

II-227 – AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS VISANDO REÚSO NÃO POTÁVEL

Layane Priscila de Azevedo Silva⁽¹⁾

Bióloga e Mestra em Engenharia Sanitária pela UFRN. Analista em Saneamento da A&E Equipamentos e Serviços Ltda.

Anna Keruzza Fernandes de Oliveira

Engenheira Civil pela UFRN e Especialista em Gestão de Projetos pela FGV. Gestora em Pesquisa e Desenvolvimento da A&E Equipamentos e Serviços Ltda.

Marcel Rafael Frazão Arruda Diniz

Engenheiro Civil pela Universidade Potiguar. Diretor Operacional da A&E Equipamentos e Serviços Ltda.

Matheus Frazão Arruda Diniz

Economista e Mestre em Desenvolvimento Regional pela UFRN. Diretor Administrativo da A&E Equipamentos e Serviços Ltda

Endereço⁽¹⁾: Rua Eng. João H. A. Rocha, 820 – Bl 10 Apto 306 – Planalto – Natal – RN – CEP: 59073-070 – Brasil – Tel: (84) 3227-3768 – e-mail: layane_azevedo@hotmail.com

RESUMO

O Brasil é um país em crescente industrialização, em função disso a demanda de água para esse setor também cresce. Com as recentes secas, que atingiram algumas regiões do país, a indústria se viu na urgência em, além de praticar o uso racional, buscar fontes alternativas de abastecimento. O esgoto tratado se mostra como uma boa opção, visto que várias fases da produção podem aceitar águas de menor qualidade, sem comprometer a integridade do produto final; além de existirem diversas outras possibilidades de usos não referentes a processos, como irrigação de jardins, lavagens de máquinas, pátios, calçadas, veículos, dentre outros. Diante disso, este trabalho avaliou o tratamento de efluentes de uma indústria de calçados, a fim de identificar os usos possíveis para o esgoto tratado, dentro da própria unidade, com base em regulamentações existentes. Para isso foram utilizados os laudos de caracterização físico-química dos efluentes de entrada e saída da ETE, cedidos pela própria indústria. A avaliação limitou-se ao tratamento já existente, que contemplava as seguintes etapas: canal de pré-tratamento, tanque pulmão, elevatória de esgoto bruto, reator anaeróbio de manto de lodo, filtro biológico aerado, decantador secundário, filtro descendente e desinfecção com cloro. Os resultados se mostraram satisfatórios para todos os parâmetros analisados, indicando que o esgoto tratado poderia ser reutilizado em usos não potáveis, tais como irrigação de áreas verdes, lavagens de pisos, e usos ornamentais e paisagísticos, de acordo com as regulamentações analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria de calçados, Tratamento de efluentes, Reúso não potável.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é um dos países mais industrializados do mundo. Na estimativa nacional de usos consuntivos da água, a indústria de transformação representa a terceira posição, atrás do abastecimento urbano e da agricultura irrigada (BRASIL, 2017).

O setor industrial é um local de grande potencialidade de reutilização de efluentes, visto que várias fases dos processos produtivos podem aceitar águas de menor qualidade, sem comprometer a integridade do produto final (GIORDANI, 2002). Além desses, existem diversas outras possibilidades de usos, que não são referentes a processos, como irrigação de jardins, lavagens de máquinas, pátios, calçadas, veículos, dentre outros.

A urgência da necessidade de uma boa gestão dos recursos hídricos na indústria foi refletida na queda da atividade industrial brasileira, nos anos de 2014 e 2015, em função da crise hídrica vivenciada pela região sudeste do país (BRASIL, 2017).

O reúso de efluentes na indústria, além de aumentar a disponibilidade hídrica, contribui para a redução da poluição ambiental, pois o empreendedor precisará investir em melhores técnicas de tratamento, que adaptem a qualidade dos esgotos gerados para um uso previsto, impedindo assim que efluentes de qualidade inferior sejam lançados em corpos receptores.

A prática do reúso na indústria também promove a ampliação das oportunidades de negócios para as empresas fornecedoras de equipamentos e serviços na área do tratamento de esgotos, gerando empregos diretos e indiretos. Além disso, ainda auxilia a referida indústria na obtenção de certificação ambiental, o que pode se tornar fator importante para destaca-la perante a concorrência nacional, bem como melhorar a inserção dos seus produtos nos mercados internacionais. Outro fator é a melhoria da imagem junto à sociedade, como uma indústria ambientalmente responsável (CAIXETA, 2010).

Nesta pesquisa foram estudadas as possibilidades de reúso de efluentes, a partir do sistema de tratamento já existente na indústria de calçados. Tratava-se de uma estação de tratamento de esgotos (ETE) biológica, em nível secundário, associando processos anaeróbio e aeróbio, e pós-tratamento através de filtração terciária.

A princípio, a ETE foi dimensionada com o objetivo de atender o padrão de lançamento de efluentes, estabelecido pela resolução Nº 430/2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2011). No entanto, essa configuração já é mencionada como apropriada para os usos múltiplos não potáveis de água, pela resolução conjunta SVDS/SMS (Secretaria Verde Desenvolvimento Sustentável/Secretaria Municipal de Saúde) Nº 09/2014, do município de Campinas (Campinas, 2014), para a classe B, bem como pela NBR 13969/1997, para as classes 1 e 2 de reúso (ABNT, 1997).

Desta forma, diante da qualidade do efluente final da ETE em questão, serão levantados os possíveis usos para esse, baseando-se em legislações ambientais que regulamentem o reúso.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o tratamento de esgotos sanitários de uma indústria de calçados e verificar as possibilidades de reúso não potável, dentro da própria unidade fabril.

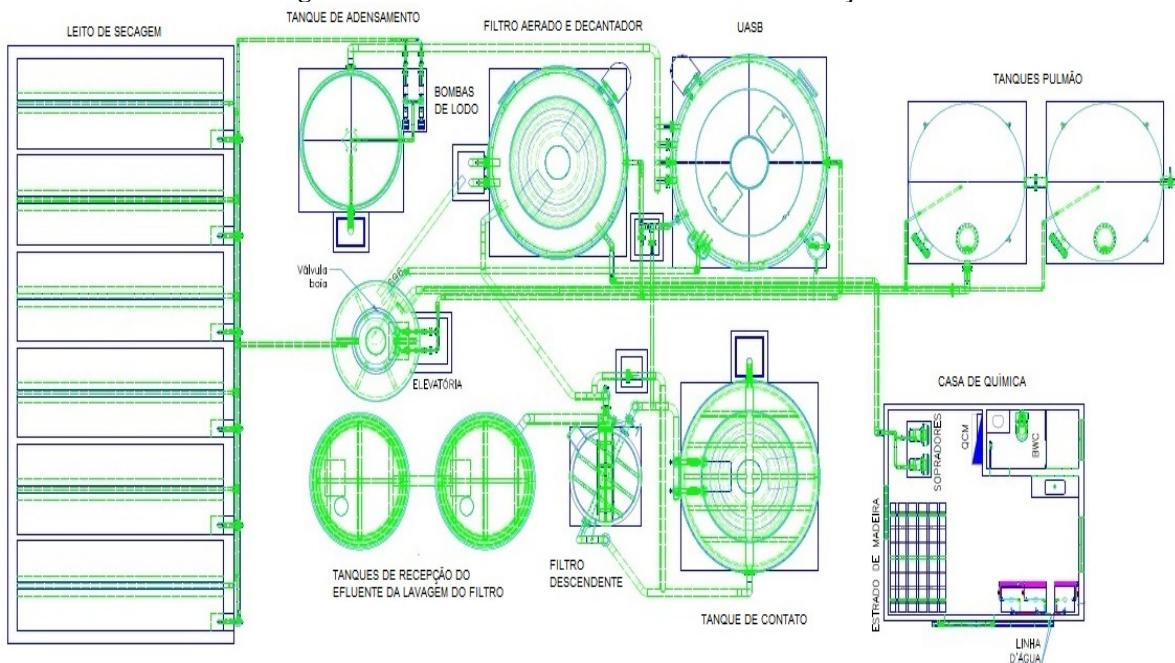
MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar a qualidade do esgoto tratado e verificar os seus possíveis usos em fins não potáveis, foram analisados os laudos de caracterização físico-química e microbiológica do afluente e efluente da ETE, sendo esses cedidos pela indústria. A partir disso, foi possível confrontá-los com os padrões de reúso recomendados pelos órgãos ambientais. A vazão encaminhada para estação era tipicamente doméstica, com contribuições provenientes do restaurante, banheiros, vestiários e limpezas da fábrica.

A ETE estudada estava instalada numa indústria de calçados, situada na região Nordeste do Brasil. Tratava-se de uma estação compacta, pré-fabricada em plástico reforçado com fibra de vidro, projetada para a vazão de até 10,0 m³/h, contemplando as seguintes unidades de tratamento, nesta sequência:

- Canal de pré-tratamento (grade, caixa de areia e calha Parshall)
- Elevatória de esgoto bruto
- Tanques pulmão
- Reator anaeróbio de manto de lodo (UASB)
- Filtro biológico aerado submerso com decantador secundário acoplado
- Kit de preparação e dosagem de solução de sulfato de alumínio
- Filtro rápido de areia com fluxo descendente
- Sistema de lavagem do filtro descendente
- Tanque de recepção de efluente da lavagem do filtro
- Kit de preparação e dosagem de solução de hipoclorito de cálcio
- Tanque de contato
- Tanque de adensamento de lodo
- Leito de secagem de lodo

Figura 1: Planta baixa da ETE da indústria de calçados.



*cedida pela empresa fabricante da ETE.

Como a fábrica possuía demandas diferentes ao longo dos turnos de trabalho, o esgoto bruto seguia primeiramente para os tanques pulmão, onde era equalizado, evitando assim que os picos de vazão fossem transferidos para ETE. Essa foi uma etapa importante, pois é aconselhável que o reator anaeróbio de manto de lodo (UASB) trabalhe com vazão regular, já que sobrecargas podem prejudicar a eficiência dele, devido à diminuição do tempo de detenção hidráulico e o aumento da velocidade ascensional (CARVALHO et al, 2008).

Após isso, o esgoto bruto era recalcado para o reator anaeróbio, que correspondia ao tratamento primário. Em seguida, o efluente dessa unidade seguia para o filtro biológico aerado submerso, e, posteriormente, para o decantador secundário.

Além desses, a ETE ainda contava com um polimento para o esgoto tratado, compreendido pelo filtro rápido de areia, de fluxo descendente. Antes de entrar nesse equipamento, o efluente recebia solução de sulfato de alumínio, a fim de promover a coagulação das partículas ainda presentes, otimizando a filtração.

A última etapa do tratamento foi a desinfecção, na qual o efluente filtrado seguia para o tanque de contato, onde a solução de hipoclorito de cálcio era inserida.

Os subprodutos gerados no tratamento foram o lodo excedente do reator UASB e o efluente da lavagem do filtro descendente. O lodo do filtro aerado e do decantador secundário, por não serem estabilizados, retornavam para a elevatória de esgoto bruto, e, em sequência para o reator, a fim de serem estabilizados pela via anaeróbia.

O lodo era encaminhado para o tanque de adensamento, com a finalidade de reduzir o seu volume e aumentar a concentração de sólidos. Nele eram estabelecidas duas zonas, sobrenadante e adensado. A primeira delas retornava para a elevatória de esgoto bruto, para ser reunida com os demais efluentes e reinserida no tratamento, enquanto que a fração adensada seguia para desidratação no leito de secagem.

Já o efluente da lavagem do filtro descendente era acumulado nos tanques de recepção e também encaminhado para a elevatória de esgoto bruto, porém com vazão regularizada, ao longo de toda a carreira de filtração, que era em torno de vinte e quatro horas. Esse procedimento também foi adotado a fim de evitar sobrecargas na estação.

A indústria contava com uma equipe para monitoramento e operação diária da ETE, com criterioso controle da rotina de atividades.

Os parâmetros avaliados neste trabalho foram: pH, DBO, DQO, turbidez e coliformes termotolerantes. As amostras coletadas pela equipe da fábrica, e encaminhadas para laboratório acreditado pelo INMETRO, obedecendo metodologia analítica da APHA (2012). Ao todo, foram oito meses de monitoramento, sendo uma coleta mensal, totalizando dezesseis amostras durante o período estudado. Os laudos foram cedidos pela indústria citada, para o desenvolvimento desta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da ETE estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Valores medianos dos resultados.

Indicadores	Unidades	Esgoto bruto	Esgoto tratado	Redução
pH	-	7,2	6,9	-
DBO	mg/L	473,0	19,9	95,8%
DQO	mg/L	1.069,2	45,5	95,7%
Turbidez	NTU	75,0	1,85	97,5%
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	$5,2 \times 10^6$	2	99,9999%

A ETE apresentou elevada eficiência de remoção para os parâmetros estudados, o que foi excelente, pois tais indicadores caracterizam, também, aspectos estéticos da água, que são cada vez mais aceitos como variáveis para o monitoramento da qualidade da água de reúso.

Além dos materiais flutuantes, que tornam a água de reúso indesejável para os usuários, a presença de matéria orgânica e microrganismos patogênicos representam a ameaça mais comum à reutilização de esgotos sanitários. De acordo com os resultados apresentados, o tratamento empregado se mostrou satisfatório quanto a remoção de todos esses elementos.

Quanto aos usos possíveis para o esgoto tratado em questão, foi verificada a resolução conjunta das secretarias de meio ambiente e saúde, do município de Campinas/SP, Nº 09/2014, a qual estabelece duas classes de usos múltiplos, que são: Classe A, própria para o reúso dos efluentes no combate a incêndio e lavagem externa de veículos; e Classe B, que destina o uso dos efluentes à irrigação paisagística, lavagem de logradouros, construção civil, desobstrução de galerias e redes de esgoto. A qualidade do efluente requerida para cada uma delas está apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Padrões de qualidade de águas para as classes A e B.

CLASSE A		CLASSE B	
Parâmetros	VMP	Parâmetros	VMP
Coliformes termotolerantes ou E. coli	100 UFC/100 mL	Coliformes termotolerantes ou E. coli	300 UFC/100 mL
Turbidez	1 NTU	Turbidez	5 NTU
DBO	5 mg/L	DBO	30 mg/L
Sólidos suspensos totais	5 mg/L	Sólidos suspensos totais	30 mg/L
Cloreto total	250 mg/L	Cloreto total	250 mg/L
Sódio	200 mg/L	Sódio	200 mg/L
Cloro residual total	Mínimo de 1,5 mg/L	Cloro residual total	Máximo de 3,0 mg/L
Cloro residual livre	Mínimo de 1,0 mg/L	Cloro residual livre	Máximo de 2,0 mg/L

Confrontando-se os resultados demonstrados na tabela 1 com os requisitos apresentados na tabela 2, observa-se que os efluentes poderiam ser reutilizados na classe B, que na indústria em questão seriam aplicados na irrigação de áreas verdes e na lavagem dos pisos. A classe A apresenta parâmetros mais restritivos, que podem ser alcançados com tecnologias de tratamento mais avançadas, como membranas filtrantes.

Em relação aos parâmetros cloretos e sódio, que não foram monitorados neste trabalho, pode-se admitir que eles se encontravam abaixo do valor máximo permitido, considerando que o esgoto em questão é tipicamente doméstico, cujas concentrações desses indicadores não ultrapassam 50 mg/L (VON SPERLING, 2017).

Os sólidos suspensos totais também não foram incluídos no plano de monitoramento da ETE da indústria de calçados, uma vez que o indicador utilizado para mensurar a clarificação do efluente foi a turbidez. De acordo com Teixeira e Senhorelo (2000), existe uma boa correlação entre esses parâmetros, com baixa margem de erro. Por esse fator, provavelmente, a concentração de sólidos suspensos totais encontrava-se abaixo de 30,0 mg/L. Acerca do cloro residual, o seu teor é monitorado em campo, podendo ser ajustado, caso necessário.

Além da diretriz nacional, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), apresenta importantes contribuições sobre a temática do reúso. A tabela 3 mostra padrões para reúso urbano não potável.

Apesar da descrição ser de uso “urbano”, dentro da unidade fabril existem várias demandas em comum com essa modalidade, que são: para acesso irrestrito, a irrigação de áreas recreacionais, descarga de toaletes, sistema de proteção contra incêndio, limpeza de veículos e pisos, sistemas de ar condicionado e uso em valorização ambiental, como lagos e fontes; e para acesso restrito, a irrigação de jardins e canteiros; e usos ornamentais e paisagísticos (EPA, 2012).

Tabela 3: Guia de reúso de água da USEPA.

CATEGORIA DE REÚSO	TRATAMENTO	QUALIDADE REQUERIDA	REÚSO URBANO
Irrestrito Utilização da água de reúso não potável em ambientes urbanos, onde o acesso público não é restrito.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secundário ▪ Filtração ▪ Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH: 6,0 – 9,0 ▪ DBO: ≤ 10 mg/L ▪ Turbidez: ≤ 2 NTU ▪ Coliformes fecais: Não detectável / 100 mL ▪ Cloro residual: 1 mg/L 	
Restrito Utilização da água de reúso não potável nos ambientes urbanos onde o acesso público é controlado ou limitado por barreiras físicas ou Institucionais, tais como cercas, sinalização consultiva, ou restrição de acesso temporal.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secundário ▪ Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH: 6,0 – 9,0 ▪ DBO: ≤ 30 mg/L ▪ SST: ≤ 30 mg/L ▪ Coliformes fecais: ≤ 200 / 100 mL ▪ Cloro residual: 1 mg/L 	

Comparando a qualidade do esgoto tratado da ETE com a requerida na tabela 3, verifica-se a possibilidade de reúso na modalidade restrita, que na indústria de calçados em questão pode ser aplicada na irrigação das áreas verdes.

Não foram mencionados neste trabalho os usos típicos de reúso industrial, como água de processo, alimentação de caldeiras ou torres de resfriamento, por exemplo, pois o objetivo da pesquisa foi aproveitar a ETE já existente, na qual a tecnologia não é apropriada para eliminação dos sais, que devem ser removidos, no caso dos usos citados.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A tecnologia de tratamento implantada, associando reator anaeróbio de manto de lodo, filtro biológico aerado submerso e decantador secundário, com pós-tratamento através de filtração terciária e desinfecção, é muito eficiente na remoção de matéria orgânica, turbidez e coliformes termotolerantes.

O esgoto tratado da ETE da indústria de calçados pode ser reutilizado dentro da unidade fabril, na irrigação de áreas verdes, lavagens de pisos, e usos ornamentais e paisagísticos, de acordo com as regulamentações analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC, 2012.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.
3. BRASIL. Agência Nacional de Águas. Água na Indústria: uso e coeficiente técnicos. 2017. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/estudo-da-agencia-nacional-de-aguas-aborda-uso-da-agua-no-setor-industrial/agua-na-industria-uso-e-coeficientes-tecnicos-versao-final.pdf>. Acesso em: 12 out de 2018.
4. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 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. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 06 out de 2018.
5. CAIXETA, C. E. T. Avaliação do atual potencial de reúso de água no estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
6. CAMPINAS. Resolução conjunta SVDS/SMS Nº 09, de 04 de agosto de 2014. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso não potável de água, provenientes de Estações de Tratamento de Esgotos (ETES) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de Campinas. Disponível em: <http://campinas.sp.gov.br/governo/meio-ambiente/resolucao-09-2014.pdf>. Acesso em: 15 out de 2018.
7. CARVALHO, K.Q. et al. Avaliação hidrodinâmica de reator UASB submetido à variação cíclica de vazão. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13, n.2, p. 226-235, jun. 2008.
8. EPA. Guidelines for water reuse. United States Environmental Protection Agency, U.S Agency for International Development: Washington, D.C, 2012.
9. GIORDANI, S. Averiguações das possibilidades de reuso de efluentes domésticos tratados nas bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira – Região de Curitiba. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.
10. TEIXEIRA, E. C.; SENHORELO, A. P. Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada. In: Anais do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 2000.
11. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Ed. UFMG, volume 1, 4ª edição. Belo Horizonte, 2017.