

II-070 - APROVEITAMENTO DE EFLUENTE TRATADO PROVENIENTE DA ETE ALEGRIA PARA REUSO EM ÁREAS URBANAS

Marcelo Obraczka⁽¹⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Mestre em Ciência Ambiental pelo PGCA/UFRJ, Doutor pelo Programa de Planejamento Energético PPE/COPPE/UFRJ – Prof. Adjunto do Depto de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia da UERJ.

Adriana Monteiro S. Campos⁽²⁾

Engenheira Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Mestranda em Engenharia Civil com enfoque em Gestão de Recursos Hídricos pela COPPE/UFRJ.

André Alcântara de Faria⁽³⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Mestrando em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente no DESMA/FEN/UERJ.

Douglas do Rosário Silva⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524, Sala 5029F - Maracanã - RJ - RJ - CEP: 20550-900 - Brasil - Tel: +55 (21) 23340777 – 971012734 - e-mail: obraczka@ppe.ufrj.br

RESUMO

Especialmente nas últimas décadas boa parte das áreas metropolitanas do país conviveu com situações de desabastecimento de água, ocasionados pela escassez hídrica, associada a outros aspectos importantes como o consumo crescente e descontrolado de água e uma gestão ineficiente de recursos hídricos. O reuso de águas servidas se apresenta como alternativa para o enfrentamento dessa situação de crescente dificuldade em se atender as demandas de abastecimento, eventualmente a um custo inferior ao do sistema convencional. A viabilidade do reuso é ainda maior no caso de demandas que não necessitam de qualidade muito elevada para a água, como aquelas de caráter restrito e que excluem o uso potável. Apesar de ser uma prática já muito consolidada em outros países, principalmente aqueles em que se convive com situações de estresse hídrico, no Brasil o reuso ainda é incipiente, especialmente fora do universo corporativo. O presente trabalho objetiva gerar maior conhecimento sobre esse tema ao avaliar de forma exploratória o potencial de aproveitamento do efluente tratado proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Alegria, no bairro do Caju, RJ, e adotada como ponto de partida da pesquisa. Como objetivo específico, almeja-se definir se e onde o emprego de águas regeneradas para atendimento das demandas hídricas no contexto das indústrias e estabelecimentos comerciais no entorno dessa ETE é técnica e economicamente mais viável. Com essa finalidade e de forma a fornecer subsídios ao desenvolvimento da pesquisa, são levantadas informações de estudos de caso similares e legislações/normatizações que regulamentem a prática do reuso de efluentes no Brasil e no exterior, além de dados sobre o sistema de tratamento existente na ETE Alegria, tarifas de água do sistema convencional (rede pública), entre outros. São adotados como prioritários aqueles usos que necessitam de uma qualidade de água inferior e ao mesmo tempo demandam maiores vazões de consumo de água regenerada, tais como lavagem de equipamentos, pisos e pátios, funcionamento dos sistemas sanitários, e regas de áreas verdes. São enfocadas as demandas por água de reuso urbano e industrial no âmbito da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, mais especificamente a região central do município, onde se situa a ETE Alegria, sendo realizado um inventário de potenciais consumidores que possam utilizar essas águas regeneradas e que se localizem em suas proximidades. A partir da análise comparativa entre os custos do fornecimento/transporte da água de reuso em caminhão pipa, e o fornecimento de água potável através do sistema convencional (rede pública) são definidos raios e áreas de abrangência onde se constata uma maior viabilidade para a utilização da água de reuso a partir da ETE Alegria. Para implementar o reuso e ajudar a reduzir a crescente pressão exercida sobre os mananciais disponíveis constata-se ser necessário caracterizar com mais detalhe as tipologias de demandas de potenciais consumidores inseridos nessas áreas, identificando os empreendimentos/indústrias que podem obter vantagem econômica ao substituir (ao menos parcialmente) a água do sistema convencional por água de reuso. Nesse caso, deve-se dotar o sistema de reuso da ETE Alegria da infraestrutura para atendimento desse consumo.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de Efluentes, Produção de Água de Reuso, Gestão de Recursos Hídricos, Tratamento de Esgoto.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população e melhoras em seu padrão de vida, a demanda por água no país também sofreu um significativo aumento. Por outro lado, a poluição de suas principais fontes de água e os recorrentes períodos de maior estiagem na região sudeste implicam na necessidade estratégica de se dispor novas alternativas para suprir ao menos parte dessas demandas e minimizar os efeitos de mais crises hídricas, como a que ocorreu em 2014 (MARENGO *et al*, 2015). Além da adoção de medidas visando racionalizar o uso e reduzir o desperdício de água, uma das opções que se apresenta é a utilização de fontes alternativas não convencionais, como as águas de chuva e o reuso de águas servidas (OBRACZKA *et al*, 2017)).

O artigo 2º da Resolução nº 54 do CNRH define Água de reuso como água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. O reuso de efluentes sanitários já é uma prática corrente em vários países do mundo, principalmente naqueles onde se convive com situações de estresse hídrico, surgindo como uma oportunidade no enfrentamento dessas crises e como alternativa de abastecimento e fonte de água (CUNHA, 2008).

De acordo com Metcalf e Eddy (2002), algumas das principais vias de reutilização incluem a irrigação, o uso industrial, o reabastecimento de águas superficiais e a recarga das águas subterrâneas.

Em Israel, cerca de 80% da demanda de água para irrigação é proveniente de água de Reuso (ANGELAKIS e BONToux, 2001). Já em Singapura, a água de reuso é utilizada inclusive para fins potáveis, sendo produzida a partir dos efluentes tratados, utilizando tecnologia de membranas e desinfecção ultravioleta (ANGELAKIS e GIKa, 2014). A água de reuso é também encaminhada a clientes industriais através de uma rede de tubulações, sendo utilizada para fins de refrigeração industrial e de edifícios comerciais. Os parâmetros atingidos no tratamento para atendimento das demandas potáveis se enquadram nas Diretrizes para Qualidade da Água Potável exigidas pela OMS (LEE E TAN, 2016).

Apesar de ser uma prática bem explorada no exterior, principalmente em países que convivem com situações de estresse hídrico, no Brasil a prática ainda é incipiente. Autores como Bila *et al* (2017) e Campos (2018) sustentam que menos de 1% do esgoto tratado nas ETE's da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é reaproveitado, sendo utilizado basicamente para usos menos nobres como lavagem de pisos, vias e feiras livres. Já no universo corporativo, o reuso já é uma realidade/tendência em função da procura pelas empresas de menores custos e processos mais sustentáveis e eficientes (OBRACZKA *et al*, 2017).

Segundo o Sistema FIRJAN (2015), a escassez de água é um problema cada vez mais presente nos grandes centros urbanos e industrializados, colocando em risco as metas de desenvolvimento regional e do país. Dessa forma, as empresas estão adotando práticas mais sustentáveis, reduzindo desperdícios, otimizando processos e implementando melhorias operacionais de uma maneira geral (FIRJAN, 2015). Entre essas novas práticas destaca-se o reuso, que vem sendo incentivado e incorporado ao próprio processo industrial, visando a diminuição da dependência dos sistemas públicos de abastecimento e a redução de custos, já que em algumas regiões há a cobrança de elevadas taxas e multas pelo uso da água em excesso (OBRACZKA *et al*, 2017).

De acordo com Zared Filho *et al* (2007), com a implantação da Estação de Reuso de Água (ERA), a partir do início da década de 2000, a empresa Pilkington Brasil Ltda, grande fabricante de vidros em SP, obteve uma economia de 95% do consumo de água para uso industrial com um ganho final de 13.000 m³/mês de água, proporcionando uma economia de R\$35.000,00/mês. Grandes empresas como a CETREL, Santista, Arcellor Mittal, BRASKEM, REDUC e outras vem investindo maciçamente em sustentabilidade através de ações e iniciativas para redução do desperdício e do consumo de água, empregando não somente processos e tecnologias mais eficientes como sistemas de aproveitamento de águas de chuva e reuso de efluentes para atendimento de boa parte de suas demandas hídricas, de forma a também reduzir suas dependências dos sistemas convencionais (SILVA JR, 2018).

Se várias indústrias já adotaram o reuso para atender suas próprias demandas, especialmente onde a carência de água e/ou os custos com água potável da rede pública já justificam a implantação de um sistema próprio, o mesmo não pode ser dito em relação aos sistemas públicos de saneamento (OBRACZKA *et al*, 2017; BILA *et al*, 2017). Há algumas experiências pontuais, especialmente na região sudeste do país, que incluem casos de sistemas de reuso/retorno para o sistema de tratamento das águas de lavagens de filtros de ETA's (ZAHNER

FILHO, 2014) e ainda o reuso de efluentes de estações de tratamento de esgotos (ETE's) (PIERONI, 2016; SILVA JR, 2018).

O caso mais emblemático de reuso a partir de uma ETE atualmente em operação no Brasil é o empreendimento AQUAPOLO em São Paulo, com uma vazão de cerca de 700 l/s (PIERONI, 2016). A partir da necessidade de atendimento de demandas de caráter industrial, foram implementadas melhorias e incluídas etapas de polimento dos efluentes de um sistema de tratamento de esgotos domésticos existente, a ETE ABC da SABESP. Para adequar a água, o sistema utiliza a técnica de membranas de ultra filtração e osmose inversa, sendo o maior provedor de água industrial da América do Sul. As águas regeneradas são encaminhadas por meio de tubulações e abastecem um Polo industrial/Petroquímico da Região do ABC Paulista, sendo utilizadas principalmente para torres de resfriamento e caldeiras (RUBIM, 2012).

No Estado do RJ, há poucas ETE's que produzem e empregam água de reuso.

A ETE Búzios, operada pela Concessionária PROLAGOS, dispõe de um sistema de polimento do efluente que trata uma pequena vazão para reuso e atende de forma ainda restrita as demandas do campo de golfe local.

Sistemas de reuso localizados nas ETE's Penha e Alegria, operados pela CEDAE desde 2005 e 2013, respectivamente, produzem pequenas vazões de água de reuso, sendo o efluente tratado da ETE Penha parcialmente utilizado para limpeza de equipamento bem como cedido a COMLURB e para limpeza urbana (RAMOS *et al*, 2005; CEDAE, 2017).

De acordo com Ramos (2005), “o efluente da ETE Penha após o processo de desinfecção pode ser reutilizado para fins urbanos”, destinando a água de reuso obtida nas aplicações internas da Companhia (selagem de bombas, lavagem de centrífugas, água para incêndio, etc), além de fornecer para reuso industrial e no serviço municipal de limpeza”.

A partir do comissionamento de uma etapa de polimento constituída por filtração e desinfecção por cloro a produção de água de reuso da ETE Alegria foi iniciada em 2013 sendo parcialmente utilizada no período das obras do Porto Maravilha para limpeza e resfriamento de equipamentos e outros usos complementares não nobres (CEDAE, 2017; BRIARD, 2012).

De acordo com técnicos da Concessionária, havia uma previsão de utilização da maior parte da vazão total de efluente tratado (atualmente cerca de 1,5 embora a capacidade seja de 2,5 m³/s) para atendimento das demandas do COMPERJ através de um emissário. Esse projeto acabou não se viabilizando (BRIARD, 2012), sendo que em visita ao sistema de reuso da ETE Alegria, em meados de 2018, pode ser constatar que o mesmo se encontrava inoperante.

Operada pela Concessionária Zona Oeste Mais Saneamento, a ETE Deodoro, com vazão afluente total de cerca de 800 l/s (69120 m³/dia), utiliza parte do efluente de um sistema piloto de reuso com capacidade de 240 m³/dia (ou seja, somente 0,35% do total afluente a ETE). Essas águas regeneradas são basicamente empregadas no atendimento de demandas internas da empresa, como diminuição do material em suspensão no ar (poeira) através da umectação de ruas onde ocorrem obras para assentamento de redes, desobstrução de canalizações e lavagem de equipamentos, incluindo os do sistema de desidratação de lodos da ETE (PIERONI, 2016).

Para se ter uma ideia do nosso estágio atual de atraso em relação a outros países pioneiros em reuso como os EUA, a ETE Hyperion na região de Los Angeles, Califórnia, trata cerca de 11,4 m³/s (984200 m³/dia) de efluente, dos quais cerca de 1,75 m³/s são destinados a um sistema de reuso que regenera essas águas para emprego em cinco distintas tipologias de destinação, incluindo até mesmo entre elas o uso irrestrito (potável direto e indireto) (WEST BASIN). A prefeitura local prevê que o projeto para ampliação do reuso a 100% do efluente tratado deverá ser executado até 2035 (FONSECA, 2019).

Na RMRJ, identifica-se *a priori* que a água de reuso possui vocação predominantemente urbano/industrial, sendo essa a sua rota mais viável (OBRACZKA, 2017; CAMPOS, 2018). Entre outras razões, isso ocorre tendo em vista as maiores demandas do setor corporativo bem como as menores distâncias entre os principais

polos geradores (como as ETE's de maior porte) e áreas/empreendimentos industriais situados na RMRJ e no município. Além de bem mais distantes, os empreendimentos rurais são compostos predominantemente por pequenas propriedades que se utilizam de mananciais próprios tais como córregos e poços para seu abastecimento, notadamente para irrigação (OBRACZKA *et al*, 2017).

A potabilização das águas regeneradas é ainda um cenário muito distante tendo em vista a existência de uma realidade na qual boa parte dos efluentes sequer é coletada e tratada, sendo por questões óbvias a prioridade direcionada para a expansão da rede e do atendimento da população, visando universalizar o saneamento de acordo com as diretrizes do PLANSAB (OBRACZKA *et al*, no prelo).

A pouca normatização/regulamentação também é um impedimento para a maior disseminação do reuso (BILA *et al*, 2017; ARAUJO *et al*, 2017). Apesar de já poder ser constatada uma evolução da legislação pertinente, especialmente na última década, ocorre que em sua maior parte as leis ainda são mais genéricas, não especificam parâmetros e/ou limites e o reuso não é seu foco principal (CAMPOS, 2018). É o que ocorre, por exemplo, em relação à Lei Estadual 7463/2016, que trata da obrigatoriedade de implantação de reservatórios de amortecimento/reaproveitamento de água de chuva e reuso de águas cinzas em determinados empreendimentos (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016).

OBJETIVO

Visando em termos gerais a geração de maior conhecimento e implementação do reuso a partir dos efluentes de ETE's no município e na RMRJ, a pesquisa tem como objetivo específico avaliar a viabilidade da utilização da água de reuso gerada na ETE Alegria para atendimento de demandas industriais não potáveis e menos nobres no seu entorno. Para isso objetiva-se definir os raios de viabilidade de emprego de água de reuso a partir dessa ETE com base na comparação entre os custos inerentes ao fornecimento de água pelo sistema público convencional (rede de distribuição) e os custos de um fornecimento por um método alternativo, qual seja, utilizando água de reuso transportada por caminhões pipa.

Entre os aspectos considerados no estudo podem ser citados a localização de maiores potenciais consumidores de água de reuso para emprego industrial “menos nobre” na RMRJ, a qualidade dos efluentes tratados e das águas de reuso produzidas em ETE's, os usos permitidos e parâmetros mínimos necessários para tipologias distintas de reuso presentes na legislação brasileira e internacional, bem como os custos da água do sistema público convencional (rede de distribuição) e de fornecimento/transporte por meio de caminhão pipa.

METODOLOGIA UTILIZADA

Foram levantadas diversas referências bibliográficas referentes ao tema, incluindo legislação e normatização do reuso no Brasil e no exterior, bem como estudos de caso e exemplos de ETE's que reutilizam seus efluentes tratados para diversas finalidades.

Maiores dados e informações relevantes sobre o tema em estudo foram obtidas com base em reuniões e consultas junto a empresas, agências e órgãos competentes no município e no estado do RJ, tais como FIRJAN, FETRANSPOR, CEDAE, COMLURB, Zona Oeste Mais Saneamento e RIOAGUAS.

Com base em dados do cadastro industrial da FIRJAN e na ferramenta *GoogleEarth* foi realizado um inventário de potenciais e efetivos geradores na RMRJ - no caso as ETE's de maior porte da CEDAE e da Zona Oeste Mais Saneamento - bem como de potenciais consumidores de água de reuso, elaborando-se um mapeamento georreferenciado em base GIS, associado ao respectivo banco de dados.

Por seu maior porte e potencial de geração de águas de reuso, e considerando ainda sua localização estratégica para fins de fornecimento/distribuição de águas regeneradas, adotou-se como estudo de caso a ETE Alegria.

Na carência de maiores dados de caracterização das águas de reuso da ETE Alegria, considerou-se como base os resultados apresentados nos estudos de Ramos *et al* (2005), Zahner Filho (2014) e Pieroni (2016), com

dados/parâmetros referentes às águas de reuso da ETE Penha. Esses valores foram comparados com valores e limites estabelecidos por marcos legais e normativos sobre reuso no país e no exterior.

Adotou-se ainda a premissa de que para um uso industrial menos nobre - nos moldes do que também foi considerado no trabalho em questão - não há necessidade que sejam implantadas mais etapas de polimento ao sistema de reuso existente na ETE Alegria. Dessa forma, não foram agregados custos referentes a uma eventual ampliação do sistema atual, considerando para montagem do custo da alternativa e na avaliação da viabilidade do emprego de águas de reuso apenas os custos referentes ao seu fornecimento/transporte desde a ETE até o seu destino de consumo.

Foram levantadas as tarifas de água potável da CEDAE vigentes no município do RJ e na ausência de dados mais precisos sobre custos de águas de reuso na realidade estudada, adotou-se como base o preço de transporte de água potável em caminhão pipa com capacidade de 6m^3 (item 5747), a partir dos dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Esse mesmo custo de referência também foi adotado pela metodologia empregada em estudo de Araújo e Santos (2017) que avaliaram a viabilidade do reuso a partir do fornecimento/transporte de água por caminhão pipa em algumas regiões/estados do país.

Foram consideradas três faixas de velocidades médias para o transporte (caminhão pipa), quais sejam, de 10, 20 e 30 km/h. Essas velocidades conservadoras (baixas) foram utilizadas em função do trânsito precário e do mau estado de conservação das vias públicas na RMRJ, que causa maiores dificuldades no deslocamento de veículos maiores e mais pesados, como o caminhão pipa.

A partir dos custos levantados, foi efetuada uma estimativa das distâncias até as quais o fornecimento de águas de reuso geradas a partir da ETE Alegria e transportadas por caminhão pipa apresenta custo inferior ao da água potável distribuída pela concessionária pelo sistema convencional, sendo, portanto mais viável e economicamente mais atraente aos seus potenciais consumidores.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ETE ALEGRIA

De acordo com a CEDAE, a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Alegria é a obra mais importante do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG). Trata-se de uma unidade considerada como de grande porte, sendo a maior das estações de esgotos operadas pela CEDAE e uma das maiores do Brasil (CEDAE). Ainda segundo a CEDAE, essa ETE pode receber e tratar até 2.500 l/s de esgotos, com previsão de ampliação para 5.000 l/s. Esses esgotos são provenientes de quatro sub-bacias principais do município do RJ: o Conjunto Centro, Mangue e Catumbi; Alegria; Faria-Timbó; e São Cristóvão.

De acordo com Bielschowsky (2014), a ETE Alegria possui capacidade instalada para 2,5 m³/s, porém trata aproximadamente 1,5 m³/dia, através de um sistema de lodos ativados. De acordo com informações da CEDAE, a ETE Alegria utiliza várias etapas nesse processo de tratamento, incluindo câmaras seletoras iniciais, com digestão anaeróbia e desidratação mecânica do lodo por meio de centrífugas, e dispondo das seguintes unidades principais: grades grosseiras de limpeza mecanizada; elevatória de esgoto bruto; grades finas e caixas de areia de limpeza mecanizada; decantadores primários para remoção de sólidos e espuma; sistema de tratamento biológico com tanques de aeração e decantadores secundários mecanizados; sistema de tratamento da fase sólida, para condicionamento e desidratação do lodo gerado; além de laboratório e centro de controle.

A ETE Alegria foi escolhida para realização do presente estudo por sua localização privilegiada, situando-se na região central do Rio de Janeiro e próxima a empreendimentos estratégicos como os terminais aeroportuários, bem como de eixos rodoviários importantes como as Linhas Vermelha e Amarela e a Avenida Brasil. Foram também identificadas diversas indústrias e estabelecimentos comerciais de maior porte no seu entorno e que se configuram como potenciais consumidores de águas regeneradas, entre eles diversas centrais de usinagem de concreto, estaleiros, garagens e terminais de carga, além das instalações de reciclagem e tratamento de resíduos da COMLURB, situadas no Caju.

Segundo Silva Jr (2018), a partir de seu efluente secundário a ETE possui etapas adicionais/opcionais de polimento para geração de água de reuso, com uma capacidade de 2,1 l/s (181,44 m³/dia), o que representa, aproximadamente, 0,14% da vazão total de esgoto afluente e tratado.

Já de acordo com informações de técnicos da CEDAE, o sistema possui capacidade para produzir cerca 720 m³/dia de águas de reuso, utilizando basicamente um sistema de filtração em linha, seguido de desinfecção por cloração. Não há um sistema de reservação, sendo as águas regeneradas recalçadas diretamente para a carga do caminhão pipa que estaciona ao lado do container onde está situado o sistema de reuso (Figura 1).



Figura 1: Sistema de abastecimento dos caminhões pipa com água de reuso na ETE Alegria

A água de reuso da ETE Alegria foi utilizada no setor de construção civil durante as obras do Porto Maravilha, demandando uma vazão de 910 m³/mês (AGÊNCIA BRASIL, 2015). Segundo o Consórcio Porto Rio, executante das obras do Porto, essa água teria sido empregada no abastecimento de equipamentos de perfuração de rochas e para umedecer bases de pavimentos, vias e calçadas. (CONCESSIONÁRIA PORTO NOVO, 2013). Porém, de acordo com técnicos da CEDAE, após o encerramento das obras não houve uma renovação do contrato entre as empresas interessadas e a Concessionária.

Segundo Zahner Filho (2014), por sua grande capacidade de tratar o esgoto e produzir efluente tratado de qualidade, a ETE Alegria (Figura 2) foi escolhida pela Petrobrás para suprir a demanda por água para fins industriais pelo seu Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro - COMPERJ.

Atualmente, porém, pode ser constatado em vistoria do local e ainda com base nas informações de técnicos da ETE que o sistema se encontra inoperante, sendo o efluente do tratamento secundário direcionado em sua totalidade para descarte no corpo receptor (Figura 3).



Figura 2: Vista geral da ETE Alegria, Caju, RJ. Figura 3: Descarte do efluente do tratamento secundário da ETE Alegria para o corpo receptor.

RESULTADOS OBTIDOS

LEVANTAMENTO DE LEGISLAÇÃO VIGENTE SOBRE O TEMA

A partir de um levantamento sobre os marcos legais que regulamentam o reuso de águas servidas existente no Brasil, e com base em Jordão e Santos (2016), elaborou-se uma linha do tempo para avaliar a evolução da legislação referente ao tema em questão, (Figura 4).

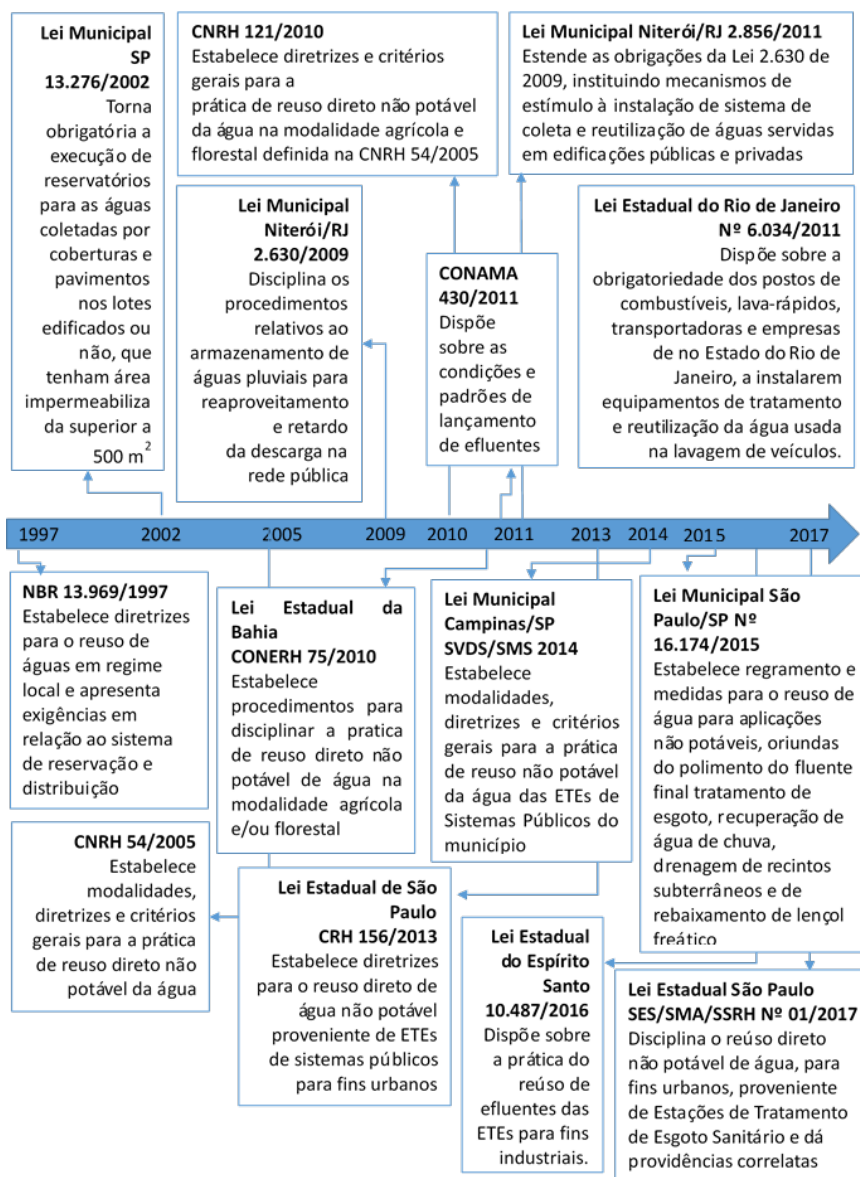


Figura 4: Linha do tempo da normatização/legislação sobre reuso de águas no Brasil.

QUALIDADE DA ÁGUA DE REUSO

Pode ser constatado que há basicamente duas alternativas quanto aos requisitos necessários de qualidade da água de reuso. No primeiro caso, a qualidade exigida do efluente é combinada entre gerador e consumidor, exemplificado pelo fornecimento de água de reuso para consumo em processo industrial. Por outro lado, há demandas que implicam na necessidade de observância de parâmetros mínimos de qualidade, definidos de acordo com o respectivo uso, previstos na legislação vigente, pois afetam direta ou indiretamente questões de saúde pública.

No Brasil há legislações/normatizações que tratam mais especificamente da prática do reuso de águas residuais embora a maioria delas discorra sobre diferentes temas, abordando o reuso de forma mais genérica.

A NBR 13.969, a Lei Municipal de Niterói 2.856/2011, a Lei Municipal de Campinas – SVDS/SMS N° 09 de 2014, e a Resolução conjunta do Estado de São Paulo SES/SMA/SSRH N° 01/2017 especificam parâmetros para regulamentação da prática. Esses parâmetros podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Compilação dos limites estabelecidos pelas legislações brasileiras vigentes.

Parâmetros	NBR 13.969/1997		Lei Municipal de Niterói 2.856/2011	Lei Municipal de Campinas SVDS/SMS N° 09 de 2014		Resolução conjunta do Estado de São Paulo SES/SMA/SSRH N° 01/2017	
	Classe 1	Classe 2		Classe A	Classe B	Uso com Restrição Moderada	Uso com Restrição Severa
Coliformes termotolerantes ou <i>E. Coli</i>	200 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	100 NMP (UFC/100 mL)	200 NMP (UFC/100 mL)	Não detectável	200 UFC/100mL
Gladia e <i>Cryptosporidium</i>	-	-	-	-	0,05 cistos ou oocistos/L	-	-
Ovos de helminto	-	-	-	-	1 ovo/L	1 ovo/L	1 ovo/L
Turbidez	5 UNT	5 UNT	5 UT	1 NTU	5 NTU	2	-
DBO5.20	-	-	-	5 mg/L	30 mg/L	10 mg/L	30 mg/L
Sólidos em suspensão totais	-	-	-	5 mg/L	30 mg/L	1 mg/L	30 mg/L
Cloreto total	-	-	-	250 mg/L	250 mg/L	106 mg/L	350 mg/L
Sódio	-	-	-	200 mg/L	200 mg/L	-	-
Cloro residual livre (após 30 minutos de tempo de contato)	Entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L	0,5 mg/L	Entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L	Mínimo de 1,0 mg/L	2,0 mg/L	-	-
pH	6 a 8	-	6 a 9	-	-	6 a 9	6 a 9
Sólidos dissolvidos totais	200 mg/L;	-	200 mg/L	-	-	450 mg/L	2000 mg/L

Para fornecer maiores subsídios a presente pesquisa, foram também levantados complementarmente parâmetros e limites requeridos pelas principais legislações referentes ao tema Reuso em diversos países, como Estados Unidos, Austrália e alguns países europeus que possuem regulamentação específica quanto a essa prática.

A Tabela 2 apresenta uma compilação de parâmetros requeridos para aplicação em ambientes urbanos, irrigação e algumas outras modalidades de reuso em alguns desses países e no estado de São Paulo, onde o estagio de reuso e sua respectiva legislação são considerados como os mais avançados no Brasil.

Tabela 2: Parâmetros requeridos para determinados utilizações da água de reuso em diversos países.

País	Tipo de utilização	Parâmetros e limites requeridos
Estados Unidos ⁽¹⁾	Aplicação em ambientes municipais onde o acesso é controlado ou restrito por barreiras. Irrigação por superfície de cultivos de alimentares destinados ao consumo humano quando comercialmente processados e irrigação de culturas que não são consumidas pelos humanos. Criar ou melhorar zonas úmidas, manter fluxos de rios. Refrigeração Industrial.	6,0 < pH < 9,0 DBO ≤ 30mg/L RNFT ≤ 30 mg/L Coliformes Fecais ≤ 200 NMP/100 ml Cloro residual 1 mg/L de Cl ₂
Austrália ⁽²⁾	Irrigação de paisagem, cultivos de alimentos para uso comercial. Aplicação de água de reuso não potável em ambientes municipais onde o acesso é controlado ou restrito por barreiras.	DBO < 20 mg/L RNFT ≤ 30 mg/L <i>E. coli</i> < 1000 cfu/100 mL
Grécia ⁽³⁾	Usos urbanos, alguns usos industriais, irrigação irrestrita e recarga de aquíferos por poços.	DBO < 25 mg/L RNFT < 35 mg/L <i>E. coli</i> < 200 cfu/100 mL 6,5 < pH < 8,5
Itália ⁽⁴⁾	O regulamento italiano aplica os mesmos limites de qualidade de água para todos os usos da água recuperada, que não sejam usos industriais. Critérios para reuso industrial são estabelecidos pelas partes envolvidas, dependendo da exigência do processo industrial.	DBO < 20 mg/L RNFT < 10 mg/L <i>E. coli</i> < 10 cfu/100mL 6,5 < pH < 9,5
Portugal ⁽⁵⁾	Água para irrigação.	RNFT < 60 mg/L 6,5 < pH < 8,4
Brasil (São Paulo) ⁽⁶⁾	Irrigação paisagística; Lavagem de logradouros e outros espaços públicos e privados; Construção civil; Desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos; Lavagem de veículos; Combate a incêndio.	DBO < 30 mg/L RNFT < 30 mg/L <i>E. coli</i> < 200 cfu/100mL 6 < pH < 9

Fonte: (1) U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2012. (2) NATURAL RESOURCE MANAGEMENT MINISTERIAL COUNCIL *et al*, 2006. (3) ILIAS *et al*, 2003. (4) e (5) JIMÉNEZ e ASANO, 2008. (6) ESTADO DE SÃO PAULO, 2018.

Não tendo sido possível obter dados sobre a qualidade da água de reuso produzida na ETE Alegria, foram levantados e utilizados como subsídio para essa pesquisa os dados disponíveis no trabalho de Ramos *et al* (2005) e Zahner Filho (2014), referentes a caracterização das águas regeneradas produzidas pelo sistema de reuso da ETE Penha. Considerou-se que tal simplificação não afetará a validade e os resultados ora atingidos, tendo em vista os objetivos principais da presente pesquisa.

Zahner (2014) apresenta os resultados de 16 amostragens/análises realizadas no mês de janeiro de 2013, para os parâmetros de pH, Turbidez, DBO, DQO, RNFT, Cloro Residual e Coliformes Termotolerantes

A Tabela 3 apresenta uma compilação dos dados disponibilizados pelas fontes supramencionadas (RAMOS *et al*, 2005; ZAHNER FILHO, 2014)

Tabela 3: Resultados da caracterização de água de reuso da ETE Penha

Resultados das análises	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	RNFT (mg/l)	pH	Turbidez (UNT)	Cloro Residual (mg/l)	E.Coli (Term) (UFC/100ml)
Média	6,2	18,0	<3	6,99	4,28	1,29	AUSENTE
Desvio Padrão	6,49	14,17	-	0,54	3,02	1,17	-
Limite inferior	-6,79	-10,33	-	5,91	-1,75	-1,06	-
Limite superior	19,19	46,33	-	8,07	10,31	3,63	-
Média Real	6,2	18,0	<3	6,99	4,28	1,29	AUSENTE

Como pode ser constatado com base nos resultados acima, a água de reuso da ETE Penha atenderia aos requisitos e limites da legislação ora discriminada, com exceção da DBO e Turbidez para Classe A do município de Campinas (SVDS/SMS Nº 09 de 2014) e SST e Turbidez para Resolução conjunta do Estado de São Paulo (SES/SMA/SSRH Nº 01/2017- Uso com Restrição Moderada). Vale destacar que em todos os casos em que isso ocorre as concentrações dos parâmetros de controle na água de reuso se situam bem próximas aos valores limites estabelecidos.

Infer-se, portanto que a água de reuso da ETE Alegria poderá também atender a esses parâmetros e limites, tendo em vista ainda que ambas ETE's ora avaliadas recebem afluentes domésticos brutos e dispõem de sistemas de tratamento e polimento similares.

MAPEAMENTO DE POTENCIAIS CONSUMIDORES DE ÁGUA DE REUSO

Em se tratando do município e da RMRJ, verifica-se uma maior vocação para reuso de água com fins industriais e para usos menos nobres como limpeza de vias e áreas públicas, lavagem frotas de veículos, entre outras. Indústrias de maior porte possuem usualmente demandas de grandes vazões de água de reuso, podendo utiliza-la como águas de resfriamento e limpeza de equipamentos, funcionamento de sistemas sanitários, lavagem de pátios e pisos, além de outros usos diversos.

No presente trabalho, um dos aspectos mais relevantes considerados para analisar o potencial de utilização de água de reuso foram as distâncias do polo gerador adotado na pesquisa (ETE Alegria) até os seus possíveis consumidores. Para uma análise mais completa em relação a essas distâncias, foi efetuado um mapeamento desses consumidores em potencial. Foi adotado *a priori* que o transporte das águas regeneradas é feito por meio de caminhão pipa, considerando-se que não serão feitos investimentos para implantação de um sistema de recalque e de tubulação específica com essa finalidade.

Tanto a RMRJ como o centro do município abrangem inúmeros empreendimentos passíveis de aproveitamento de águas regeneradas. Entre esses as inúmeras garagens de ônibus existentes na RMRJ se apresentam como grandes consumidores em potencial. Segundo dados obtidos junto a FETRANSPOR, são utilizados em média entre 150 a 200 litros de água para a lavagem de um veículo. A frequência de lavagem é de duas a três vezes por semana. Além disso o reuso para a finalidade de lavagem de veículos é obrigatório no Estado do RJ, em função da Lei Estadual nº 6034, de 2011) que dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais localizados no estado a instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos.

Apesar da existência da lei, tendo em vista as dificuldades de sua fiscalização e de brechas no texto, na prática muitos desses empreendimentos não possuem o sistema de tratamento adequado para viabilizar o Reuso. Há ainda aqueles que possuem o equipamento necessário, porém não o utilizam em razão dos custos de operação e manutenção, preferindo utilizar água de outras fontes (como poços) e descartar os efluentes gerados sem reutiliza-los.

A lavagem de trens e composições nos pátios de manutenção de sistemas ferroviários também pode ser feita com águas de reuso, com inegáveis vantagens. No centro de manutenção do METRORIO/INVEPAR há uma ETE para fins de reuso, mas por ocasião de visita ao local realizada em meados de 2018 não foi possível constatar o seu funcionamento.

A lavagem de caminhões de coleta de resíduos sólidos (compactadores) também pode ser efetuada empregando águas de reuso. Esses caminhões pertencem a empresas terceirizadas pela COMLURB que, segundo as fontes consultadas, não utilizam água de reuso para essa limpeza. Atualmente a COMLURB emprega água de reuso – especialmente as provenientes do sistema da ETE Penha – para finalidades como limpeza e lavagem de vias e feiras livres.

Identificou-se ainda que a lavagem da área externa de aeroportos e das aeronaves pode ser realizada com águas de reuso, pratica essa que pode ser facilitada pela proximidade dos importantes complexos aeroportuários (Santos Dumont e Galeão) em relação à ETE Alegria.

O complexo portuário do Rio de Janeiro também se configura como um potencial polo consumidor de água de Reuso, para emprego sanitário, lavagem de pátios e equipamentos, entre outros diversos usos possíveis.

Essas principais demandas potenciais foram identificadas, mapeadas (Figura 5) e inseridas na base de dados georreferenciados, que foi utilizada como subsídio no desenvolvimento do presente estudo/pesquisa.

ESTIMATIVA DO CUSTO DE TRANSPORTE

Para avaliar a viabilidade da utilização de água de reuso, foi considerado o custo de transporte do insumo (água) desde a ETE onde este é produzido até o local onde ocorrerá sua utilização, para três faixas de velocidade média. Os valores obtidos com base no SINAPI se encontram na Tabela 4.

Tabela 4: Custo do transporte de água em caminhão pipa (base SINAPI - RJ) para velocidades distintas

Custo de transporte SINAPI (R\$/6m3xh)	Custo de transporte SINAPI (R\$/m3xh)	Custo de transporte SINAPI (R\$/m3xKm) para v=10 km/h	Custo de transporte SINAPI (R\$/m3xKm) para v=20 km/h	Custo de transporte SINAPI (R\$/m3xKm) para v=30 km/h
93,9	15,65	1,57	0,78	0,52

Os dados referentes às tarifas de água potável para consumo industrial (e comercial de grande porte) nas três faixas de consumo, praticadas pela concessionária estadual (CEDAE) para a área abrangida pelo estudo – no caso o Caju, onde vale a Tarifa A – estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5: Tarifas do m3 de água potável praticadas pela CEDAE (base julho/2018), para área de Tarifa A e consumo industrial.

Categoria de usuários	Consumo (m3/mês)	Tarifa (R\$/m3)
Industrial	0 - 20	21,30
	21 - 30	22,36
	> 30	26,17

Os resultados da comparação entre a tarifa praticada pela CEDAE referente ao m3 para uso industrial com o custo de transporte do m3 de água de reuso (no presente estudo adotado como equivalente ao m3 potável) em caminhão pipa podem ser visualizados na Tabela 6. São consideradas várias distâncias nominais (entre 10 e 100 km) possíveis entre o gerador e o consumidor para os três cenários distintos de referência quanto às velocidades médias de transporte (de 10 km/h, 20 km/h e 30 km/h, respectivamente). Vale ressaltar que foi adotada a tarifa/custo da água potável da faixa mais elevada (>30 m3/mês), com base na premissa de que as indústrias sejam grandes consumidoras de água.

Tabela 6: Comparação entre os custos da água potável fornecida pela CEDAE para indústrias e o custo estimado do transporte de água em caminhão pipa para três velocidades distintas

Distância entre gerador e consumidor (km)	Custo da água potável – tarifa industrial da CEDAE - (R\$/m3)	Custo estimado de transporte da água de reuso (R\$/m3)		
		v = 10 km/h	v = 20 km/h	v = 30 km/h
10	26,17	15,65	7,83	5,22
15	26,17	23,48	11,74	7,83
20	26,17	31,30	15,65	10,43
30	26,17	46,95	23,48	15,65
33	26,17	51,65	25,82	17,22
40	26,17	62,60	31,30	20,87
50	26,17	78,25	39,13	26,08
60	26,17	93,90	46,95	31,30
80	26,17	125,20	62,60	41,73
100	26,17	156,50	78,25	52,17

Para a velocidade de 10 km/h, apesar do valor obtido para o transporte se aproximar do custo do m³ fornecido pelo sistema convencional para a distância de 15 km, adotou-se a distância de 10 km, para que os cálculos e os resultados possam se situar mais a favor da segurança. Também no caso da velocidade de 20 km/h, adotou-se uma distância inferior (30 km), já que a calculada foi de 33 km. Para isso contribui o fato de que as distâncias ora discriminadas entre gerador e consumidor devem ser cobertas utilizando ruas e vias de acesso que não necessariamente se configuram como uma reta entre esses dois pontos, da forma como foram estabelecidos os raios de abrangência de viabilidade de água de reuso (Figura 2). Para a velocidade de 30 km/h, considerou-se como limite máximo a distância de 50 km.

Com base nos resultados obtidos e utilizando o mapeamento georreferenciado da ETE Alegria e de potenciais consumidores para a água de reuso gerada por ela, foram traçados raios de 10, 30 e 50 km a partir dessa ETE, para determinação de áreas de abrangência onde o emprego de água de reuso pode ser caracterizado mais viável (Figura 5).

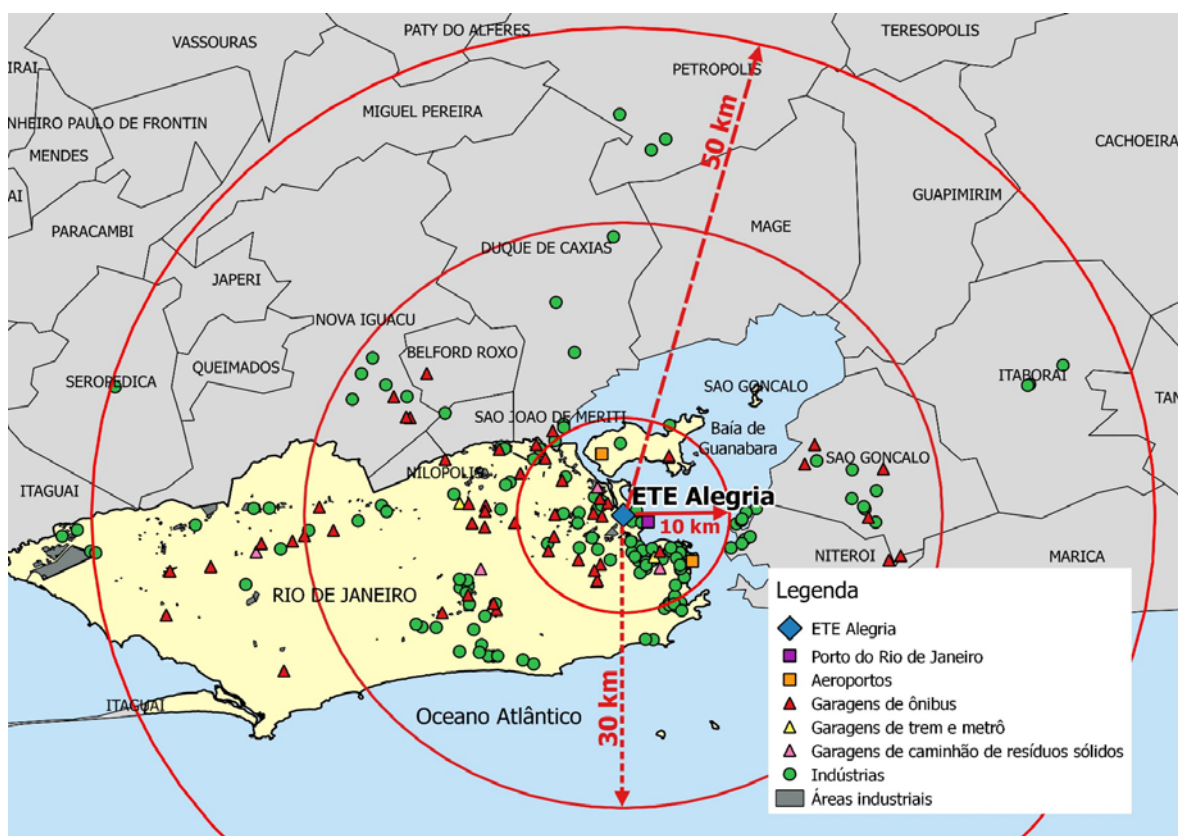


Figura 5: Consumidores em potencial para águas de reuso produzido pela ETE Alegria dentro dos raios de 10, 30 e 50 km.

Para se avaliar a economia possível foi então calculada a redução de custos com base em consumos/demandas mensais dos potenciais consumidores, adotando-se a faixa de distância (raios) entre 10, 30 e 50 km, definidas como economicamente mais vantajosas, a partir dos dados resultantes da Tabela 6.

Foram então comparados os custos de transporte obtidos com a utilização de água potável fornecida diretamente pela CEDAE via sistema convencional (tubulação).

Adotou-se uma faixa de consumo mensal variando entre 10 m³/mês e 10.000 m³/mês, considerando a capacidade máxima estimada para o sistema de carga de caminhões pipa na ETE Alegria. Esse limite máximo foi adotado a partir de estimativa da viabilidade/capacidade máxima do sistema de carga/enchimento de caminhões pipa na ETE Alegria de até 3 caminhões simultaneamente, cada um deles com 6 m³, e tempo médio de enchimento de 20 minutos por caminhão. Com base em um período de 8 h de funcionamento por dia, e 22

dias por mês, a vazão de fornecimento possível é de 9.504 m³/mês de água de reuso. Foi adotado então o limite superior de 10.000 m³/mês.

Os resultados da comparação entre os custos do fornecimento de água pelo sistema convencional (rede) da concessionária e o de fornecimento de água de reuso por caminhão pipa são apresentados na Tabela 7, considerando diversas faixas de consumo mensal bem como as distâncias mais “econômicas”.

Tabela 7: Comparativo entre custos de água de reuso e água fornecida pelo sistema público (rede) para diversas vazões de consumo mensal.

Consumo mensal (m ³ /mês)	Custo utilizando água da rede da CEDAE (R\$/mês)	Custo de transporte (de água de reuso) por caminhão pipa (R\$)			Redução de custo (R\$)		
		Distância de 10 Km (v=10 km/h)	Distância de 30 Km (v=20 km/h)	Distância de 50 Km (v=30 km/h)	Distância de 10 Km	Distância de 30 Km	Distância de 50 Km
10	213,00	156,50	234,80	260,80	56,50	- 21,80	- 47,80
30	670,80	469,50	704,40	782,40	201,30	- 33,60	- 111,60
50	1.308,50	782,50	1.174,00	1.304,00	526,00	134,50	4,50
100	2.617,00	1.565,00	2.348,00	2.608,00	1.052,00	269,00	9,00
200	5.234,00	3.130,00	4.696,00	5.216,00	2.104,00	538,00	18,00
500	13.085,00	7.825,00	11.740,00	13.040,00	5.260,00	1.345,00	45,00
1000	26.170,00	15.650,00	23.480,00	26.080,00	10.520,00	2.690,00	90,00
2500	65.425,00	39.125,00	58.700,00	65.200,00	26.300,00	6.725,00	225,00
5000	130.850,00	78.250,00	117.400,00	130.400,00	52.600,00	13.450,00	450,00
10000	261.700,00	156.500,00	234.800,00	260.800,00	105.200,00	26.900,00	900,00

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Constata-se que o emprego de águas de reuso pode ser vantajoso em relação ao sistema convencional especialmente para as distâncias de 10 km até 30 km da ETE geradora - no presente caso a ETE Alegria – e para grandes vazões de demanda (como, por exemplo, para atendimento de indústrias de maior porte), já que o reuso se torna mais viável de maneira proporcional ao aumento do consumo médio mensal de água.

Verificou-se ainda que para demandas situadas dentro de um raio de até 10 km da ETE geradora (ETE Alegria), o reuso é viável mesmo para consumos tão baixos como 10 m³/mês. Em um raio de 30 km, com transporte a uma velocidade de 20 km/h, torna-se viável a partir de um consumo mínimo de 50 m³/mês. Já para indústrias mais distantes, localizadas a 50 km da ETE geradora, a utilização de água de reuso por meio de caminhão pipa já não seria tão vantajosa.

Com base nos resultados apurados infere-se que a utilização de águas regeneradas pode gerar uma redução nos custos de abastecimento de água de empreendimentos na área priorizada pelo estudo (entorno da ETE Alegria) e possivelmente em outros casos na RMRJ.

O reuso de águas servidas pode se configurar como alternativa viável para substituição e/ou complementação do sistema convencional público em determinados casos, especialmente para essas tipologias de demandas não potáveis.

Nas áreas definidas pelos raios de viabilidade de emprego de água de Reuso foi possível constatar a existência de um grande número de indústrias (como usinas beneficiadoras de concreto), garagens de ônibus, além de outros consumidores em potencial que não necessitam de uma água de qualidade muito elevada para atendimento de demandas menos nobres como limpeza e lavagem de veículos e equipamentos e que, portanto poderiam se beneficiar diretamente da utilização da água regenerada proveniente do sistema disponível na ETE Alegria.

Com base na comparação entre os dados de caracterização das águas de reuso da ETE Penha, e partindo-se do princípio que os mesmos não devem diferir muito dos valores a serem encontrados para a ETE Alegria, pode se

ainda inferir que não deverá haver maiores necessidades de aumento do grau de tratamento/polimento do sistema de produção de água de reuso além do sistema de filtração e cloração que já se encontram disponíveis. Porém, em caso de aumento considerável da demanda por água de reuso, o sistema atual não possui capacidade para atendê-la, necessitando de investimentos para sua ampliação, implicando na melhoria de aspectos tais como controle, acessos, reservação, estacionamento e carga dos caminhões pipa.

CONCLUSÕES OU RECOMENDAÇÕES

Pode ser concluído que há situações em que o emprego de água de reuso com transporte por caminhão pipa se demonstra economicamente viável, e que essa viabilidade se encontra associada à existência de um grande número de estabelecimentos com demandas potenciais para consumir água de reuso em áreas próximas da fonte geradora, no caso a ETE Alegria.

De uma maneira mais geral, constata-se a existência/disponibilidade de grande quantidade de efluente tratado e de boa qualidade gerado pelas ETE's na RMRJ, que poderia atender especialmente situações onde a demanda de água não é tão exigente em termos qualitativos, com a implementação de poucas melhorias no atual sistema de tratamento. Mesmo se for necessária a implementação de mais etapas no atual processo de tratamento, tal investimento pode não representar um custo tão elevado a ponto de inviabilizar essa alternativa, uma vez que custo real de produção de água de reuso se resumiria aos investimentos na implantação e operação de uma etapa de polimento necessário à destinação requerida, acrescida do transporte do gerador (ETE) ao consumidor. Vale destacar que grande parte do custo para adequar esse efluente para reuso já se encontra embutido na operação do sistema de tratamento propriamente dito, para atender os elevados padrões de lançamento nos corpos receptores exigidos pela legislação do RJ, das mais restritivas do país.

Ainda que parte dos dados adotados/obtidos neste trabalho seja baseada em estimativas, há uma margem de segurança em relação aos seus resultados, uma vez que o custo da água de reuso gerada nas ETE's deve mais reduzido do que o custo de água potável transportada por caminhão pipa, utilizado como referência para o presente estudo de viabilidade.

Em função da opção de substituição (mesmo que parcial) da água do sistema público por uma fonte alternativa como as águas de reuso, outro aspecto importante a ser considerado diz respeito à redução do valor não somente da conta de água, mas do valor total, uma vez que o valor referente à conta de esgoto também irá se reduzir, no caso de áreas onde os serviços de saneamento (rede e tratamento) estiverem disponíveis.

Com base nos levantamentos e no desenvolvimento do estudo foi também possível identificar alguns pontos problemáticos/fragilidades para implementação do Reuso na realidade atual da RMRJ.

Na ausência um sistema de interligação (tubulação) entre as fontes e as demandas, o transporte de água de Reuso deve ser feito utilizando-se basicamente caminhões pipa/tanque. Esse tipo de transporte apresenta limitações de capacidade, que somados aos problemas de trânsito enfrentados em áreas urbanas como o Rio de Janeiro acaba redundando na diminuição do interesse por essa alternativa.

Falta também uma logística básica necessária para o fornecimento de água de reuso em grande escala nas fontes geradoras: maior estação de tratamento de efluentes domésticos da RMRJ e localizada estrategicamente, a ETE Alegria não dispõe de um sistema de reservação e de abastecimento que torne possível o carregamento de vários caminhões simultaneamente, reduzindo de maneira considerável sua capacidade/disponibilidade para atender a uma maior demanda por água de reuso. A própria área de estacionamento desses caminhões e os respectivos acessos possuem muitas limitações.

Apesar de já ser uma prática comumente realizada e consagrada em outros países como uma importante ferramenta de gestão de recursos hídricos e fonte alternativa de água, verifica-se que na RMRJ o reuso é um tema ainda pouco acessível, difundido e conhecido tanto para potenciais usuários como para maior parte da população. Também existe a carência de uma legislação federal/estadual mais específica sobre o tema, que estabeleça limites e parâmetros para as distintas tipologias de reuso.

Pode ser constatada uma ausência de políticas públicas e de instrumentos/benefícios de incentivo à implementação do reúso que possam contribuir para “popularizar” essa prática. Como a água do sistema convencional ainda não é tão cara para demandas mais reduzidas ou para maiores distâncias entre gerador e consumidor de água de reúso, faz-se necessária, portanto, a adoção de medidas no sentido de fomentar, ao menos em parte, a substituição da água potável pela água de reúso, tornando-a mais atraente aos potenciais interessados.

No desenvolvimento desse estudo foram também contatadas muitas dificuldades para obtenção de dados pela carência de informações disponíveis, inclusive por se tratar de tema ainda pouco difundido no país, mesmo entre profissionais e técnicos da área de saneamento e meio ambiente.

Além de não se dispor de maiores informações sobre a qualidade das águas regeneradas, entre essas limitações podem ser destacados a carência de dados mais específicos e confiáveis sobre custos de água de reúso gerada na ETE Alegria. Além disso, custos pouco ou não tangíveis como aqueles referentes às externalidades como poluição e maior tempo no trânsito provocados pelo emprego de caminhões pipa também não foram apropriados pelo presente estudo.

Recomenda-se que seja dada continuidade a presente pesquisa com o desenvolvimento de novos estudos, apurando-se os dados de entrada ora utilizados, incluindo uma melhor caracterização da própria oferta e das demandas identificadas por água de Reuso.

Deverá ser melhor avaliada a viabilidade da expansão dos sistemas existentes e da implantação de mais etapas de tratamento visando um maior polimento dos efluentes para atendimento de demandas diferenciadas por águas regeneradas que venham a ser identificadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA BRASIL. CEDAE aproveita água de reúso para limpeza urbana no Rio. 2015. Acesso em 15 jul de 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/cedae-aproveita-agua-de-reuso-para-limpeza-urbana-no-rio>>.
2. ANGELAKIS, A. N.; GIKAS, P. Water reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis on EU states. *Water Utility Journal* 8: 67-78, 2014.
3. ARAÚJO, B. M; SANTOS, A. S. P; SOUZA, F. P. Comparativo econômico entre o custo estimado do reúso do efluente de ETE para fins industriais não potáveis e o valor da água potável para a região sudeste do Brasil. *Perspectivas Online*. 2017.
4. BIELSCHOWSKY, M.C., 2014. Modelo de gerenciamento de lodo de Estação de Tratamento de Esgotos: aplicação do caso da Bacia da Baía de Guanabara. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2014.
5. BILA D.M, SANTOS A.S; OHNUMA JR, A.A; OBRACZKA, M; CAMPOS, A.M.S. e ROSARIO, D, 2017. Evaluation of potential routes for wastewater reuse management in the metropolitan region of Rio de Janeiro. Poster apresentado na XI International Conference on Water Reclamation and Reuse da IWA em Long Beach CA/USA. Julho de 2017
6. BRIARD. J. Cedae anuncia projeto de reúso de água para o COMPERJ. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/imprensa/exibeconteudo;portal2?&_exibeconteudo_INSTANCE_2wXQ_articledId=962937>. Acesso em 7 jun. 2018.
7. CAMPOS, A.M.S. Aproveitamento De Efluente Tratado Proveniente da ETE Alegria para Reúso em Áreas Urbanas. Projeto Final (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 2018.
8. CEDAE. Estações de Tratamento de Alegria e Barra. Disponível em: < <http://www.cedae.com.br/ETE>>. Acesso em 13 abr. 2019.
9. CONCESSIONÁRIA PORTO NOVO. Água de reúso nas obras. Folha da Porto Novo. Rio de Janeiro, ed. 12, p.3, ano 2, mar. 2013.
10. CEDAE. Relatório de Sustentabilidade. 2017. Disponível em <http://www.cedae.com.br/portals/0/governanca/Relatorio%20de%20Sustentabilidade%20-%202017.pdf>

11. CUNHA, V. D. O Reúso da Água e suas Possibilidades na RMSP. 2008. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola, São Paulo.
12. ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Lei Estadual n.º 7463, de 18 de outubro de 2016.
13. ESTADO DE SÃO PAULO. Resolução SES/SMA/SSRH-01, de 28 de jun. de 2017. 2018.
14. FONSECA, R. LA Wants To Recycle 100% Of Its Wastewater By 2035 And Thinks \$2 Billion Should Do It. 2019. Acesso em 30 mar de 2019. Disponível em: <https://laist.com/2019/02/21/la_wants_to_recycle_100_of_its_wastewater_by_2035.php>.
15. ILIAS A.; PANORAS, A.; ANGELAKIS, A. Wastewater Recycling in Greece: The Case of Thessaloniki. Sustainability, 2014.
16. JIMÉNEZ, B.; ASANO T.; Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs. IWA Publishing. 2008.
17. LEE, H.; TAN, T. P.; Singapore's experience with reclaimed water: NEWater. International Journal of Water Resources Development, Volume 32, 2016 - Issue 4: Water reuse policies for potable use. Disponível em <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07900627.2015.1120188?scroll=top&needAccess=true>>. Acesso em 07 de jun. de 2018.
18. MARENGO, J. A.; NOBRE, C.A.; SELUCHI, M.E.; CUARTAS, A.; ALVES, L.M.; MEDIONDO, E.M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. Revista USP, n. 106, 2015, p.31-44.
19. METCALF, L., EDDY, H. P, 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed., New York, Ed. McGraw - Hill.
20. NATURAL RESOURCE MANAGEMENT MINISTERIAL COUNCIL, ENVIRONMENT PROTECTION AND HERITAGE COUNCIL, AUSTRALIAN HEALTH MINISTERS' CONFERENCE. National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks. 2006.
21. OBRACZKA, M; CAMPOS, A. M. S.; SILVA, D. R.; ALVES, S. R.; FERREIRA, G. S. Estado da Arte e Perspectivas de Reúso de Efluente de Tratamento Secundário de Esgotos Sanitários na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Congresso ABES FENASAN 2017. São Paulo.
22. OBRACZKA, M - MACHADO S., MARQUES C, e OHNUMA JR, A. A., 2019 Emprego de Indicadores na Avaliação do Saneamento - Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul - Revista Internacional de Ciências (RIC) - ISSN: 2316-7041- no prelo
23. PIERONI, M. F, 2016. Avaliação da Viabilidade de Implantação de Unidades de Reuso em Estações de Tratamento de Esgoto: Estudo de Caso para a Zona Oeste do Rio de Janeiro. 112 f.: il. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro.
24. RAMOS, R. et al. Estudo da viabilidade do reuso de efluentes sanitários tratados para fins não potáveis. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005. Campo Grande. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade? Rio de Janeiro, ABES, 2005. p.1-6.
25. RIO DE JANEIRO. Lei Estadual n.º 6034, 08 de setembro de 2011.
26. RUBIM, CRISTIANE. Reúso das águas cinzas gera economia financeira e ambiental. 2012. Revista TAE. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=3925>>. Acesso em 22 de maio de 2018.
27. SILVA JÚNIOR, L. C. S. Panorama do Reúso de Efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto nas Concessionárias de Saneamento da Região Sudeste. Projeto Final (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 2018.
28. SINAPI. Custo Referente a Composições Analítico Desonerado RJ Maio de 2018.
29. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for Water Reuse, 2012.
30. WEST BASIN. Edward C. Little Water Recycling Facility. Acesso em 30 mar de 2019. Disponível em: <<http://www.westbasin.org/water-supplies-recycled-water/facilities>>. Acesso em 29 mar. 2019.
31. ZAHNER FILHO E., 2014. Estudo para Fornecimento como Água de Amassamento. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia da Construção e Estruturas. 2014
32. ZARED FILHO, K., GARCIA L.A.V, PORTO, M.F.A. e PORTO R.L.L., 2007. Reúso da água. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. PHD 2537 – Água em Ambientes Urbanos.