

## II-320 - REÚSO DE ÁGUA PARA RECARGA DE AQUÍFEROS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

### **Marina Westrupp Alacon Rayis** <sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade na Faculdade de Saúde Pública da USP.

### **Miriam Moreira Bocchiglieri** <sup>(2)</sup>

Engenheira Civil. Mestre e Doutora em Ciências/Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Engenheira da Superintendência de Gestão Ambiental da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

### **Wanderley da Silva Paganini** <sup>(3)</sup>

Engenheiro Civil e Sanitarista. Mestre e Doutor em Saúde Pública Faculdade de Saúde Pública da USP. Livre Docente em Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Professor Associado do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP e Superintendente de Gestão Ambiental da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Dona Elisa, 150, ap 116, bloco A – Barra Funda – São Paulo - SP - CEP: 01155-030 - Brasil - Tel: (11) 97200-6191 - e-mail: [alacanmarina@gmail.com](mailto:alacanmarina@gmail.com)

### **RESUMO**

Tecnologias para reúso de água são aplicadas em todo o mundo, principalmente em locais onde a escassez hídrica é realidade constante. Em 2014 e 2015, a Região Sudeste do Brasil viveu um período de estiagem, que levou a população a adotar medidas para a redução do consumo e uso racional de água. Episódios dessa natureza alertam para a necessidade de se buscar alternativas como o reúso de água, como fonte alternativa de água para diversos fins. Nesse sentido, esse trabalho avalia casos internacionais sobre reúso de água para recarga de aquíferos – Tel-Aviv (Israel), Sabadell (Espanha), Atlantis (África do Sul) e Adelaide (Austrália) – e legislações dos Estados Unidos e Espanha, buscando estabelecer os requisitos mínimos de qualidade a serem alcançados para viabilizar esse uso, que pode se configurar como uma alternativa para promover o aumento da disponibilidade hídrica na Região Metropolitana de São Paulo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reúso de Água, Recarga de Aquíferos, Segurança Hídrica.

### **INTRODUÇÃO**

A oferta de água potável não é homogênea. Segundo dados da Agência Nacional de Águas – ANA, aproximadamente 8% da reserva de água doce no mundo encontra-se em território brasileiro, sendo que desse percentual, 80% situa-se na região Amazônica e 20% concentra-se em regiões brasileiras onde vivem 95% da população.

Na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, que concentra em torno de 21 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, a situação é alarmante em relação à disponibilidade hídrica: são 200 m<sup>3</sup> de água por habitante por ano, sendo classificada como “Crítica” pela Organização das Nações Unidas. Hespanhol (2002) afirma que a condição de disponibilidade hídrica crítica em uma determinada bacia hidrográfica leva à busca de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas e, por consequência, aumenta o custo da água tratada, além dos problemas legais associados.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (2009), segundo dados desta data, revela que cerca de 50% do consumo total de água pela população desta bacia provinham de reversões de bacias hidrográficas vizinhas. Hespanhol (2002) ressalta que a prática da reversão de bacias tende a se tornar cada vez mais restritiva, frente à conscientização popular, presença efetiva de entidades de classe e a atuação nos comitês das bacias hidrográficas afetadas pela perda deste recurso valioso.

Outro fator agravante em regiões metropolitanas como a RMSP é o comprometimento da qualidade das águas. A principal ameaça a esses mananciais é a ocupação urbana descontrolada em suas áreas de proteção, que leva

à poluição destes corpos hídricos com esgoto doméstico, resíduos sólidos e a carga difusa de poluição gerada nas áreas urbanizadas, comprometendo a qualidade da água bruta, podendo inviabilizar o manancial, aumentando os custos do tratamento e restringindo seus usos (ANA, 2005; CBAT, 2009).

O extenso período de estiagem ocorrido principalmente nos anos 2014 e 2015, evidenciado pelos baixíssimos níveis atingidos pelos reservatórios que abastecem a RMSPP, fragilizou o sistema de abastecimento de água da região como um todo, acarretando a denominada “crise hídrica” e agravando ainda mais a situação da baixa disponibilidade hídrica, citada previamente. Outro ponto importante foi o aumento da exploração das águas subterrâneas para fins de abastecimento. Na Bacia do Alto Tietê os aquíferos contribuem com parcelas significativas para o abastecimento público de água.

Planejamento é fundamental em regiões que enfrentam condições climáticas extremas. Em todo o mundo, atualmente, a preocupação gira em torno da adoção de estratégias no sentido de reduzir o consumo de água e o melhor aproveitamento deste bem (ALMEIDA, 2011). O reúso de água, por exemplo, é amplamente utilizado em todo o mundo, mas no Brasil ainda é pouco empregado e se mostra avançando lentamente, seja pela falta de incentivo, por questões culturais, ou mesmo pela deficiência em termos de legislação.

Dentre as tecnologias de reúso de água, a recarga artificial de aquíferos com efluente tratado se mostra interessante e pode ter seu espaço no Brasil. Segundo a EPA (1999), a recarga gerenciada de aquíferos com efluentes tratados apresenta diversas vantagens, pois realiza um tratamento natural adicional do efluente e possui capacidade de armazenamento para atender variações sazonais entre oferta e demanda.

Hespanhol (2005) complementa afirmando que quando esta técnica for adequadamente regulamentada e praticada no Brasil, trará benefícios e representará uma nova dimensão para a disposição de efluentes sanitários, pois além de contribuir para o aumento da disponibilidade de água, ainda se mostra eficiente na proteção de aquíferos costeiros contra salinização, controle de subsidência de solos e sustentação de níveis de aquíferos freáticos submetidos a condições inadequadas de demanda.

Mesmo benéfica, a recarga artificial de aquíferos com efluentes tratados possui suas limitações. A EPA (1999) ressalta que dentre as principais preocupações do uso desta tecnologia para obtenção de fontes alternativas de água, estão os contaminantes microbianos, contaminantes emergentes, interferentes endócrinos e fármacos.

O desenvolvimento de estudos de alternativas visando o aumento da disponibilidade hídrica na Bacia do Alto Tietê se justifica especialmente pela recente crise hídrica observada na região. A adoção de tecnologias para diminuição da dependência de estações chuvosas para o abastecimento de água proporciona maior segurança aos sistemas de abastecimento, podendo levar ao aumento dos volumes disponíveis de água para o abastecimento público, além de oferecer opções à busca de mananciais em bacias cada vez mais distantes.

O presente trabalho consiste em uma avaliação da qualidade da água de reúso para recarga de aquíferos em cinco países, visando oferecer subsídios à implantação dessas práticas na Região Metropolitana de São Paulo.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem por objetivo realizar estudos de casos internacionais em locais onde já é utilizada a tecnologia de recarga de aquífero por efluentes tratados, visando avaliar a replicabilidade dessa tecnologia, e estabelecer uma referência, considerando os requisitos mínimos de qualidade do efluente tratado necessários para esse fim.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A tecnologia de recarga de aquíferos com efluentes tratados é aplicada em diversos locais do mundo. Esse trabalho será desenvolvido a partir do levantamento da literatura internacional em livros, artigos científicos, periódicos, revistas técnicas e bancos de dados técnicos. A primeira etapa consistiu no levantamento de informações sobre a tecnologia de recarga de aquíferos com água de reúso para dar embasamento técnico ao estudo.

Foram então selecionadas plantas de tratamento de esgotos nas quais se aplica a recarga de aquíferos, realizando o estudo aprofundado de cada um dos casos. Buscando tornar esta pesquisa o mais representativa possível, foram selecionadas plantas de tratamento de esgotos em países diferentes entre si e, quando possível, também localizados em continentes distintos, contemplando realidades culturais e econômicas heterogêneas.

Os critérios adotados para identificação dos casos estudados não levaram em consideração a finalidade do reúso de água (potável ou não potável), buscando-se, ainda, contemplar experiências mais representativas, nas quais é possível analisar a aplicabilidade da tecnologia da recarga de aquíferos para reúso de água com variados objetivos.

Foram então eleitas as seguintes plantas: Shafdan (Israel), Sabadell (Espanha), Atlantis (África do Sul) e Adelaide (Austrália).

Para esses locais, foram levantados parâmetros representativos da água com a qual é feita a recarga de aquíferos, bem como os valores praticados. O objetivo deste passo é estabelecer requisitos mínimos de qualidade da água para recarregar aquíferos.

Foram também levantados os padrões e limites de qualidade da água exigidos pelas seguintes legislações, regulamentações ou manuais técnicos internacionais:

- *United States Environmental Protection Agency* – USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) – Orientações para o Reúso de Água, de 2002: orientações para o Estado da Flórida para recarga de aquíferos para usos não potáveis.
- *Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino de España* (Ministério do Meio Ambiente, Meio Rural e Marinho da Espanha): Decreto Real 1620/2007, que dispõe sobre as regulamentações espanholas para reúso de água; e o Decreto Real 509/1996, que regulamenta o tratamento de esgotos urbanos.

A partir do levantamento de dados foi elaborada uma tabela de referência contendo os requisitos mínimos de qualidade que um efluente precisa ter para sua utilização em recarga de aquíferos.

Por fim, buscou-se a legislação aplicável ao tratamento de esgotos e ao reúso de água no Brasil e no estado de São Paulo, analisando os parâmetros nela exigidos com objetivo de traçar um comparativo dos casos e regulamentações internacionais estudadas com a realidade da Região Metropolitana de São Paulo.

## RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### ASPECTOS DA TECNOLOGIA

De acordo com Crook (1993) e Hespanhol (2003) a recarga dos aquíferos feita de maneira artificial por meio da infiltração de água de reúso é uma prática realizada com objetivo de evitar a intrusão de água salina em aquíferos de água doce, armazenar água de qualidade para uso futuro, controlar ou prevenir a ocorrência de recalques no solo e evitar o rebaixamento dos níveis de reservatórios subterrâneos.

A Agência de Proteção Ambiental Australiana (2005) destaca, além dos usos já citados, o incremento da disponibilidade de água para irrigação ou mesmo como reservatório água para usos potáveis e não potáveis como aplicações potenciais desta técnica.

Hespanhol (2002) afirma que aquíferos subterrâneos se comportam como reservatórios naturais e operam como sistemas de transporte de efluentes tratados, eliminando custos relativos às implantações de sistemas transportadores de efluentes tratados.

Hespanhol (2003) descreve que o processo de infiltração e percolação de efluentes tratados favorece a biodegradação e depuração dos solos, ocasionando um processo de tratamento in situ, e que, em função das características de cada local e do tipo de uso previsto, pode excluir a necessidade de sistemas de tratamento avançados. Crook (1993) complementa, afirmando que nas camadas superiores do solo, altos níveis de micro-organismos e até mesmo algumas substâncias químicas e elementos metálicos traço podem ser removidos.

Entretanto, Crook (1993) lembra que o tratamento complementar realizado durante a infiltração do efluente do solo depende das características hidrogeológicas do mesmo. A recarga por injeção direta requer uma alta qualidade do efluente para que não ocorram obstruções por partículas, precipitações químicas ou proliferações biológicas.

A recarga de aquíferos com efluentes tratados possui limitações e riscos em comum com os tratamentos para obtenção de água de reúso em geral: alta complexidade do tratamento, custo elevado e riscos à saúde pública relacionados à presença substâncias químicas perigosas e/ou de patógenos.

A Agência de Proteção Ambiental da Austrália (2005) reconhece que não é possível implementar a recarga gerenciada de aquíferos utilizando águas residuárias tratadas sem algum grau de risco, porém estes riscos devem ser avaliados em função dos potenciais benefícios ambientais e de sustentabilidade destes sistemas em relação aos riscos associados a não tomada de medidas. Este órgão espera que em uma série de situações os riscos associados a esta técnica possam ser gerenciados a níveis insignificantes ou baixos para fornecer, em equilíbrio, uma série de benefícios para os recursos hídricos e a gestão sustentável do meio ambiente.

Ainda sobre as limitações da técnica, consideram-se os aspectos tecnológicos, econômicos, de saúde pública e ambientais. Para a execução de recarga de aquíferos é requerido que o efluente passe tratamentos avançados, o que pode implicar em grande complexidade técnica e alto custo. Para a preservação da saúde pública e do meio ambiente é importante que se tenha uma regulamentação consistente sobre o assunto, a qual estabeleça claramente requisitos técnicos e de qualidade do efluente para que a recarga do aquífero seja realizada de forma segura.

Países onde a tecnologia estudada está consolidada possuem legislação específica e manual técnico de boas práticas sobre o assunto. Contudo, no Brasil a legislação sobre o reúso de água ainda é deficiente, tornando-se uma limitação adicional quando se analisa a adoção da recarga de aquíferos com água de reúso.

## **CASOS INTERNACIONAIS ESTUDADOS**

### **TEL-AVIV (ISRAEL)**

Segundo o Consórcio PCJ (2015), a Mekorot, companhia responsável por 70% do abastecimento de água em Israel e se destaca pelo alto investimento em tratamento de efluentes e reúso de água.

A planta de Shafdan é a maior do país, onde são tratados 300 mil m<sup>3</sup>/dia por um sistema avançado de tratamento de efluentes. O sistema Shafdan foi construído por Igdan Infraestruturas Ambientais, a fim de tratar as águas residuais na Região Dan e reciclá-las em água que pode ser usada para irrigação agrícola para todos os tipos de culturas em Israel, sem qualquer limitação (COSTA e ARAÚJO, 2015).

O sistema Shafdan tornou-se o maior produtor de água em Israel a partir de uma única fonte. O efluente tratado é enviado para o Deserto Negev (sul do país), onde atualmente cerca de 70% da atividade agrícola é irrigada através destes efluentes, economizando milhões de metros cúbicos de água potável em Israel (COSTA e ARAÚJO, 2015).

O tratamento produz um efluente de alta qualidade e, após a conclusão do processo, o efluente tratado é infiltrado no aquífero a 120 metros de profundidade abaixo da estação de tratamento, quando o efluente sofre novamente oxidação e filtração, garantindo a turbidez máxima de 0,5 NTU.

Como tratamento final das águas residuais, também é realizado pela Mekorot a infiltração em aquífero subterrâneo, em campos de infiltração com solo arenoso, localizados a 3,5 km de Shafdan. Cada tanque de infiltração apresenta 2,5 hectares e os poços de captação e monitoramento localizam-se em um raio de 1,5 km. A areia é um filtro natural e a água percola pelo solo durante um período de cerca de 6 meses, sofrendo uma filtragem fina pelos densos grãos de areia. A qualidade do efluente é alta e pode ser utilizada até para irrigação por gotejamento (COSTA e ARAÚJO, 2015).

## **ATLANTIS (ÁFRICA DO SUL)**

Atlantis é um município litorâneo de cerca de 60 mil habitantes que faz parte da região metropolitana da Cidade do Cabo. Inicialmente, a ideia de se fazer a recarga de aquíferos na região era obter uma alternativa à disposição de efluentes no mar. Porém, verificou-se que o aquífero era pequeno para este uso, o que impulsionou a ideia do reúso de água utilizando a recarga do aquífero, considerando também a possibilidade de evitar a salinização por se tratar de um aquífero costeiro.

No município, o tratamento dos esgotos domésticos e industriais é feito separadamente e apenas o doméstico é tratado para reúso. Este é submetido a um tratamento a nível terciário com etapas de nitrificação e desnitrificação (anaeróbio-anóxico-aeróbio). Posteriormente é encaminhado para a etapa de polimento em lagoas de maturação e por fim faz-se a recarga do aquífero por meio de bacias de infiltração.

## **SABADELL (ESPANHA)**

Sabadell é um município que se localiza a pouco mais de 20 km ao norte de Barcelona, na Catalunha, Espanha. Possui uma população de cerca de 200 mil habitantes e dois sistemas de tratamento de esgotos que atendem metade da população cada. O sistema a ser estudado no presente item é a Planta de Tratamento de Esgotos do Rio Ripoll.

A capacidade máxima de tratamento é de 30.000 metros cúbicos por dia, porém a operação gira em torno de 16.000 metros cúbicos por dia. O processo de tratamento consiste na coleta dos esgotos por gravidade até uma estação elevatória, onde se realiza também o pré-tratamento para remoção de sólidos grosseiros e após esta etapa ocorre o bombeamento até a ETE. Na ETE existe uma nova etapa de pré-tratamento (que concluíram ser desnecessária e atualmente está desativada), o tratamento físico-químico (que a operadora considera opcional), tanques de sedimentação e, por fim, a remoção de nutrientes.

A recarga do aquífero é possível graças ao processo de filtração no leito do rio, quando parte da água se infiltra no solo formado basicamente por areia e cascalho. Para tanto, foram construídos três emissários que fazem a descarga do efluente tratado no rio em pontos diferentes. Esta água é recuperada na área de Torrella Mill, onde sofre processo de desinfecção com ultravioleta e cloro e é posteriormente utilizada para irrigação, paisagismo e limpeza de ruas.

Além da questão do reúso de água, a Espanha utiliza esta técnica para controle dos níveis de aquíferos, pois muitos se encontram em rebaixamento devido à superexploração.

## **ADELAIDE (AUSTRÁLIA)**

Adelaide é a capital do sul da Austrália. É um município que apresenta um clima seco, por este motivo, já realiza o uso racional da água através da aplicação de diversas tecnologias.

A recarga de aquíferos em Adelaide é feita através de bacias de infiltração com água captada da chuva. O objetivo de reservar água para os períodos de maior estiagem para usos potáveis e para irrigação de culturas, porém o principal fator motivador para a recarga foi o aquífero que existe no local, o qual possui alta capacidade de armazenagem de água, porém possui problemas de salinização e condutividade elétrica alta.

Pretende-se com esta técnica, portanto, não só aumentar a disponibilidade de água para a população com a recarga do aquífero, mas também promover a melhoria da qualidade da água nele existente.

## **REQUISITOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO PARA RECARGA DE AQUÍFEROS**

Os resultados referentes aos padrões de qualidade da água de reúso para recarga de aquíferos consideram os estudos de caso e legislações internacionais, para as plantas de Shafdan (Israel), Sabadell (Espanha), Atlantis (África do Sul) e Adelaide (Austrália). Os parâmetros avaliados são: Sólidos suspensos totais, Carbono orgânico dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Fósforo total, Nitrato, Escherichia coli, Coliformes totais, Manganês e Condutividade.

O manual técnico da USEPA (2012) intitulado Guidelines for Water Reuse estabelece em seu Capítulo 4 uma coletânea das regulamentações estaduais sobre o reúso de água. O Estado da Flórida apresenta maior quantidade de parâmetros abrangidos, por isso foi escolhido nessa análise. Cabe ressaltar que neste caso está sendo abordada a recarga de aquíferos para uso não potável.

A legislação espanhola, com o Decreto Real 1620/2007, estabelece requisitos mínimos para recarga em duas diferentes condições: para infiltração localizada através do solo ou para injeção direta no aquífero. Como nos casos estudados o método de recarga utilizado é a infiltração do efluente no solo, optou-se por utilizar os requisitos da primeira condição exposta. Estes dados foram complementados com requisitos para efluentes tratados estabelecidos pelo Decreto Real 509/1996.

As legislações e manuais técnicos internacionais estudados regulamentam não somente os padrões de qualidade dos efluentes, mas também as vazões de recarga, área de recarga, tempo de detenção do efluente em bacias de infiltração e até mesmo a distância entre elas.

**Tabela 1: Dados qualitativos da água de reúso para recarga de aquíferos.**

VAZÕES	CASOS INTERNACIONAIS				LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL	
	Shafdan	Atlantis	Sabadell	Adelaide <sup>(1)</sup>	USEPA	Spain <sup>(2)</sup>
Vazão de recarga (m <sup>3</sup> /ano)	120,0 x 10 <sup>6</sup>	-	6,9 x 10 <sup>6</sup>	2,0 x 10 <sup>6</sup>	-	-
<b>PARÂMETROS</b>	<b>ÁGUA PARA RECARGA DE AQUÍFEROS</b>					
Sólidos suspensos (mg/L)	5,0	5,7	11,4	13,0	< 20,0	< 35,0
Carbono orgânico dissolvido (mg/L)	40,0	26,0	67,0	85,0	-	< 125,0
DBO (mg/L)	5,2	-	6,0	6,0	< 20,0	< 25,0
Fósforo total (mg/L)	1,8	2,5	-	< 1,0		-
Nitrato (mg/L)	3,0	3,7	5,0	< 1,0	< 12,0	< 25,0
E. Coli (UFC/100 mL)	8,6 x 10 <sup>4</sup>	2,2 x 10 <sup>3</sup>	9,9 x 10 <sup>4</sup>	4,6 x 10 <sup>2</sup>	< 2,0 x 10 <sup>2</sup>	1,0 x 10 <sup>3</sup>
Coliformes totais (UFC/100 mL)	9,8 x 10 <sup>5</sup>	5,0 x 10 <sup>3</sup>	-	4,6 x 10 <sup>2</sup>	-	-
Manganês (ppb)	25,0	< 50,0	40,0	70,0	-	-
Condutividade (µS/cm)	1.800	590	2.200	1.100	-	-

(1) Estação de Tratamento de Águas Pluviais.

(2) Para os parâmetros Carbono Orgânico Dissolvido e DBO, foram complementadas as informações com o Decreto Real 509/1996.

Alguns estados dos Estados Unidos e a legislação australiana não padronizam requisitos para recarga. Em suas legislações, guias e manuais de boas práticas, ricas em informações tanto para água de reúso como para a recarga de aquíferos, recomenda-se a análise caso a caso durante o processo de licenciamento, de forma a analisar o tratamento, uso, qualidade da água do aquífero, características regionais do solo, dentre outros fatores relevantes na aplicação desta tecnologia.

A partir dessas avaliações foram estabelecidos os requisitos necessários para a recarga de aquíferos com efluente tratado, considerando o padrão menos restritivo, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Planilha de requisitos mínimos da água de reúso para recarga de aquíferos.**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>REQUISITOS MÍNIMOS PARA RECARGA</b>
Sólidos suspensos (mg/L)	5,0
Carbono orgânico dissolvido (mg/L)	26,0
DBO (mg/L)	5,2
Fósforo total (mg/L)	< 1,0
Nitrato (mg/L)	< 1,0
E. Coli (UFC/100 mL)	2,0 x 10 <sup>2</sup>
Coliformes totais (UFC/100 mL)	4,6 x 10 <sup>2</sup>
Manganês (ppb)	25,0
Condutividade (µS/cm)	590

### **SITUAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO FRENTE AOS REQUISITOS MÍNIMOS PARA RECARGA DE AQUÍFEROS**

A Região Metropolitana de São Paulo possui cinco estações de tratamento de esgotos por lodos ativados, com capacidade instalada de 18 metros cúbicos por segundo e, conforme as análises conduzidas no âmbito do Plano Diretor de Esgotos da RMSP, está previsto o aumento da capacidade nominal de todas as estações até 2030, ou seja, o potencial para reutilização dos efluentes tratados é significativo.

A disposição final do efluente tratado obedece ao Decreto Estadual n. 8.468/1976, o qual estabelece, dentre outros requisitos de qualidade, que a DBO deve ser menor que 60 mg/L.

Atualmente, é praticado o reúso por essas estações, considerando a utilização para fins não potáveis, destacadamente o uso para fins industriais, com o fornecimento via rede para algumas indústrias específicas, bem como a distribuição por caminhão para fins urbanos, como lavagem de ruas e rega de jardins.

A água de reúso para fins urbanos, exceto para chafarizes, conforme recomenda a norma ABNT NBR 13.969/97, deve seguir o limite de 500 NMP/100 ml para coliformes fecais. A qualidade da água de reúso para fins industriais deve seguir a exigência do cliente.

Com relação aos aquíferos, pode-se dizer de forma geral que no âmbito dos problemas em relação à seca enfrentada na Região Metropolitana de São Paulo, estes reservatórios têm contribuição relevante suprindo as necessidades de água de uso potável ou não potável.

### **CONCLUSÕES**

Analisando os valores de referência encontrados, pode-se inferir que o efluente oriundo das estações da RMSP, precisará ser submetido a um pós-tratamento para viabilizar sua utilização para fins de recarga de aquíferos. Essa análise é baseada apenas considerando somente a legislação vigente no Estado de São Paulo, que estabelece a exigência de 60 mg/L de DBO no efluente da estação. Observa-se que o requisito mínimo encontrado nesse trabalho para a DBO é equivalente a 5,2 mg /L, quase 12 vezes menor.

A norma técnica ABNT NBR 13.969/97 estabelece o limite de 500 NMP/100 ml para coliformes fecais em águas de reúso para usos urbanos: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. Este limite é equivalente ou até mais restritivo em relação às legislações internacionais estudadas, entretanto esta é uma recomendação técnica, e não um padrão legislado como há nos países onde o reúso de água é prática enraizada e comum.

Ressalta-se que esse trabalho se limitou a descrever algumas experiências internacionais que são referência para o reúso de efluentes para fins de recarga de aquíferos. Estudos complementares estão em desenvolvimento para avaliar o efluente produzido nas estações de tratamento de esgotos da RMSP, bem como a água de reúso fornecida por essas estações. Essas análises possibilitarão uma avaliação mais precisa, entretanto, é necessário lembrar que o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, de modo geral, devem considerar as condições locais, no âmbito geográfico, climático, social, ambiental, econômico e cultural.

Ainda assim, a avaliação apresentada neste trabalho, conforme mencionado, constitui uma referência que pode subsidiar, num primeiro momento, a análise da viabilidade de implantação de sistemas de reúso para fins de recarga de aquíferos na RMSP.

Mesmo que o reúso de água no Brasil por muitas vezes esbarre na deficiência da legislação sobre o assunto, essa tecnologia pode representar uma oportunidade para manter ou elevar o volume dos reservatórios de água subterrâneos, aumentando a disponibilidade de água nos aquíferos, ao qual grande parte da população recorre em momentos de baixa oferta de água no sistema de abastecimento, e resultando volume maior de água potável disponível para fins mais nobres.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, Rodrigo Gomes de. Aspectos Legais para a Água de Reúso. Revista Vértices, Campos dos Goytacazes, v. 13, n. 2, p.31-43, maio 2011. Quadrimestral. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20110012>. Acesso em: 20 mai. 2016.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.
3. BARBOSA, Carlos Magno de Souza; MATTOS, Arthur. Conceitos e Diretrizes para Recarga Artificial de Aquíferos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. Anais... . Natal: ABAS, 2008. p. 1 - 12. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23657/15733>. Acesso em: 30 ago. 2016.
4. BRASIL. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas (Org.). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Encarte Especial sobre a Crise Hídrica. Brasília: Spr, 2014. 31 p. (Informe 2014).
5. BRASIL. Agência Nacional de águas. Ministério do Meio Ambiente. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, 2005. 134 p. (Caderno de Recursos Hídricos). Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF DisponibilidadeDemanda.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf). Acesso em: 30 set. 2016.
6. BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente. Encarte Especial sobre a Crise Hídrica. Brasília, 2015. 31 p. (Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2014). Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>. Acesso em: 30 set. 2016.
7. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 430, de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. CONAMA, mai. 2011.
8. CROOK, John. Critérios de qualidade da água para reúso. DAE-SABESP, São Paulo, n. 174, p.10-18, nov. 1993. Bimestral.
9. CUTOLO, Silvana André; ROCHA, Aristides Almeida. Reflexões sobre o Uso de Águas Residuárias na Cidade de São Paulo. Saúde e Sociedade, São Paulo, v. 2, n. 11, p.89-105, abr. 2002.
10. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. DPO 007: Instrução Técnica. São Paulo: DAEE, 2015.
11. ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY (Austrália). Government Of West Australia. Strategic Advice on Managed Aquifer Recharge using Treated Wastewater on the Swan Coastal Plain. Perth, 2005. 132 p. Disponível em: <http://edit.epa.wa.gov.au/EPADocLib/B1199-archived-280115.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.
12. FERNANDES, Vera Maria Cartana. Padrões para Reúso de Águas Residuárias em Ambientes Urbanos. Universidade de Passo Fundo – UPF. Passo Fundo, 2006.
13. HESPANHOL, Ivanildo. Normas Anormais. Revista DAE, São Paulo, v. 1, n. 194, p.1-18, 01 jan. 2004. Quadrimestral. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2014.001>. Acesso em: 04 mai. 2016.
14. HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 7, n. 4, p.75-95, 01 out. 2002. Trimestral.

15. HESPANHOL, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010340142008000200009&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142008000200009&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 04 mai. 2016.
16. IRITANI, Mara Akie; EZAKI, Sibebe. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo – São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2009. 104p. 2a. edição.
17. KAZNER, Christian; WINTGENS, Thomas; DILLON, Peter (Ed.). Water Reclamation Technologies for Safe Managed Aquifer Recharge. Londres: IWA Publishing, 2012. 455 p.
18. METCALF; EDDY. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. Tradução: Ivanildo Hespanhol; José Carlos Mierzwa – 5. ed. – Porto Alegre: AMGH, 2016. 1980 p.
19. MOURA, André Negrão de. Recarga Artificial de Aquíferos: Os Desafios e Riscos para Garantir o Suprimento Futuro de Água Subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: ABAS, 2004. p. 1 - 19. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23608/15688>. Acesso em: 20 set. 2016.
20. PHILIPPI JR., A. Reúso de água: uma tendência que se afirma. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de Água. Barueri, São Paulo, Manole, 2003, XIII – XVII.
21. PITERMAN, Ana; GRECO, Rosângela Maria. A água e seus caminhos e descaminhos entre os povos. Revista APS, Juiz de Fora, v. 8, n. 2, p.151-164, 01 jul. 2005. Semestral.
22. PORTAL BRASIL. Governo busca regulamentação de norma nacional para água de reúso. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/04/governo-busca-regulamentacao-de-norma-nacional-para-agua-de-reuso>. Acesso em: 13 mai. 2016.
23. SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976.
24. SÃO PAULO. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Org.). Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. São Paulo: FUSP, 2009. 60 p. Disponível em: [http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7111/pat\\_sumario\\_executivo.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7111/pat_sumario_executivo.pdf). Acesso em: 20 mai. 2016.
25. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (Estado). Resolução nº 3, de 21 de junho de 2006. Resolução Conjunta SMA/SEHRS/SES. São Paulo, SP.
26. TOMASONI, Marco Antonio; PINTO, Josefa Eliane de Siqueira; SILVA, Heraldo Peixoto da. A questão dos recursos hídricos e a perspectiva para o Brasil. Geotextos, Salvador, v. 5, n. 2, p.107-127, dez. 2009.
27. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. AQUIFER RECHARGE AND AQUIFER STORAGE AND RECOVERY WELLS: The Class V Underground Injection Control Study. Washington: USEPA, 1999. v. 23.
28. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. GUIDELINES FOR WATER REUSE. Washington: USEPA, 2012.