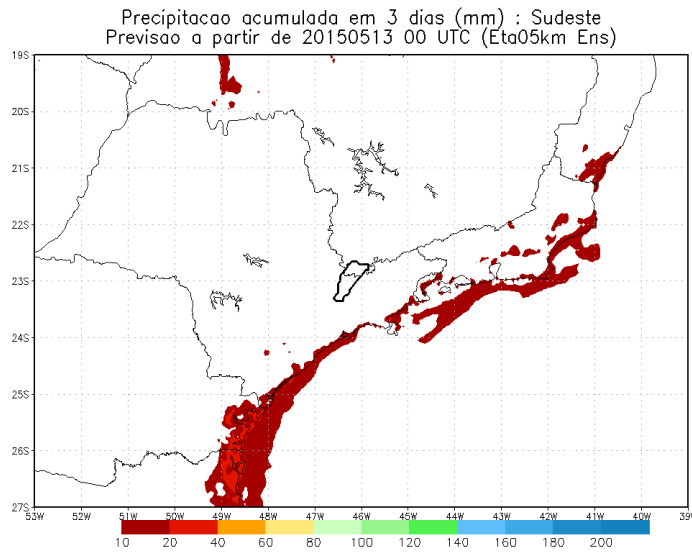


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

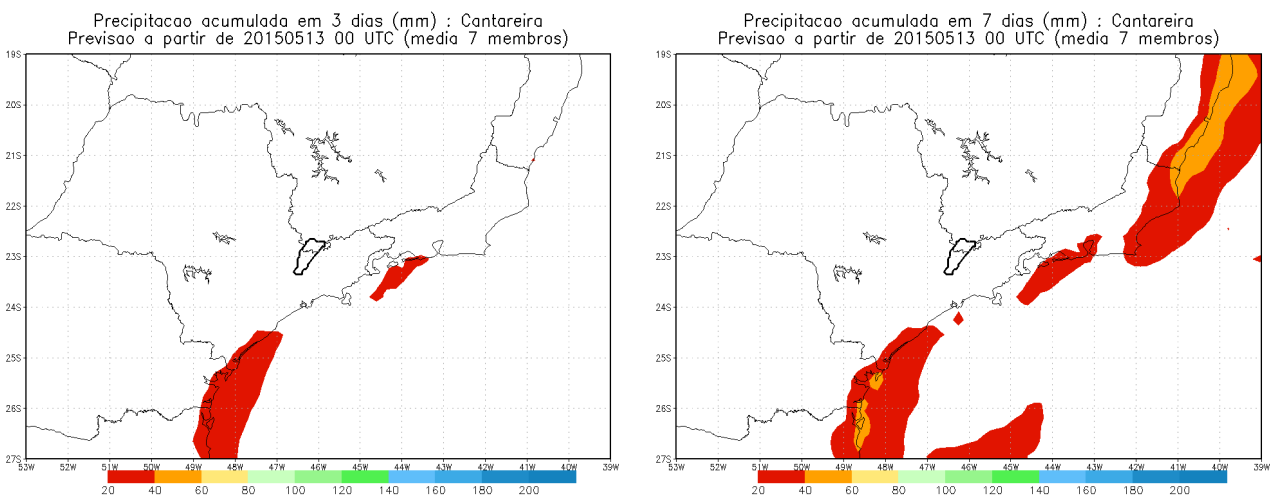


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. 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 8 apresenta as precipitações e vazões diárias observadas de 05 a 13 de maio e previstas de 14 a 20 de maio de 2015. A previsão média da precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE (média de 7 previsões paralelas), é de, aproximadamente, 2 mm, enquanto a *previsão da vazão média afluente é, aproximadamente, 17,57 m³/s* (Figura 8). Considerando uma extração total igual a 16 m³/s ($Q_{esi}=13,00 \text{ m}^3/\text{s} + Q_{jus}=3,00 \text{ m}^3/\text{s}$, valores informados pela Agência Nacional de Águas – ANA, válidos a partir de maio de 2015), o volume armazenado no Sistema Cantareira aumentará cerca de 0,1 ponto percentual.

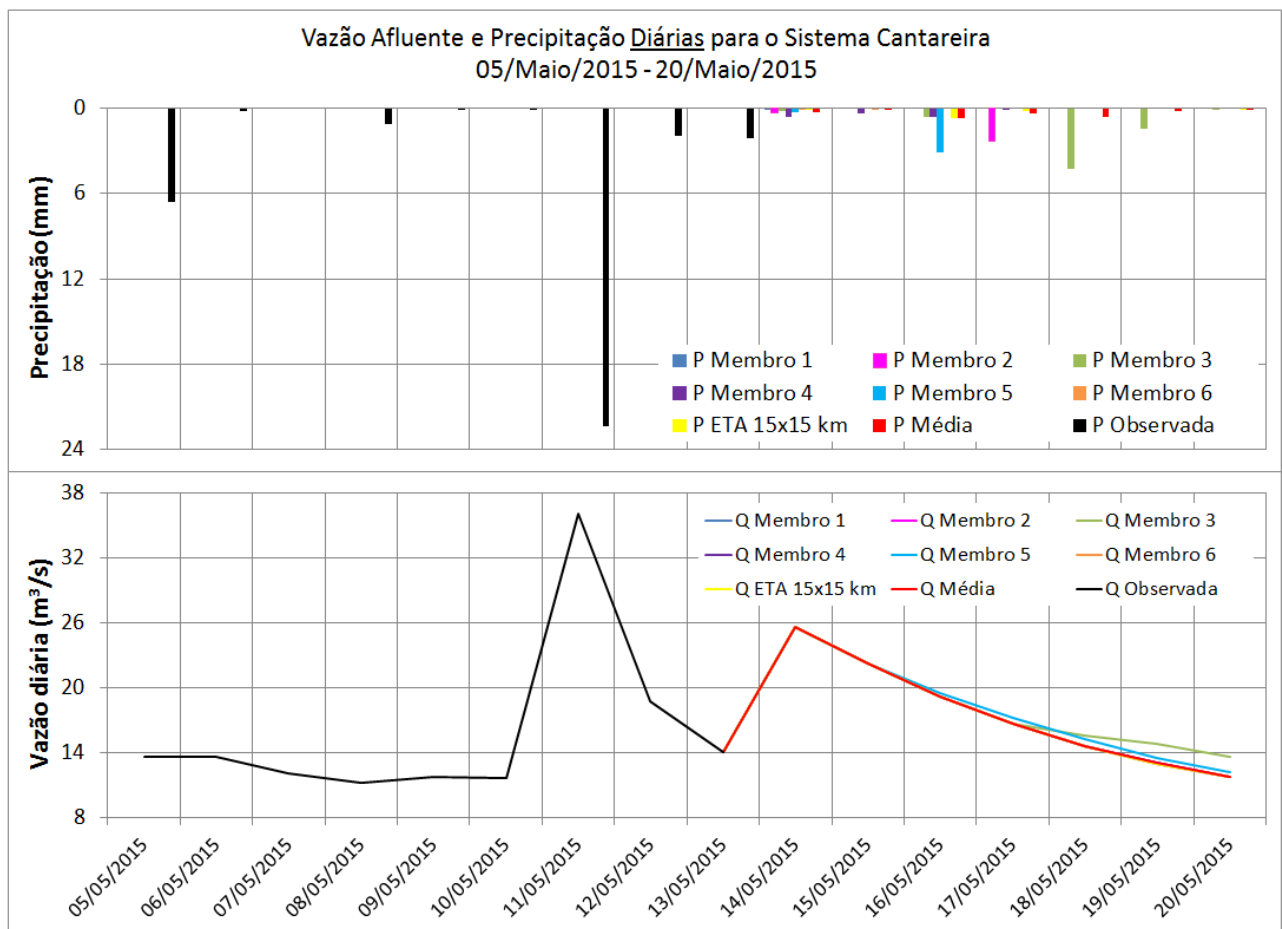


Figura 8. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). (Q) Corresponde às vazões diárias observadas e as demais as vazões projetadas a partir das diferentes previsões de precipitação.

A Figura 9 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 8) 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 temperaturas.

Vazão Média Mensal Afluente Prevista para o Sistema Cantareira 13/Maio/2015 - 31/Dez/2015

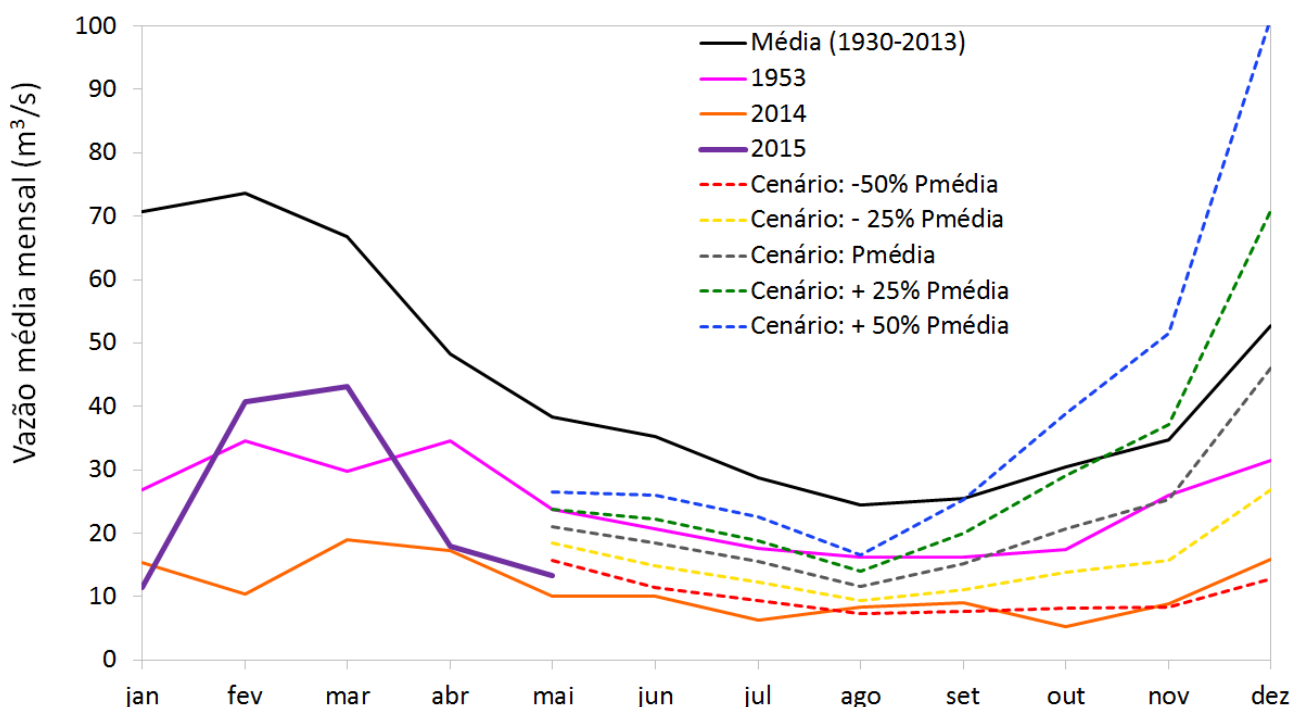


Figura 9. As linhas tracejadas apresentam cinco projeções de vazão média mensal afluente em m^3/s ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias e, na sequência, para os cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha 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 maio de 2015, apresenta-se em roxo a média do dia 01 ao 13.

A Figura 10 mostra a evolução do volume acumulado dos reservatórios do Sistema Cantareira usando as previsões de vazão das Figuras 8 e 9, e considerando a demanda constante igual a $16,00 m^3/s$. Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 163 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 01 de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica seria recuperado, aproximadamente, 23,8% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 225 dias a partir de hoje, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 188 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 150 dias (Tabela 3).

No cenário de precipitações pluviométrica na média climatológica no final da estação seca, 30 de setembro de 2015, o volume armazenado seria de $191,52 hm^3$ (15,1% de $1269,5 hm^3$). No dia 01 de dezembro de 2015 seria de $231,71 hm^3$ (18,3% de $1269,5 hm^3$), aproximadamente.

Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira 13/maio/2015 - 31/dezembro/2015

Qesi = 13,00 m³/s e Qjus = 3,00 m³/s (Valores informados pela ANA)

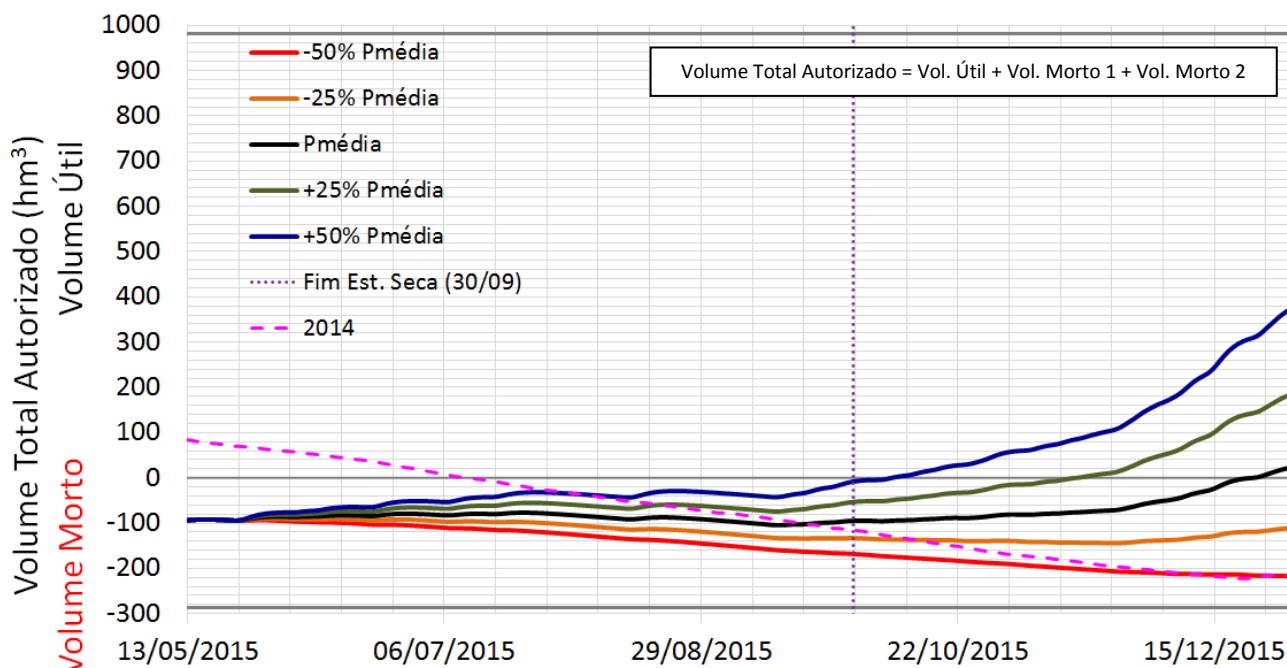


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima 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-Jacareí 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 3. Resumo das previsões para o período de 13/maio/2015 a 31/dezembro/2015, para os cinco cenários de precipitação e extração (Qesi + Qjus) constante igual à média de janeiro de 2015.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = Qesi = 13,00 m ³ /s ⁽¹⁾ + Qjus = 3,00 m ³ /s ⁽¹⁾					
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	162	>233	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	225 dias	188 dias	150 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,5 hm ³) em 01/dez/2015	0,0%	23,8%	69,4%	100,0%	100,0%
% do Vol. total autorizado (de 1269,5 hm ³) em 01/dez/2015	6,2%	11,7%	18,3%	25,9%	34,5%

(1) Valores informados pela ANA.

4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (05 a 12 de maio de 2015)

A Figura 11 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 da direita mostra que as previsões subestimaram o volume de chuva para este período sobre as bacias do Sistema Cantareira, ou seja, choveu mais do que estava previsto.

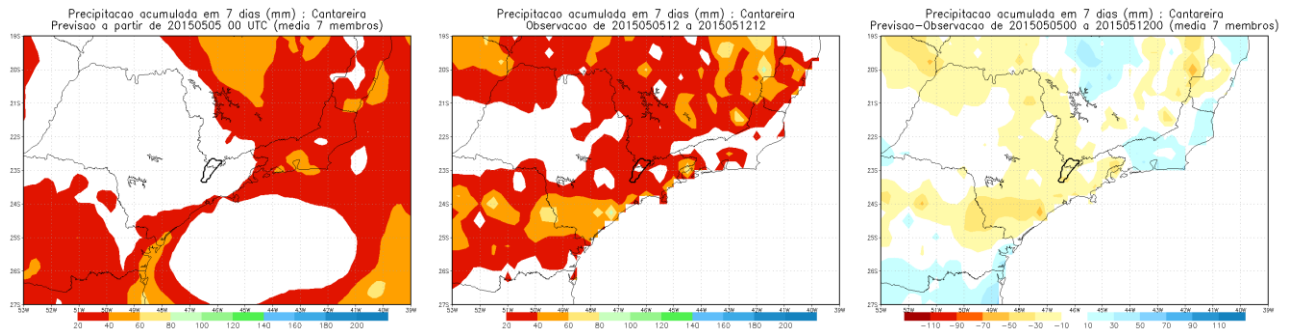


Figura 11. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em azul) indicam que os valores previstos foram superiores ao observados e o os valores negativos (cores avermelhados) indicam os valores previstos foram 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 05 a 12 de maio de 2015 foi igual a $16,07 \text{ m}^3/\text{s}$, segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>). A vazão média afluente prevista para o mesmo período foi de $14,07 \text{ m}^3/\text{s}$.