

**IV-123 - AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE MANANCIAIS  
COM A UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM HIDROLÓGICA - ESTUDO DE CASO:  
CRISE HÍDRICA 2014/2015 NOS SISTEMAS PRODUTORES QUE  
ATENDEM A RMSP**

**Silene Cristina Baptistelli<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado – FAAP. Mestre e Doutora em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica de São Paulo - POLI/USP. Colaboradora na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Professora do Centro Universitário SENAC no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

**Gladys Fernandes Januario<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Escola Politécnica de São Paulo - POLI/USP. Mestre em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica de São Paulo - POLI/USP. Colaboradora na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

**Fabiana Rorato L. Prado<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP. Mestre em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica da USP, Engenheira na Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - SABESP.

**Maria Regina Ferraz Campos<sup>(4)</sup>**

Engenheira pela Escola de Engenharia de Lins - EEL. Mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da USP, Engenheira na Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - SABESP.

**Dante Ragazzi Pauli<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Mackenzie. Especialista em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo. Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Mackenzie. Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e da Faculdade de Engenharia do Mackenzie. Superintendente de Planejamento Integrado na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Costa Carvalho, 300 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05429-900 – Brasil – Tel: +55 (11) 3388-8601 - e-mail: [sbaptistelli@sabesp.com.br](mailto:sbaptistelli@sabesp.com.br)

**RESUMO**

Neste trabalho é apresentado e discutido o estudo de disponibilidade hídrica para os mananciais do Sistema Integrado Metropolitano de Abastecimento de Água da RMSP – SIM, no período da crise hídrica (2014-2015), utilizando a ferramenta de modelagem matemática, o Modelo AcquaNet 2013, desenvolvido pelo LabSid – Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões da Escola Politécnica da USP. As avaliações de disponibilidade hídrica, utilizando como ferramenta modelagens matemáticas, são fundamentais para a elaboração de planos diretores de abastecimento de água. Em uma modelagem “convencional” para avaliação de disponibilidade hídrica as simulações ocorrem para o conjunto de mananciais de um sistema produtor, aqui nomeado de modelagem “isolada”. O diferencial introduzido neste estudo foi a construção de um modelo que interligou os Sistemas Produtores por meio do Sistema Adutor Metropolitano (SAM), e assim foi possível retratar em modelagem matemática a crise hídrica de 2014/2015 ocorrida em São Paulo. Cabe lembrar que estas interligações propiciam a transferência de vazões de água tratada entre os sistemas, interligando assim os próprios sistemas produtores. Estas transferências já eram utilizadas em alguns sistemas, e foi intensificada no período de enfrentamento da crise. Com este aprimoramento da representação matemática da realidade (melhoria na modelagem matemática), e de posse de observações das cotas dos reservatórios e das vazões produzidas pelas ETAs no período de 2014/2015, foi possível calibrar o modelo hidrológico. Como conclusão dos resultados das simulações verificou-se que, mesmo que o Sistema São Lourenço estivesse em operação, não seria possível atender por completo a demanda média de 2013, e somente com a Interligação Jaguari – Atibainha em operação seria possível atender estas mesmas demandas. Conclui-se ainda que, no curto prazo, numa eventual crise futura nas proporções da crise hídrica já vivenciada, as ações emergenciais já implantadas e os novos aportes com obras em execução (São Lourenço e Interligação Jaguari-Atibainha), seriam suficientes para o atendimento das vazões médias ocorridas em 2013.

**PALAVRAS-CHAVE:** Disponibilidade hídrica, modelagem hidrológica, crise hídrica, abastecimento público.

## INTRODUÇÃO

O Plano Diretor de Abastecimento de Água – PDAA da RMSP é o principal instrumento de planejamento e gestão dos serviços de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP. O Plano tem o objetivo amplo de compor diretrizes de planejamento para o aproveitamento dos Recursos Hídricos destinados ao abastecimento público, sob a forma de mananciais, bem como para os sistemas de tratamento, adução e reservação. Para tanto, o Plano deve identificar e priorizar obras, ações e providências que visem implantar e operar, com eficácia e flexibilidade, todos os sistemas, existentes e propostos, para o abastecimento de água da RMSP. Tais objetivos devem ser alcançados através da consolidação de estudos existentes e da elaboração de novos estudos técnicos, ambientais, econômicos e financeiros, que deverão convergir para a proposição de alternativas viáveis a serem submetidas à análise e aprovação da SABESP (SABESP, 2012).

É de fundamental importância que os estudos que compõem o Plano Diretor devam identificar a necessidade de novos aportes de água e a necessidade de ampliação de estações de tratamento de água existentes, com avaliação de suas unidades e processos de tratamento e, se for o caso, a implantação de novos sistemas produtores. Assim, os estudos de disponibilidade hídrica dos mananciais atualmente explorados e dos mananciais que se configuram em alternativas de uso futuro para abastecimento de água são importantíssimos na elaboração de Planos Diretores de Abastecimento de Água.

Neste contexto, no ano de 2014, durante a atualização e revisão do PDAA da RMSP, deparou-se com um evento extremo, uma crise hídrica sem precedentes. Esta situação desencadeou uma série de novos estudos no intuito de avaliar as ações emergenciais que estavam sendo apresentadas, além de surgir a necessidade de avaliação do cenário de crise hídrica, ocorrido em 2014/2015 nos mananciais que atendem a população da RMSP.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a avaliação hidrológica do cenário de crise hídrica, ocorrido em 2014/2015 nos mananciais que atendem a população da RMSP. Esta avaliação foi efetuada no âmbito do trabalho de Atualização e Revisão do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, nos estudos de disponibilidade hídrica, para a qual foi utilizada a ferramenta de modelagem matemática.

Procurou-se avaliar o balanço hídrico dos sistemas produtores frente à crise hídrica considerando os aportes emergenciais implantados no período, assim como se comportaria o sistema existente considerando os novos aportes, a Interligação Jaguari-Atibainha e Sistema Produtor São Lourenço, obras atualmente em execução. Outra avaliação foi simular como se comportaria o conjunto dos sistemas produtores frente a uma repetição da crise hídrica (2014-2015), em curto prazo, e considerando estes novos aportes.

## METODOLOGIA

Para a montagem do modelo matemático de quantidade de água em rede de fluxo foi utilizado o programa LabSid AcquaNet que foi originalmente desenvolvido por John W. Labadie, com a denominação de MODSIM, para a resolução de problemas de alocação de águas em bacias complexas, utilizando um algoritmo de balanço de massa para simulação e o algoritmo Out-of-Kilter para otimização (ALBANO, 2004).

O modelo LabSid AcquaNet faz simulação da rede de fluxo de volumes armazenados em represas e da distribuição de vazões em um sistema complexo de recursos hídricos em uma ou mais bacias hidrográficas. O modelo pode ser utilizado para a formulação de diretrizes operacionais de curto ou longo prazo. O modelo utiliza séries históricas de vazões naturais conhecidas considerando que as vazões para próximo período histórico de vazões tendem a ser estaticamente semelhantes às do período anterior (CASTRO, 2003). A cada simulação os resultados são armazenados pelo modelo e após a simulação em cada período, os resultados são apresentados de forma estatística.

O estudo da disponibilidade hídrica dos mananciais, do período de crise hídrica, foi baseado em geração/atualização das séries mensais de vazões naturais no período de cobertura de outubro de 2013 a setembro 2015, ou seja, o período de maior escassez hídrica na série histórica nos mananciais da RMSP. Em

uma modelagem “convencional” são utilizadas séries mensais longas de vazões naturais. No Plano Diretor foram utilizadas séries históricas desde outubro de 1930.

Em uma modelagem “convencional”, para a avaliação de disponibilidade hídrica, as simulações ocorrem para o conjunto de mananciais de um sistema produtor, aqui nomeado de modelagem “isolada”. No estudo em tela, introduziu-se um diferencial, sendo concebido um modelo “integrado” dos sistemas produtores com o Sistema Adutor Metropolitano (SAM). O conceito utilizado foi de interligação dos sistemas produtores por meio do sistema de adução existente (SAM), viabilizada pela capacidade de transferência de vazões de água tratada existente entre os sistemas, visando equilibrar a disponibilidade de água tratada, considerando a disponibilidade de água bruta de cada sistema produtor. Como premissas, consideraram-se as Estações de Tratamento de Água - ETAs, com as capacidades nominais instaladas, e nas interligações via SAM, as capacidades máximas de transferência das adutoras existentes, em cada sentido, além das condições referentes aos volumes dos mananciais no início da crise hídrica.

Inicialmente, os modelos matemáticos georreferenciados dos sistemas produtores operavam separadamente (“isolados”). Para este estudo em específico, os modelos foram unidos em um único modelo matemático por meio da ferramenta, recentemente criada, de união de projetos existente no programa LabSid AcquaNet.

Para a avaliação da capacidade de transferência entre os Sistemas Produtores foram estabelecidas as seguintes simplificações:

- cada um dos sistemas produtores apresentam uma área de influência preestabelecida em função da sua capacidade média de produção e da infraestrutura disponível;
- foi considerado como situação de operação normal as estações elevatórias e boosteres trabalhando normalmente com, no mínimo, salvo algumas exceções, um conjunto motobomba reserva.
- foram avaliadas somente as capacidades de transferência existentes consideradas relevantes ao SIM quanto ao potencial volumétrico. As transferências Capivari–Alto Cotia ou Ribeirão da Estiva–Rio Claro, por exemplo, não foram estudadas.

As capacidades de transferência foram avaliadas considerando dois cenários:

- Cenário 1: Capacidade de transferência para áreas de outro Sistema Produtor considerando o atendimento de 100% das demandas médias do ano de 2013 dos setores que compõem a área de influência considerada;
- Cenário 2: Capacidade de transferência para áreas de outro Sistema Produtor, em um cenário de contingência, considerando atendimento de 70% das demandas médias do ano de 2013 dos setores que compõem a área de influência considerada.

Para a análise da capacidade de transferência foram utilizados modelos matemáticos de simulação hidráulica (Bentley WaterGEMS) simplificados a partir do modelo matemático utilizado para a análise hidráulica global do sistema. A capacidade de transferência foi definida por meio de interações manuais, de maneira a obter o limite máximo do valor atribuído à transferência, sem que exista uma diminuição das vazões em algum setor dentro da área de influência.

Para entender a metodologia empregada no estudo é necessário que se conheça, em linhas gerais, o sistema integrado de abastecimento de água da RMSP e o retrato do evento de extrema escassez hídrica ocorrido em 2014-2015.

### • Área de Estudo

A RMSP abrange uma área de 7.944 km<sup>2</sup>, subdividida em 39 municípios, com uma população total estimada em 19,9 milhões de habitantes para 2010. Ela representa cerca de 10,4% da população do País e 48% do Estado de São Paulo, distribuída em apenas 2,4% da área do estado. A produção média de água no ano de 2013 foi de 69 m<sup>3</sup>/s. Destaca-se a importância fundamental do Sistema Cantareira no abastecimento da RMSP, pois, em condições normais de operação, ele é responsável por 47% da água consumida nos municípios abastecidos por meio do Sistema Integrado Metropolitano e tem pontos de integração via Sistema Adutor Metropolitano com a maioria dos demais Sistemas Produtores.

O Sistema Integrado Metropolitano - SIM é constituído atualmente por nove sistemas produtores de água tratada interligados por um robusto sistema de adução de água tratada, o Sistema Adutor Metropolitano –

SAM. Esses sistemas são operados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. A produção média total dos nove sistemas produtores em operação no ano de 2013 foi da ordem de 69 m<sup>3</sup>/s. A Tabela 1 apresenta as vazões médias produzidas em 2013 e os percentuais correspondentes por sistema produtor e na Figura 1 é apresentado o Sistema Adutor Metropolitano – SAM (Fonte: SABESP, 2016).

**Tabela 1: Produção média por Sistema Produtor - SABESP.**

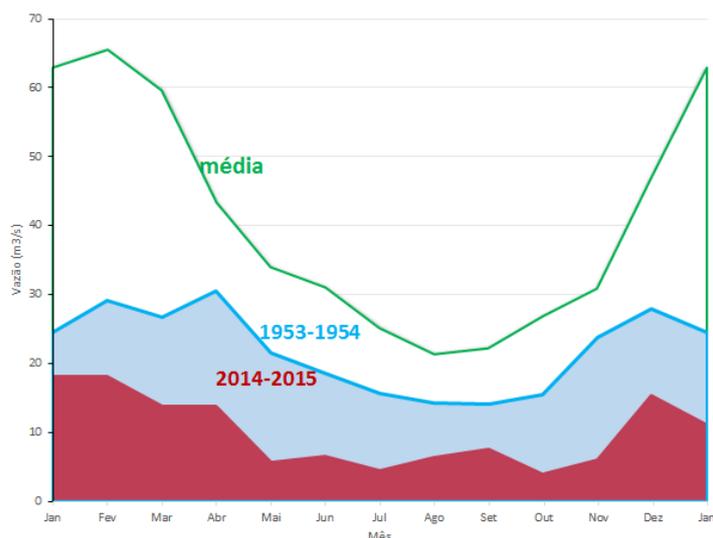
SISTEMA PRODUTOR	PRODUÇÃO EM 2013	
	Q (m <sup>3</sup> /s)	(%)
Cantareira	32,55	47,00
Guarapiranga	13,68	19,8
Alto Tietê	12,06	17,4
Rio Grande	4,84	7,0
Rio Claro	3,88	5,6
Alto Cotia	1,2	1,7
Baixo Cotia	0,86	1,3
Ribeirão da Estiva	0,09	0,1
Capivari	0,09	0,1
Total	69,25	100,0



**Figura 1 – Sistema Adutor Metropolitano – SAM – com destaque os principais pontos de integração**

#### • Crise hídrica 2014/2015

A estiagem de 2014/2015 foi um evento excepcional, sem precedentes na longa série histórica de observações. A vazão média afluyente aos reservatórios do Sistema Cantareira no ano de 2014 foi a menor da série de 85 anos, ver Figura 2 (SABESP, 2015). As vazões afluentes ao Cantareira em 2014-2015 foram bastante inferiores à anterior mínima histórica de 1953-54, em todos os 12 meses considerados. No mês de Julho (mês típico de seca), a média histórica é de 28,8 m<sup>3</sup>/s, sendo que em 1954 foi de 17,6 m<sup>3</sup>/s, e em 2014 de apenas 6,4 m<sup>3</sup>/s (22% da média histórica). Esta situação levou o manancial ao máximo de seu estresse hídrico, incorrendo num aumento do risco sistêmico para o abastecimento de água e demais usos na RMSP.



**Figura 2: Vazões anuais afluentes ao Sistema Cantareira (m³/s) – 1930 a 2014.**

Neste período, pode-se observar que mesmo mantendo as capacidades de produção, sob o aspecto de instalações físicas, dois dos principais sistemas produtores de água tratada que abastecem a região, os sistemas Cantareira e Alto Tietê, foram fortemente impactados, sendo reduzidas, de forma drástica, suas capacidades de disponibilizar água tratada à população.

Para enfrentar a crise 2014-2015, o Governo do Estado e a Sabesp adotaram uma série de medidas que permitiram a redução da dependência do Sistema Cantareira (principal manancial afetado pela estiagem) e o consequente melhor aproveitamento da reserva disponível nos mananciais dos demais sistemas produtores de água da RMSP. Tais medidas, como a implementação de bônus, ampliação da capacidade de produção de água, interligação de sistemas produtores por meio de adutoras do SAM, entre outras, permitiram reduzir a menos da metade a vazão média mensal retirada do Cantareira. Com isso, no auge da crise, mesmo com os sistemas Guarapiranga, Alto Tietê e Rio Grande suprindo parte da demanda que viria do Cantareira, a produção média do SIM em 2015 caiu para 52 m³/s, contra os 69 m³/s de 2013.

Com vistas a assegurar o pleno aproveitamento da sua capacidade instalada para abastecimento da RMSP e aumentar a garantia da segurança hídrica do Sistema Cantareira, em razão do período hidrológico 2014/2015, está em construção a interligação das represas Jaguari, da bacia do Paraíba do Sul, e Atibainha, do sistema Cantareira. Essa obra possibilitará a transferência de 5,13 m³/s na média, com máxima de 8,5 m³/s, para o Sistema Cantareira.

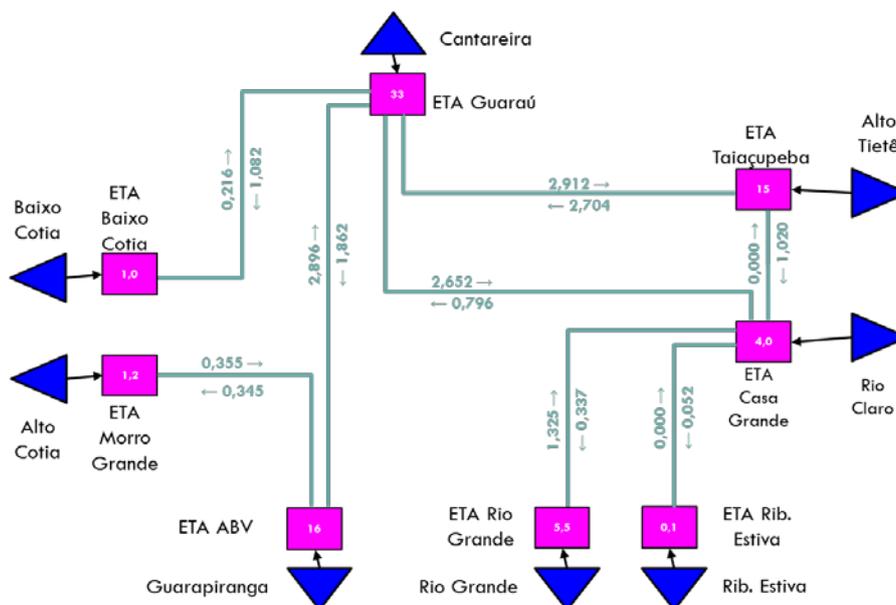
## RESULTADOS DOS ESTUDOS

No momento da atualização deste PDAA, deparou-se com um evento extremo, uma crise hídrica sem precedentes. Como já mencionado, comumente, o estudo de disponibilidades hídricas é feito levando-se em consideração séries históricas mensais com períodos de cobertura os mais extensos possíveis e, diante das demandas previstas se avalia a necessidade de novos aportes. Ainda utilizavam-se modelagens dos sistemas produtores de água de forma isolada, pois cada sistema tem uma área de abrangência, ou seja, uma zona de demanda a ser abastecida.

Como uma das estratégias para o enfrentamento da crise foi utilizar em maior grau as transferências de água entre os sistemas produtores por meio do SAM, para analisar o atendimento das demandas de diversos setores de abastecimento da RMSP que recebem água de um ou dois Sistemas Produtores da SABESP, as modelagens tiveram seguir o mesmo esquema, visto que o objetivo foi o de representar a crise hídrica de 2014/2015.

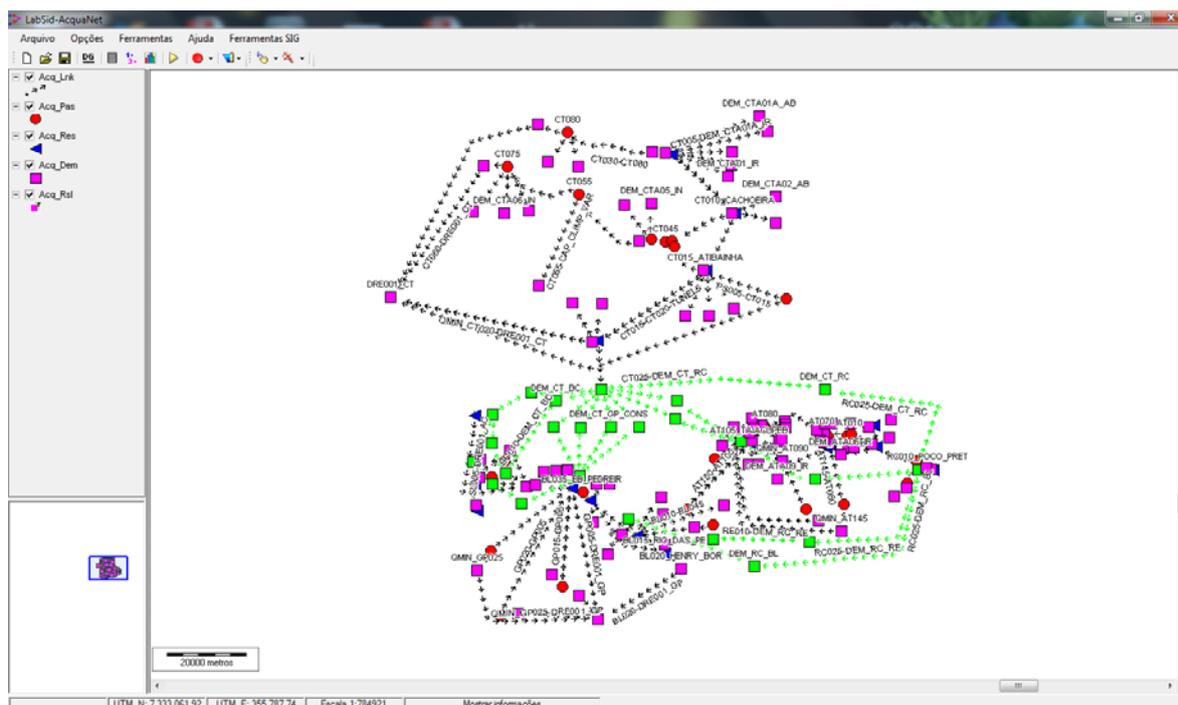
Assim, o LabSid desenvolveu uma metodologia no qual os arranjos isolados, por sistema produtor, foram interligados por “linhas” que representam as principais adutoras do SAM que permitem transferências entre

áreas de diferentes sistemas produtores, de forma a criar um Esquema dos Sistemas Interligados, apresentado, esquematicamente, na Figura 3 :



**Figura 3 - Esquema dos Sistemas Produtores Interligados pelo Sistema Adutor**

Na Figura 4 é apresentada a topologia dos sistemas produtores interligados na base do Modelo AcquaNet 2013, desenvolvido pelo LabSid-USP.



**Figura 4 - Topologia dos sistemas produtores interligados na base do Modelo AcquaNet 2013, desenvolvido pelo LabSid - USP**

Para que a avaliação representasse o que ocorreu no evento da crise, o modelo foi calibrado para as séries de vazões efetivas no período, com as demandas das áreas de influência dos sistemas produtores e as limitações de capacidade de produções das respectivas ETAs.

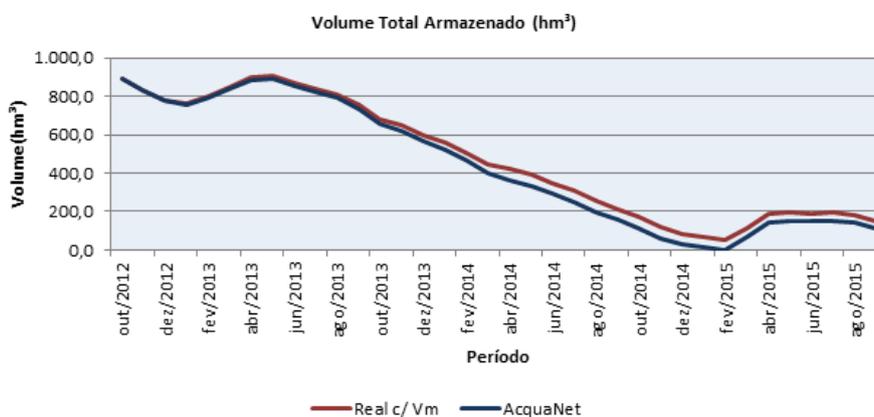
## CALIBRAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Entende-se que os modelos matemáticos encontram-se calibrados quando se comparando os resultados da simulação, estes apresentam boa correlação com os registros existentes observados em campo, garantindo assim a confiabilidade da modelagem matemática. No presente estudo foi possível esta calibração, visto que foi utilizado um curto período das séries de vazões mensais, gerando volumes de armazenamento mês a mês. Para o mesmo período de simulação existiam registros observados nas represas, sendo possível esta comparação. Cabe lembrar, que não seria possível esta calibração utilizando-se as séries completas (desde outubro de 1930), visto que não se tem séries tão longas de registros observados em campo.

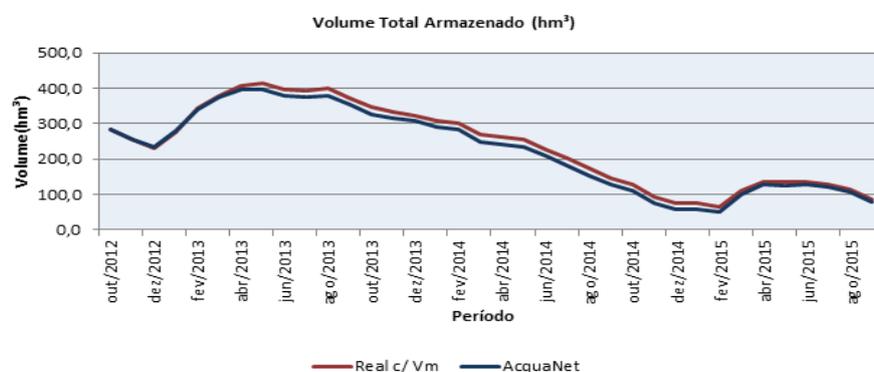
Os modelos de cada sistema produtor foram calibrados individualmente considerando:

- Período de análise: out/2012 a set/2015;
- Volumes de reservação inicial iguais aos registrados em outubro de 2012;
- Vazões de retirada de cada sistema iguais às vazões de produção registrada pelas ETAs durante o período.

O parâmetro de comparação da calibração dos modelos foi o volume total reservado nas represas do sistema registrados com os volumes simulados pelo LabSid Acquanet, onde foi possível verificar uma boa aderência entre os dados reais medidos e os resultados da modelagem. Os resultados das comparações da calibração para os Sistemas Cantareira e Alto Tietê e Rio Claro são mostrados na figura 5 e 6.



**Figura 5 – Resultados da Calibração – Sistema Cantareira**



**Figura 6 – Resultados da Calibração – Sistemas Alto Tietê e Rio Claro**

## BALANÇO HÍDRICO DA CRISE HÍDRICA 2014/2015

Essa análise foi feita reproduzindo a operação real efetuada pela Sabesp durante a crise. Na modelagem foram utilizadas as vazões reais liberadas para jusante em todas as represas. Foram utilizados também os seguintes valores reais: vazão bombeada na Estação Elevatória de Biritiba, vazão liberada para jusante na captação

Guaratuba, vazão para jusante em Isolina, vazão revertida do rio Capivari para a represa Guarapiranga, vazão bombeada do braço do Taquacetuba (represa Billings) para a represa Guarapiranga e vazão turbinada na UHE Henry Borden. Neste cenário nenhum novo aporte foi considerado para a modelagem. Nessa análise foram consideradas as seguintes condições:

- Período de simulação de dois anos, com início em outubro de 2013 e término em setembro de 2015;
- Reservatórios com volume inicial igual ao observado no início de outubro de 2013;
- Volume morto nas represas Ponte Nova, Biritiba, Jaguari-Jacareí e Atibainha;
- Séries de vazões naturais reais do período de out/2013 a set/2015.

Os cenários analisados foram os seguintes:

- Cenário 1: demanda média de 2013: os dois anos foram simulados com o valor médio fornecido em 2013.
- Cenário 2: 70% da demanda média de 2013: os dois anos foram simulados com uma redução de 70% no valor total das demandas em 2013;

Na Tabela 2 são apresentadas as vazões produzidas pelas ETAs e os resultados das simulações para os cenários 1 e 2:

**Tabela 2: Produção média em 2013 e 2015 por Sistema Produtor - ETA (valores medidos) e Produção média por sistema produtor frente à crise 2014-2015 (resultados das simulações)**

SISTEMA PRODUTOR	PRODUÇÃO MÉDIA EM 2013 - Q (m³/s) (valores medidos)	PRODUÇÃO MÉDIA EM 2015 - Q (m³/s) (valores medidos)	RESULTADO DAS SIMULAÇÕES - PRODUÇÃO MÉDIA POR SISTEMA PRODUTOR FRENTE A CRISE 2014-2015 - Q <sub>média</sub> (m³/s)	
			Cenário 1: Demanda média 2013 (m³/s)	Cenário 2: 70% da Demanda média 2013 (m³/s)
Cantareira – ETA Guaraú	32,55	14,06	23,43	16,63
Guarapiranga – ETA ABV (RJCS)	13,68	14,92	14,00	13,07
Alto Tietê - ETA Taiacupeba	12,06	12,13	14,71	12,25
Rio Grande – ETA Rio Grande	4,84	5,02	4,92	4,28
Rio Claro – ETA Rio Claro	3,88	3,93	3,92	3,92
Alto Cotia – ETA Morro Grande	1,2	0,94	0,93	0,93
Baixo Cotia – ETA Baixo Cotia	0,86	0,96	0,91	0,89
Ribeirão da Estiva – ETA Ribeirão da Estiva	0,09	0,08	0,09	0,03
<b>Total Mensal ETAs</b>	<b>69,16</b>	<b>52,04</b>	<b>62,91</b>	<b>52,00</b>

### **BALANÇO HÍDRICO DA CRISE HÍDRICA 2014/2015 CONSIDERANDO A ENTRADA DOS APORTES EM FASE DE IMPLANTAÇÃO**

Procurando avaliar como se comportaria o sistema existente, considerando os aportes emergenciais implantados no período de enfrentamento da crise hídrica e aqueles atualmente em execução (interligação Jaguari-Atibainha e Sistema Produtor São Lourenço) e, que este sistema enfrentaria uma eventual repetição da crise hídrica (2014-2015) em curto prazo, foram elaborados outros dois cenários:

- Cenário 3: Demanda média de 2013 considerando a entrada em operação do Sistema Produtor São Lourenço;
- Cenário 4: Demanda média de 2013 considerando a entrada em operação do Sistema Produtor São Lourenço e da Transferência Jaguari-Atibainha (interligação Paraíba do Sul / Cantareira).

Aos dados já utilizados nas análises efetuadas para os Cenários 1 e 2 foi necessário introduzir algumas considerações no modelo reduzido do SIM, em decorrência da entrada em operação do Sistema Produtor São Lourenço para os Cenários 3 e 4. Na Tabela 3 são apresentadas as vazões produzidas pelas ETAs e os resultados das simulações para os cenários 3 e 4.

**Tabela 3: Produção média em 2013 e 2015 por Sistema Produtor (valores medidos) e Produção média por sistema produtor frente a entrada em operação de novos aportes (resultados das simulações)**

SISTEMA PRODUTOR	PRODUÇÃO MÉDIA EM 2013 - Q (m <sup>3</sup> /s) (valores medidos)	PRODUÇÃO MÉDIA EM 2015 - Q (m <sup>3</sup> /s) (valores medidos)	RESULTADO DAS SIMULAÇÕES - PRODUÇÃO MÉDIA POR SISTEMA PRODUTOR FRENTE A ENTRADA EM OPERAÇÃO DE NOVOS APORTES – Q <sub>média</sub> (m <sup>3</sup> /s)	
			SISTEMA PRODUTOR ATUAL + SISTEMA PRODUTOR SÃO LOURENÇO	SISTEMA PRODUTOR ATUAL + SPSSL + INTERLIGAÇÃO JAGUARI-ATIBAINHA
Cantareira – ETA Guaraú	32,55	14,06	23,47	27,96
Guarapiranga – ETA ABV (RJCS)	13,68	14,92	14,00	14,00
Alto Tietê - ETA Taiaçupeba	12,06	12,13	14,71	14,71
Rio Grande – ETA Rio Grande	4,84	5,02	4,92	4,92
Rio Claro – ETA Rio Claro	3,88	3,93	3,96	3,96
Alto Cotia – ETA Morro Grande	1,2	0,94	0,92	0,92
Baixo Cotia – ETA Baixo Cotia	0,86	0,96	0,90	0,90
Ribeirão da Estiva – ETA Ribeirão da Estiva	0,09	0,08	0,05	0,05
São Lourenço – ETA Vargem Grande			2,83	2,83
<b>Total</b>	<b>69,16</b>	<b>52,04</b>	<b>65,76</b>	<b>70,25</b>

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando os resultados do balanço hídrico durante a crise hídrica é possível notar que:

- no Cenário 1 - “Demanda média de 2013”, os resultados das simulações mostram que realmente não seria possível fornecer água para atender a demanda média de 2013 para a grande parte dos setores de atendimento, durante o período de crise dos anos 2014/2015;
- no Cenário 2 - “70% da Demanda média de 2013”, todas as demandas são atendidas durante a crise hídrica de 2014/2015, corroborando com os resultados da calibração e mostrando que modelo representou o que aconteceu no período de crise.

Analisando os resultados do balanço hídrico para o cenário de crise hídrica (2014/2015), considerando a entrada em operação dos novos aportes, atualmente em fase de implantação, é possível concluir que:

- No Cenário 3 - “Demanda média de 2013 + Sistema São Lourenço”, mesmo que o Sistema São Lourenço já estivesse em operação durante o período de crise não seria possível manter o fornecimento de água normal médio de 2013 para todos os setores de abastecimento;
- No Cenário 4 - “Demanda média de 2013 + Sistema São Lourenço + Interligação Jaguari- Atibainha”, se o Sistema São Lourenço e a interligação Jaguari-Atibainha estivessem funcionando durante o período de crise, seria possível manter o fornecimento de água normal médio de 2013 para todos os setores de abastecimento.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados das simulações são um excelente indicativo de que as ações emergências implantadas e os novos aportes em execução foram ações acertadas para o enfrentamento da crise de 2014/2015 e serão importantes numa eventual crise futura, de curto prazo, nas proporções da crise hídrica já vivenciada.

A crise hídrica, embora tenha sido um momento muito difícil e que demandou um grande esforço da empresa para o seu enfrentamento, deixou um legado de aperfeiçoamento e melhor entendimento nos estudos de disponibilidade hídrica. No estudo em tela, foi fortalecido o conceito de interligação dos sistemas produtores (SIM) por meio do sistema de adução existente (SAM), visando equilibrar a disponibilidade de água tratada e considerando a deficiência na disponibilidade de água bruta de cada sistema produtor. As simulações mostraram que a modelagem com a integração dos sistemas produtores via SAM apresentaram bons resultados e trata-se de uma ferramenta importante de avaliação dos sistemas produtores.

De acordo com os resultados das simulações, as principais conclusões apresentadas foram:

- Durante o período de crise dos anos 2014/2015 não seria possível fornecer água para atender a demanda média de 2013 para a grande parte dos setores de atendimento, como não o foi;
- a premissa de que as demandas atendidas durante a crise hídrica de 2014/2015 foram em média 70% da média das demandas atendidas no ano de 2013, anterior a crise hídrica, foi muito bem representada pela modelagem matemática, conforme a calibração do modelo;
- se o Sistema São Lourenço estivesse em operação durante o período de crise, não teria sido possível manter o fornecimento de água normal, com atendimento de 100% da demanda média de 2013 para todos os setores de abastecimento, mas ter-se-ia uma redução menos drástica no abastecimento, algo em torno de 90% da demanda média de 2013;
- se o Sistema São Lourenço e a interligação Jaguari-Atibainha estivessem funcionando durante o período de crise teria sido possível manter o fornecimento de água normal, com atendimento de 100% da demanda média de 2013 para todos os setores de abastecimento.

Este trabalho buscou dar visibilidade aos resultados encontrados e espera-se que o mesmo sirva de incentivo para novos estudos de disponibilidade hídrica em regiões metropolitanas, que enfrentaram, enfrentam ou enfrentarão estresses hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBANO, Gustavo Doratioto. 2004. Integração de um Modelo Matemático de Quantidade de Água em Rede de Fluxo (ACQUANET) com um Modelo de Qualidade de Água em Represas (CE-QUAL-R1). Estudo de Caso: Represa Jaguari-Jacareí - Sistema Cantareira. São Paulo: Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
2. CASTRO, H. L. 2003. Avaliação da Disponibilidade Hídrica para Abastecimento Público da Região Metropolitana de São Paulo com o uso de um SSD - Sistema de Suporte a Decisões. São Paulo : Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.
3. SABESP. Termo de Referência – Concorrência SABESP n.º 42.424/12 - Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (PDAA). 2012.
4. SABESP. CHES - Crise hídrica, estratégia e soluções da Sabesp para a Região Metropolitana de São Paulo. Sabesp. 2015.
5. SABESP. Avaliação da Disponibilidade Hídrica de Mananciais para utilização na RMSP. Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (PDAA). Relatório Parcial RP02. Rev. 05. 2016.