

## **Avaliação do processo fechado de filtragem lenta de água residuárias da lavagem de embalagens plásticas<sup>1</sup>**

Marcos Vinícius Alves da Silva<sup>2</sup>, Weliton Eduardo Lima de Araújo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Ambiental, como parte dos requisitos para obtenção de título de Engenheiro Ambiental, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2012.

<sup>2</sup>Aluno de Graduação, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2012. E-mail: [mrcs.eng@gmail.com](mailto:mrcs.eng@gmail.com)

<sup>3</sup>Orientador, Engenheiro Ambiental, Mestre, Professor da Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2012. E-mail: [wambiental@gmail.com](mailto:wambiental@gmail.com)

**Resumo:** A produção de plástico reciclado granulado envolve uma etapa de higienização preliminar das matérias-primas utilizadas, visando à elevação do valor comercial do produto final. Esse processo de higienização dos plásticos recebido gera um efluente com elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio, obrigando a realização de um tratamento desses despejos, antes do seu descarte final. Nesse sentido, o presente projeto tem por finalidade a elaboração de um mecanismo de filtragem para reúso dessa água em sistema fechado. Para tanto, foi realizado a implantação de um sistema piloto em escala reduzida de 1:150, composto por um tanque de reservação, filtro de material grosseiro e filtro de polimento, visando à retenção da matéria orgânica suspensa e o clareamento da água e, por fim, a reservação dessa água já clarificada em um tanque de água de reúso. Visando monitoramento da qualidade dessa água de reúso, bem como da eficiência do sistema, foram realizadas análises físico-químicas da mesma. Esperando-se com isso a diminuição do consumo de água e dos custos com o tratamento dos efluentes gerados.

Os estudos referentes a esse projeto foram realizados, em que, análises da água residuária ocorreram com o intuito de se avaliar a turbidez, cor, odor, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, verificando a eficiência do projeto.

**Palavras-chave:** filtro granular, plástico reciclado, tratamento de água

## **Process evaluation closed slow filtering residual water washing of plastic containers<sup>1</sup>**

Marcos Vinícius Alves da Silva<sup>2</sup>, Weliton Eduardo Lima de Araújo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Article presented to Faculty of Environmental Engineering as part of the requirements to obtain the title of Environmental Engineering, Faculty of Environmental Engineering, University of Rio Verde, 2012.

<sup>2</sup> Undergraduate Student, Faculty of Environmental Engineering, University of Rio Verde, 2012. E-mail: [mrcs.eng@gmail.com](mailto:mrcs.eng@gmail.com)

<sup>3</sup>Advisor, Environmental Engineer, MSc, Teacher Faculty of Environmental Engineering, University of Rio Verde, 2012. E-mail: [wambiental@gmail.com](mailto:wambiental@gmail.com)

**Abstract:** The production of recycled plastic granules involves a preliminary step of cleaning the raw materials used aiming to increase the commercial value of the final product. This process of cleansing of plastics received generates an effluent with high Biochemical Oxygen Demand, requiring periodic treatment of these effluents, before its final discard. In this sense, this project aims at developing a mechanism to filtration for reuse this water in a closed system. To that end, was performed to implant a system pilot in reduced scale of 1:150, composed of a tank Reservation, filter coarse material and polishing filter, aiming the retention of suspended organic matter and whitening of water and, finally, the reservation that the clarified water in a water tank for reuse. Aiming at monitoring the quality of water reuse as well as efficiency of the system, were performed physico-chemical analyzes of the same. Waiting with this the decrease of water consumption and of the costs with the treatment of effluents generated. The studies related to this project were performed in that analysis of wastewater was for the purpose of evaluating the turbidity, color, odor, Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand, verifying the efficiency of the project.

**Keywords:** granular filter, recycled plastics, water treatment

## INTRODUÇÃO

Cada vez mais valorizada a água se torna constantemente objeto de estudos sobre sua utilização e melhor aproveitamento em diversas áreas, buscando-se, com isso, seu melhor aproveitamento e menor desperdício. Dessa forma, novas técnicas de tratamento e reaproveitamento vêm surgindo, possibilitando uma melhor utilização deste bem vital para a humanidade.

Ela é citada por Moran et al. (1985) e Breckman (1998) como essencial ao surgimento e à manutenção da vida, sendo indispensável para o desenvolvimento de diversas atividades criadas pelo homem, agregando a mesma por essa razão, valores: econômico, social e cultural.

Segundo Mancuso e Santos (2007), “a água é insumo básico de quase todos os processos industriais, [...] ao mesmo tempo, o crescimento da população vem demandando, continuamente, água em quantidade e qualidade compatíveis”.

Colaborando com os autores supracitados, Maturuma (2007) relata, em seu trabalho, que o setor industrial é um grande consumidor de água e que, no atual cenário mundial, os países considerados emergentes estão se industrializando cada vez mais, ou seja, a demanda por água ainda irá aumentar, afetando, dessa forma, os problemas relacionados

com a disponibilidade hídrica. O autor lembra ainda que o volume necessário de água, assim como a qualidade exigida, depende do tipo de atividade desenvolvida pela indústria.

Mierzwa e Hespanhol (2005) relatam que qualquer atividade que envolva a utilização de água é potencialmente capaz de gerar efluentes que, na maioria dos casos, são lançados para o meio ambiente. Conseqüentemente, a possibilidade de reutilização deste efluente impactaria diretamente nos custos com água nas indústrias e no desgaste do meio ambiente.

Dessa forma, os incentivos cultural, econômico e político, que têm apoiado a aplicação de tecnologias sustentáveis, vêm proporcionando alterações significativas na demanda de água nesses setores (Telles e Costa, 2010). Para as indústrias, essa minimização do consumo de água e o seu reúso traz economia, um ganho de produtividade e em contrapartida melhora a imagem da mesma perante o mercado.

Essa visão sobre a gestão e melhor aproveitamento dos recursos hídricos não é um fato novo. Segundo Borges (2003), foram registradas práticas de reúso de água nas antigas civilizações, sobretudo na Grécia, onde os efluentes eram usados para irrigação nas agriculturas. Entretanto, somente a partir do século XX, que surgiram as primeiras regulamentações sobre o tema.

“No Brasil, os custos elevados da água para uso industrial, particularmente nas regiões metropolitanas, têm estimulado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reúso” (Maron Jr, 2006), como por exemplo, a reutilização de um efluente em um outro setor, a circulação da água de resfriamento, tratamento do efluente gerado para reutilização no mesmo processo, entre outras.

Uma das tecnologias sustentáveis utilizada para melhorar as características físico-químicas do efluente, possibilitando o seu reúso é a filtração.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por finalidade a elaboração de um mecanismo de filtragem para futuro reúso da água em sistema fechado, em indústria de produção de plástico reciclado granulado, no município de Rio Verde-GO, visando à diminuição do consumo de água através do reúso, bem como dos custos com a disposição final das águas residuárias geradas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido nas dependências da estação de tratamento de efluente de uma indústria que trabalha com produção e comércio de plástico granulado, situada no município de Rio Verde-GO, o qual possui uma etapa de higienização preliminar das matérias-primas utilizadas, que são embalagens plásticas de frigoríficos de abate de aves e suínos e agrícolas utilizadas para o transporte e estocagem de sementes e insumos, gerando dessa forma a água residuária do processamento do plástico.

A empresa tem seu funcionamento em horário comercial com turnos de 8 horas onde, utiliza nesse período, um volume aproximado 13,5 m<sup>3</sup>/dia de água para lavagem da matéria-prima. A mesma utiliza em dias alternados as embalagens plásticas de frigoríficos e agrícolas.

Ao término do expediente esta água é encaminhada para um tanque de concreto com chicanas presente na empresa para que futuramente seja feito o seu descarte.

Devido a baixa disponibilidade de espaço físico e a vazão de água de lavagem requerida pela empresa, o protótipo testado foi desenvolvido em escala reduzida de 1:150 em relação a estrutura da ETE já existente.

O sistema sugerido com uma complementação para a estrutura da ETE já existente, a qual trabalha somente com a decantação do efluente como objetivo de remover boa parte dos sólidos presentes no mesmo, foi composto pelas seguintes estruturas:

- 01 tanque de reservação feito de um tambor metálico com capacidade volumétrica igual a 200 litros;
- 01 filtro de material grosseiro, composto de duas telas de 25 cm<sup>2</sup> com vazados de 2 x 2 mm;
- 01 filtro de polimento construído com uma tubulação de cloreto de polivinila (PVC) de 250 mm de diâmetro e 1,42 m de altura;
- 01 caixa de gordura para construção civil de dimensões 250x172x50 mm, utilizada aqui acoplada à parte inferior da torre de filtragem, tendo como função o escoamento do efluente já tratado.

Após montado, a coluna ou leito de filtragem (filtro de polimento) totalizou 1,57 m de altura, apoiada sobre uma estrutura de madeira para sua fixação, conforme ilustra a Figura 1 que mostra todo o sistema.

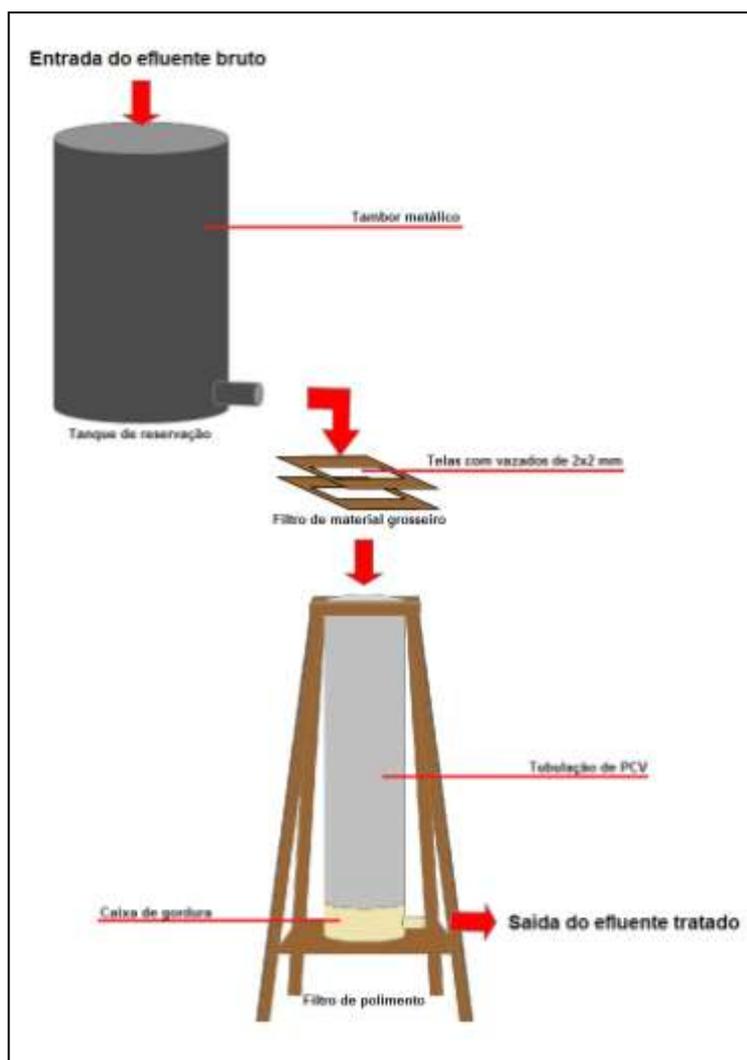


Figura 1: Estrutura do protótipo testado

A escolha das faixas granulométricas para o material filtrante foi escolhida com base nos dados obtidos por Richter e Netto (1991), buscando um baixo custo do sistema, proporcionando maior filtração sem aumentar em demasiadamente a perda de carga no mesmo, utilizando-se dessa forma as seguintes composições para as camadas filtrantes exibidas na Figura 2, descritas da parte inferior do sistema para a superior:

- 1<sup>a</sup>. camada: 16 cm de brita, com faixa granulométrica (FG) de 19 a 38mm;
- 2<sup>a</sup>. camada: 46 cm de areia fina, de FG entre 0,6 a 1,2mm com carvão vegetal na proporção de 2:1;
- 3<sup>a</sup>. camada; 15 cm de areia fina, de FG entre 0,6 a 1,2mm;
- 4<sup>a</sup>. camada: 20 cm de areia grossa, de FG entre 1,2 a 2,4mm;
- 5<sup>a</sup>. camada: 10 cm de brita 01, de FG entre 19 a 38mm e
- 50 cm de margem de segurança para evitar o transbordo do efluente, devido à

filtragem lenta ter uma considerável perda de carga em sua vazão de saída, objetivando com isso, à retenção da matéria orgânica suspensa e uma diminuição da turbidez, da cor e do odor com o carvão vegetal.

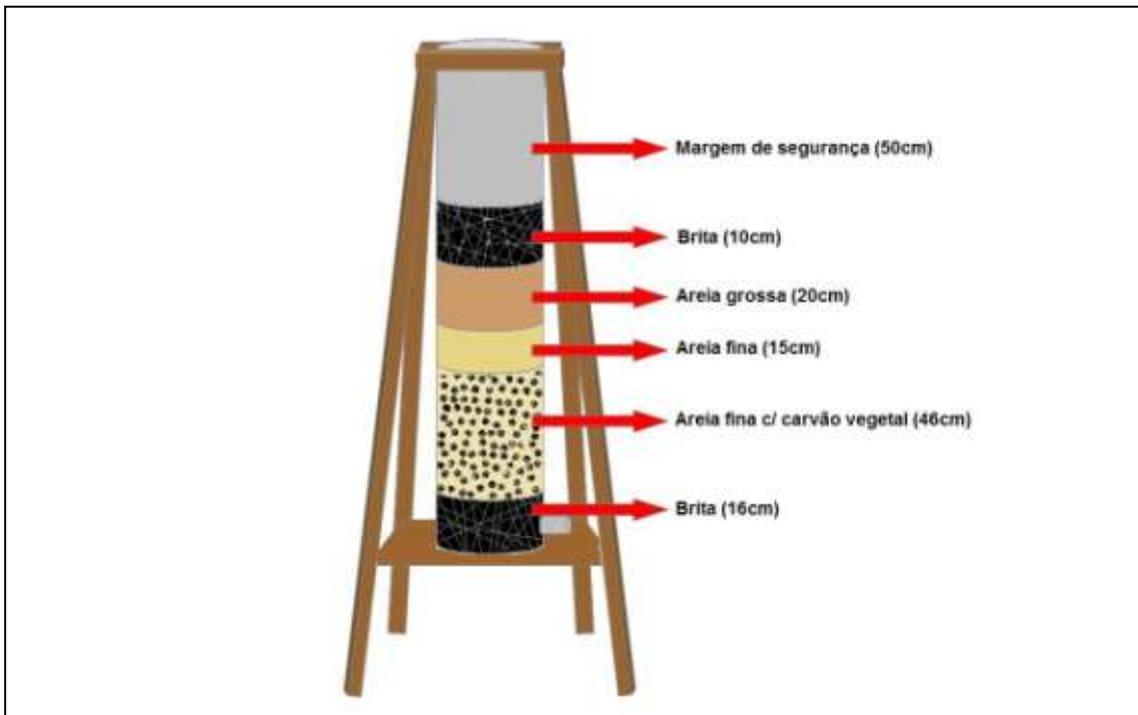


Figura 2: Disposição das camadas filtrantes no filtro de polimento

Por fim, toda a água oriunda do sistema de filtração foi conduzida ao tanque de reservação de água de reúso já presente no local.

Segundo Mimura et al. (2010), o carvão vegetal apresenta uma propriedade importante chamada adsorção devido à sua composição química e área superficial, que consiste na retenção de substâncias líquidas, gasosas ou dissolvidas em sua superfície, diminuindo, assim, a concentração delas e a intensidade de seus odores.

A água residuária da lavagem da matéria-prima utilizada no experimento foi coletada diariamente ao final do expediente da indústria na tubulação de entrada do efluente no tanque de concreto com chicanas, onde são estocados os efluentes gerados nas instalações da indústria, e conduzido ao tanque de reservação um volume de 90 litros de onde foi transferida por um período médio de 38 minutos, aos filtros numa vazão média de 2,36 litros por minuto, sendo determinada a partir da vazão real de 354 litros por minuto.

Visando realizar a verificação da eficiência do sistema proposto, foram coletadas amostras diárias do efluente bruto e do tratado (submetido pelo processo de filtração), com o auxílio de frascos esterilizados, compondo um total e 06 amostragens, entre os

dias 08 e 13 de outubro de 2012. As amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório Microlab – Laboratório de Análises Microbiológicas e Ambientais S/S LTDA, com sede na cidade de Goiânia-GO, onde foram realizados os seguintes ensaios: turbidez, cor aparente, odor DBO e DQO, seguindo a metodologia descrita no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (SMEWW), recomendada pela *American Public Health Association* (APHA, 1998), tendo como padrões referenciais a CONAMA No. 430 de 13 de maio de 2011.

Os cálculos de eficiência obtida foram determinados por meio da Equação 1 descrita abaixo:

$$E\% = \frac{VP_b - VP_f}{VP_b} \times 100, \text{ onde:} \quad (\text{Equação 1})$$

$E\%$  = grau de eficiência obtida pelo parâmetro avaliado;

$VP_b$  = valor do parâmetro obtido em análise no efluente bruto;

$VP_f$  = valor do parâmetro obtido em análise no efluente filtrado;

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as análises foi observado, através dos parâmetros de DBO e DQO, uma maior eficiência na remoção de matéria orgânica no efluente do segundo dia, o qual tem como base resíduos agrícolas em relação ao de resíduos frigoríficos apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos nas análises realizadas para os parâmetros de DBO e DQO

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA								
Coleta	Efluente Bruto (mg/L)*		Efluente Tratado (mg/L)		Eficiência do Tratamento (%)		Material Lavado	
	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO		
1	2598,7	4305	1621,8	2740	37,6	36,4	Frigorífico	
2	3421,8	5620	498,6	882	85,4	84,3	Agrícola	
3	3589,2	5940	2508	4090	30,1	31,1	Frigorífico	
4	3254,1	4915	586,2	1126	82,0	77,1	Agrícola	
5	3045,8	5130	1930	3708	36,6	27,7	Frigorífico	
6	2973,9	5810	415,7	914,1	86,0	84,3	Agrícola	

\*mg/L = miligramas por litro

Tal comportamento pode ser explicado pela probabilidade de uma concentração maior de sólidos dissolvidos e demais fluidos, como sangue, presentes nos resíduos

oriundos de frigoríficos, não sendo retidos pelo sistema de filtração da água residuária gerada, conferindo assim as baixas eficiências observadas.

Nos parâmetros físicos de cor e odor, as amostras apresentaram uma variação menor no seu grau de eficiência, ficando entre 83,5 e 93,5 % para Turbidez e 71,4 e 89,4 % para Cor aparente, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos nas análises realizadas para os parâmetros turbidez e cor aparente

ANÁLISES FÍSICAS							
Coleta	Efluente Bruto		Efluente Tratado		Eficiência do Tratamento (%)		Material Lavado
	Turbidez (NTU)*	Cor aparente (uH)*	Turbidez (NTU)	Cor aparente (uH)	Turbidez	Cor aparente	
1	468,0	4920,0	36,9	1270,0	92,1	74,2	Frigorífico
2	1240,0	13850,0	89,0	1810,0	92,8	86,9	Agrícola
3	1089,0	7000,0	180,0	2000,0	83,5	71,4	Frigorífico
4	1105,0	11368,0	71,7	1204,0	93,5	89,4	Agrícola
5	752,0	5278,0	64,0	768,0	91,5	85,4	Frigorífico
6	1387,0	15162,0	115,2	1660,0	91,7	89,1	Agrícola

\* NTU = unidade nefelométricas de turbidez; uH = unidade de cor por Hazen em mg/L

Comparando os dados de obtidos para a cor aparente e turbidez, pode-se dizer que esse comportamento de eficiência observado se deve principalmente pela remoção de sólidos sedimentáveis (SS), e em uma menor proporção, pela remoção dos sólidos dissolvidos (SD), visto que a determinação desses parâmetros leva em conta a concentração dos sólidos totais ( $ST=SD+SS$ ) para cor aparente e de SS para a turbidez, existentes na amostra.

Tal fato pode ser confirmado se correlacionarmos os resultados aqui obtidos com os já apresentados para DBO e DQO, onde se verificou uma eficiência maior de remoção para esses dois parâmetros acontece para os materiais de origem agrícola que apresentam uma fração menor de sólidos dissolvidos.

No que se refere à remoção do odor do efluente, através do carvão vegetal, mostrou-se ineficiente em todas as amostras, devido às análises sensoriais comprovarem a presença do mesmo após o tratamento, confrontando assim os dados de eficiência apresentados por Minura et al (2009) para uma situação similar.

Em relação ao tempo de filtração, com o tempo de operação do filtro, foi possível avaliar que o mesmo apresentava uma vazão de saída média de 0,42 litros por minuto, inviabilizando a operação do mesmo em fluxo contínuo devido à demora da percolação, ocasionando o transbordamento no filtro de polimento.

## CONCLUSÕES

- A eficiência na remoção de matéria orgânica se mostrou mais eficiente com o efluente da lavagem de plástico de produtos agrícolas do que frigoríficos segundo os parâmetros de DBO e DQO.
- O sistema mostrou-se bastante satisfatório nos parâmetros de turbidez e cor mostrado pelo alto índice de eficiência.
- O carvão vegetal foi ineficiente na remoção de odor do efluente nas quantidades utilizadas no sistema.
- Recomenda-se em futuros testes o acréscimo de uma etapa de tratamento químico com coagulantes e a troca do carvão vegetal pelo carvão ativado em pó na tentativa de se aumentar a eficiência do sistema.
- O sistema em si não demonstrou capacidade de atender a filtração em relação da vazão de entrada e saída do efluente, evidenciando a necessidade de alteração da vazão de trabalho do mesmo.
- Devido a alta carga de sólidos presentes no efluente a ser tratado, esperava-se que o sistema apresentasse algum indicio de saturação, porem, surpreendentemente o mesmo mostrou-se uniforme em seu funcionamento. Recomenda-se mais testes para que possa ser avaliado seu ponto de saturação.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: APHA, 1998.

BORGES, L. Z. **Caracterização da Água Cinza para Promoção da Sustentabilidade dos Recursos Hídricos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

BREECKMAN, G. B. **Water conservation, recycling and reuse**. Water Resources Development, Oxford, v.14, n.3, 1998.

MANCUSO, P. C. S. ; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de água**. 1ª ed. 1ª reimpressão. São Paulo: MANOLE, 2007.

MARON JR, R. **Reúso de água em indústria metalúrgica rolamenteira – estudo de caso da skf do Brasil Ltda**. São Paulo, 2006, p.17.

MATSUMURA, E. M. **Perspectivas para conservação e reúso de água na indústria de alimentos – estudo de uma unidade de processamento de frangos**. **Dissertação (Mestrado em engenharia hidráulica e sanitária)**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2007, 249 p.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MIMURA, A. M. S.; SALES, J. R. C.; PINHEIRO, P. C. Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão. **Química nova na escola**. v.32, n.1, p.53-56, 2010.

MORAN, J. M.; MORGAN, D. M.; WIERSMA, J. H. **Introduction to environmental science**. 2ª ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1985.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001. p.201-202.

TELLES, D. A.; COSTA, R. H. P.G **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2ª ed. São Paulo: BLUCHER, 2010.