

AVALIAÇÃO DA GARANTIA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SISTEMA INTEGRADO METROPOLITANO SIM - RMSP UTILIZANDO MODELAGEM HIDROLÓGICA

Gladys Fernandes Januario Serzano⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Mestre em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Engenheira na Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - SABESP.

Silene Cristina Baptistelli

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

Maria Regina Ferraz Campos

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia de Lins - EEL. Mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Gerente de Departamento na Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - SABESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Nicolau Gagliardi, 313, Pinheiros, São Paulo, SP - CEP: 05429-010 - Brasil - Tel: (11) 3388-8826 - e-mail: gfjanuario@sabesp.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo de disponibilidade hídrica dos mananciais do Sistema Integrado Metropolitano de Abastecimento de Água da RMSP – SIM, para o ano 2045, fim de plano do PDAA RMSP, modelado conforme configuração proposta pelo Plano utilizando a ferramenta de modelagem matemática 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 interliga os Sistemas Produtores por meio do Sistema Adutor Metropolitano (SAM), sendo possível retratar, em modelagem matemática, a simulação da configuração futura do SIM. Cabe lembrar que as interligações propiciam a transferência de vazões de água tratada entre os sistemas produtores. No PDAA, estas transferências, que já eram utilizadas em alguns sistemas e que foram intensificadas no período de enfrentamento da crise hídrica de 2014-2015, tiveram propostas de ampliação de suas capacidades hidráulicas. Como conclusão dos resultados das simulações hidrológicas, verificou-se que a configuração proposta pelo PDAA ao SIM resulta em uma garantia de 98% de disponibilidade hídrica para as demandas de cada setor de abastecimento.

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

INTRODUÇÃO

O Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMSP (PDAA) é o principal instrumento de planejamento da Sabesp dos sistemas de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Tem o objetivo amplo de compor diretrizes de planejamento para o aproveitamento dos recursos hídricos destinados ao abastecimento público, estudando ampliações e adequações de mananciais, estações de tratamento de água e sistemas de adução e reservação. Para tanto, o Plano deve identificar e priorizar obras e ações que visam implantar e operar, com eficácia e flexibilidade, os sistemas existentes e propostos para o abastecimento de água da RMSP (SABESP, 2012).

A RMSP abrange uma área de 7.944 km², subdividida em 39 municípios, com uma população total estimada em 21 milhões de habitantes (2018). 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).

No PDAA RMSP, foram desenvolvidos estudos de disponibilidade hídrica dos mananciais atualmente explorados e dos mananciais que se configuram em alternativas de uso futuro para abastecimento de água que compõem o Sistema Integrado Metropolitano (SIM) da RMSP.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a avaliação da garantia do SIM com relação à disponibilidade hídrica dos mananciais de seus sistemas produtores feita com modelagem matemática. Para isso, foi feita a análise da flexibilidade operacional do Sistema Integrado considerando as capacidades de transferência de vazões tratadas entre os sistemas produtores por meio do SAM (Sistema Adutor Metropolitano) nos casos de deficiência de produção em algum Sistema Produtor em determinado período. Essa avaliação permitiu verificar a garantia global do SIM para o atendimento à demanda de abastecimento da população para final de plano (2045) considerando-se a configuração do sistema recomendada pelo PDAA.

METODOLOGIA

O estudo foi feito por meio de modelagem hídrica utilizando o programa LabSid AcquaNet 2013, desenvolvido no Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões da Escola Politécnica da USP - LabSid. 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 utiliza séries históricas de vazões naturais conhecidas considerando que as vazões para próximo período histórico de vazões tendem a ser estatisticamente semelhantes às do período anterior. 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 foi baseado em geração e atualização das séries mensais de vazões naturais do período de outubro de 1930 a setembro de 2015.

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 (SAM), viabilizada pela capacidade de transferência de vazões de água tratada 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 as interligações via SAM com as capacidades máximas de transferência das adutoras em cada sentido.

A topologia do esquema da rede representativa do Sistema Integrado Metropolitano está apresentada na Figura 1.

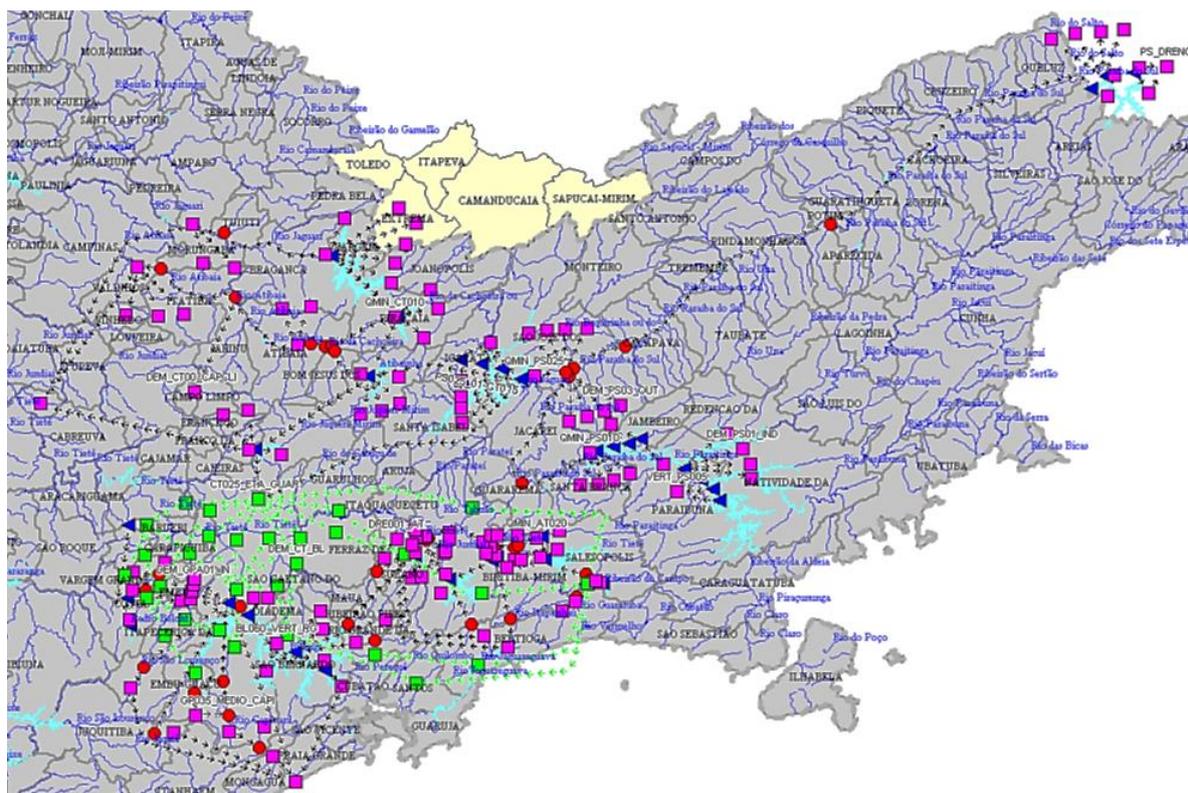


Figura 1 - Topologia Adotada para o Sistema Integrado Metropolitano (SIM)

Na avaliação da garantia do SIM, foram consideradas as regras de operação da nova Outorga do Sistema Cantareira e da Interligação Jaguari (Paraíba do Sul)-Atibainha, respeitando a Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925 e nº 926, de 29 de maio de 2017 e a Resolução Conjunta ANA/DAEE/IGAM/INEA nº 1382, de 07 de dezembro de 2015. A simulação de forma integrada do SIM foi feita considerando-se o funcionamento da interligação Jaguari-Atibainha atendendo tanto a transferência de água para abastecimento da RMSP quanto o aumento do volume armazenado no Sistema Cantareira. Considerando-se essa regra de operação, a vazão transferida da represa Jaguari para o Sistema Cantareira é maximizada, com total aproveitamento da interligação e respeitando a outorga.

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 boosters trabalhando normalmente com, no mínimo, salvo algumas exceções, um conjunto motobomba reserva.
- foram avaliadas somente as capacidades de transferência consideradas relevantes ao SIM quanto ao potencial volumétrico.

A simulação foi feita para as demandas médias de final de plano (2045) do cenário de projeção de demandas Tendencial, considerando-se a configuração de ETAs e ampliação de adução recomendada pelo PDAA. As demandas dos setores do SIM foram agrupadas em zonas de demandas, representando as áreas que são atendidas exclusivamente por um sistema produtor e as áreas que podem ser abastecidas por dois sistemas produtores.

A análise teve como referência os estudos de flexibilidade realizados para o sistema adutor existente, considerando adicionalmente:

- inclusão das propostas de novos aportes de mananciais;
- ampliações dos sistemas produtores existentes;
- implantação de novos sistemas produtores;

- ampliação de capacidades de transferência entre os sistemas produtores (existentes e novos) por meio de obras de flexibilização do SAM.

Para a análise da capacidade de transferência do sistema de adução (SAM), 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 através 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. Na Figura 2, apresenta-se o Sistema Adutor Metropolitano (SAM) com as principais adutoras de interligação entre sistemas produtores (SABESP, 2016).

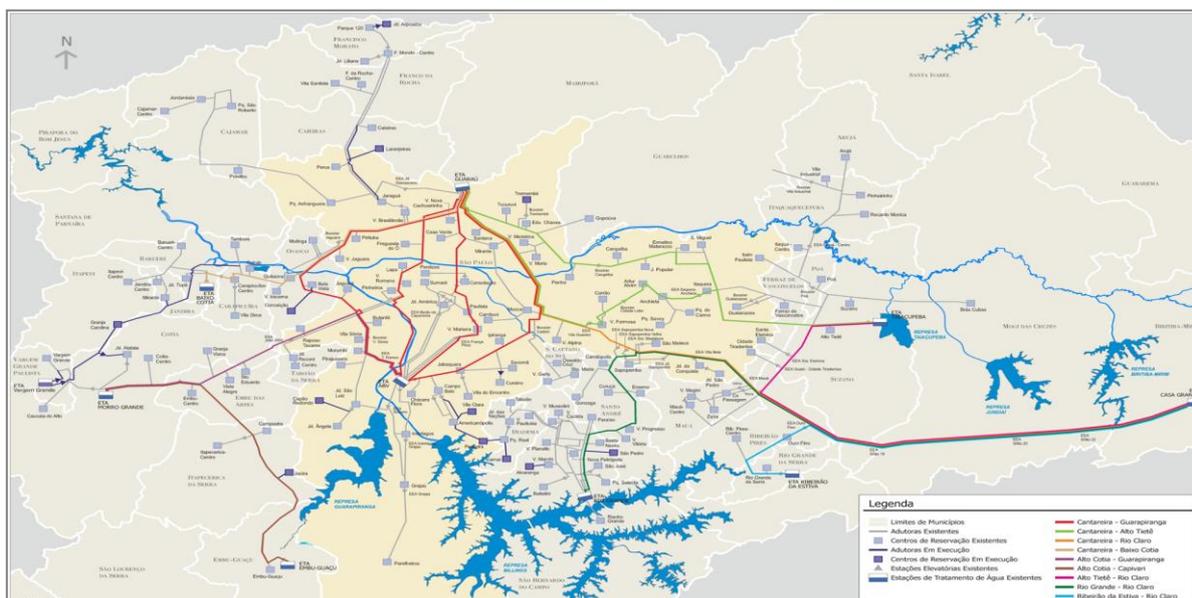


Figura 2 – Sistema Adutor Metropolitano – SAM – em destaque os principais pontos de integração entre os sistemas produtores via SAM (Sabesp, 2016)

• Desenvolvimento dos Estudos

No conceito de operação independente dos sistemas produtores, caso ocorra uma deficiência na produção de qualquer sistema, a área de influência desse sistema não poderá ter seu atendimento feito por outro sistema. Já na operação integrada, objeto da simulação, é considerada a flexibilidade de transferências de vazões entre os sistemas produtores por meio do Sistema Adutor Metropolitano (SAM).

As demandas dos setores do SIM foram agrupadas em 31 zonas de demandas, representando as áreas que são atendidas exclusivamente por um sistema produtor e as áreas que podem ser abastecidas por mais de um sistema produtor, e são mostradas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Demandas consideradas no Modelo Acquanet

Código AcquaNet	Zona de Demanda	Demanda Média Cenário Tendencial 2045 (m ³ /s)
AC015	ALTO COTIA	0,10
AL005	ALVORADA	2,05
AT120	ALTO TIETÊ	11,59
BC010	BAIXO COTIA	0,00
BL025	RIO GRANDE	4,19
CP005	CAPIVARI	0,05
CT025	CANTAREIRA	23,40
DEM_AC_CP	ALTO COTIA - CAPIVARI	0,07

Código AcquaNet	Zona de Demanda	Demanda Média Cenário Tendencial 2045 (m³/s)
DEM_AC_SL	ALTO COTIA - SÃO LOURENÇO	0,43
DEM_AL_AC	ALVORADA - ALTO COTIA	0,38
DEM_AL_GP	ALVORADA - GUARAPIRANGA	1,29
DEM_AT_RC	ALTO TIETÊ - RIO CLARO	1,68
DEM_BC_SL	BAIXO COTIA - SÃO LOURENÇO	0,85
DEM_CT_AT_ANCHIETA	CANTAREIRA - ALTO TIETÊ: ANCHIETA	2,39
DEM_CT_AT_ERMELINO	CANTAREIRA - ALTO TIETÊ: ERMELINO	2,99
DEM_CT_BC	CANTAREIRA - BAIXO COTIA	0,22
DEM_CT_BL	CANTAREIRA - RIO GRANDE	1,42
DEM_CT_GP_CONSOLACAO	CANTAREIRA - GUARAPIRANGA: CONSOLAÇÃO	1,71
DEM_CT_GP_JABAQUARA	CANTAREIRA - GUARAPIRANGA: JABAQUARA	3,85
DEM_CT_GP_MORUMBI	CANTAREIRA - GUARAPIRANGA: MORUMBI	0,85
DEM_CT_GP_PINHEIROS	CANTAREIRA - GUARAPIRANGA: PINHEIROS	0,53
DEM_CT_RC	CANTAREIRA - RIO CLARO	0,93
DEM_CT_SL	CANTAREIRA - SÃO LOURENÇO	2,44
DEM_GP_BL	GUARAPIRANGA - RIO GRANDE	1,06
DEM_GP_SL	GUARAPIRANGA - SÃO LOURENÇO	1,46
DEM_RC_BL	RIO CLARO - RIO GRANDE	1,25
DEM_RC_RE	RIO CLARO - RIBEIRÃO DA ESTIVA	0,10
GP010	GUARAPIRANGA	14,14
RC025	RIO CLARO	0,95
RE010	RIBEIRÃO DA ESTIVA	0
SL010	SÃO LOURENÇO	2,62
Total Zonas de Demandas		84,99

Fonte: Sabesp, 2019.

Na Figura 3, é apresentada a topologia dos sistemas produtores interligados, conforme aparece na tela do Modelo AcquaNet 2013, desenvolvido pelo LabSid.

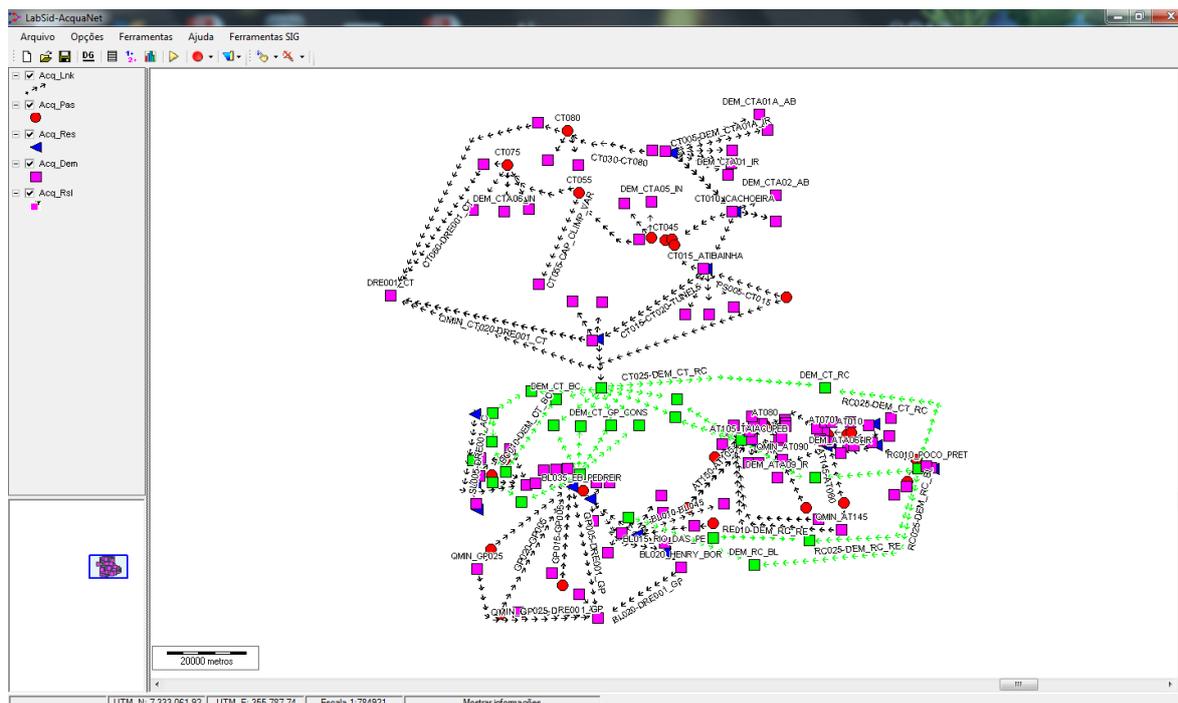


Figura 3 - Topologia dos sistemas produtores interligados na base do Modelo AcquaNet 2013, desenvolvido pelo LabSid - USP (Sabesp, 2016)

RESULTADOS

Na Tabela 2, são apresentadas as vazões fornecidas para as demandas, para cada zona de demanda, com garantias de 98%, para o Arranjo recomendado pelo PDAA.

Tabela 2 - Resultados da Simulação – Vazões Fornecidas para cada Zona de Demanda

Zonas de Demanda	Vazões Fornecidas com garantia de 98% (m ³ /s)
Exclusiva Cantareira	23,4
Exclusiva Alto Tietê	11,59
Exclusiva Guarapiranga	14,14
Exclusiva Alto Cotia	0,1
Exclusiva Baixo Cotia	0
Exclusiva Rio Claro	0,95
Exclusiva Rio Grande	4,19
Exclusiva Ribeirão da Estiva	0
Exclusiva São Lourenço	2,62
Exclusiva Capivari	0,05
Exclusiva Alvorada	2,05
AC CP	0,07
AC SL	0,43
AL AC	0,38
AL GP	1,29
AT RC	1,68
BC SL	0,85
CT AT ANCHIETA	2,39
CT AT ERMELINO	2,99
CT BC	0,22
CT RG	1,42
CT GP CONSOLACAO	1,71
CT GP JABAQUARA	3,85
CT GP MORUMBI	0,85
CT GP PINHEIROS	0,53
CT RC	0,93
CT SL	2,44
GP RG	1,06
GP SL	1,46
RC RG	1,25
RC RE	0,1

Fonte: Sabesp, 2019

Na Tabela 3, apresenta-se o resultado da simulação para o Sistema Integrado, mostrando as vazões obtidas pelo modelo com garantias de 95% e de 98%.

Tabela 3 – Resultados da Simulação – Vazões com 95% e 98% de garantia para o Sistema Integrado Metropolitano no ano de 2045

Sistema Integrado Metropolitano	Vazão 95% garantia (m³/s)	Vazão 98% garantia (m³/s)
Total Integrado	84,99	81,00

OBS: O resultado advém da ocorrência não simultânea das falhas de abastecimento nas zonas de demandas (Sabesp, 2019).

Analisando os resultados apresentados na Tabela 2, percebe-se que cada uma das 31 zonas de demanda é atendida com 98% de garantia. Pelo resultado da Tabela 3, vê-se que o Sistema Integrado Metropolitano (SIM) funcionando de forma integrada e analisado globalmente, estará capacitado a produzir 85,0 m³/s (100% da demanda) com 95% de garantia e a produzir 81,0 m³/s (95% da demanda) com 98% de garantia. Apesar de cada uma das demandas das 31 zonas de demanda serem atendidas em 98% do tempo, o resultado para 98% de garantia para o sistema global (vazão de 81,0 m³/s) é explicado pelo fato das falhas nas demandas, que ocorrem em 2% do tempo no fornecimento de água normal médio de 2045, não ocorrerem simultaneamente em virtude das diferenças das características físicas e dos ciclos hidrológicos de cada bacia hidrográfica. Como características das bacias hidrográficas tem-se: dimensões, área da bacia, comprimento do talvegue, variação de cotas, declividades, índices de forma e densidade de drenagem; e como características do ciclo hidrológico tem-se: precipitação, transpiração, evapotranspiração, infiltração e percolação, ambos variáveis ao longo do tempo para cada bacia hidrográfica.

CONCLUSÕES

Os resultados das simulações realizadas com o auxílio da ferramenta de modelagem matemática LabSid AcquaNet 2013 mostraram o ganho em segurança da disponibilidade hídrica obtido pela configuração proposta pelo PDAA RMSP para 2045.

A utilização da modelagem deixa um legado de aperfeiçoamento e melhor entendimento nos estudos de disponibilidade hídrica. No estudo feito, 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 as possíveis deficiências na disponibilidade de água bruta de cada sistema produtor. As simulações mostraram que a modelagem com a integração dos sistemas produtores via SAM apresentou bons resultados e que trata-se de uma ferramenta importante para avaliação dos sistemas produtores.

Os resultados apresentados mostraram o atendimento das demandas da RMSP de 2045 nas zonas de demanda com 98% de garantia, e mostraram que a garantia global do Sistema Integrado Metropolitano (SIM) é 95% para atendimento de demandas da ordem de 85,0 m³/s e de 98% de garantia para atendimento de demandas da ordem de 81,0 m³/s.

Este trabalho busca dar visibilidade aos resultados encontrados e espera-se que sirva de incentivo para novos estudos de disponibilidade hídrica em regiões metropolitanas favorecendo a interligação entre sistemas produtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. SABESP. Comparação Técnico-econômica e Ambiental do Conjunto de Alternativas para o Sistema Integrado - SIM. Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (PDAA). Relatório Parcial RP12. Rev. 05. 2019.
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.