

## Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira

### SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 22 de julho 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 16,6 mm (22,0<sup>1</sup> mm), o que representa 33,2% (44,0%<sup>1</sup>) da média climatológica do mês (50,0<sup>1</sup> mm). Para o mesmo período, a extração média de água do Sistema Cantareira foi de 15,57 m<sup>3</sup>/s. O Sistema opera hoje, 22 de julho de 2015, com 14,7% do volume total autorizado (1269,5 hm<sup>3</sup>), 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 possibilidade de ocorrência de chuva fraca nos próximos dias. Da análise da evolução hipotética das chuvas até 31 de março de 2016, usando as simulações do modelo hidrológico PDM/CEMADEN<sup>2</sup> e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a 17,0 m<sup>3</sup>/s para o período de 1<sup>o</sup> de junho a 31 de agosto de 2015, igual a 13,5 m<sup>3</sup>/s para o período de 1<sup>o</sup> de setembro a 30 de novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247) e, novamente, 17,0 m<sup>3</sup>/s para dezembro de 2015 a março de 2016, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 não seria utilizado novamente antes de 31 de março de 2016, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 221 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 161 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 138 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 122 dias (vide tabela resumo).

*Resumo das previsões para o período de 22/julho/2015 a 31/março/2016 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total (Qesi + Qjus) constante igual a 17,0 m<sup>3</sup>/s para o período de 1<sup>o</sup> de junho a 31 de agosto, igual a 13,5 m<sup>3</sup>/s para o período de 1<sup>o</sup> de setembro a 30 de novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247) e novamente 17,0 m<sup>3</sup>/s para dezembro de 2015 a março de 2016.*

|   | Cenários Precipitação |            |       |           |           |
|---|-----------------------|------------|-------|-----------|-----------|
|   | 50% abaixo            | 25% abaixo | Média | 25% acima | 50% acima |
| Dias de uso do volume morto 1   | >254                  | -          | -     | -         | -         |
| Dias para recuperar o volume morto 1                                  | -                     | 221        | 161   | 138       | 122       |
| % do volume total autorizado (1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 30/set/2015 | 11,8%                 | 12,4%      | 13,0% | 13,7%     | 14,4%     |
| % do volume total autorizado (1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015 | 9,9%                  | 13,3%      | 17,1% | 21,5%     | 26,5%     |
| % do volume total autorizado (1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 31/mar/2016 | 8,9%                  | 25,9%      | 47,8% | 74,8%     | 100,0%    |

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

<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 e evapotranspiração potencial para calcular vazão afluente.

## 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<sup>3</sup> mm), equivalente a 73,5% (83,7%<sup>3</sup>) de 1161<sup>3</sup> mm, média climatológica para o período. A precipitação média espacial acumulada de abril a 22 de julho de 2015 foi de 193,8 mm (181,4<sup>3</sup> mm), 70,1% (65,6%) da média climatológica do período de 276,5<sup>3</sup> mm.

A precipitação média espacial acumulada no mês, até o dia 22 de julho de 2015 (Figura 1), baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de 16,6 mm (22,0<sup>3</sup> mm), o que representa 33,2% (44,0%<sup>3</sup>) da média climatológica do mês (50,0<sup>3</sup> mm).

A vazão média afluyente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês, até 22 de julho de 2015, foi 10,91 m<sup>3</sup>/s (Figura 2), 62,1% abaixo da vazão média mensal de 28,75 m<sup>3</sup>/s, e 21,5% abaixo da vazão mínima histórica de 13,90 m<sup>3</sup>/s para o período 1930-2013, segundo dados da SABESP e do GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios / ANA.

No dia 16 de maio de 2014, o chamado volume morto (volume morto 1) começou a ser bombeado, adicionando um volume de 182,5 hm<sup>3</sup>. O volume útil do Sistema Cantareira (982,0 hm<sup>3</sup>) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 3). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,0 hm<sup>3</sup>, 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 22 de julho de 2015.

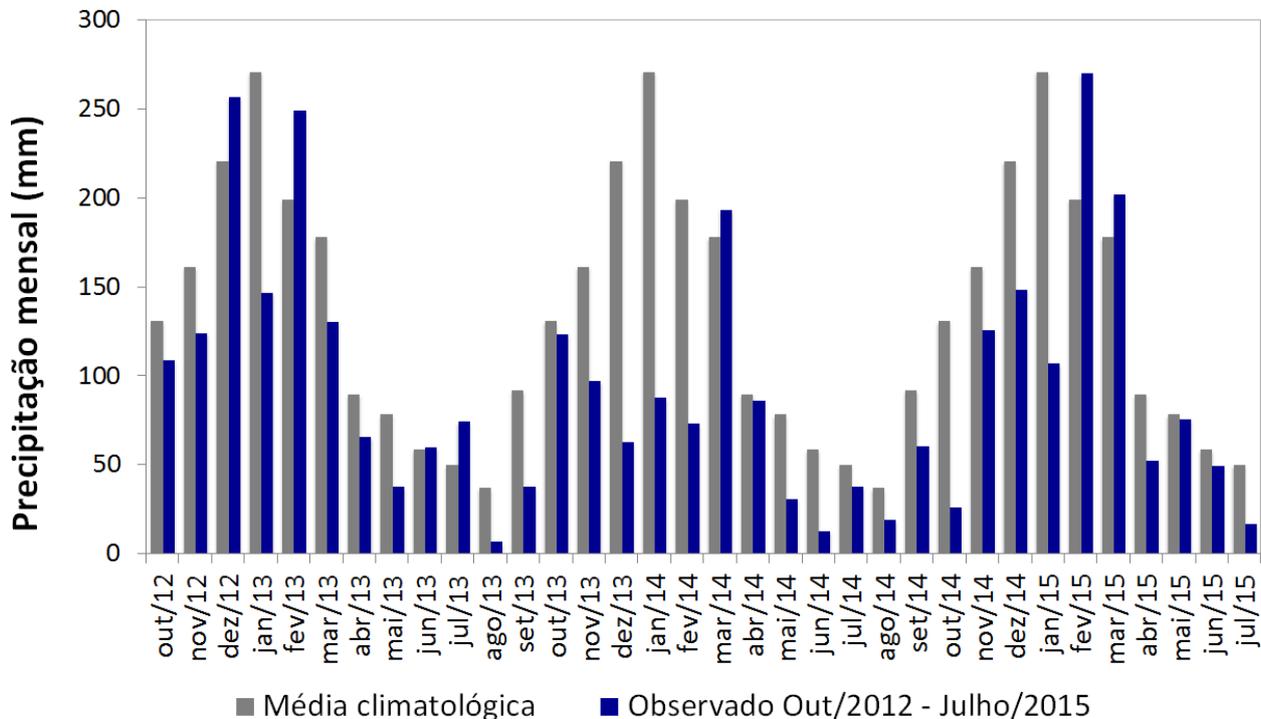


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

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

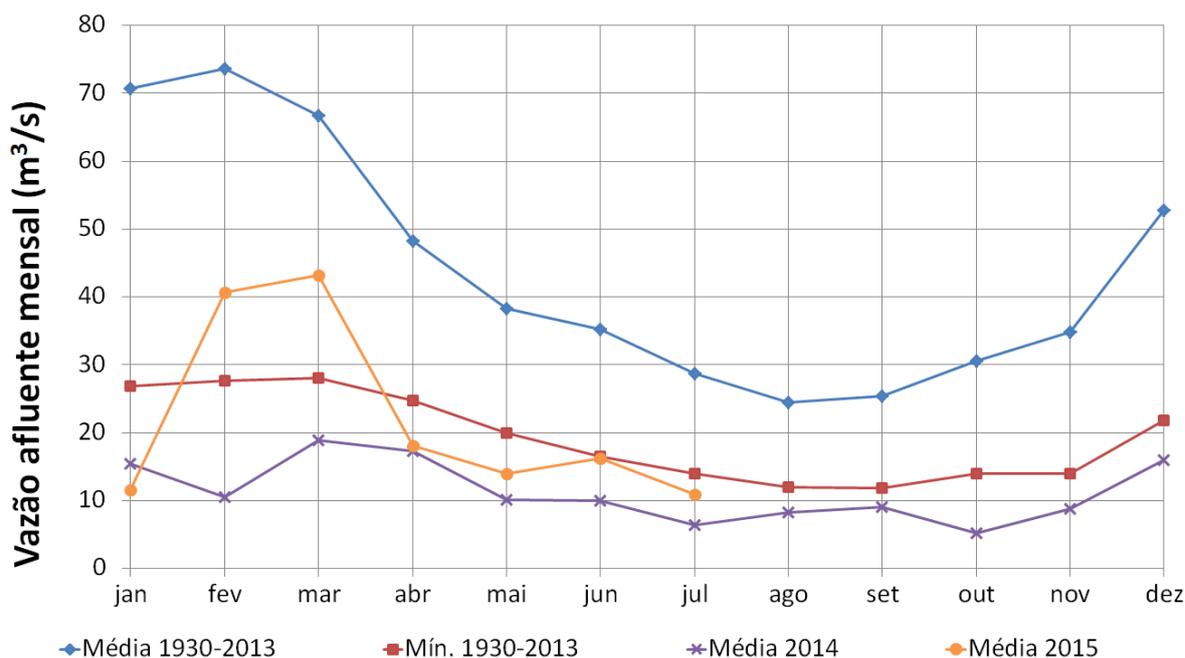


Figura 2. Vazão afluente (em  $m^3/s$ ) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 22 de julho de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. As linhas em azul e vermelho correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013 e aos mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930 – 2013.

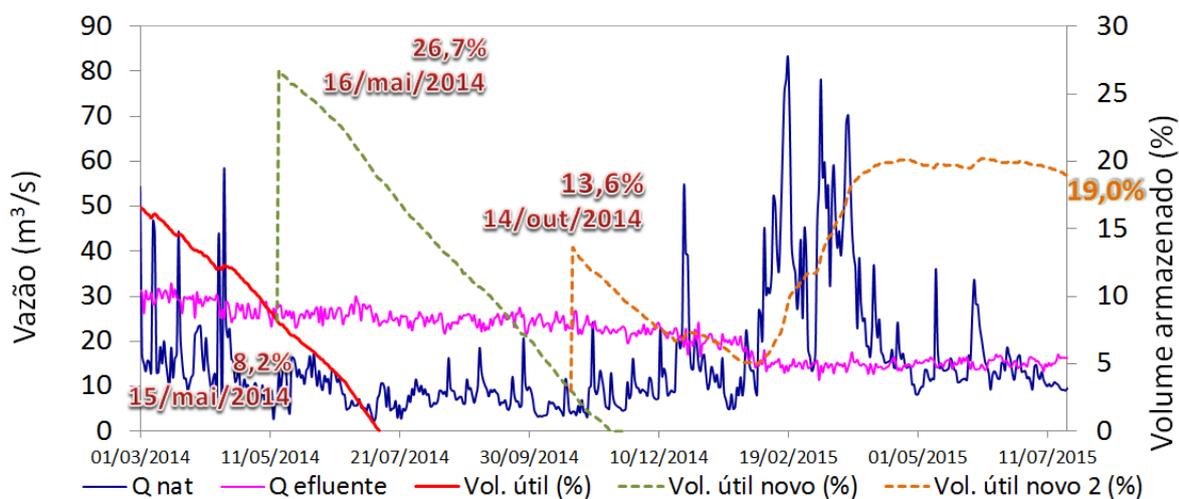


Figura 3. Evolução da vazão afluente ( $Q_{nat}$ ) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ( $Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + vazão a jusante (linha magenta), e do volume útil (em porcentagem) do Sistema Cantareira (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 22/julho/2015     |  |   |   |                              |                  |
|-------------------------------|--|---|---|------------------------------|------------------|
| Volume útil ( $\text{hm}^3$ ) | Vol. útil armazenado ( $\text{hm}^3$ ) | Vol. total autorizado ( $\text{hm}^3$ ) | Vol. total armazenado ( $\text{hm}^3$ ) | % do volume total autorizado | % do volume útil |
| 982,0                         | 0,0                                    | 1269,5                                  | 186,6                                   | 14,7                         | 19,0             |

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

### 2.1) Precipitação observada acumulada do mês de julho 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.

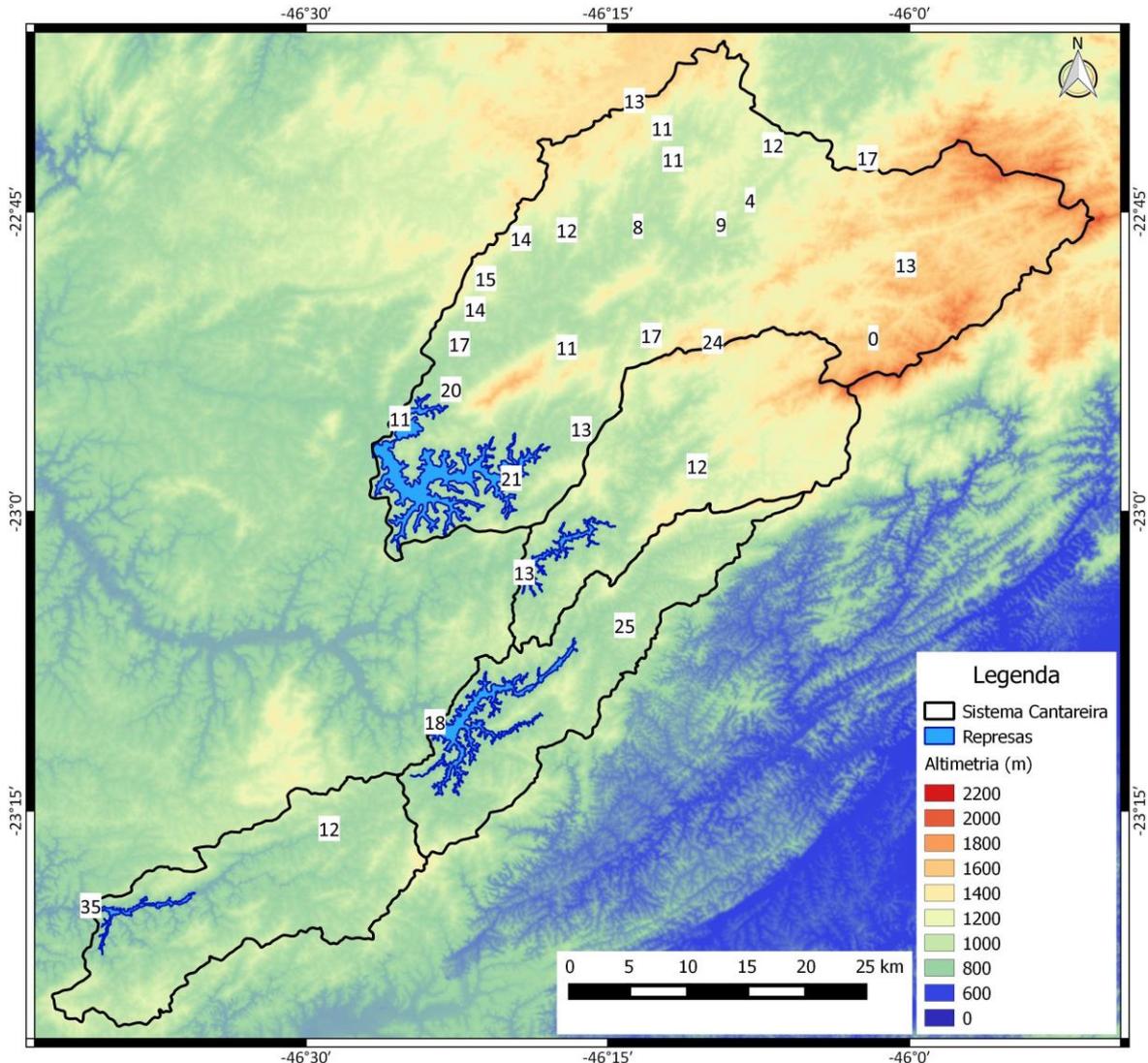


Figura 4. Precipitação observada acumulada (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

### 2.2) Previsão de Chuva para o Período de 22 a 29 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 modelo ETA 40x40 km,

que combinam diferentes condições de contorno e de parametrização física, e do modelo 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 possibilidade de ocorrência de chuva fraca nos próximos sete dias sobre as bacias hidrográficas do Cantareira, em função da passagem de um sistema frontal pelo oceano.

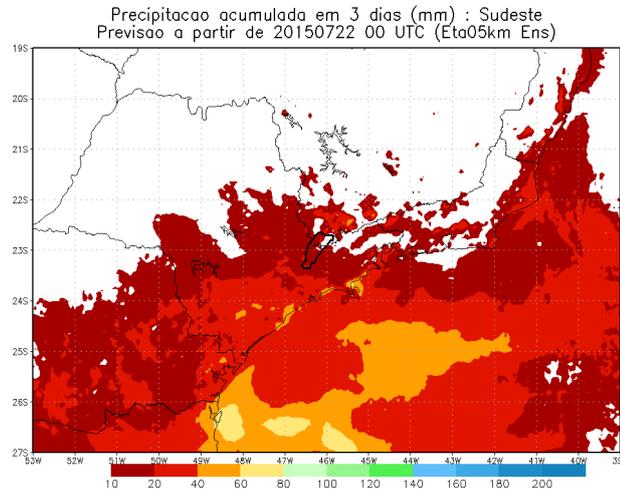


Figura 5. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

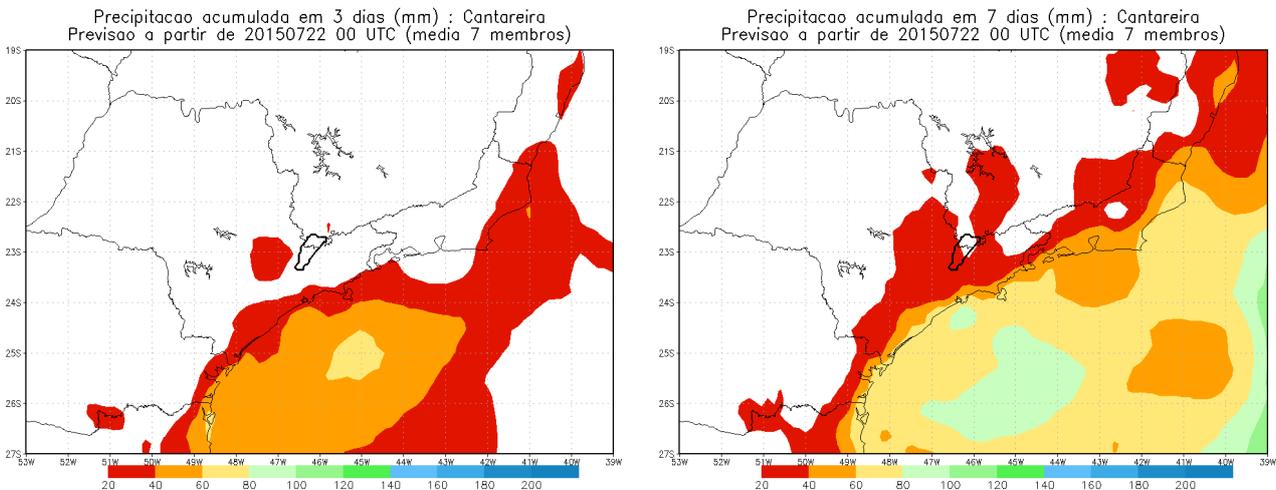


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. 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 14 a 22 de julho e previstas de 23 a 29 de julho de 2015. A previsão média da precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE (média de 7 previsões paralelas), é cerca de 17,0 mm, enquanto a *previsão da vazão média afluente é, aproximadamente, 11,0 m<sup>3</sup>/s*. Considerando uma extração total para os próximos sete dias igual a 17,0 m<sup>3</sup>/s, o volume armazenado no Sistema Cantareira diminuirá cerca de 0,3 ponto percentual.

Vazão Afluente e Precipitação Diárias para o Sistema Cantareira  
14/julho/2015 - 29/julho/2015

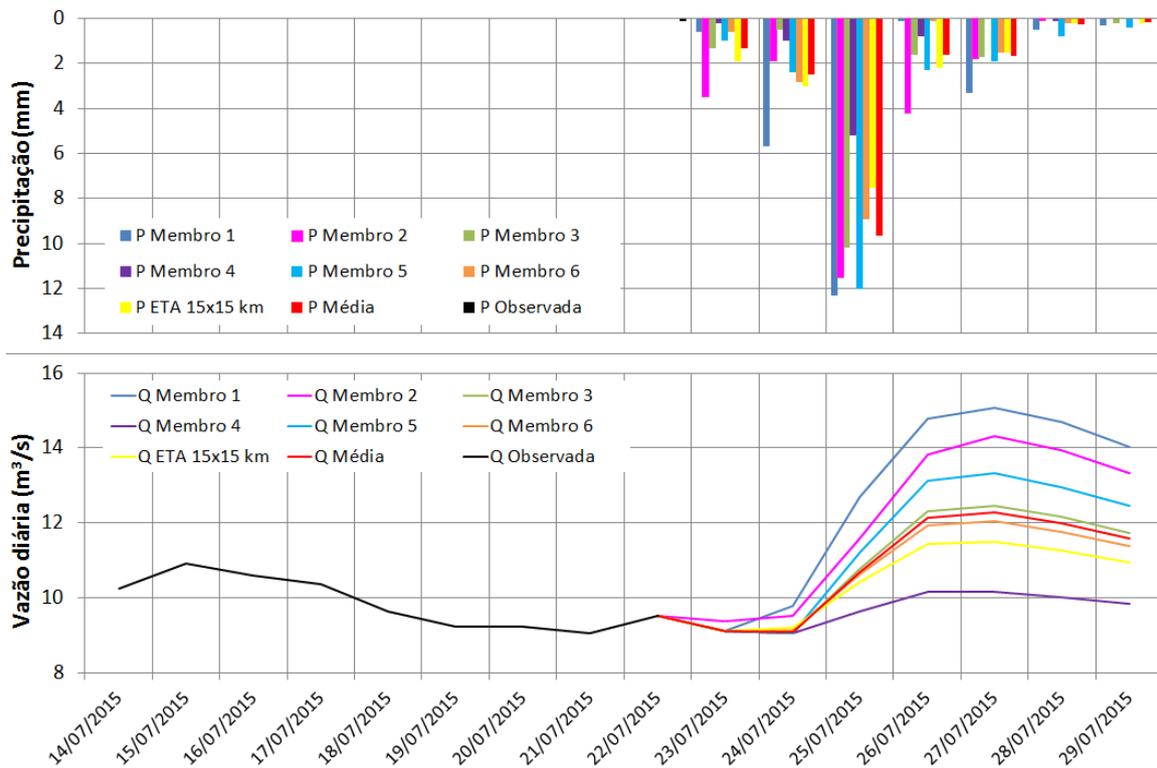


Figura 7. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). (Q) Corresponde às vazões diárias observadas e as demais as vazões projetadas a partir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

A Figura 8 mostra a projeção da vazão média mensal afluente, em  $m^3/s$ , 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 março de 2016. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperatura.

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 31 de agosto de 2015, igual a  $13,5 m^3/s$  para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247) e novamente  $17,0 m^3/s$  para dezembro de 2015 a março de 2016. Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 não seria utilizado novamente antes de 31 de março de 2016, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 221 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 161 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 138 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 122 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  $164,9 hm^3$  (13,0% de  $1269,5 hm^3$ ). No dia 1º de dezembro de 2015 seria de  $217,4 hm^3$  (17,1% de  $1269,5 hm^3$ ), aproximadamente. E no final da próxima estação chuvosa, 31 de março de 2016 seria de  $606,5 hm^3$  (47,8%).

Projeção da Vazão Média Mensal Afluente  
Sistema Cantareira: 22/julho/2015 - 31/março/2016

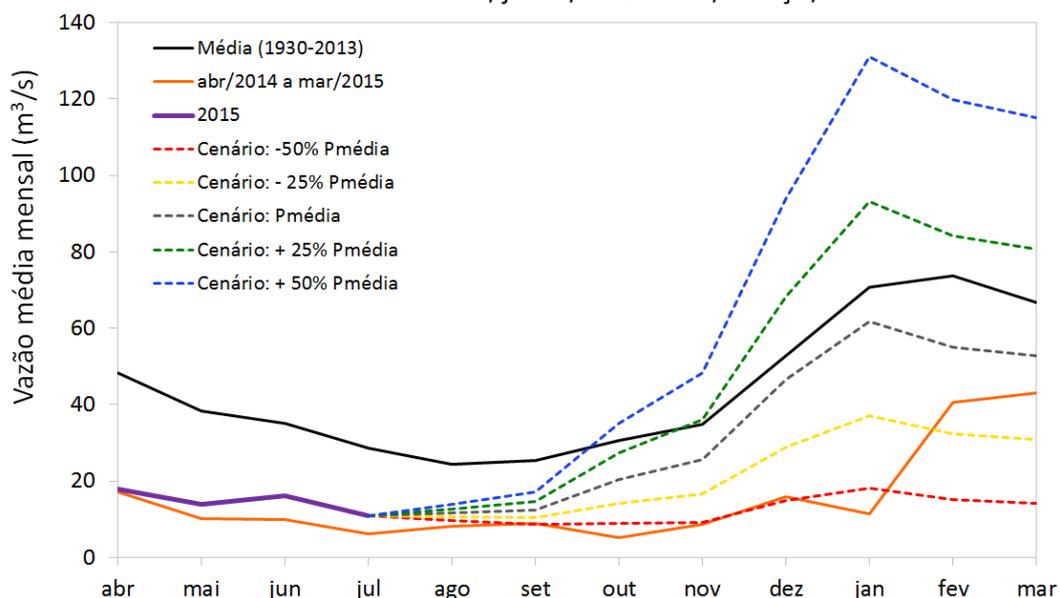


Figura 8. As linhas tracejadas apresentam cinco projeções de vazão média mensal afluente, em  $m^3/s$ , ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias e, na sequência, para os cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (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 abr/2014 a mar/2015 e em roxo de 2015.

Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira  
22/julho/2015 a 31/março/2016

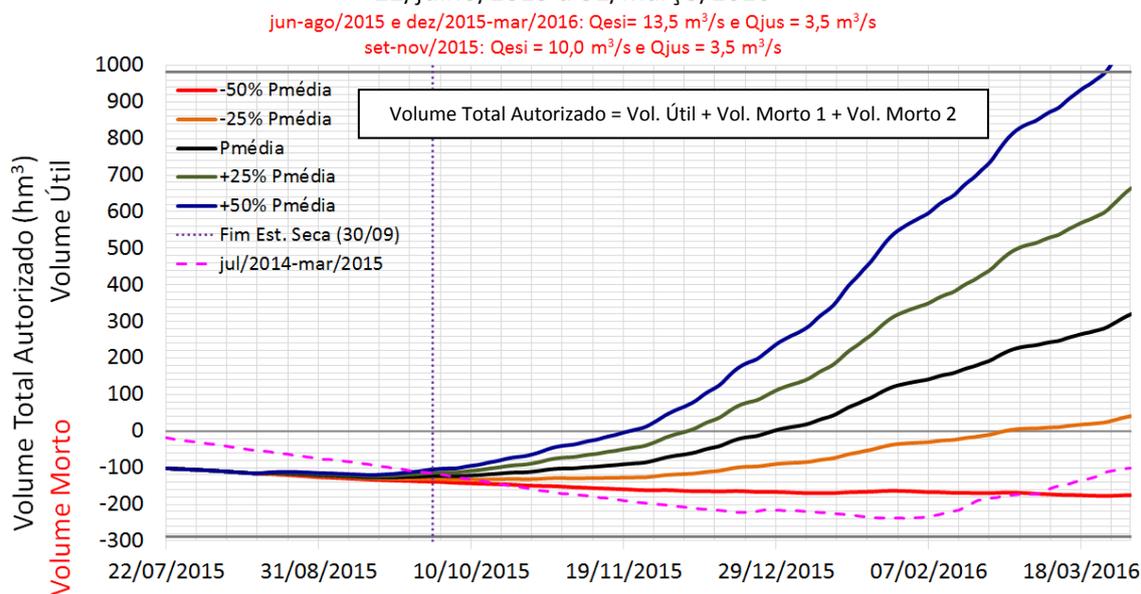


Figura 9. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o Volume Total Autorizado (volume útil + volume morto1 + volume morto2 =  $982,0 \text{ hm}^3 + 182,5 \text{ hm}^3 + 105,0 \text{ hm}^3$ ) da água que está sendo bombeada do volume morto dos reservatórios Jaguari-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 de jul/2014 a mar/2015.

Tabela 2. Resumo das previsões para o período de 22/julho/2015 a 31/março/2016 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, 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) e novamente  $17,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para dezembro de 2015 a março de 2016.

|   | 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   | >254                            | -          | -     | -         | -         |
| Dias para recuperar o volume morto 1                                  | -                               | 221        | 161   | 138       | 122       |
| % do volume total autorizado ( $1269,5 \text{ hm}^3$ ) em 30/set/2015 | 11,8%                           | 12,4%      | 13,0% | 13,7%     | 14,4%     |
| % do volume total autorizado ( $1269,5 \text{ hm}^3$ ) em 01/dez/2015 | 9,9%                            | 13,3%      | 17,1% | 21,5%     | 26,5%     |
| % do volume total autorizado ( $1269,5 \text{ hm}^3$ ) em 31/mar/2016 | 8,9%                            | 25,9%      | 47,8% | 74,8%     | 100,0%    |

#### 4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (14 a 21 de julho 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.

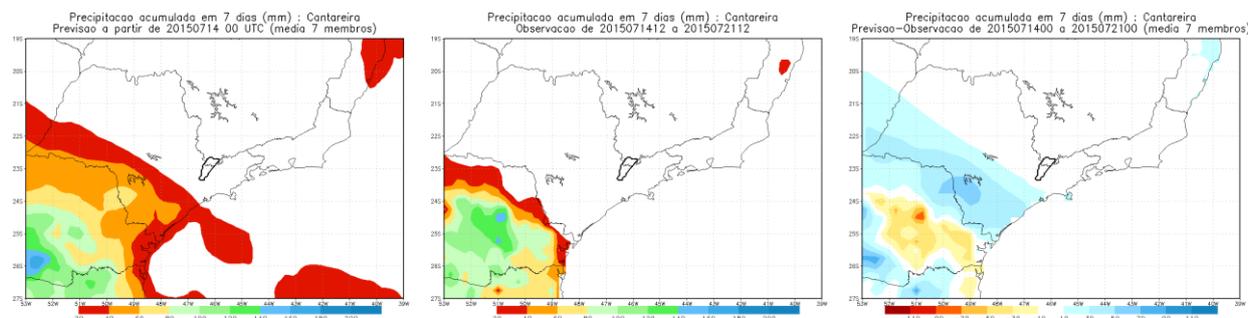


Figura 10. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em 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 14 a 21 de julho de 2015 foi igual a  $9,91 \text{ m}^3/\text{s}$ , segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>). A vazão média afluente prevista para o mesmo período foi de  $10,93 \text{ m}^3/\text{s}$ .