



IV-336 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO ÓTIMO DO SSD NA GESTÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO: UMA ANÁLISE EM UMA DAS MAIORES METRÓPOLES DA AMÉRICA LATINA

Alexandre dos Santos Bueno⁽¹⁾

Engenheiro de Produção. Graduado em Administração com ênfase em Análise de Sistemas. Especialista em Gestão Pública pelo INPG. Mestre em Aquicultura e Pesca com foco em Recursos Hídricos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo - APTA. Gerente de Departamento de Recursos Hídricos SABESP-SP.

André Luis Gois Rodrigues⁽²⁾

Químico pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Especialista em Saneamento Ambiental pela FESPSP. Mestre em Físico Química pela Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-060 - Brasil - Tel: (11) 3388-9000 - e-mail: abueno@sabesp.com.br.

Endereço⁽²⁾: Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-060 - Brasil - Tel: (11) 3388-9000 - e-mail: andregois@sabesp.com.br.

RESUMO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) enfrenta um grave estresse hídrico, com disponibilidade de água muito abaixo do limite crítico estabelecido pela ONU. A Sabesp, responsável pelo abastecimento de água para cerca de 20 milhões de habitantes, utiliza o Sistema Integrado Metropolitano (SIM) para gerenciar os recursos hídricos de vários sistemas produtores, como Cantareira e Guarapiranga. Este trabalho demonstra a eficiência do Sistema de Suporte à Decisão (SSD) da Sabesp, que utiliza modelos matemáticos e dados telemétricos para otimizar a produção e distribuição de água. Desenvolvido em resposta às mudanças climáticas e à crise hídrica de 2014/15, o SSD permite ajustes mensais na produção para atender às demandas, prevenindo colapsos nos reservatórios. Em 2023, o SSD economizou aproximadamente R\$ 110 milhões em custos de energia, evitando grandes transferências de água entre sistemas. A ferramenta tem se mostrado eficaz na gestão estratégica dos recursos hídricos, proporcionando melhorias significativas sem necessidade de grandes investimentos em novas infraestruturas.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Hídrica, Sistema de Suporte à Decisão (SSD), Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Análise de Modelo Ótimo, Abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) encontra-se em um elevado stress hídrico. Com uma disponibilidade hídrica na bacia do Alto Tietê de cerca de 200 m³/hab.ano, a situação é inferior à de estados do Nordeste brasileiro e consideravelmente abaixo do limite crítico estabelecido pela ONU de 1500 m³/hab. Ano (Cunha,2008).

Na última década, o sistema enfrentou eventos marcantes de seca, especialmente em 2013 e 2014, colocando em risco o abastecimento da região e demandando a implementação de medidas emergenciais pela Sabesp (2015).

A Sabesp desempenha um papel crucial na gestão hídrica da RMSP por meio do Sistema Integrado Metropolitano (SIM), que fornece água potável para aproximadamente 20 milhões de habitantes, em condições hidrológicas normais.

Considerando a produção média mensal de 70 m³/s, esse volume expressivo é proveniente de grandes Sistemas Produtores, a saber: Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê (SPAT), Rio Grande, Rio Claro, Alto Cotia e São



Lourenço. Cada um desses sistemas desempenha um papel fundamental na oferta de água, contribuindo para atender à demanda da população da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A operação eficiente das estruturas hidráulicas, como barragens, elevatórias de água, estações de tratamento e sistemas de distribuição, é vital para o processo de produção de água. Essa eficiência possibilita o manejo adequado da água bruta nos reservatórios, garantindo que, após o tratamento e adução, ela alcance as residências dos clientes. Destaca-se que essa tarefa demanda equipes de operação e sistemas de automação disponíveis 24 horas.

A avaliação da Análise da Operação Ótima da simulação da operação de reservatórios, fundamentada em previsões de modelos para períodos secos e chuvosos, bem como em séries históricas, busca otimizar a alocação de água. Isso é realizado priorizando o atendimento às demandas e observando as restrições impostas, com especial ênfase na priorização dos atendimentos às demandas.

O sistema faz uso integral de dados provenientes de estações telemétricas em campo, as quais fornecem medições de níveis e vazões. Além disso, incorpora a série histórica de dados referentes a chuvas e vazões, conectados a um algoritmo matemático. Este algoritmo conduz simulações da situação dos níveis dos mananciais, com ênfase em perspectivas de longo prazo, abrangendo períodos que variam de um mês a vários anos, garantindo uma abordagem holística na análise e gestão do sistema hídrico.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a eficiência da implementação da ferramenta de análise de modelo ótimo do Sistema de Suporte à Decisão (SSD) da Sabesp na gestão estratégica dos recursos hídricos e na produção de água nos Grandes Sistemas Produtores da Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo.

Com a integração do SIM (Sistema Integrado Metropolitano) após a recente crise hídrica, agora é possível avançar ou recuar os sistemas produtores de água tratada, como Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê, Rio Grande, Rio Claro, Alto Cotia e São Lourenço, em diversas regiões da RMSP. Essa flexibilidade é alcançada por meio de manobras de válvulas ou estações elevatórias de água tratada, operacionalizadas pelo Centro de Controle Operacional (CCO) da Sabesp. O Departamento de Recursos Hídricos, através de boletins mensais, pode determinar e sugerir qual manancial deve ser priorizado na produção de água, evitando colapsos nos reservatórios ou a necessidade de acionar planos de cheias ou descargas.

Essa mobilidade proporciona a opção de retirar o recurso hídrico dos mananciais de forma ordenada e organizada, auxiliando na gestão eficaz dos recursos hídricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As mudanças climáticas e a crise hídrica ocorrida em 2014/15 foram essenciais para o desenvolvimento do SSD.

Em julho de 2023, ao avaliar os níveis dos reservatórios dos principais sistemas produtores da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), foram inseridos os valores pré-determinados no Sistema de Suporte à Decisão (SSD) na ferramenta de Análise de Operação Ótima da produção para os próximos 12 meses de cada um dos sistemas.

Após a avaliação das regras operativas e das previsões meteorológicas, são apresentadas propostas de operação para o próximo mês de cada Sistema Produtor, visando otimizar a utilização dos recursos hídricos, considerando eventuais limitações de ordem operacional e de qualidade de água bruta.

Em seguida, foram avaliadas as Contribuições de Vazão Naturais Afluentes para os anos de 2021/22 e 2022/23 (Qn 2021/22 x Qn 2022/23).

Comparando o mesmo período (Out_Jul) do ano hidrológico, a Qn 2021/22 com a Qn 2022/23, os Sistemas Cantareira, Guarapiranga e Alto Tietê apresentam valores de +54%, +150% e +107%, respectivamente.

Utilizando a ferramenta de Análise da Operação Ótima, foram inseridos valores de produção máxima para atender às demandas em cada sistema produtor, respeitando as restrições impostas pelas outorgas, a fim de gerenciar o uso desses mananciais.

Em seguida, foram determinadas as propostas de vazões captadas e produzidas que seriam efetivamente realizadas nos Sistemas Produtores que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A ferramenta do SSD sugeriu, para os próximos 6 meses, um aumento na produção no Sistema Cantareira, um aumento na produção no Sistema Alto Tietê e uma redução na produção no Sistema Guarapiranga.

Simulações individuais, por sistema ou pelo SIM, são visualmente apresentadas para elaborar um boletim ilustrativo, destacando períodos e facilitando compreensão, gerenciamento e acompanhamento de ações futuras. A estimativa de precipitação utiliza cenários de mudanças climáticas e séries estocásticas de vazões. O boletim é enviado ao Centro de Controle Operacional para orientar a produção de água e monitorar a distribuição na Região Metropolitana de São Paulo, atendendo às expectativas de níveis de armazenamento nos mananciais. Mensalmente, uma nova avaliação é conduzida para ajustar estratégias, se necessário.

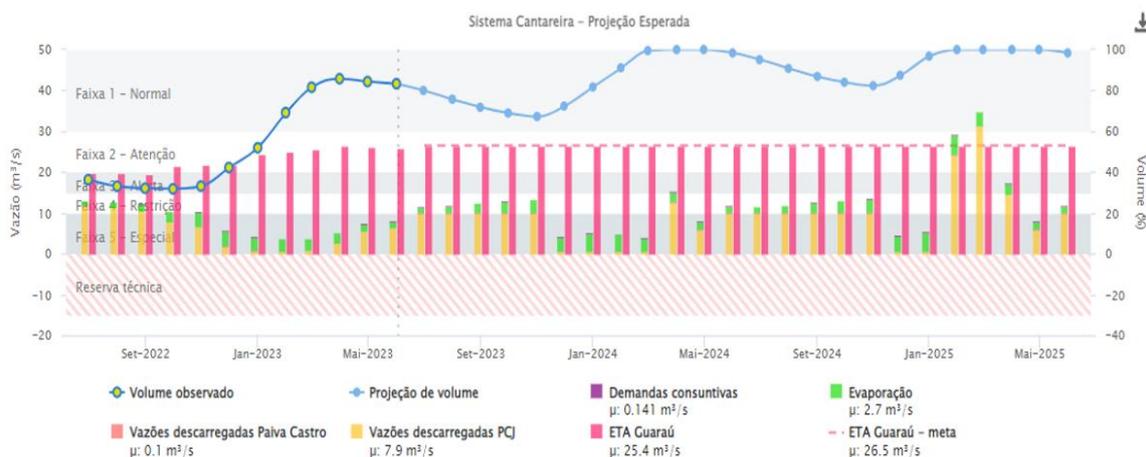
O uso do Sistema de Suporte à Decisão possibilitou a análise dos dados hidrológicos e das estruturas hidráulicas, especialmente nos três maiores sistemas: Cantareira, Alto Tietê e Guarapiranga. A simulação de vários cenários identificou necessidades de intervenções, permitindo a aplicação de técnicas de otimização para aprimorar a operação da distribuição de água em grande escala.

Os resultados obtidos na simulação realizada desde julho de 2023 demonstraram eficácia, possibilitando ajustes mensais e a realização de novas rodadas de simulação conforme demandado pela dinâmica do sistema.

Figura 1 – Previsão obtida em julho de 2023 para o nível do Cantareira em janeiro de 2024

Projeção de volume: Volumes observados nos últimos meses e as projeções para os próximos 24 meses, considerando as vazões afluentes observadas dos últimos 12 meses (90% da média histórica):

ESI = 26,8m³/s; EEAB Jaguari = 0 m³/s (média anual); Descargas PCJ = 6,1m³/s (média próx. 12 meses)



Isso verificou a robustez do Boletim de Planejamento enviado ao Centro de Controle Operacional (CCO) e a necessidade de ajustar o curso das produções conforme necessário.

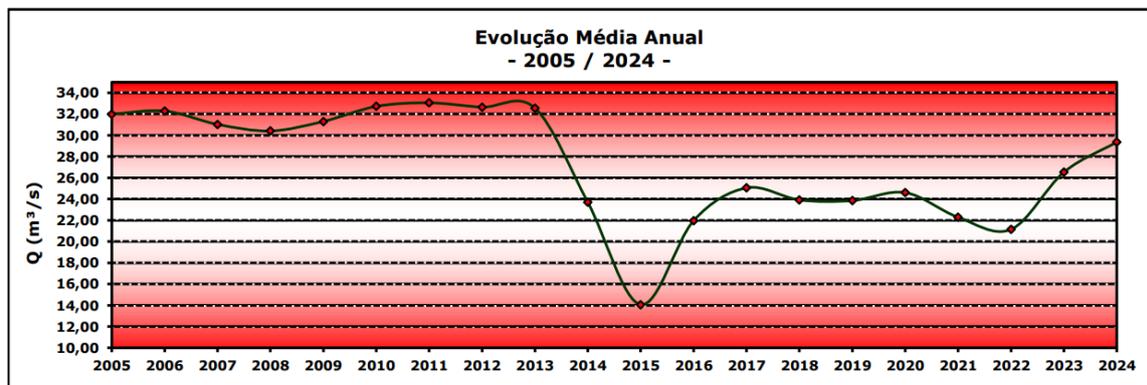
Como resultado bem-sucedido das projeções, em dezembro de 2023, o Sistema Cantareira fechou o mês com 71,6% de seu volume (31/12), uma redução de 2,3% em comparação com o último dia do mês anterior. Em relação ao mesmo período do ano anterior, o volume é 29,4% superior. A produção média da ETA Guarauá em dezembro foi de 29,0 m³/s, um aumento de 2,7 m³/s em comparação com julho, que foi de 26,3 m³/s. A transposição (EEAB) Jaguari PBS - Atibainha permaneceu interrompida durante o ano.

O Sistema Guarapiranga encerrou dezembro com um volume de 54,2% (31/12), uma redução de 7,4% em comparação com o último dia do mês anterior. Embora inferior ao mesmo período do ano anterior, destaca-se que, para os meses seguintes (janeiro e fevereiro), o acionamento do plano de cheias ocorre com menores volumes de armazenamento, e um volume de espera foi deixado para evitar aberturas das comportas até o final do período úmido de 2024. O bombeamento das EEAB Taquacetuba e Capivari permaneceu interrompido, e em 15/01/2023, o volume do Guarapiranga já estava em 63,1%.

O Sistema Produtor Alto Tietê fechou o mês de dezembro com 59,1% de seu volume armazenado, sendo 79,0% dessa água nos reservatórios de Ponte Nova e Paraitinga. Comparando com o mesmo período do ano anterior, o volume é 10,8% superior.



Figura 2 –Evolução média anual de produção do Sistema Cantareira



Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Prod	32,00	32,29	31,03	30,41	31,30	32,72	33,06	32,66	32,56	23,70	14,06	21,97	25,05	23,92	23,85	24,61	22,29	21,14	26,53	29,37

FONTE: DEPARTAMENTO DE OPERAÇÃO DE ÁGUA - OAO

ATUALIZADO EM 07/06/2024

RESULTADOS

Com base nas projeções e simulações realizadas pelo modelo, apresentamos os principais resultados obtidos ao longo do ano de 2023.

No sistema Cantareira, mesmo com o aumento da produção, não foi necessário utilizar a Transposição Jaguari-Atibainha. Essa transposição, que traz água da bacia do Rio Paraíba do Sul (que banha os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) para a Bacia do PCJ (Piracicaba, Jundiá e Capivari), resultou em uma economia significativa de energia elétrica e no uso da água neste sistema, representando uma economia de aproximadamente R\$ 45 milhões em custos de consumo de energia elétrica.

O avanço no sistema Cantareira contribuiu para reduzir os níveis dos mananciais, evitando a necessidade de acionar o plano de cheias dos reservatórios que estava planejado para o início do ano.

No sistema Guarapiranga, com seu recuo, não foi necessário utilizar as transferências de água do Capivari, uma elevatória de água bruta que traz água do rio Capivari da Bacia da Baixada Santista, assim como do Taquacetuba, uma elevatória que transfere água da represa Billings. A não operação dessas instalações resultou em uma economia de aproximadamente R\$ 10 milhões em custos de consumo de energia elétrica, além de outras ações de contingência de qualidade de água que a Companhia deve realizar para atender à Licença de Operação.

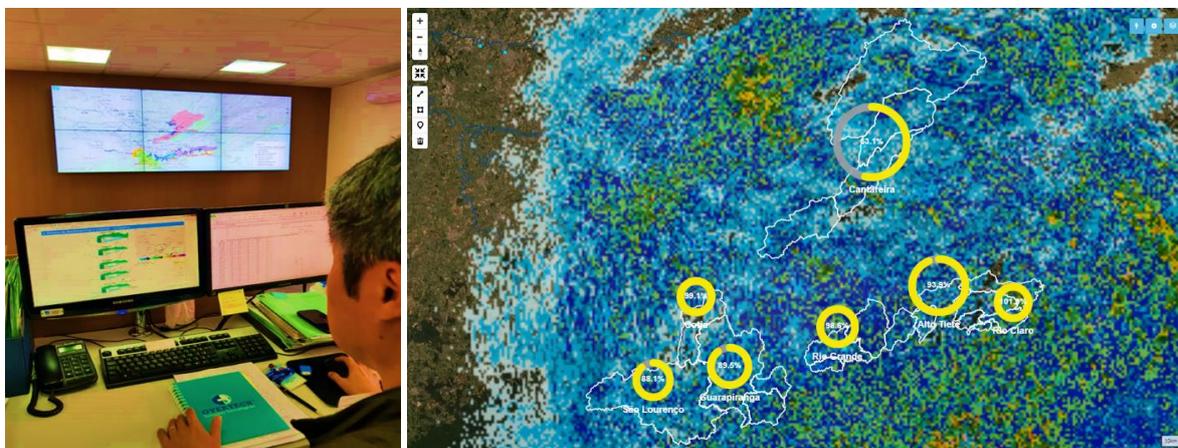
As transferências do Rio Grande para Taiapuê (sistema que interliga a Subbacia do Rio Grande para represa do Taiapuê no SPAT) e da EEAB Rio Pequeno-Rio Grande (Represas Billings para Rio Grande) também não foram utilizadas durante o período.

O Modelo Previsional Plurimensal proporcionou segurança para evitar a operação de instalações de grande porte que transferem ou transpõem águas entre mananciais, otimizando assim a operação das elevatórias de água bruta. Isso resultou em uma economia total de aproximadamente R\$ 110 milhões na redução da conta de energia em 2023.

No Saneamento modelos de Suporte à Decisão são essências para garantir os recursos hídricos e apoiar nos sistemas de distribuição.

A definição de estratégias com foco no longo prazo, abrangendo períodos que variam de um mês a vários anos, através de uma visão mais holística e simulações sem excesso de detalhes, proporciona diversos benefícios às companhias de água e à população. Além disso, os modelos decisórios contribuem para operar os reservatórios de forma mais eficiente, considerando tanto a dimensão dos recursos hídricos quanto o aspecto econômico e financeiro.

Figuras 6 e 7 – CCM – Centro de Controle de Mananciais e ferramenta Hidromapas do SSD com camada demonstrando percentuais de volume dos Sistemas de Abastecimento



CONCLUSÃO

A utilização de modelos matemáticos em conjunto com dados em tempo real provenientes do campo e a utilização de séries históricas representam ferramentas eficazes na gestão e gerenciamento dos recursos hídricos. Após a implementação da ferramenta e o uso frequente do Sistema de Suporte à Decisão - SSD, observam-se inúmeros ganhos, sem a necessidade de investimentos significativos em novas obras ou expansões das estruturas existentes. Muitas vezes, as melhorias decorrem do aperfeiçoamento das regras operacionais de cada sistema.

A definição de estratégias com foco no médio e longo prazo, abrangendo períodos que variam de um mês a vários anos, através de uma visão mais holística e simulações sem excesso de detalhes, proporciona diversos benefícios às Companhias de água e à população. Além disso, os modelos decisórios contribuem para operar os reservatórios de forma mais eficiente, considerando tanto a dimensão dos recursos hídricos quanto o aspecto econômico e financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CUNHA, Rita Luzia Abreu da et al. Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas. 2008.
2. PORTO, R. L. et al. Sistema de suporte a decisões para a operação dos grandes sistemas produtores da SABESP. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1999.
3. RIBEIRO, Wagner Costa. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. Parcerias estratégicas, v. 27, p. 297-321, 2008.
4. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. CHES - Crise Hídrica, Estratégia e Soluções da Sabesp. 30 abr. 2015. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/ches_crise_hidrica.pdf>. Acesso em: 18/12/2023.