

IV-1122 – AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA A DESTINAÇÃO DE EFLUENTES SANITÁRIOS TRATADOS EM CINCO MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO: ÊNFASE NO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUA

Jane Cristina Caparica Ferreira Domingues

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheira da Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE).

José Antônio Oliveira de Jesus

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutor em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Pós-Doutorando em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheiro da COBRAPE.

Carolina Harue Nakamura ⁽¹⁾

Engenheira Química pela Escola de Engenharia Mauá do Instituto Mauá de Tecnologia (EEM/IMT). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FEB/UNESP). Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental na FEB/UNESP. Engenheira da COBRAPE.

José Carlos Mierzwa

Professor no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Polí/USP), Doutor em Engenharia Sanitária, Mestre em Tecnologia Nuclear e Engenheiro Químico.

Heitor Collet de Araujo Lima

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Brasília (UNB). Coordenador de projetos e programas da Collet e Burri Engenharia.

Endereço⁽¹⁾: Rua Fradique Coutinho, 212 – 9º andar - Pinheiros - São Paulo - SP - CEP: 05416-000 - Brasil - Tel: (11) 3897-8000 - e-mail: carolinanakamura@cobrape.com.br

RESUMO

As recentes crises hídricas que o estado de São Paulo vem sofrendo mostra a fragilidade do sistema hídrico como um todo, sobretudo para abastecimento público e produção de energia. Na porção paulista da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BH-Grande) esses problemas são mais acentuados, e agregados aos problemas de poluição de seus corpos hídricos, em que a capacidade de diluição é baixa, torna-se um grande desafio para sua gestão dos recursos hídricos. Desta maneira, o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande destacou que os corpos hídricos receptores dos efluentes tratados de cinco municípios paulistas – Catanduva, Leme, Mogi Mirim, Ribeirão Preto e Sertãozinho – apresentam diversos trechos em que a concentração do parâmetro DBO ultrapassa os limites das classes em que os corpos d’água estão enquadrados. Desta maneira, este estudo focou na apresentação de alternativas para a destinação dos efluentes tratados nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e respectivos custos de capital (CAPEX), e operação e manutenção (OPEX), objetivando a melhoria dos corpos hídricos receptores. Dentre as alternativas adequadas aos municípios, foram propostas a melhoria da qualidade do efluente para lançamento superficial e o reúso de água. Entretanto, os custos estimados foram considerados onerosos por parte dos municípios, uma vez que o valor unitário praticado na produção de água por uma estação de tratamento de água (ETA) é de R\$ 1,03/m³ ante a R\$ 4,74/m³ para produção da água de reúso.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso da água, efluentes sanitários, alternativas para destinação de efluentes tratados, bacia do Rio Grande

INTRODUÇÃO

Em tempos de incertezas climáticas e recorrentes crises hídricas, a garantia do abastecimento de água é, inegavelmente, um dos principais desafios para a sustentabilidade urbana e ambiental. Na região Sudeste e, em especial, no estado de São Paulo, as últimas crises hídricas afetaram sensivelmente diversos usos e usuários das águas, com forte diminuição da disponibilidade hídrica nos rios e, também, nos níveis de reservatórios, com efeitos diretos sobre a produção de energia, o abastecimento público e diversas atividades econômicas, evidenciando a fragilidade do sistema hídrico como um todo (CARMO & ANAZAWA, 2017; ANA, 2022).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Grande – que abrange uma área de 143 mil km² nos estados de São Paulo e Minas Gerais – esses problemas são ainda mais acentuados, sobretudo em eventos de seca extrema, quando as disponibilidades hídricas – já reduzidas – se somam os problemas de poluição, pelas elevadas concentrações de matéria orgânica (DBO_{5,20}) nos corpos d'água, os quais não possuem capacidade de diluição ou de depuração. Esse cenário é, ainda, mais grave em áreas de maior aglomeração urbana na bacia (ANA & CBH-GRANDE, 2017).

Diante de um quadro tão desafiador, o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande – PIRH Grande (ANA & CBH-GRANDE, 2017) destacou esses problemas e analisou cenários futuros preocupantes, com diversos trechos ultrapassando os limites da classe 4 de enquadramento. Com base nesses estudos e objetivando melhorar a qualidade destes corpos hídricos, tornando-os compatíveis com níveis de classe 3 ou melhor, o Plano indicou a elaboração de estudos de soluções alternativas para a disposição final dos efluentes sanitários tratados aplicados em municípios previamente selecionados através dos seguintes critérios: (i) porte populacional; (ii) índices de cobertura de esgotamento sanitário; (iii) eficiência de remoção de carga orgânica nos sistemas de tratamento existentes; (iv) qualidade da água do corpo receptor, em termos de concentração de DBO; e (v) discussões entre as partes interessadas.

Desta maneira, o presente estudo apresenta uma avaliação das opções existentes para a destinação dos efluentes tratados, com ênfase no potencial de reúso da água, em cinco municípios selecionados e que estão localizados no estado de São Paulo – Catanduva, Leme, Mogi Mirim, Ribeirão Preto e Sertãozinho –, inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande e que, segundo o PIRH-Grande, apresentam corpos hídricos com baixa capacidade de diluição da carga orgânica remanescente do tratamento. Dentre as opções avaliadas, melhoria da qualidade do efluente para lançamento superficial e reúso da água foram as soluções propostas pelo estudo. Entretanto, há grandes desafios a serem enfrentados para implementação dos programas de reúso na região, como: os custos para implantação e operação de uma planta de reúso, uma vez que os preços praticados são elevados quando comparados a produção de água por ETA convencional; e as questões de licenciamento ambiental, que por ser um tema relativamente novo no Brasil, há lacunas que conferem grau de insegurança jurídica às diversas partes envolvidas na prática de reúso e, ainda, as dificuldades encontradas quando um município solicita a aprovação de um programa de reúso, em que há a necessidade de manifestação de, ao menos, três autoridades estaduais, além do envolvimento da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), quando as captações e lançamentos estiverem em corpos hídricos de domínio da União, como é o caso da Bacia do Rio Grande.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é identificar e avaliar opções para a destinação de efluentes sanitários tratados em cinco municípios localizados na vertente paulista da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, as quais apresentam corpos hídricos com baixa capacidade de diluição da carga orgânica remanescente do tratamento, em especial o potencial de reúso desses efluentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em seis etapas, iniciando com o diagnóstico dos sistemas de esgotamento sanitário (SES) e o levantamento dos problemas relacionados à qualidade das águas dos corpos hídricos receptores dos cinco municípios estudados, a partir de informações fornecidas pelas prestadoras de serviço de esgotamento sanitário e, quando não disponível, através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Com base nesses dados, avançou-se para um amplo estudo de opções e soluções técnicas, com ênfase no reúso da água, adequadas e consolidadas na prática da engenharia para a destinação de efluentes tratados de estações de tratamento de esgotos (ETEs) municipais, considerando as limitações de assimilação de cada corpo hídrico receptor.

A etapa seguinte foi realizar o mapeamento dos potenciais usuários dos efluentes tratados, através da definição da área de atendimento de cada ETE e delimitação de uma circunferência com centro a partir da localização das mesmas, de forma a abranger o município estudado integralmente. Uma vez definidas as áreas pelas circunferências, os usuários industriais e agrícolas foram identificados e selecionados com base nas maiores vazões outorgadas cadastradas no Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), configurando-os como potenciais usuários para utilização da água de reúso.

Na sequência, foi realizada uma interlocução com os potenciais usuários e com as prestadoras de serviço de esgotamento sanitário para que fosse possível avaliar suas percepções sobre a oportunidade e desafios em receber os efluentes tratados das ETEs municipais.

Conhecendo-se as perspectivas municipais, foram definidas as alternativas adequadas para cada município para mitigação dos impactos resultantes dos lançamentos de esgotos tratados pelas ETEs, considerando a vocação de reúso identificadas preliminarmente.

As condições qualitativas dos corpos hídricos receptores foram avaliadas através de simulações com o modelo matemático de qualidade da água empregado no Atlas Esgotos (ANA, 2017), estruturado para calcular a concentração do parâmetro DBO no trecho final de cada ottobacia – base hidrográfica codificada segundo o método de Otto Pfafstetter – através de uma abordagem denominada análise acumulada, conforme ilustra a Figura 1. Com essa abordagem, foi possível avaliar o impacto dos efluentes tratados nos corpos receptores de montante para jusante na área de drenagem de cada município, em dois cenários – com a adoção ou não das melhorias propostas –, para os horizontes de planejamento de 2026 e 2031.

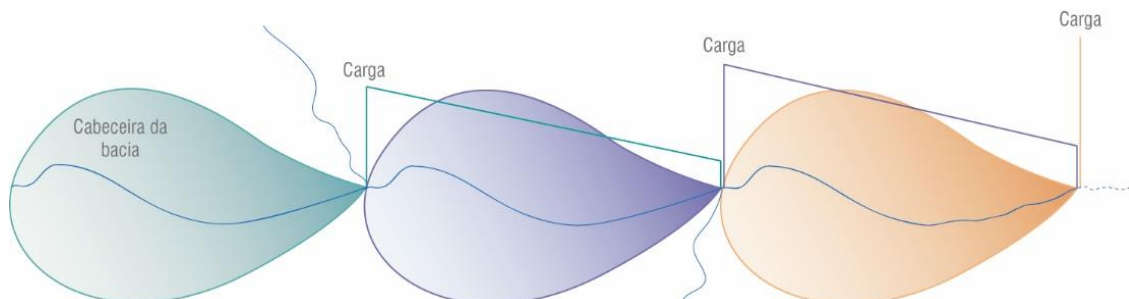


Figura 1: Representação da análise acumulada

Fonte: ANA, 2017

Na sequência, foram estimados os custos de capital (CAPEX) e de operação e manutenção (OPEX) para verificar a viabilidade das alternativas propostas, considerando as curvas de custo em função da vazão do efluente tratado adaptadas por IICA/ANA (2022) dos estudos de EPA (2005), Brites (2010), Plumlee *et al.* (2014), Lo *et al.* (2015) e Fukasawa (2021).

Por fim, foi realizada uma segunda interlocução com os municípios para apresentar os resultados deste estudo, com as alternativas propostas para a destinação dos efluentes tratados e os CAPEX e OPEX.

RESULTADOS OBTIDOS

As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados obtidos no diagnóstico do SES e a permanência no enquadramento dos corpos hídricos receptores.

Tabela 1: Indicadores do sistema de esgotamento sanitário municipais

Município	Índice de esgoto		ETE		
	Coleta (%)	Tratamento sobre coletado (%)	Nome	Eficiência de remoção de DBO (%)	Carga de DBO remanescente do tratamento (kg/dia)
Ribeirão Preto	99,6	100	Ribeirão	95,0	1.345,1
			Caiçara	98,0	
Mogi Mirim	92,6	90,9	Mogi Mirim	96,1	111,8
Sertãozinho	99,6	100	Sertãozinho	49,0	1.164,7
			Cruz das Posses	85,0	-
Leme	97,9	100	Anselmo Luigi Faggion	85,0	1.390,4
Catanduva	97,8	85,2	Catanduva	91,5	905,1

Tabela 2: Permanência no enquadramento dos corpos hídricos receptores

Município	Ponto	Corpo hídrico	Classe de enquadramento	Permanência no enquadramento em 2019 (%)			
				DBO	OD	P _{Total}	<i>E. coli</i>
Ribeirão Preto	PARD02500	Rio Pardo	2	100,0	100,0	100,0	0,0
	RIPE04900	Ribeirão Preto	4	100,0	100,0	0,0	0,0
Mogi Mirim ⁽¹⁾	MOGU02160	Rio Mogi Guaçu	2	83,3	83,3	33,3	0,0
	MOGU02200			100,0	83,3	0,0	50,0
Sertãozinho	SETA04600	Ribeirão Sertãozinho	4	100,0	66,7	11,1	0,0
Leme	MEIO02900	Ribeirão do Meio	2	33,3	66,7	0,0	0,0
Catanduva	SDOM04300	Rio São Domingos	4	100,0	100,0	33,3	50,0
	SDOM04500			66,7	50,0	0,0	0,0

Obs.: ⁽¹⁾ Mogi Mirim não apresenta pontos de monitoramento localizados no corpo hídrico receptor da ETE Mogi Mirim. Desta maneira, considerou-se os pontos do município de Mogi Guaçu, localizados a montante e a jusante da ETE Mogi Mirim.

Legenda:

	Ótima	Boa	Regular	Péssima
Permanência	> 80%	> 50% e ≤ 80%	> 20% e ≤ 50%	≤ 20%

Na etapa seguinte, relativa à identificação das alternativas para a destinação dos efluentes tratados, as soluções técnicas selecionadas previamente e que melhor se adequariam à realidade dos municípios estudados foram a alteração do ponto de lançamento do efluente tratado, melhoria da qualidade da água para lançamento superficial e reúso da água, sendo que as duas últimas soluções foram as que melhor se ajustariam aos SES dos municípios e que apresentariam um potencial de geração de ganhos de qualidade dos corpos hídricos e de incremento na segurança hídrica.

Uma primeira rodada de interlocução foi realizada com os municípios para compreensão das condições de saneamento locais e apresentar as alternativas previamente selecionadas para o reúso da água das ETES municipais. Com isso, os municípios foram avaliados para verificar a viabilidade de programas de reúso a partir das informações e percepções obtidas nas interlocuções.

Paralelamente à etapa anterior, procedeu-se com o mapeamento de potenciais usuários de água de reúso, sendo identificados inicialmente 172 empreendimentos no entorno das ETES Caiçara e Ribeirão, em Ribeirão Preto, ETE Mogi Mirim, em Mogi Mirim, ETE Sertãozinho, em Sertãozinho, ETE Anselmo Luigi Faggion, em Leme, e ETE Catanduva, em Catanduva. Após a adoção do critério das maiores vazões outorgadas, o quantitativo de empreendimentos reduziu para 72 potenciais usuários industriais e agrícolas. Na sequência, buscou-se os contatos de cada empresa, resultando um total de 38 empresas a serem contatadas. Os motivos para esta diminuição foram contato não encontrado ou encerramento das atividades. O retorno desta interlocução foi baixo, em que apenas 0,5% das empresas responderam ao primeiro contato e ao questionário enviado, 24% responderam no ato da ligação que não tinham interesse na aquisição de água de reúso, 58% ficaram de responder ao questionário, mas não deram retorno, e 16% não quiseram responder após a identificação do propósito do estudo. Na Figura 2 está apresentado o mapeamento dos potenciais usuários nos municípios de Catanduva e Sertãozinho.

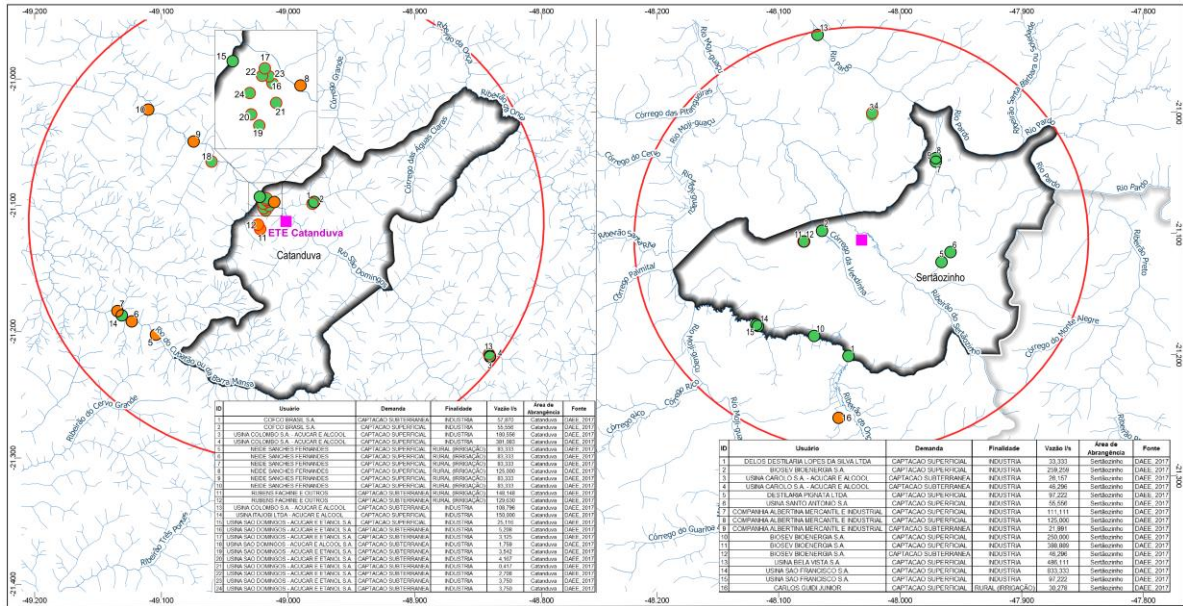


Figura 2: Mapeamento dos potenciais usuários de água de reúso em Catanduva e Sertãozinho
Fonte: IICA/ANA, 2022

Conhecendo-se os resultados das interlocuções e do mapeamento dos usuários, houve a atualização das alternativas previamente elencadas, o que possibilitou estimar o CAPEX e OPEX para cada município, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Alternativas propostas para destinação de efluentes tratados e as estimativas de custos

Município	Tratamento secundário			Reúso				
	Tipo	Capex (R\$)	Opex (R\$/ano)	Unitário (R\$/m³)	Finalidade	Custo Total		
					Capex (R\$)	Opex (R\$/ano)	Unitário (R\$/m³)	
Ribeirão Preto - ETE Ribeirão	-	-	-	-	Industrial	22.750.874,00	1.250.222,00	6,22
Ribeirão Preto - ETE Caiçara	-	-	-	-	Industrial	17.907.070,00	910.974,00	9,56
Mogi Mirim	-	-	-	-	Industrial	11.530.305,00	618.845,00	6,26
Sertãozinho	LAAP	14.710.786,00	2.680.412,00	0,54	Industrial	32.885.468,00	2.967.373,00	1,64
Leme	MBR	65.127.238,00	15.610.319,00	1,54	Industrial	6.128.231,00	496.552,00	3,86
Catanduva	-	-	-	-	Irrigação	10.567.973,00	1.607.127,00	0,91

Legenda: LAAP = lodos ativados de aeração prolongada; MBR = *membrane bioreactor*

Definidas as alternativas para destinação dos efluentes tratados, aplicou-se o modelo matemático para avaliar o impacto do reúso da água na qualidade da água dos corpos hídricos receptores, cujos resultados constam na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados da modelagem matemática

Cenário	Município	Ribeirão Preto		Catanduva	Mogi Mirim	Sertãozinho	Leme
	Corpo Receptor	Rio Pardo (ETE Caiçara)	Ribeirão Preto (ETE Ribeirão)	Rio São Domingos	Rio Mogi Guaçu	Ribeirão do Sul/ Sertãozinho	Ribeirão do Meio
	Enquadramento	2	4	4	2	4	2
2021	Carga da ETE (kg DBO/dia)	238	439	1.123	114	1.165	1.400
	Classe equivalente	1	1	4	1	4	4
2026 Sem Melhorias	Carga da ETE (kg DBO/dia)	246	454	1.133	179	3.481	1.448
	Classe equivalente	1	1	4	1	4	4
2026 Com Melhorias	Carga da ETE (kg DBO/dia)	238	448	760	163	142	187
	Classe equivalente	1	1	4	1	1	1
2031 Sem Melhorias	Carga da ETE (kg DBO/dia)	250	460	1.143	188	3.545	1.495
	Classe equivalente	1	1	4	1	4	4
2031 Com Melhorias	Carga da ETE (kg DBO/dia)	242	455	770	176	146	193
	Classe equivalente	1	1	4	1	1	1

De posse dos resultados das Tabelas 3 e 4, uma segunda rodada de interlocução foi conduzida com os municípios com o objetivo de captar as suas impressões sobre as alternativas propostas para a destinação dos efluentes tratados e os custos de implantação e manutenção do sistema. As reações dos municípios foram distintas: algumas foram positivas – Catanduva e Mogi Mirim –, outras demonstraram pouco interesse – Leme – ou apontaram divergências em relação a determinadas decisões tomadas no desenvolvimento do estudo – Ribeirão Preto.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

De uma maneira geral, o diagnóstico da situação dos sistemas de esgotamento sanitário dos municípios estudados mostrou que os índices de coleta e tratamento de esgotos são superiores a 90% e 85%, respectivamente. Entretanto, a eficiência de remoção de DBO nas ETES de Sertãozinho é inferior a 50%, e de Leme é menor que 90%. Já a qualidade da água dos corpos receptores, todos eles apresentaram condições satisfatórias em termos do parâmetro DBO, uma vez que atenderam a maior parte do tempo os padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para suas respectivas classes de enquadramento. Por outro lado, há evidências de aporte de esgoto doméstico nos corpos d'água devido à presença de *Escherichia coli* e fósforo total em concentrações elevadas.

A primeira interlocução com os municípios foi positiva, uma vez que foi possível confirmar e/ou atualizar as informações levantadas secundariamente sobre o SES e compreender a percepção sobre a implementação de alternativas para a destinação dos efluentes tratados das ETES, com vistas à melhoria na qualidade da água do corpo receptor.

Com base nestas informações do diagnóstico e da interlocução, o reúso não potável direto foi a alternativa proposta para três dos cinco municípios, com as seguintes especificidades: (i) Catanduva – uso agrícola restrito; (ii) Mogi Mirim – uso industrial menos exigente; (iii) Ribeirão Preto – uso industrial mais exigente. Para os outros dois municípios, Leme e Sertãozinho, foi proposta a melhoria da qualidade para lançamento, considerando a possibilidade de reúso não potável.

Nas simulações com o modelo matemático de qualidade da água, observou-se que a adoção de melhorias propostas impacta positivamente na qualidade dos corpos receptores a jusante do lançamento das ETES, principalmente em Sertãozinho e Leme, reflexo do aumento do índice de tratamento e da eficiência de remoção de DBO.

Já as estimativas de CAPEX e OPEX das alternativas propostas são consideradas elevadas quando comparados aos valores praticados na produção de águas pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs), atingindo um custo unitário médio total de R\$ 4,74/m³ ante R\$ 1,03/m³, respectivamente. Possivelmente este é um dos fatores que mostra o desinteresse pelos potenciais usuários na aquisição de água de reúso, observado pelo baixo engajamento na interlocução realizada, somado ao fato de que os usuários não veem importância na redução das vazões retiradas dos mananciais, bem como no reaproveitamento da água e redução das cargas lançadas nos corpos hídricos.

Na segunda interlocução com os municípios também foi mencionado sobre o custo oneroso para implantação e manutenção das alternativas propostas, que excedem às suas capacidades atuais de investimento, porém apontaram a importância da viabilização da prática de reúso e a necessidade de incentivos fiscais e outros estímulos à prática de reúso por parte do governo federal, bem como campanhas de conscientização aos usuários, de modo a reduzir a resistência cultural em relação ao tema.

CONCLUSÕES

Diante de sinais de problemas nas disponibilidades hídricas e qualidade dos corpos d'água dos cinco municípios estudados, foram avaliadas diversas alternativas e opções para a adequada destinação dos efluentes e melhoria das condições sanitárias e ambientais, visando diminuir os riscos de comprometimento dos usos da água nas bacias hidrográficas abrangidas. Entre as alternativas analisadas, destacaram-se a alteração do ponto de lançamento do efluente tratado, melhoria da qualidade do efluente para lançamento superficial e reúso da água, sendo que as duas últimas foram soluções propostas por este estudo.

O reúso da água foi enfatizado e concluiu-se – através do uso de modelo matemática – que sua implantação impactará positivamente nas cargas remanescentes de DBO, cujas reduções variaram de 30% a menos de DBO (caso de Catanduva) até 80% (como no caso de Sertãozinho e Leme, com o complemento do tratamento secundário).

Uma das questões mais desafiadoras diz respeito aos custos de implantação e operação das plantas de reúso, que ainda são muito altos quando comparados aos atuais preços praticados na produção de água pelas ETAs convencionais desses municípios. Em suma, o custo de implantação do sistema de reúso de água nos municípios está entre R\$ 0,91-9,56/m³, enquanto o custo de produção da água potável está na faixa de R\$ 0,67-1,34/m³, diferenças estas que não se tornam atrativas para aquisição da água de reúso pelos potenciais usuários.

Em um cenário de escassez hídrica e de sérios efeitos dos efluentes sobre a qualidade das águas, todavia, a opção do reúso deve ser considerada, juntamente com um conjunto de medidas de recuperação, gestão da demanda ou, até mesmo, de aumento da oferta por meio de novas fontes de suprimento hídrico, certamente mais distantes e mais onerosas.

Conhecer as restrições e potencialidades para a viabilização do reúso de água nesses cinco municípios possibilitou iluminar os requisitos técnicos, econômicos e os esforços institucionais necessários para pôr um projeto dessa magnitude em marcha, admitindo-se a importância dessas cidades na geração de volumes e vazões para os corpos receptores e os benefícios para as coleções hídricas, o meio ambiente e a sociedade.

Em resumo, ao evidenciar a segurança hídrica na bacia, o trabalho assume importância estratégica na orientação das ações e investimentos voltados ao desenvolvimento e à sustentabilidade em toda a região, contribuindo para o processo de planejamento, gestão e tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho está baseado em estudo desenvolvido pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no ano de 2022, no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/18/001 - "PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS" - ANA/MDR. Importante destacar que traz o ponto de vista dos autores, não expressando

necessariamente o entendimento do IICA e da ANA quanto à forma e o conteúdo das informações e conclusões apresentadas.

Aos técnicos das concessionárias de saneamento dos municípios de Catanduva (Auro Silva Garcia Filho e Wilma Scognamiglio Joaquim da SAEC – Superintendência de Água e Esgoto de Catanduva), Leme (Maurício Rodrigues Ramos e Wellington Tadeu Poletti da SAECIL – Superintendência de Água e Esgoto da Cidade de Leme), Mogi Mirim (Luíz Manoel Furigo e Fábio Henrique Salvalaio do SAEE – Serviço Autônomo de Água e Esgotos de Mogi Mirim), e Sirlei Cristina Brignoli da SESAMM – Serviços de Saneamento de Mogi Mirim), Ribeirão Preto (Antônio Carlos de Oliveira Júnior – Secretário Municipal de Água e Esgoto; Lineu Andrade de Almeida, Danilo Rezende e Richard Artur Valefuogo Júnior da DAERP – Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto) e Sertãozinho (Cassiano e Laerte da SAEMAS – Serviço Autônomo de Água, Esgoto e Meio Ambiente de Sertãozinho) pela disponibilidade e fornecimento de informações para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA (Agência Nacional de Águas); CBH-Grande (Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Grande). Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Grande: relatório final. São Paulo: Engecorps Engenharia S.A., 2017.
2. ANA (Agência Nacional de Águas). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: Cobrape, 2017.
3. ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília: ANA, 2022.
4. BRITES, A. P. Z. Enquadramento dos corpos hídricos através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
5. CARMO, R. L. do; ANAZAWA, T. M. Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro: escassez hídrica, sobreposição de espacialidades e conflitos. Boletim regional, urbano e ambiental. São Paulo, n. 17, p. 61-68, jul.-dez. 2017.
6. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar. 2005, p.58-63.
7. EPA (United States Environmental Protection Agency). *Technologies and costs document for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule and final stage 2 disinfectants and disinfection byproducts rule*. Washington, D.C.: EPA, 2005.
8. FUKASAWA, B. N. Proposta de modelos de suporte à decisão no planejamento de reúso de água. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
9. IICA (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura); ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Estudo avaliativo de alternativas para destinação de efluentes sanitários tratados em cinco municípios na bacia hidrográfica do Rio Grande que apresentam corpos hídricos com baixa capacidade de diluição da carga orgânica remanescente do tratamento. São Paulo: Cobrape, 2022.
10. LO, C. H.; MCADAM, E.; JUDD, S. *The cost of a small membrane bioreactor*. *Water Science and Technology*. v. 72, n. 10, p. 1739-1746, nov. 2015.
11. PLUMLEE, M. H. STANFORD, B. D; DEBROUX, J. F.; HOPKINS, D. C.; SNYDER, S. A. *Cost of advanced treatment in water reclamation*. *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association*. v. 36, n. 5, p. 485-495, 2014.