

XVI SEMINÁRIO
DE INTEGRAÇÃO

25 E 26
OUTUBRO
de 2017

DO GLOBAL AO LOCAL: O PODER DAS ESCALAS SOBRE O TERRITÓRIO



Reúso de água e logística reversa: o caso da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos

Marco Antônio Cruz Moreira¹

Ricardo José leal de Medeiros²

Grupo de Trabalho: ST3. Transformações econômicas recentes: Crise, Indústria do Petróleo e Portos

Resumo

O acelerado processo de urbanização e industrialização gerou conflitos e desequilíbrios entre oferta e demanda de recursos hídricos. Uma das possíveis soluções para este impasse é o reúso das águas residuais. A empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos atua no mercado da indústria do petróleo realizando os serviços de coleta, transporte e tratamento de efluentes sanitários e industriais, transformando águas residuais em água de reúso. O fluxo reverso da água de reúso permite sua reintegração ao ciclo socioeconômico, minimizando a pressão exploratória sobre o recurso natural, além de mitigar os efeitos do lançamento dos efluentes tratados nos corpos hídricos. Este trabalho apresenta o estudo de viabilidade técnica e econômica do fluxo reverso do efluente tratado a partir da sua caracterização, definição de seus possíveis usos, do diagnóstico dos geradores de efluentes e do custo operacional do frete.

Palavras-chave: Água. Efluente. Reúso. Reciclagem. Logística reversa.

1) Orientador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense / mcruzbr@yahoo.com.br

2) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense / medeiros@transformaresiduos.com.br

1 Introdução

O uso dos recursos naturais acima da capacidade da Terra está se tornando um dos principais desafios do século XXI. É um problema tanto ecológico quanto econômico.

Até recentemente, a escassez hídrica no Brasil atingia unicamente a região nordestina, entretanto, nos anos de 2014 e 2015, passou a atingir estados da região Sudeste densamente povoados e pouco habituados com manejos de conservação e aproveitamento da água.

Em 1997, a gestão dos recursos hídricos ganhou força com a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) pela Lei nº 9.433. A partir deste marco regulatório, a água passa a ser considerada como um bem de domínio público, um recurso natural limitado e dotado de valor econômico.

No final dos anos 70, a economia da Região Norte do Estado do Rio de Janeiro começou a se expandir fortemente com a implantação da indústria de exploração e produção do petróleo na Bacia de Campos. Com a chegada da Petrobras, instalando sua sede na cidade de Macaé, o município e todo seu entorno passaram a sofrer as consequências dessa nova fase de crescimento econômico, transformando de forma significativa o ambiente social, político e a produção de riqueza local.

Neste contexto de criação e surgimento de novos empreendimentos e atividades inovadoras no robusto, porém competitivo e exigente mercado da indústria do petróleo, foi constituída e iniciou suas atividades no ano de 2003 a empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos.

Atualmente estabelecida na propriedade rural denominada Fazenda Boa Esperança, às margens da Rodovia BR 101, Km 172,8 – Córrego do Ouro – Macaé

– RJ, com área total de 836.644 m², sendo 213.458 m² destinados à reserva legal, com cobertura florestal em estágio médio de regeneração e 122.805 m² de Áreas de Preservação Permanente (APP).

Com sua planta industrial ocupa 72.645 m², a empresa está licenciada pelos órgãos competentes e certificada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABTN) a operar as atividades de coleta, transporte, armazenamento temporário, beneficiamento, inclusive “blendagem” (tecnologia que consiste na mistura de resíduos compatíveis, proporcionando um produto alternativo para ser usado como combustível e matéria prima na indústria cimenteira) de resíduos classe I – perigosos e classe II – não perigosos; tratamento físico, químico, biológico, filtração e osmose reversa de efluentes industriais e sanitários.

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) tem capacidade instalada para tratar 3,30 m³ por hora ou 2.376 m³ por mês, produz, atualmente, em média, 1.115 m³ de efluente industrial tratado e 552 m³ de efluente sanitário tratado, com produção média mensal de 1.667 m³ de água de reúso.

Busca-se, com este artigo, validar a hipótese da viabilidade técnica, operacional, econômica e financeira da reutilização do efluente tratado (água de reúso), associado à logística reversa no caso da Transforma Gerenciamento de Resíduos a partir de sua caracterização (com base nos laudos das análises laboratoriais, parâmetros físicos, químicos e microbiológicos); do diagnóstico dos geradores de efluentes (potenciais consumidores de água de reúso), tendo como base os dados obtidos como resultado da aplicação de questionário próprio; da definição do custo operacional do fluxo reverso do efluente tratado (carregamento, transporte e descarga da água de reúso), da pesquisa documental e bibliográfica.

2 Referencial teórico

Nesta seção, são investigados por meio de revisão da literatura e documental, normativas, conceitos, práticas e aspectos legais considerados relevantes ao objeto trabalho.

2.1 Classificação e destaques de reúso de água

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES (2015) classificou o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável.

Hespanhol (1999) destaca três potenciais de reúso não potável: urbano, agrícola e industrial.

Alguns dos usos citados requerem distribuição em caminhões como lavagem de ruas, por exemplo, enquanto para outros são necessários sistemas separados de distribuição, o que a literatura designa como *sistemas duplos*. Dentre as restrições e problemas associados ao reúso urbano para fins não potáveis são, principalmente, os custos elevados do transporte rodoviário, assim como dos sistemas duplos de distribuição. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novas fontes para o abastecimento.

2.2 Normas, critérios e padrões

As normas e critérios de qualidade da água variam dependendo do tipo de reúso e, geralmente, dependendo do país e até dos estados. Nos EUA, por exemplo, a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) publicou em 2004 diretrizes para nível de tratamento e critérios de qualidade de água para vários tipos de reúso, mas cada estado geralmente tem adotado normas e critérios de qualidade de água específicos.

Atualmente no Brasil, o único diploma legal que trata especificamente do reúso de água é a Resolução nº 54/05 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos [CNRH], que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.

A edição desta resolução, no entanto, não significa que a implantação do reúso de água se dará de forma imediata, pois ela ainda carece de regulamentação na maioria dos seus pontos.

Segundo Fink e Santos (2003), da análise da referida resolução, podemos dizer que um passo importante foi dado, no sentido de ter trazido a prática do reúso para o ordenamento jurídico brasileiro, no entanto, ainda nos faltam mecanismos que possibilitem sua efetiva implementação.

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/2005 (CONAMA, 2005) a classificação das águas doces, salobras e salinas é essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes.

De acordo com Schor (2006), “não há uma qualidade pré-estabelecida para a água de reúso”, assim as águas para reúso industrial podem, potencialmente, ser originárias de quaisquer das classes, dependendo do fim a que se destinam.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no uso de suas atribuições resolve, mediante a Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011, complementar e alterar o disposto na Resolução N° 357/2005, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Aprovada pela deliberação N° 1007, de 04 de dezembro de 1986 e publicada no DOERJ- Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro de 12 de dezembro de 1986 da Conselho Estadual de Controle Ambiental do Estado do Rio de Janeiro (CECA), a norma técnica NT-202.R-10 - Critérios e padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos, estabelece critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP).

A Tabela 1 enumera os limites máximos permitidos para os parâmetros listados.

Tabela 1: **Padrão de lançamento de efluentes estabelecidos na NT-202-R10**

Parâmetros	Valores máximos permitidos mg/L
	NT- 202 – R-10
Alumínio	3,0
Chumbo	0,5
Cobre	0,5
Cromo	0,5
DBO	-
DQO	-
Fenóis Totais	-
Ferro Dissolvido	15,0
Ferro	-
Fósforo Total	1,0
Manganês	1,0
Surfactantes (com o LAS)	2,0
Nitrogênio Total	10,0
Óleos e Graxas Totais	-
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	20,0
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	30,0
PH (a 25°C)	5 a 9
Sólidos Suspensos Totais	-

Zinco Total	1,0
Coliformes Termotolerantes	-
Coliformes Totais	-
Ovos Viáveis de Helmintos	-
Cloreto	-
Temperatura	40

Fonte: CECA, 1986.

Em São Paulo, a Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo (Sabesp) já realiza - e vai ampliar ainda mais - o reúso planejado de água em suas instalações de tratamento de esgotos. A qualidade da água de reúso a ser fornecida para os usuários atenderá a um padrão básico definido em função das necessidades indicadas pelo "mercado" a ser abastecido.

Dessa forma, são indicadas as características necessárias da água de reúso visando aos referidos usos na Tabela 2.

Tabela 2: **Parâmetros de qualidade água de reúso não potável – SABESP**

Parâmetros	Valores máximos permitidos mg/L		
	Padrão água industrial (**)	Classe 1 (***)	Classe 2 (****)
Alumínio	0,1	0,1	0,1
Chumbo	-	-	-
Cobre	-	-	-
Cromo	-	-	-
DBO	10	≤ 20	-
DQO	20	-	75
Fenóis Totais	-	-	-
Ferro Dissolvido	-	-	-
Ferro	0,5	0,5	0,5
Fósforo Total	-	-	1
Manganês	0,5	0,5	0,5
Surfactantes (com o LAS)	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	< 1	< 1	< 1
Óleos e Graxas Totais	< 15	< 15	< 15
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	-	-	-
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	-	-	-
PH (a 25°C)	6 a 7	6 a 9	6,8 a 7,2
Sólidos Suspensos Totais	5	5	5
Zinco Total	1,0	1,0	1,0
Coliformes	-	200 NMP/100ml	-

Termotolerantes			
Coliformes Totais	2	2	2
Ovos Viáveis de Helminthos	-	<1/L	-
Cloreto	80 (70*)	100	500
Temperatura	-	-	-

OBS: (*) Limites requeridos pela indústria

(**) Padrão água industrial *Guidelines for Water Reuse Camp*

(***) Classe 1 – Irrigação paisagística, lavagem logradouros e espaços públicos, construção civil, desobstrução de rede pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio.

(****) Classe 2 – Uso em torre de resfriamento.

Fonte: SABESP, 2017.

2.3 Fatores econômicos

A Lei das Águas (1997), em seu Art. 19º, dispõe que a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor.

De acordo com Barros e Amin (2008), compreender a água como bem econômico constitui em estabelecer valor econômico de forma que apresente preço de mercado, que atenda aos princípios do poluidor-pagador onde estabelece a responsabilidade do consumidor de forma direta ou indireta sobre os impactos ao meio ambiente e a determinação de arcar monetariamente sobre estes, na disposição em que cada consumidor teria que pagar para que os recursos hídricos sejam preservados.

Usualmente pensamos em logística como o gerenciamento do fluxo de materiais do seu ponto de aquisição até o seu ponto de consumo. No entanto, existe também um fluxo logístico reverso, do ponto de consumo até o ponto de origem, que precisa ser gerenciado.

Para Lacerda (2002), a logística reversa tem ainda baixa prioridade nas organizações. Encontra-se em estágio inicial. O mercado e a legislação ambiental gerando tendência no aumento do fluxo de carga reversa e é claro do seu custo. Portanto, torna-se imprescindível o aumento da eficiência, com a adoção dos conceitos de planejamento do fluxo logístico direto, com estudos de localização, roteirização, programas de entrega etc.

Um exemplo de programa conduzido pela parceria de instituições privadas e públicas é o projeto Aquapolo Ambiental, desenvolvido como pioneiro para a grande região do ABC paulista. A princípio, o mesmo tinha como objetivo abastecer com águas de reúso industrial o polo petroquímico dessa região, onde no ano de 2011

produziu cerca de mil litros de água de reúso por segundo, economizando assim 2,58 bilhões de litros de água em um mês (Aquapolo Ambiental, 2011).

No Brasil, os governos estaduais e federais necessitam iniciar, de forma imediata, programas de gestão para estabelecer bases políticas legais e institucionais para o reúso dos efluentes, onde as linhas de responsabilidade e princípios de alocação de recurso devem ser estabelecidos juntamente com as companhias responsáveis pela coleta e tratamento de esgotos, os usuários que serão favorecidos pelos sistemas de reúso e o Estado, que tem como responsabilidade fornecer o abastecimento adequado de água, a proteção do meio ambiente e da saúde pública (Hespanhol, 2002).

De acordo com Leite (2009) e Hespanhol (2002), ao se implementar programas com base na logística reversa de pós-consumo, mesmo tendo um alto custo inicial, como é o caso da implantação de redes coletoras e estações de tratamento de efluentes - ETE, este, se empregado com devido planejamento, trará rentabilidade satisfatória, pois, ao agregar valor ao bem que antes era descartado e somente utilizado após ao descarte na natureza e ao um longo e oneroso processo em Estação de Tratamento de Água - ETA, este oferecerá oportunidades de redução de custos da água potável, dos insumos agrícolas e de investimento em outros setores, como na saúde.

O custo do transporte é composto por custos fixos e variáveis, tal classificação deve ser feita sempre em relação a algum parâmetro de comparação. Normalmente, em uma empresa industrial, são considerados como itens de custos fixos aqueles que independem do nível de atividade e itens de custos variáveis, aqueles que aumentam de acordo com o crescimento do nível de atividade. Do ponto de vista de um transportador, usualmente essa classificação é feita em relação à distância percorrida, como se a unidade variável fosse a quilometragem. Dessa forma, todos os custos que ocorrem de maneira independente ao deslocamento do caminhão são considerados fixos e os custos que variam de acordo com a distância percorrida são considerados variáveis (Lima, 2001).

Ainda segundo Lima (2001), o processo de composição do custeio de uma operação de transporte pode ser dividido em 4 etapas: 1. Definição dos itens de custos; 2. Classificação dos itens de custos em fixos e variáveis; 3. Cálculo do custo de cada item; 4. Custeio das rotas de entrega/ coleta.

3 Procedimentos metodológicos

Como material de pesquisa central, tem-se a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE e o banco de dados da Transforma Gerenciamento de Resíduos; pesquisa, por meio da aplicação de “Questionário” realizada junto aos geradores de efluentes, clientes da Transforma e possíveis compradores do produto água de reúso, além de um *notebook* e as bases de dados de pesquisas científicas: Scopus do portal Capes, Google Scholar e banco de dados de sites oficiais: ANA, FAO, ONU, CBH – Macaé e das Ostras, BRASIL, CEIVAP, CETESB, FIRJAN, EPA. Para a pesquisa, foram utilizadas as palavras chaves: Água; Recursos hídricos; Reúso de Água, Logística Reversa; Reutilização; Reciclagem; Resíduo.

3.1 Memorial descritivo e metodologia da ETE

Seguem a descrição e as características das unidades componentes, da Estação de Tratamento de Efluente - ETE e do processo de reúso - Ultra Filtração e Osmose, contemplando as 3 etapas seguindo a sequência de tratabilidade:

3.1.1 Estação de Tratamento de Efluente- ETE

O efluente bruto é recebido, inicialmente, em um reator físico químico e, posteriormente, segue a um sistema de gradeamento e separação de areia e óleo (SAO), onde são retidos os sólidos grosseiros e sedimentáveis por gravidade. O efluente da SAO é direcionado para a elevatória. Na elevatória, também será recebido o efluente sanitário, e toda demanda de efluente é recalcado em vazão máxima e ingressa no reator anaeróbio – UASB (sigla no idioma Inglês, ou RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente), onde ocorre a digestão anaeróbia mediante a ação de bactérias e pré-decantação por meio dos compartimentos internos. Logo após o UASB, o efluente chega ao Reator Aeróbio (LA), onde ocorre a digestão aeróbia.

O Reator Aeróbio tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos e evitar a deposição dos flocos bacterianos e os misturar homogeneamente ao efluente compondo a digestão aeróbia, a qual será proporcionada por aeração difusa a partir de um soprador tipo "roots" e difusores tubulares de membrana elástica para geração microbolhas.

3.1.2 Processo de reúso por ultrafiltração

O efluente tratado é direcionado por gravidade do Decantador Secundário do sistema de tratamento de efluente - ETE para o Tanque de Contato (TC), de onde será bombeado para um Filtro de Zeólita e Carvão ativado. Na linha pressurizada entre o TC e o Filtro, haverá dosagem de coagulante (Cloro férrico) e Hipoclorito de Sódio para auxiliar no pré-tratamento do efluente para ultra filtração.

A tecnologia UF está baseada em fibras ocas de Fluoreto de Polivinilideno Hidrofílico (H-PVDF) de dupla parede.

Após o pré-tratamento, o efluente será encaminhado ao sistema de Ultra filtração composto por dois módulos de membranas. Após a filtragem, o efluente é direcionado ao Tanque de Acúmulo para posterior etapa (OSMOSE).

Estes sistemas estão em fase final de instalação e pré-operação. Portanto, todos os resultados analíticos obtidos são baseados em amostras de bateladas que não sofreram os polimentos finais através da Ultrafiltração e Osmose.

3.2 Metodologia de caracterização dos efluentes tratados

A empresa, além dos testes realizados por batelada em laboratório próprio, realiza análises semanais no laboratório contratado Bioagri Ambiental Ltda., devidamente licenciado e credenciado pelo órgão ambiental competente – INEA.

Para caracterizar os efluentes tratados – água de reúso da ETE, foram compilados os dados analíticos e obtido o padrão médio por parâmetro, tendo como fonte a base de dados dos laudos “Resumo de Resultados da Amostra” obtidos na primeira fase do processo, antes da Ultra Filtração e da Osmose, posto que estes sistemas encontram-se em fase de pré-operação.

As amostragens são realizadas conforme estabelecido na norma SMWW (*standard methods for the examination of water and wastewater*), 22ª Edição, 2012 - Método 1060B e POP LB 010 rev.11 (Bioagri, 2016).

Referências metodológicas adotadas pela Bioagri Ambiental:

Temperatura: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2550 B
DBO: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5210 B
DQO: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5220 D
Sólidos: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2540 A, B, C, D, E
pH: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500H+ B
Óleos e Graxas: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5520 B, F

Coliformes: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 9223 A e B
 Surfactantes: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5540 C

3.3 Avaliação do potencial de consumo da água de reúso

A fim de se avaliar o mercado potencial para o produto água de reúso produzido na ETE, foi aplicado “Questionário” em universo amostral composto por 57 (cinquenta e sete) geradores de efluentes industriais e sanitários, todos clientes e contratantes dos serviços de coleta, transporte e tratamento de resíduos da Transforma e potenciais consumidores do produto em questão – água de reúso.

Figura 1: Formulário de pesquisa – “Questionário”

QUESTIONÁRIO

Questionário de avaliação do Projeto de Pesquisa intitulado “Reúso de água e Logística reversa: O caso da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos”; elaborado por Ricardo José leal de Medeiros do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense, Linha de Pesquisa: Desenvolvimento e Sustentabilidade.

Quesitos:

- 1- Qual ou quais as fontes de água da planta operacional?
 CEDAE () Poço (Outorga) () Caminhão Pipa
- 2- Volume total de água consumida por mês?
 _____ M³
- 3- Preço pago por metro cúbico? (No caso de mais de uma fonte, informar)
 R\$ _____
- 4- A organização tem interesse explícito em adotar a prática do reúso do efluente tratado para fins específicos não potáveis?
 SIM ()- NAO
- 5- Estrutura de armazenamento e distribuição de água de reúso para fins não potáveis?
 SIM ()- NAO
- 6- Disposição a pagar pela água de reúso em relação ao valor pago pela água potável
 _____ %

Fonte: Elaboração Própria.

3.4 Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete)

A simulação da composição do custo operacional do fluxo reverso (frete) do efluente tratado – água de reúso, tendo como ponto de partida a ETE/Transforma, situada na Rodovia BR 101, KM 172 – Macaé/RJ e destino a sede do município de Macaé, considerando um raio máximo de 22 KM, foi baseada na metodologia disponível na Resolução da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT N° 4.810 de 18 de agosto de 2005, considerando os seguintes dados e valores:

- Conjunto cavalo mecânico VW 19330, ano 2010, e carreta tanque 03 eixos Marca Randon, ano 2014 – Valor atual de revenda do conjunto - R\$ 215.000,00

- Salário Bruto Motorista Categoria E – R\$ 4.900,00
- Tributos anuais sobre o veículo (11%) – R\$ 2.463,94
- Seguro dos veículos (4,5%) – R\$ 9.600,00
- Percurso – 22 Km
- Capacidade carga – 27 M³
- Preço do diesel – R\$ 3,29/L

Os custos inerentes às operações de carregamento e descarregamento foram devidamente contemplados na composição do custo do frete.

4 Análise e discussão dos resultados

4.1 Caracterização dos efluentes tratados

Compilados os dados analíticos, foi obtido o padrão médio por parâmetro do efluente tratado – água de reúso, cujo resultado é demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3: **Padrão médio do efluente tratado**

Parâmetros	Resultados médios obtidos mg/L
Alumínio	2,31
Chumbo	< 0,01
Cobre	0,025
Cromo	< 0,01
DBO	70,84
DQO	144,38
Fenóis Totais	< 0,02
Ferro Dissolvido	0,88
Ferro	3,37
Fósforo Total	3,98
Manganês	1,30
Surfactantes (com o LAS)	1,84
Nitrogênio Total Kjeldahl	30,35
Óleos e Graxas Totais	< 10
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	< 10
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	< 10
PH (a 25°C)	7,31
Sólidos Suspensos Totais	51,41
Zinco Total	0,41
Coliformes Termotolerantes	150
Coliformes Totais	0,9
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1

Cloreto	702,96
Temperatura	27,43

Fonte: TRANSFORMA, 2015.

4.2 Quadro comparativo dos valores obtidos

Comparando-se os valores obtidos para estabelecer o padrão médio dos efluentes tratados – água de reúso e comparando-os aos valores estabelecidos e encontrados na bibliografia e normativas consultadas, foi possível definir os possíveis e permitidos usos, conforme demonstrado na Tabela 08.

Tabela 4: **Quadro comparativo dos resultados obtidos e valores máximos permitidos para os usos estabelecidos.**

Parâmetros	Resultados médios obtidos mg/L	Padrão água industrial (**)	Classe 1 (***)	Classe 2 (****)
Alumínio	2,31	0,1	0,1	0,1
Chumbo	< 0,01	-	-	-
Cobre	0,025	-	-	-
Cromo	< 0,01	-	-	-
DBO	70,84	10	≤ 20	-
DQO	144,38	20	-	75
Fenóis Totais	< 0,02	-	-	-
Ferro Dissolvido	0,88	-	-	-
Ferro	3,37	0,5	0,5	0,5
Fósforo Total	3,98	-	-	1
Manganês	1,30	0,5	0,5	0,5
Surfactantes (com o LAS)	1,84	-	-	-
Nitrogênio Total Kj eldahl	30,35	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	-	< 1	< 1	< 1
Óleos e Graxas Totais	< 10	< 15	< 15	< 15
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	< 10	-	-	-
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	< 10	-	-	-
PH (a 25°C)	7,31	6 a 7	6 a 9	6,8 a 7,2
Sólidos Suspensos Totais	51,41	5	5	5
Zinco Total	0,41	1,0	1,0	1,0
Coliformes Termotolerantes	150	-	200 NMP/100ml	-
Coliformes Totais	0,9	2	2	2
Ovos Viáveis de	< 1	-	<1/L	-

Helmintos				
Cloreto	702,96	80 (70*)	100	500
Temperatura	27,43	-	-	-

OBS: (*) Limites requeridos pela indústria

(**) Padrão água industrial *Guidelines for Water Reuse Camp*

(***) Classe 1 – Irrigação paisagística, lavagem logradouros e espaços públicos, construção civil, desobstrução de rede pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio.

(****) Classe 2 – Uso em torre de resfriamento.

Fonte: Sabesp, 2017 & Transforma, 2017.

Da análise comparativa dos dados obtidos com o nível de tratamento atual, sem o processo de Ultrafiltração e Osmose, sugere o que segue:

- O padrão de qualidade do efluente tratado atende para todos os parâmetros analisados aos padrões de lançamento estabelecidos nas normas, resoluções e diretrizes, tanto a nível federal (Conama 375/05, Conama 430/11), assim como a nível estadual (NT 202-R-10/86, DZ 215-R4/ 07 e DZ 205-R5/91).

- Para os parâmetros: Chumbo, Cobre, Cromo, Fenóis, Surfactantes, Nitrogênio Total, Óleos e Graxas, PH, Zinco, Coliformes, Ovos viáveis de Helmintos e Temperatura, o padrão médio do efluente tratado na ETE obtido enquadra-se aos limites máximos permitidos para água de reúso industrial, Classe 1(Irrigação paisagística, lavagem logradouros e espaços públicos, construção civil, desobstrução de rede pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio) e Classe 2 – Uso em torre de resfriamento (SABESP, 2017).

- Para os parâmetros: Alumínio, DBO, DQO, Ferro, Fósforo, Manganês, Sólidos suspensos e Cloreto, o padrão médio do efluente tratado na ETE obtido não atende aos limites máximos estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso indústria, Classe 1 e Classe 2.

4.3 Resultado obtido a partir da aplicação do “questionário” para avaliação do potencial de consumo

Os dados gerados a partir das respostas aos quesitos obtidos com a aplicação do “Questionário”, em um universo amostral composto por 57 (cinquenta e sete) geradores de efluentes industriais e sanitários, encontram-se compilados na Tabela 5.

Tabela 5: **Compilação dos dados obtidos a partir do “Questionário”**

Quesitos	Consultados (un.)	%
1 – Fonte de água potável da planta		
CEDAE	35	61%
PIPA	5	9%
POÇO	10	18%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%
2 – Volume médio consumido m³/mês	235,6	
3 – Preço médio pago por metro cúbico		
	R\$/m ³	
CEDAE	8,064	
PIPA	23,25	
POÇO	0,036	
4- A organização tem interesse explícito em adotar a prática do reúso do efluente tratado		
SIM	44	77%
NÃO	6	11%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%
5 – A organização possui estrutura de armazenamento e distribuição de água de reúso		
SIM	9	16%
NÃO	41	72%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%
6 – Disposição a pagar em relação ao valor pago pela água potável (%)		
0	11	19%
50	22	39%
75	5	9%
80	9	16%
100	3	5%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%

Fonte: Elaboração própria

O resultado da pesquisa realizada junto aos 57 consultados retrata o seguinte cenário:

- O consumo médio de água potável das 57(cinquenta sete) empresas consultadas é de 235,6 m³/mês.
- A maioria das consultadas (61%) possui fornecimento regular de água potável através da concessionária, Companhia Estadual de Águas e Esgotos [CEDAE]; 19%

tem suas demandas supridas por extração de água subterrânea (poço) e 9% tem seu fornecimento realizado através de caminhão pipa.

- O preço médio obtido, a partir da consulta realizada, praticado no mercado de Macaé/RJ, é de R\$ 8,06 (oito Reais e seis centavos) por metro cúbico cobrado pela concessionária CEDAE, Caminhão Pipa R\$ 23,25 (vinte três Reais e vinte cinco centavos) por metro cúbico e R\$ 0,036 (trinta e seis centésimos de Real) por metro cúbico de água de captação subterrânea, valor este cobrado pela Agência Nacional de Águas [ANA].

- Dos que responderam, 88% declararam pela organização ter interesse explícito em adotar a prática do reúso do efluente tratado. Contra 12% que, ao contrário, não demonstraram interesse.

- Apenas 18% dos que responderam possuem estrutura de armazenamento e distribuição de água de reúso em suas instalações.

- 6% dos consultados que responderam têm disposição de pagar pela água de reúso 100% do valor pago pela água potável (todos com extração de subterrânea); 18% pagariam pela água de reúso até 80% do valor pago pela água potável; 10% pagariam até 75%, 44% pagariam até 50% e 22% dos consultados que responderam não teriam disposição a pagar pela água de reúso.

4.4 Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete)

A simulação da composição do custo operacional do fluxo reverso (frete) do efluente tratado – água de reúso, tendo como ponto de partida a ETE/Transforma, situada na Rodovia BR 101, Km 172 – Macaé/RJ e destino a sede do município de Macaé, considerando um raio máximo de 22 Km, foi baseada na metodologia disponível na Resolução Nº 4.810 da Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT] de 18 de agosto de 2015.

Considerando os valores de referência utilizados e descritos no item 3.4 e aplicando-se a metodologia proposta pela ANTT, obteve-se o custo operacional do fluxo reverso - frete de R\$ 16,83 (dezesesseis Reais e oitenta três centavos) por Km ou R\$ R\$ 373,46 (trezentos e setenta e três Reais e quarenta e seis centavos) por viagem (ou por fluxo reverso).

Porém considerando que a metodologia adotada pela ANTT não considera a incidência de tributos e a margem de lucro da empresa; aplicando-se os percentuais de 14,5% de impostos sobre o preço final do frete e 10% sobre o valor do custo,

respectivamente, o resultado para o valor por fluxo reverso (frete) é de R\$ 480,45 (quatrocentos e oitenta Reais e quarenta cinco centavos) ou R\$ 17,80 (dezessete Reais e oitenta centavos) por m³.

5 Considerações finais

Considerando que o padrão médio dos efluentes tratados na ETE/Transforma atende e encontra-se dentro dos limites máximos permitidos para lançamento de efluentes, para todos os parâmetros analisados, de acordo com as normativas vigentes;

Considerando que para a maioria dos parâmetros analisados o padrão médio dos efluentes tratados na ETE/Transforma atende e encontra-se dentro dos limites máximos de referência estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso para a indústria, Classe 1 e Classe 2.

Considerando que, para os parâmetros: Alumínio, DBO, DQO, Ferro, Fósforo, Manganês, Sólidos suspensos e Cloreto, o padrão médio do efluente tratado na ETE obtido não atende aos limites máximos estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso para a indústria, Classe 1 e Classe 2;

Considerando que a grande maioria das organizações consultadas (88%) declararam ter interesse explícito na adoção da prática do reúso de água, apenas 18% das consultadas que responderam possuem sistema independente para armazenamento e distribuição de água de reúso;

Considerando que a maioria dos consultados que responderam se dispõem a pagar até 50% pelo valor da água de reúso em relação ao preço pago pela água potável praticado no mercado de Macaé/RJ, de R\$ 8,06 (oito Reais e seis centavos) por metro cúbico, cobrado pela concessionária CEDAE, Caminhão Pipa R\$ 23,25 (vinte três Reais vinte cinco centavos) por metro cúbico e R\$ 0,036 (trinta e seis centésimos de Real) por metro cúbico de água de captação subterrânea valor este cobrado pela Agencia Nacional de Águas – ANA.

Considerando ainda o preço mínimo viável a ser praticado pela empresa para a operação do fluxo reverso (frete) da ETE até o gerador ser da ordem de R\$ 17,80 (dezessete Reais e oitenta centavos) por m³;

Sugerimos que, de acordo com o discutido nas seções anteriores, a pesquisa bibliográfica e documental, os resultados obtidos e a detida análise dos mesmos apontam e possuem fortes evidencias que não confirmam a hipótese da viabilidade

técnica, econômica e financeira do projeto de sistema de logística reversa e reúso de água no caso do tratamento de efluentes na ETE da Transforma Gerenciamento de Resíduos, por não se demonstrar sustentável do ponto de vista técnico, econômico e financeiro diante da atual situação e circunstâncias.

Porém, há de ser considerado que a viabilidade técnica é factível de ser alcançada com a complementação do sistema de tratamento (processos de desmineralização – Ultrafiltração e Osmose), pelo qual projeta-se o pleno atendimento aos limites máximos estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso para a indústria, Classe 1 e Classe 2.

A sustentabilidade do projeto pressupõe a conformidade ambiental e a viabilidade econômica. Portanto, além da análise técnica, questões de ordem prática também devem ser analisadas para a escolha da adoção do reúso como prática de gestão e oportunidade de negócio. Uma das principais é a questão do custo do reúso (fluxo reverso – frete) em função dos custos de outras alternativas de abastecimento.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução ANTT nº 4.810 de 18 de agosto de 2005. Disponível em: <http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/41405/Resolucao_n__4810.html>. Acesso em: 05/08/2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil**. Rio de Janeiro, 2015.

AQUAPOLO AMBIENTAL. Projeto Aquapolo: Porque ele é uma saída pra nossa região. Santo André: Lene, 2011. Disponível em: <http://www.aquapolo.com.br/wp-content/uploads/2012/02/01revista_pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>> Acesso em: 15/06/2016.

BIOAGRI AMBIENTAL. **Relatórios de Ensaios Transforma Gerenciamento de Resíduos**. Macaé, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos,

regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Histórico da legislação hídrica no Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_historico.asp>. Acesso em: 17/05/2016.

CONSELHO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL. **NT 202 – R10: Critérios e Padrões de lançamento de Efluentes líquidos**. 1986.

CONSELHO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL. **DZ – 205.R-5: Diretrizes de Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial**. 1991.

CONSELHO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL. **DZ – 215.R-4: Diretrizes de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Sanitária**. 1991.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução N° 54: Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável da água. **Diário Oficial da União de 09/03/2006**. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14> Acesso em: 17/05/2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 375 de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Publicada no DOU nº 053**, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

OS DIREITOS da água. Disponível em: <http://www.ecolnews.com.br/direitos_da_agua.htm>. Acesso em 07/05/2016.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Human enteric virus survival in soil following irrigation with sewage plant effluents**. EPA-600/1-80-004. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP), 1980.

FINK, D.; SANTOS, H. A legislação de Reúso da Água. In: Mancuso, P.; Santos, H.(ed.). Reúso de Água. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v.7, n.4, 2002, p.75-95. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

LACERDA, Leonardo. **Logística reversa**: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, p. 6, 2002.

LEITE, P. R. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. 2ªed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMA, Maurício Pimenta. O custeio do transporte rodoviário. *CEL-Coppead/UFRJ*, 2001.

ONU divulga alerta mundial sobre efeitos da escassez de água. **Jornal Nacional**, 24 fev. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/02/onu-divulga-alerta-mundial-sobre-efeitos-da-escassez-de-agua.html>>. Acesso em 07/05/2016.

SABESP – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em 30/07/2017.

SCHOR, A. **Riscos e Alternativas para o Abastecimento de Água em uma Refinaria de Petróleo**. Estudo de Caso: Refinaria Duque de Caxias – REDUC. Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

TRANSFORMA. **Memorial Descritivo e Fluxograma da Estação de Tratamento de Fluentes**. Macaé, 2015.