

## **Relatório da Situação Atual e Previsão Hidrológica para o Sistema Cantareira**

### **SUMÁRIO**

A precipitação média espacial, acumulada no mês de março 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 202,1 mm (206,5<sup>1</sup> mm), 13,5% (16,0%<sup>1</sup>) acima da média da média climatológica do mês de 178,0<sup>1</sup> mm. 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 possibilidade de ocorrência de chuva em forma de pancadas localizadas. A água do chamado volume morto começou a ser bombeada no dia 16 de maio de 2014, e um volume adicional de 182,5<sup>1</sup> hm<sup>3</sup> tornou-se utilizável (*volume morto 1*). Segundo a SABESP, em 16 de maio de 2014, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 80,53 hm<sup>3</sup> (correspondente a 8,2% do volume útil original de 982,0<sup>1</sup> hm<sup>3</sup>) para 263,03 hm<sup>3</sup> (26,7% de 982,0 hm<sup>3</sup>). *O volume útil original do Sistema Cantareira se esgotou no dia 11 de julho de 2014. No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,0<sup>1</sup> hm<sup>3</sup>, do chamado volume morto, tornou-se utilizável (volume morto 2), e segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm<sup>3</sup> (2,8% de 982,0 hm<sup>3</sup>) para 132,43 hm<sup>3</sup> (13,6% de 982,0 hm<sup>3</sup>).* O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014. O chamado volume morto 2 se recuperou no dia 24 de fevereiro de 2015, segundo a SABESP, e um dia antes segundo a ANA-GTAG (Boletim diário ANA/DAEE – 23/02/2015). Da análise de evolução hipotética das chuvas até 31 de dezembro de 2015, usando as simulações do modelo hidrológico PDM/CEMADEN<sup>2</sup> e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual à extração média dos últimos 7 dias<sup>1</sup>, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 225 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, 46,0% 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 238 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 86 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 62 dias (vide tabela resumo).

---

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

<sup>2</sup> 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 01/abril/2015 a 31/dezembro/2015, para os cinco cenários de precipitação e extração total ( $Q_{esi} + Q_{jus}$ ) constante igual aos últimos sete dias (26 de março a 01 de abril de 2015).

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = $Q_{esi} = 15,06 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
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	224	>275	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	238 dias	86 dias	62 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,5 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	0,0%	46,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% do Vol. Útil total (de 1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	7,2%	14,9%	23,8%	34,1%	45,5%

(1) Valores médios dos últimos sete dias (26/03/2015 a 01/04/2015), segundo dados do site da SABESP: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>.

## 1) Situação atual do Sistema Cantareira

Os reservatórios do Sistema Cantareira acumulam água nos meses chuvosos, de outubro a março, garantido o abastecimento no período de estiagem. Entretanto, no período de outubro de 2013 a março de 2014, da rede de pluviômetros da SABESP, foram observadas chuvas abaixo da média climatológica (Figura 1), e conseqüentemente as vazões naturais afluentes foram excepcionalmente baixas, o que contribuiu para que os reservatórios não recebessem o volume de água esperado para essa época do ano (GTAG–Cantareira<sup>3</sup>, Comunicado No 6 – 25/04/2014). Em 31 de março de 2014, o volume útil do Sistema Equivalente (reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha) chegou a 13,1% (127,57 hm<sup>3</sup>) do volume útil. Considerando a situação crítica do Sistema, decidiu-se fazer uso do chamado volume morto (182,5 hm<sup>3</sup>) dos reservatórios Jaguari-Jacareí e Atibainha, através da instalação de um sistema de bombas nos dois reservatórios. O volume morto começou a ser bombeado do reservatório Jaguari-Jacareí em 16 de maio de 2014, elevando o volume útil de 8,2% (80,53 hm<sup>3</sup>), em 15 de maio de 2014, para 26,7% (263,03 hm<sup>3</sup>), porcentagem em relação ao volume útil (982,0 hm<sup>3</sup>).

A precipitação média espacial, acumulada no período 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 879,1 mm (1020,1<sup>4</sup> mm), equivalente a 75,7% (87,9%<sup>4</sup>) de 1161,1<sup>4</sup> mm, média climatológica para o período outubro a março. A precipitação média espacial acumulada no mês de março 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 202,1 mm (206,5<sup>4</sup> mm), 13,5% (16,0%<sup>4</sup>) acima da média climatológica do mês de 178,0<sup>4</sup> mm (Figura 1).

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês de março de 2015 foi de 43,18 m<sup>3</sup>/s (Figura 2), 38,1% abaixo da vazão média mensal de 69,79 m<sup>3</sup>/s, mas 53,7% superior à vazão mínima histórica de 28,09 m<sup>3</sup>/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 março de 2015. Estimou-se déficit de água no

<sup>3</sup> Grupo Técnico de Assessoramento para Gestão do Sistema Cantareira, média histórica de 1930 a 2013.

<sup>4</sup> De acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>.

solo nos períodos de out/2013 a fev/2014 e de abr-out/2014. E estimou-se excedente de água no solo no mês de mar/2014 e no período de nov/2014 a mar/2015. Em mar/2014 as chuvas foram 5,0% acima da média climatológica. De nov/2014 a jan/2015 foram 21,2%, 33,7% e 48,6% abaixo, respectivamente. E foram 35,7% e 13,5% acima no período de fev-mar/2015, respectivamente.

O volume útil antigo do Sistema Cantareira (982,00 hm<sup>3</sup>) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 4). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,00 hm<sup>3</sup>, do chamado volume morto, tornou-se utilizável. Segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm<sup>3</sup> (2,8% de 982,00 hm<sup>3</sup>) para 132,43 hm<sup>3</sup> (13,6% de 982,00 hm<sup>3</sup>). O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014 (Figura 4). Na Tabela 1 são apresentados os valores do armazenamento do Sistema Cantareira até março de 2015.

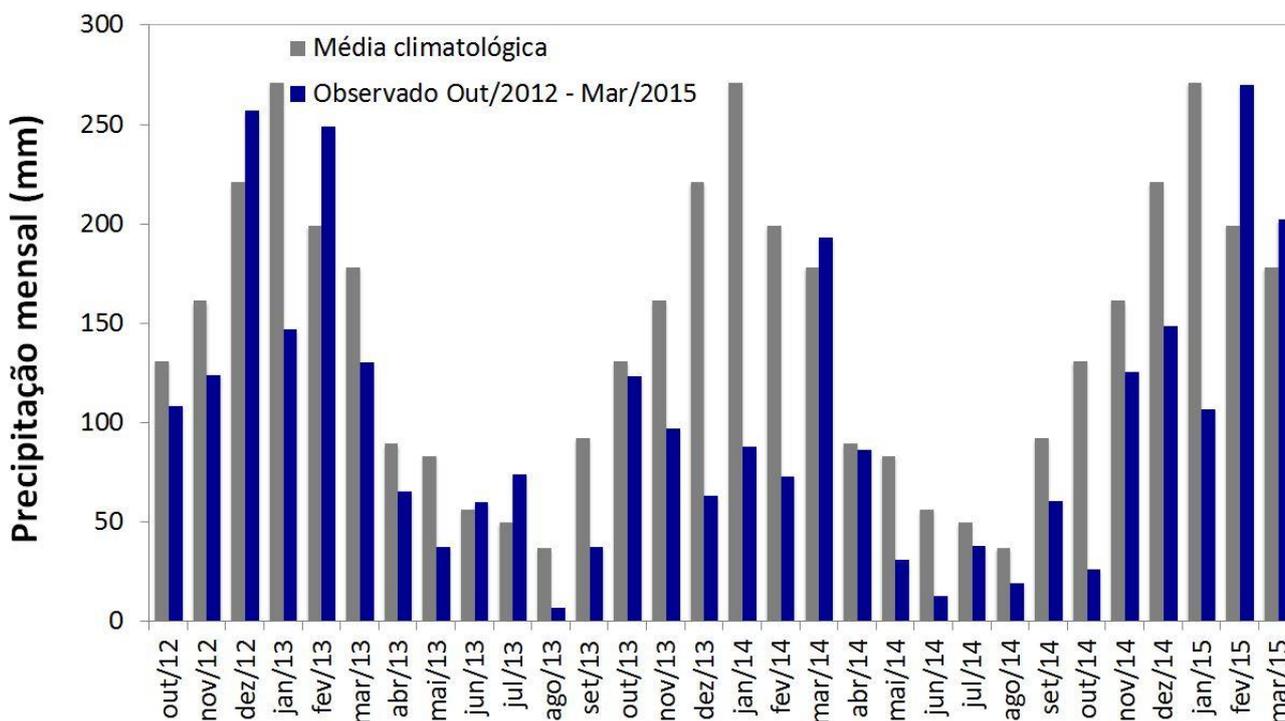


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

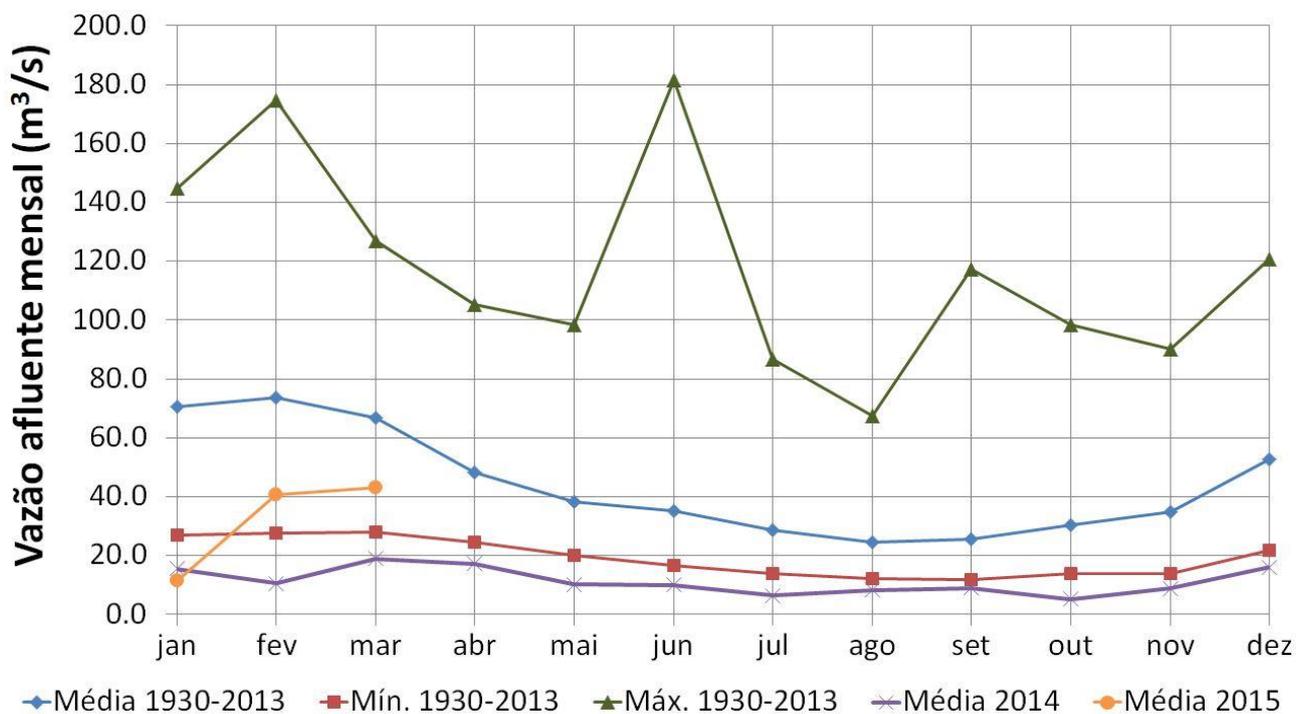


Figura 2. Vazão afluente (em  $m^3/s$ ) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até março de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas verde 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 - Mar/2015

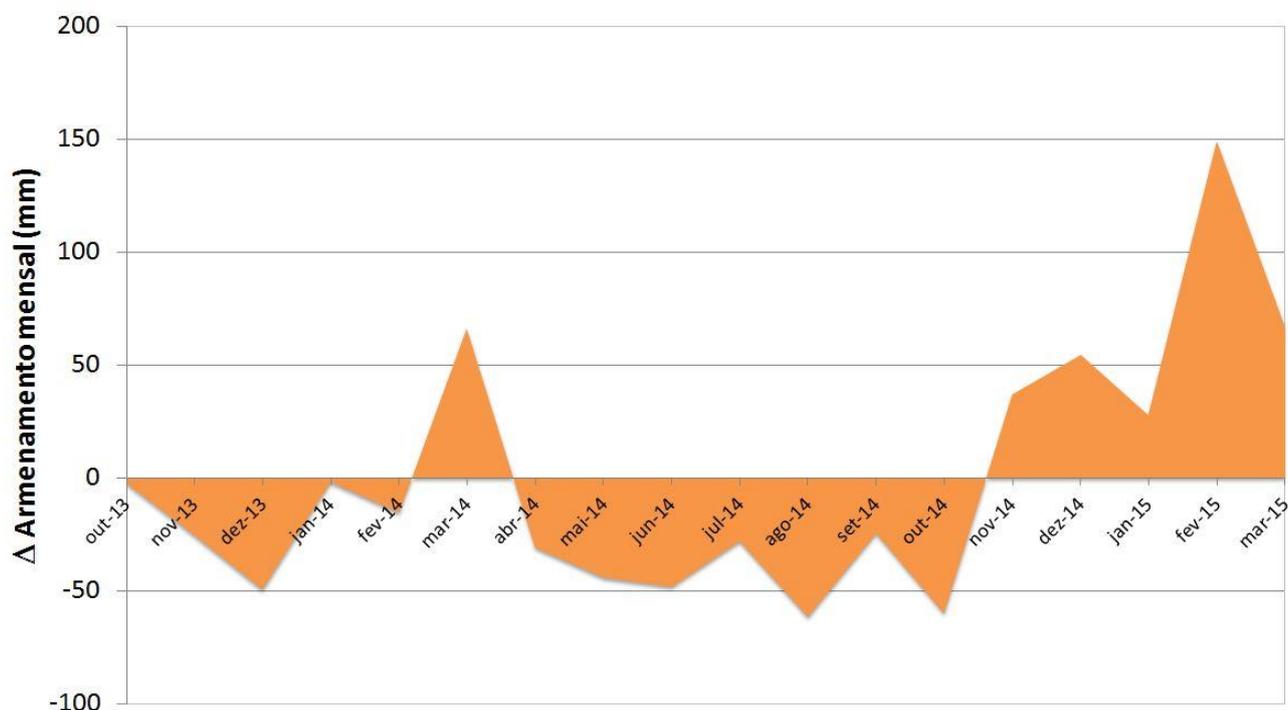


Figura 3. Variação média mensal do armazenamento de água no solo (em mm) para as sub-bacias do Sistema Cantareira). O valores negativos indicam déficit de água no solo.

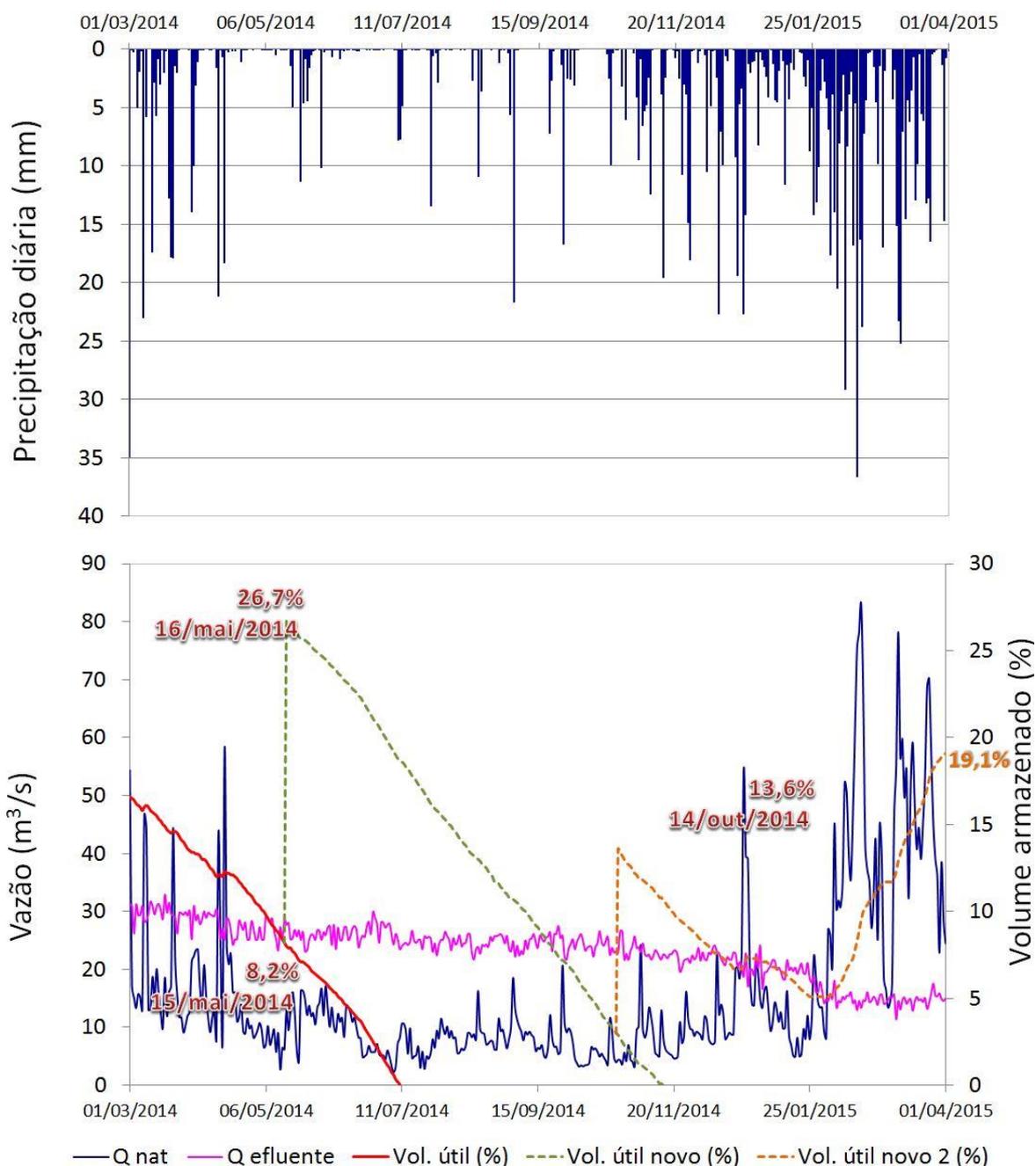


Figura 4. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluente ( $Q_{nat}$ ) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ( $Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + 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 982,00 hm<sup>3</sup> (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais e boletins diários da ANA – GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios).

Tabela 1. Resumo da situação do armazenamento do Sistema Cantareira (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais e boletins diários da ANA – GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios).

Situação em 01/abril/2015					
Volume útil (hm <sup>3</sup> )	Vol. útil armazenado (hm <sup>3</sup> )	Vol. total autorizado (hm <sup>3</sup> )	Vol. total armazenado (hm <sup>3</sup> )	% do volume total autorizado	% do volume útil
982,0	0,0	1269,5	182,8	14,4	18,6

## 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 março 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.

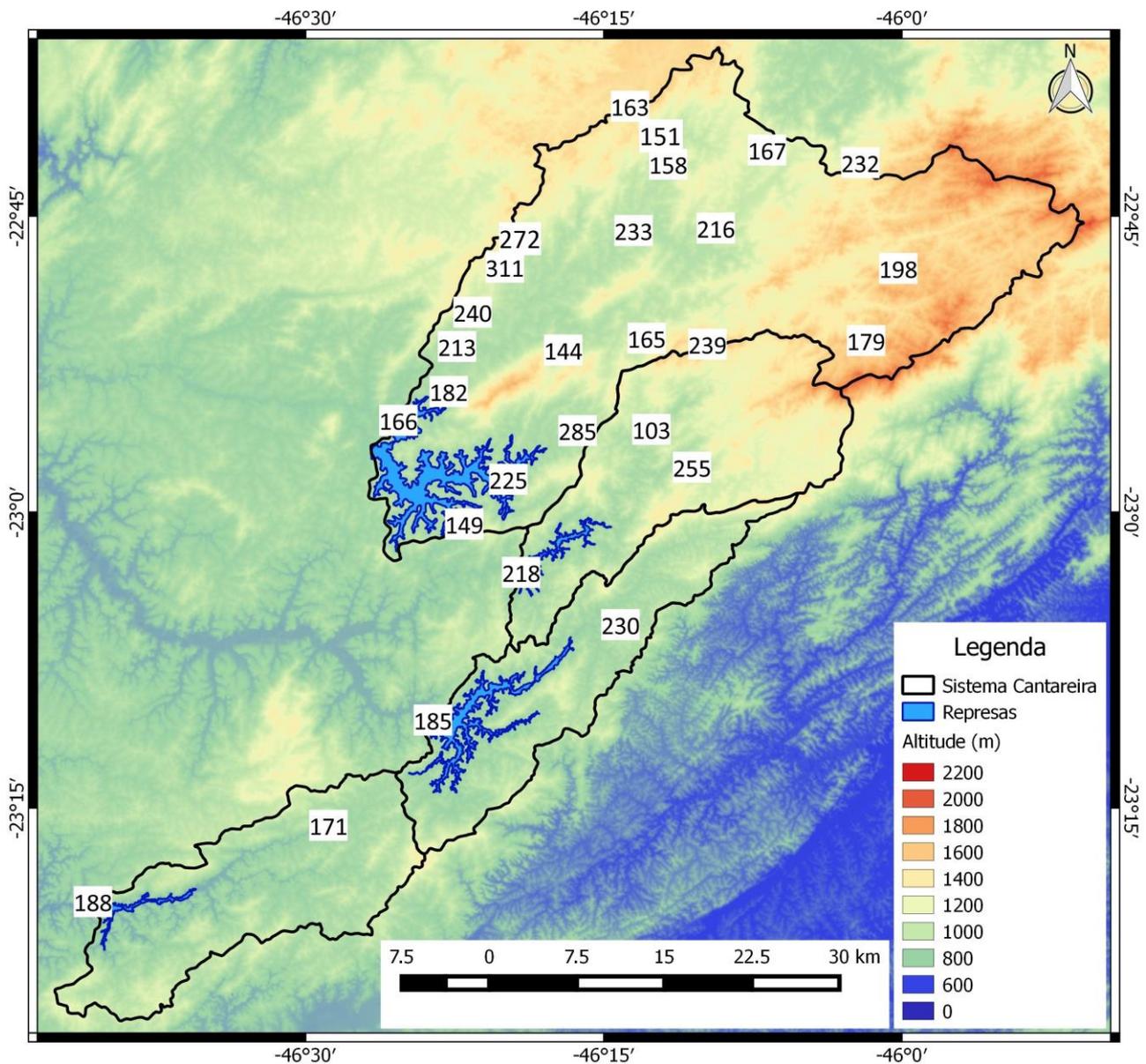


Figura 5. Precipitação observada acumulada (em mm) de março nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

Tabela 2. Precipitação (em mm) nas últimas 24, 72 horas (01/04/2015 às 7:00h) e acumulado do mês de março.

<b>Estações # Fonte: DAEE ** Fonte: CEMADEN</b>	<b>Precipitação acumulada (mm) Últimas 24h</b>	<b>Precipitação acumulada (mm) Últimas 72h</b>	<b>Precipitação acumulada (mm) Mês de Março</b>
# Barragem Jacareí	0,0	19,2	224,6
# Barragem Jaguari-Vargem	0,0	4,0	166,2
# Barragem Cachoeira	0,2	11,2	218,0
# Barragem Atibainha	0,0	2,6	185,0
# Desemboque do Tunel 5	0,2	16,6	171,2
# Barragem Paiva Castro	0,2	32,8	187,6
**Av, Targino Vargas/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia04/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia06/Camanducaia	5,0	16,0	198,0
**camanducainha/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**COPASA/Camanducaia	0,0	13,0	179,0
**Cruzeiro/Camanducaia	0,0	18,0	216,0
**Fernão Dias km910/Camanducaia	0,0	17,0	167,0
**Ponte Nova/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**Santa Terezinha/Camanducaia	0,0	27,0	239,0
**São Mateus/Camanducaia	0,0	34,0	232,0
**Estrada das Posses/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema01/Extrema	0,0	15,0	165,0
**extrema02/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema07/Extrema	0,0	24,0	311,0
**Forjos/Extrema	0,0	10,0	144,0
**PSF Furnas/Extrema	0,0	14,0	272,0
**PSF Matão/Extrema	0,0	19,0	240,0
**COPASA/Itapeva	0,0	18,0	233,0
**Córrego dos Negros/Itapeva	0,0	16,0	151,0
**Distrito de Areias/Itapeva	0,0	12,0	158,0
**Tropical Flores/Itapeva	0,0	16,0	163,0
**Cachoeira/Joanópolis	0,0	22,0	255,0
**Centro/Joanópolis	0,0	15,0	285,0
**joanopolis02/Joanópolis	0,0	0,0	103,0
**joanopolis03/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**Caras/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Dobrada/Piracaia	0,0	6,0	149,0
**Pião/Piracaia	0,0	6,0	230,0
**Bairro dos Cardosos/Vargem	0,0	12,0	213,0
**SP036/Vargem	0,0	4,0	182,0

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

## 2.2) Previsão de Chuva para o Período de 01 a 08 de abril 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 alguma possibilidade de ocorrência de chuva em forma de pancadas localizadas.

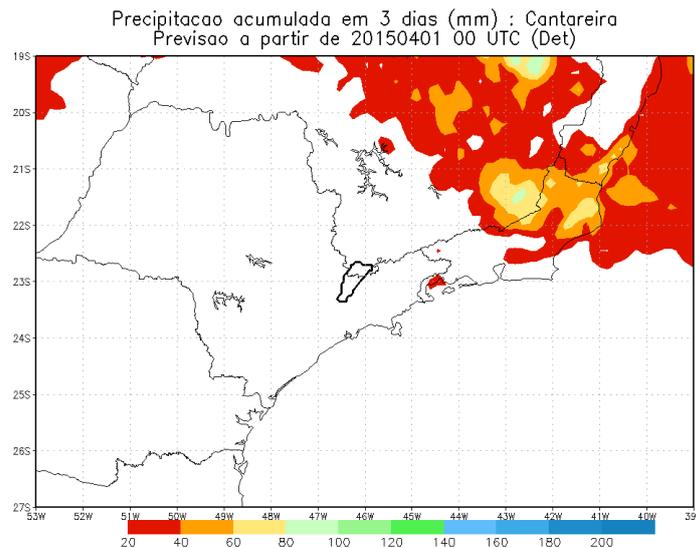


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

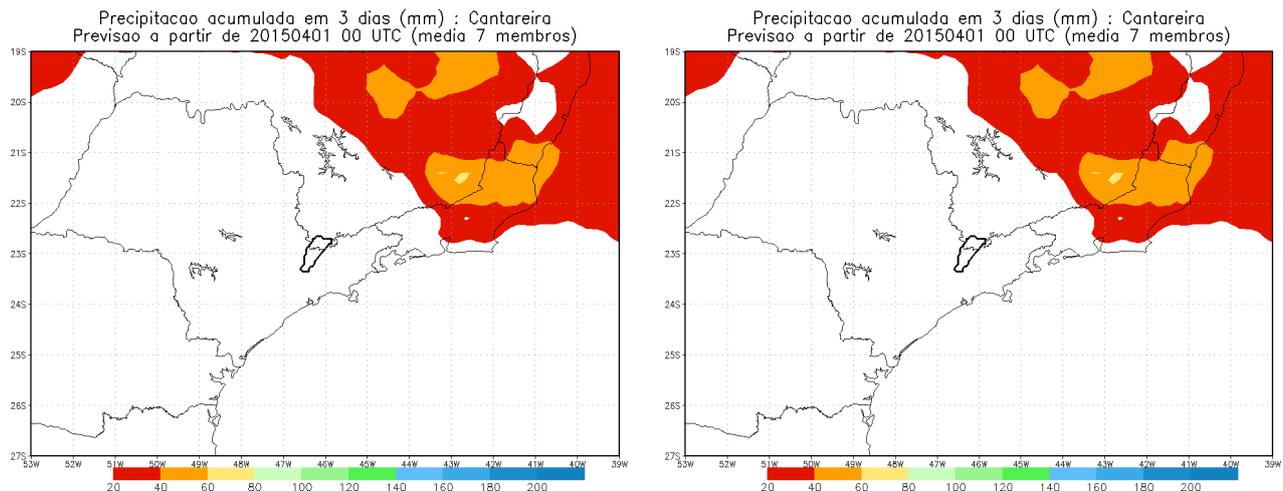


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE. 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 mostra a previsão da vazão média mensal afluyente em  $m^3/s$  do modelo hidrológico PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN), usando a previsão de precipitação do modelo ETA para os próximos 7 dias e, na sequência, considerando 5 cenários de precipitação: média climatológica, 25% abaixo, 50% abaixo, 25% acima e 50% acima da média climatológica, até 31 de dezembro de 2015. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperaturas. A Figura 9 apresenta as precipitações e vazões diárias observadas de 24 de março a 01 de abril e previstas de 02 a 08 de abril de 2015. 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,  $Q_{esi}=15,06 m^3/s$  e  $Q_{jus}=0,47 m^3/s$ , valores médios dos últimos sete dias (26/03/2015 a 01/04/2015) segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>).

Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 225 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, 46,0% 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 238 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 86 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 62 dias (Tabela 3).

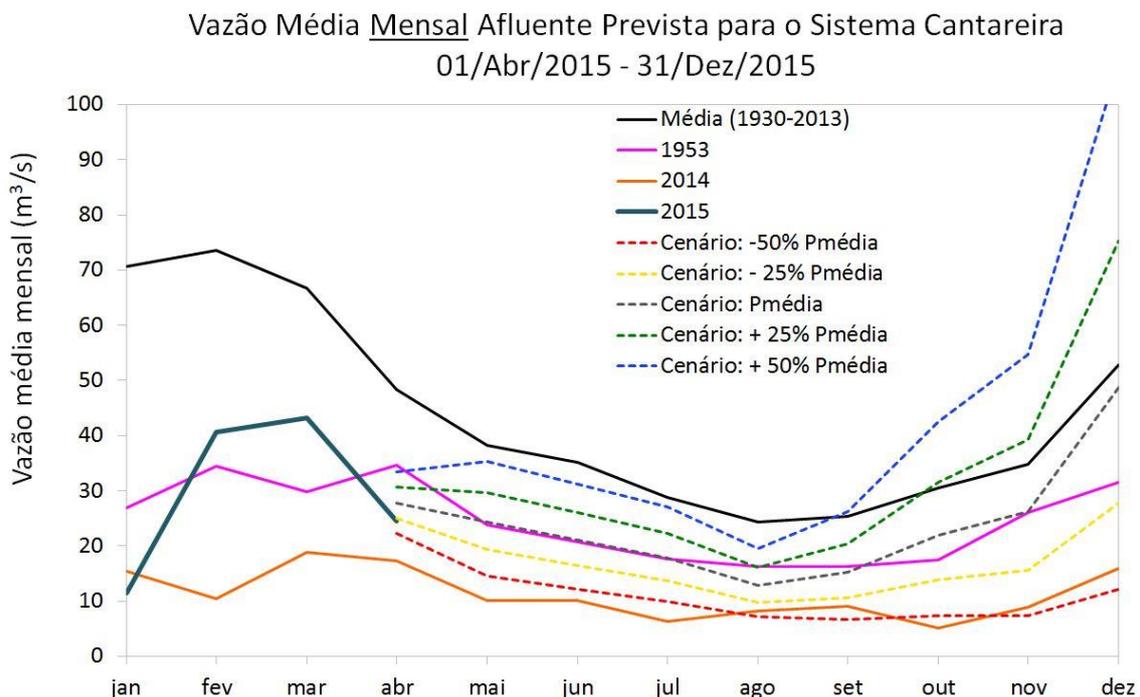


Figura 8. Previsão de vazão média mensal afluyente em  $m^3/s$  ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA para os próximos 7 dias e, na sequência, para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (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 refere-se à média mensal climatológica e a laranja aos mínimos absolutos para o período 1930-2013. Em magenta as vazões médias do ano 1953, em roxo de 2014 e turquesa até 01 de abril de 2015.

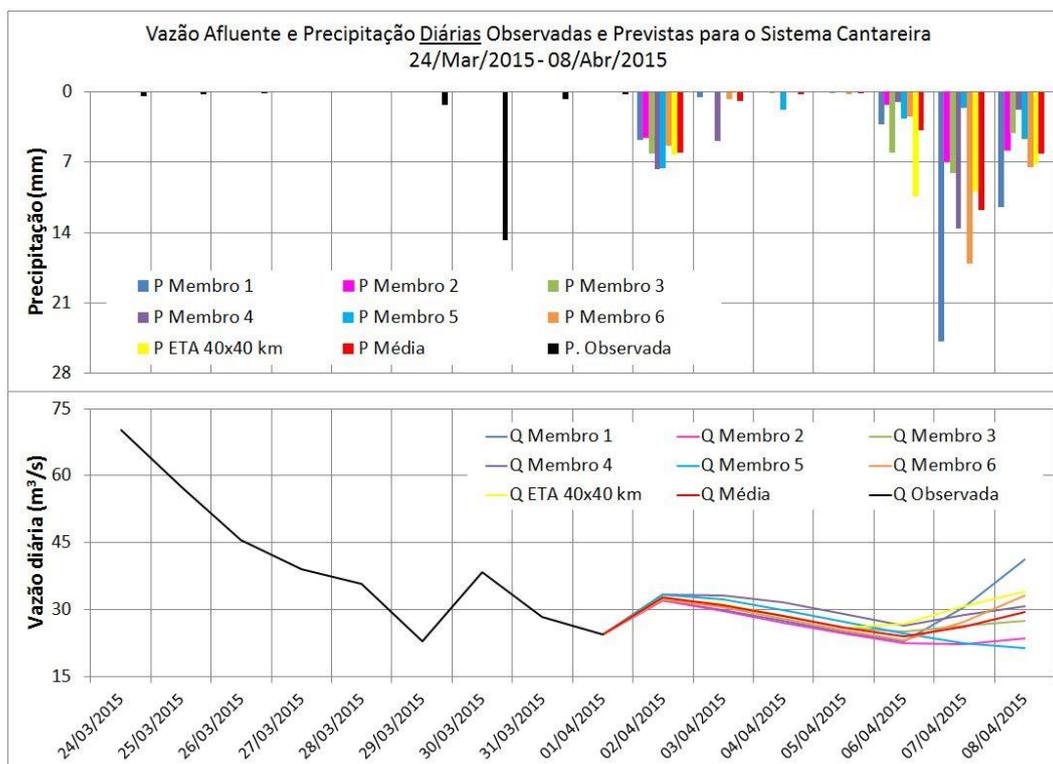


Figura 9. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). A linha preta apresenta as vazões diárias (Q) observadas e as demais linhas apresentam as vazões previstas a partir das diferentes previsões de precipitação.

### Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira 01/abril/2015 - 31/dezembro/2015

$Q_{esi} = 15,06 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}$  (média de 26 de março a 01 de abril de 2015)

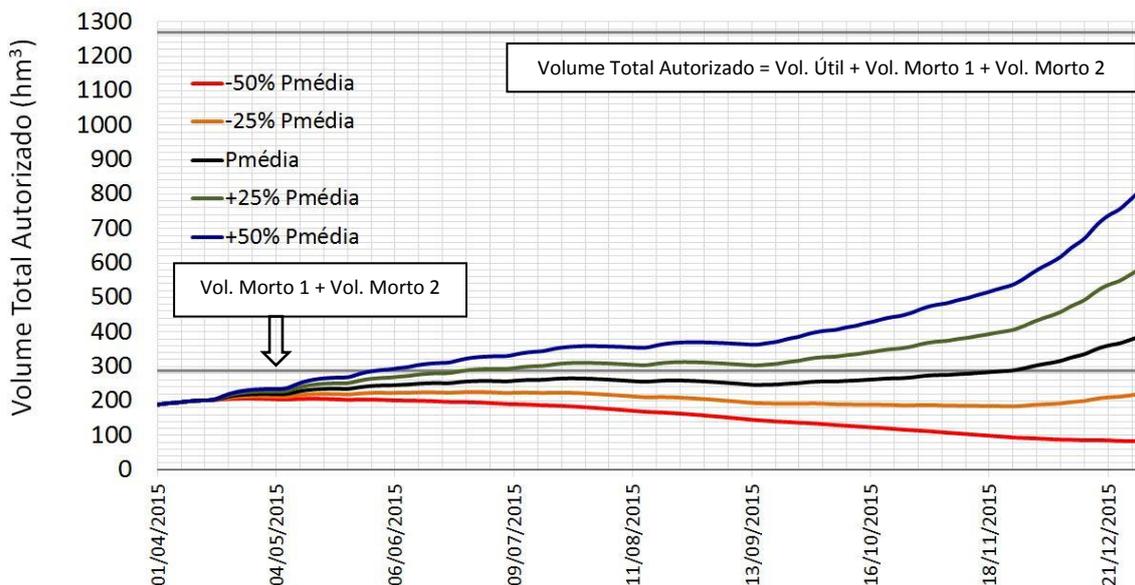


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o “novo volume útil” (volume útil + volume morto1 + volume morto2 =  $982,0 \text{ hm}^3 + 182,5 \text{ hm}^3 + 105,0 \text{ hm}^3$ ) 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.

No cenário de precipitações pluviométrica na média climatológica no final da estação chuvosa, 30 de abril de 2015, o volume armazenado seria de 220,08 hm<sup>3</sup> (17,3% de 1269,5 hm<sup>3</sup>). No final da estação seca, 30 de setembro de 2015, seria de 255,62 hm<sup>3</sup> (20,1% de 1269,5 hm<sup>3</sup>) e no dia 01 de dezembro de 2015 seria de 302,75 hm<sup>3</sup> (23,8% de 1269,5 hm<sup>3</sup>), aproximadamente.

Tabela 3. Resumo das previsões para o período de 01/abril/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 = $Q_{esi} = 15,06 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
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	224	>275	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	238 dias	86 dias	62 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,5 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	0,0%	46,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% do Vol. Útil total (de 1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	7,2%	14,9%	23,8%	34,1%	45,5%

(1) Valores médios dos últimos sete dias (26/03/2015 a 01/04/2015), segundo dados do site da SABESP: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>.

#### 4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (24/03/2015 a 31/03/2015)

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 superestimaram o volume de chuva para este período sobre as bacias do Sistema Cantareira, ou seja, choveu menos do que estava previsto.

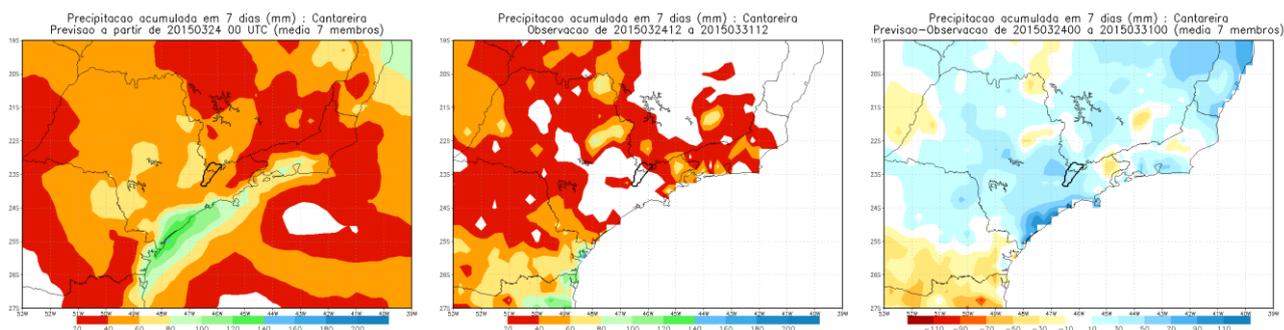


Figura 11. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico Eta/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em azul) indicam que os valores previstos foram superiores ao observados e 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 afluyente observada no período de 24 a 31 de março de 2015 foi igual a 42,24 m<sup>3</sup>/s, segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>). A vazão média afluyente prevista para o mesmo período foi de 44,82 m<sup>3</sup>/s.