

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CATEGORIA 2

REUSO DE AGUA POR LODO ATIVADO PARA LAVAGEM DE TREM

AUTOR

Antonio Carlos Silva Ferreira

INTRODUÇÃO

A crescente demanda de água doce, para os mais diversos usos, provocou um aumento na preocupação e conseqüentemente nos estudos e pesquisas relacionados ao tratamento de efluentes e afluentes. Sendo o sistema de lodo ativado, de grande uso e importância em tais processos. Este sistema é um processo biológico no qual o esgoto e as águas reutilizadas afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados, em um tanque de aeração, ocorrendo a decomposição da matéria orgânica pelo metabolismo das bactérias e outros microrganismos presentes. Devolvendo ao corpo d'água, uma carga poluidora menor, ou desconsiderável. Nesse sentido este artigo tem o objetivo da realização de uma revisão bibliográfica acerca de lodo ativado, considerando, a importância do reuso dessa água em lavagem de trem, bem como as características desse tipo de sistema e os parâmetros utilizados para o controle do sistema. Salienta-se, que para um resultado satisfatório, é necessário conhecer a fonte

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



geradora deste efluente e afluentes, direcionando as técnicas mais adequadas, para cada situação. Para realização deste artigo, foi utilizado como base de estudo a Companhia Brasileira de Trens Urbano Recife CBTU (METROREC), onde o processo de lavagem dos trem é feito usando água do abastecimento da concessionária local e poço artesiano. O reuso de água por lodo ativado para lavagem de trem que tem o objetivo de mostrar a necessidade de preparação de um sistema de reuso de água apresentando tecnologias de gestão ambiental e sustentabilidade, parte da água descartada pelas canaletas de toda edificação e galpão da oficina de pequeno reparo (OPR) em Recife, será direcionada para um sistema de tratamento de água (ETA), a água é captada e todos os rejeitos são reutilizados com o aproveitamento de 80% a 100% deles. Após passar por um tratamento a água é armazenada em tanques e posteriormente, direcionada para um sistema de abastecimento da edificação da oficina de pequeno reparo CBTU-Recife-PE para lavagem de trem e podendo ser utilizada também para diversas áreas comuns como em jardim, lavagem de pisos e vasos sanitários, evidenciando que, a partir de sua atuação, podem ser tomadas decisões de implementar melhorias no sistema de lavagem de trem, as quais podem resultar em ganhos profissionais e técnicos. Adicionalmente, serão apresentados panoramas de estudos para treinamento e capacitação de estação de tratamento de água por lodo ativado. Ao final, será apresentado como esse projeto pode impactar em ganho e benefício para a CBTU.

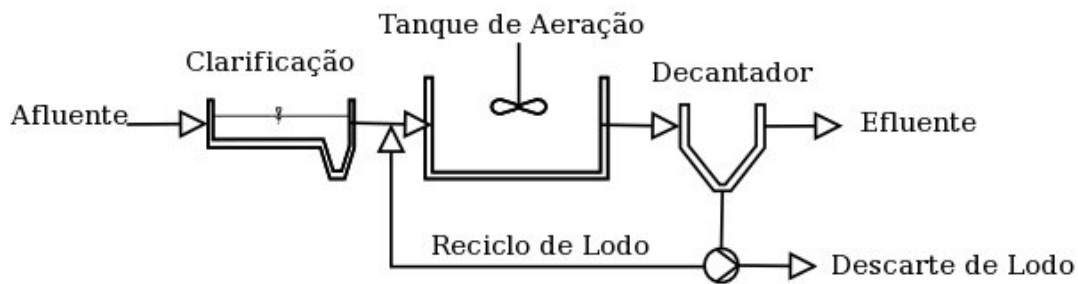


Figura 1 – um sistema de lodos ativados convencional.

PROCESSO LODO ATIVADO

O processo biológico que ocorre dentro do tanque é todo aeróbio. No tanque, a aeração tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos (biomassa) e evitar a deposição dos flocos bacterianos, a fim de misturá-los homogeneamente com o efluente. O oxigênio pode ser introduzido por meio de um sistema de aeração mecânica, por ar comprimido, ou ainda pela introdução de oxigênio puro.

Após passar pelo tanque de aeração, o efluente é enviado continuamente a um decantador secundário, cuja função é separar o efluente tratado do lodo. O lodo depositado no fundo do decantador secundário é recirculado ao tanque de aeração a fim de aumentar a concentração de microrganismos para estabilizar a matéria orgânica. O sobrenadante do decantador (efluente tratado) é então descartado para o corpo receptor.

O excesso de lodo, decorrente do crescimento biológico, é extraído do sistema sempre que a concentração da biomassa do tanque de aeração ultrapassa os valores de projeto.

O lodo, normalmente, passa por uma etapa de adensamento e desaguamento.

O sistema de lodos ativados possui duas modalidades: Aeração convencional; e Aeração prolongada.

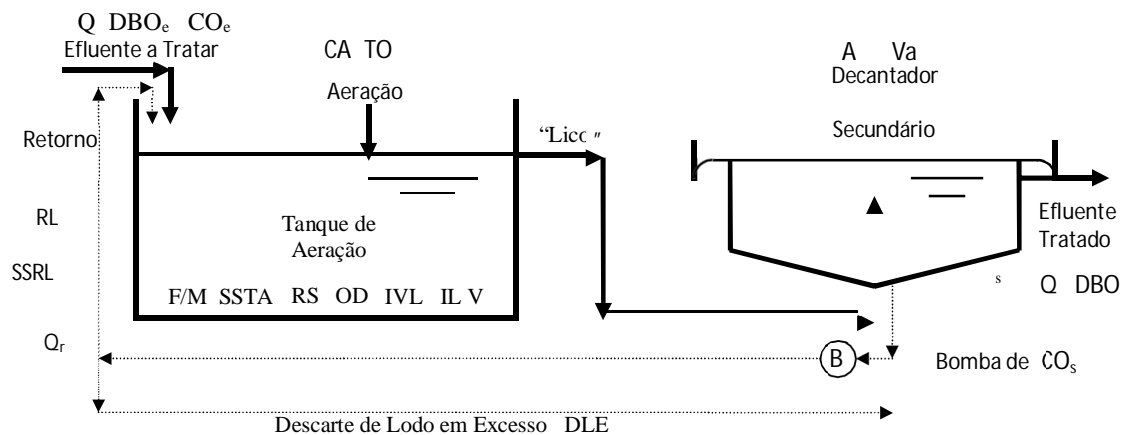


Figura 2 – um sistema de lodos ativados.

A seguir apresentamos o sistema utilizado para lavagem de trem:

Aeração Convencional

Parte da matéria orgânica é retirada antes do tanque de aeração, através do decantador primário. Assim, há no sistema de aeração convencional o sistema de tratamento primário. Este sistema necessita de uma etapa para a estabilização do lodo (ocorre nos biodigestores).

Além disso, o sistema é projetado para receber uma elevada carga de DBO.

Principais características:

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

- Idade do lodo: 4 a 10 dias;
- Tempo de detenção hidráulico: 6 a 8 horas; e
- Relação F/M = de 0,25 a 0,50.

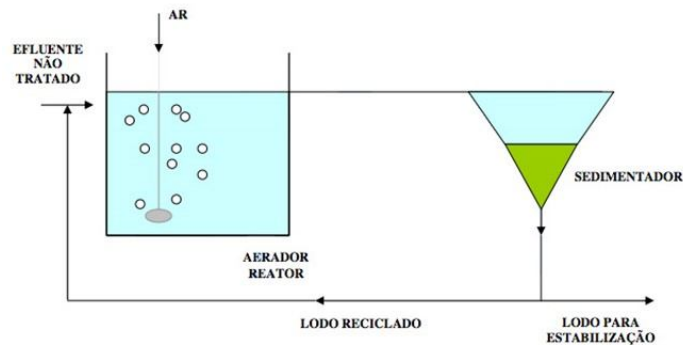


Figura 3 – Esquema ilustrativo de um sistema de lodos ativados convencionais.

O sistema preserva os recursos hídricos com a utilização de água não potável na lavagem dos trens, reduzindo, assim, o gasto de água tratada. A água da chuva é captada em um telhado com área de 4 mil metros quadrados e depositada em uma caixa d'água com capacidade de 10 mil litros. Passa, então, por um sistema de circuito fechado e é filtrada com lodo ativado.

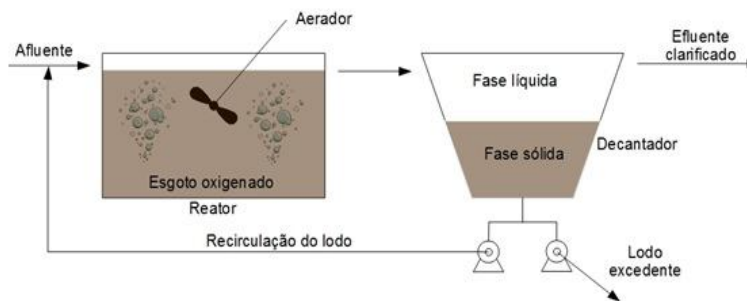


Figura 4 – Crescimento bacteriano.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Representação dos sólidos

Normalmente é expressa em Sólidos Suspensos Totais (SST), e representa a fração orgânica e inorgânica. Como a biomassa é constituída por sólidos suspensos no tanque de aeração deve-se distinguir duas expressões: há uma fração inorgânica, que não participa da conversão do substrato orgânico e a biomassa que é expressa em Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), pois representam a fração orgânica dos sólidos suspensos.

Representação da matéria carbonácea (substrato)

Adota-se normalmente a DBO (mg/L) como a variável representativa.

- Substrato afluente (S_o): DBO afluente. Apresenta a DBO_{5,20} total (DBO solúvel + DBO em suspensão) afluente ao aerador.
- Substrato efluente (S): (DBO_{5,20} efluente). Representa a DBO_{5,20} solúvel efluente do reator.

Produção de Sólidos (em função do substrato)

O crescimento bacteriano (biomassa) se processa em decorrência da remoção de substrato (DBO). Quanto mais alimento for assimilado, maior a taxa de crescimento bacteriano.

Tempo de Detenção Hidráulica e Tempo de Residência Celular

Em sistemas de Lodos Ativados, os sólidos são concentrados no decantador e retornam ao reator, para manter a concentração de sólidos suspensos no mesmo.

Em sistemas com recirculação de sólidos, a idade de lodo será sempre maior do que o Tempo de Detenção Hidráulica. Isto explica a maior eficiência dos sistemas de lodos ativados comparados com outros sistemas.

Relação F/M

Esta relação baseia-se na ideia da quantidade de substrato (comida = DBO) disponível por unidade de massa de microrganismos (biomassa) e está estritamente ligada a eficiência do sistema. Assim, pode-se entender que, quanto maior a carga de DBO fornecida a um valor unitário de biomassa, menor será a eficiência na assimilação deste substrato, mas, por outro lado, menor será o volume do reator. Sistemas de aeração prolongada apresentam F/M menor.

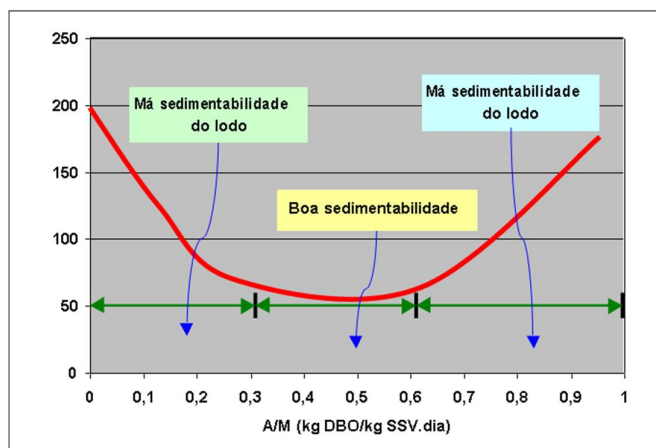


Figura 5 – Curva relação F/M

Idade do Lodo

A idade do lodo representa o tempo médio que um partícula em suspensão permanece sob aeração. É também conhecida como tempo médio de residência dos organismos, ou tempo médio de detenção celular. É numericamente igual a relação entre massa de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



sólidos em suspensão voláteis, no tanque de aeração, e a massa de sólidos em suspensão voláteis descartadas por dia.

Decantabilidade do lodo (IVL)

A decantabilidade do lodo pode ser expressa através dos parâmetros como o Índice Volumétrico de Lodo (IVL).

O IVL mede, em outras palavras, a qualidade do lodo, e é uma forma de monitorar a qualidade do lodo dentro do tanque de aeração.

Relação SST/SSV

Costuma-se quantificar a concentração de SSV através da concentração de SST no tanque de aeração através da relação SSV/SST.

- Relação SSV/SST para lodos ativados convencional: 0,70 a 0,85.

Recirculação do lodo ativado

Para obter uma elevada concentração de sólidos no reator e uma idade de lodo maior que o tempo de detenção hidráulica ($\Theta_c > t$), é necessária a recirculação do lodo no sistema.

A vazão de recirculação depende fundamentalmente da qualidade do lodo gerado no sistema. Quanto mais concentrado for este lodo no decantador secundário, menor poderá ser a vazão de recirculação, para que se mantenha uma determinada concentração de sólidos no reator.



Figura 6 – Esquema ilustrativo do sistema de lodos ativados.

- Valores típicos de SS no lodo de retorno: 000 a 12.000 mg/L.

Fatores que interferem na qualidade do lodo:

- Idade do lodo bem reduzida pode implicar num crescimento bacteriano com tendência a ser disperso, ao invés de floculento (ideal);
- Idade de lodo bem elevada podem implicar num floco constituído predominantemente de um resíduo da respiração endógena bastante mineralizado, com pequena capacidade de floculação;
- Baixos teores de OD; e

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- Um reator de fluxo pistão é capaz de produzir um lodo com melhor decantabilidade que um reator de mistura completa.

Produção e retirada do lodo excedente

Como há uma produção diária de células (SSV) no tanque de aeração, correspondente as células que se alimentam do substrato, deve-se haver um descarte das mesmas do sistema, para que o sistema permaneça em equilíbrio (produção de sólidos = descarte de sólidos). O descarte é feito através da linha de descarte de lodo.

Retirada de lodo excedente

Em sistemas de lodos ativados, o lodo excedente pode ser removido de dois locais diferentes.

- Extração de lodo excedente diretamente do reator; ou
- Extração de lodo excedente da linha de recirculação.

Ao final do processo de espessamento e desaguamento, o lodo é enviado para o seu destino final, que podem ser os aterros sanitários ou incineradores.

Outra alternativa que vem sendo bastante estudada e difundida é a utilização do lodo (tratamento de efluentes domésticos) como fertilizantes na agricultura.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



RESULTADOS OBTIDOS

Tanque de Aeração

Manter o sistema de aeração operando ininterruptamente.

Verificar diariamente os valores RS e SSTA, e calcular o IVL (Índice Volumétrico de Lodo).

Verificar diariamente o OD no tanque de aeração, o qual deverá ser mantido em torno de 2,0 mg/l.

- Dosagem de Nutrientes

À entrada do Tanque de Aeração:

DBP:N:P = 100:5:1 (aceitável 100:3,5:0,5)

- Decantador Secundário / Elevatória de Lodo

Regular a vazão de extração de lodo pelas válvulas de descarga, para valores entre 30 e 150% da vazão média afluyente do efluente bruto.

A vazão de recirculação pode ser estimada utilizando-se o gráfico abaixo, em função dos Sólidos Sedimentáveis medidos no tanque de Aeração

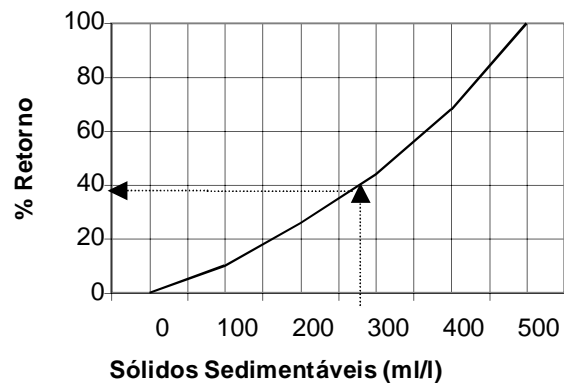


Figura 7 – Esquema Sólidos Sedimentáveis.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Q = Vazão de Efluente

$$= 100 \text{ m}^3/\text{hSS} = 270 \text{ ml/l}$$

% Recirculação = 38% (Obtidos do Gráfico)

$$Q_R = \text{Vazão de Recirculação} = \frac{\% R \times Q}{100} = \frac{100 \times 32}{100} = 32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Através deste ajuste deverão ser obtidos os padrões de operação acima especificado.

Cálculo da Carga Orgânica

Exemplo:

Vazão de Efluente Primário = Q =

2.200 m³/dDBO (Efluente Primário)

= 2500 mg/l

$$\text{Carga Orgânica} = \frac{Q \times \text{DBO}}{1000} = \frac{2200 \times 2500}{1000} = 5500 \text{ kg DBO/d}$$

Cálculo do Fator F/M

Dados:

Carga Orgânica = 5500 Kg

DBO/d Volume do Tanque de

Aeração = 4374 m³

Sólidos em Suspensão no Tanque de Aeração = 3500 mg/l

$$F/M = \frac{C.O. \times 1000}{V \times \text{SSTA}} = \frac{5500 \times 1000}{4374 \times 3500} = 0,35 \text{ kg DBO/d.Kg SSTA}$$

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

Cálculo da Idade do Lodo

Conhecidos:

$V = 4374 \text{ m}^3$ (Tanque de

Aeração) $SSTA = 3500 \text{ mg/l}$

$SSRL = 6000 \text{ mg/l}$ (Retorno/ Descarte do Lodo)

$Q_{DLE} = 150 \text{ m}^3/\text{d}$ (vazão de descarte de Lodo)

$$IL = \frac{V \times SSTA}{Q_{DLE} \times SSRL} = \frac{4374 \times 3500}{150 \times 6000} = 17 \text{ dias}$$

Cálculo do IVL

Conhecidos:

$SSTA = 3500 \text{ mg/l}$

$SS = 400 \text{ mg/l}$

$$IVL = \frac{SS \times 1000}{SSTA} = \frac{400 \times 1000}{3500} = 114 \text{ ml/g}$$

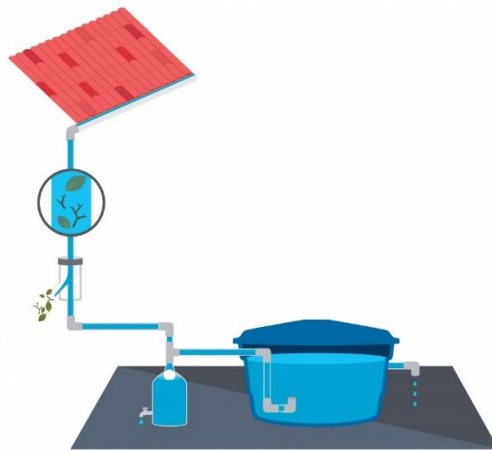


Figura 8 – Esquema de captação da água.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 9 – Planta provisória de reuso de água com lodo ativado.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, com investimentos relativamente baixos para a construção de unidades de filtração, desinfecção e de armazenamento em ETEs e ETAs, seria possível o aproveitamento de efluentes tratados, que poderiam ser empregados em atividades como: lavagem de trem, irrigação de jardins, lavagem de pavimentos e veículos, fins ornamentais, combate à incêndios, construção civil, etc. Usos estes que independem de redes de distribuição de água potável, podendo ser transportados aos locais de utilização por caminhões pipa. O reuso de águas chamadas cinzas é uma boa opção no âmbito doméstico e áreas abertas. Devido aos custos mais acessível de implantação e operação são mais indicados para reuso industrial e predial. Lodos Ativados é uma tecnologia com maior sofisticação e complexidade quando comparada a outros sistemas de tratamento de esgotos, porém elevadas taxas de eficiência na remoção da DBO tornam essa tipologia a solução adequada para lavagem de trem. A configuração clássica como a convencional, apresentam potencial para superar as limitações e eficiência desse sistema tradicionais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Nesse artigo, foi apresentada apenas uma introdução ao sistema, deixando para outras publicações o detalhamento dos equipamentos (aeradores, tanques/reatores e decantadores) e o processo de remoção de nutrientes.

Foi apresentado parâmetros do sistema de lodos ativados, que podem ser percebidas como vantagens e desvantagens e que dependem de diversos fatores para avaliar qual variação de lodos ativados melhor se enquadra em determinada situação.

Por fim, é apresentado um apanhado geral das vantagens e desvantagem do funcionamento do sistema em relação a outras tipologias de tratamento de esgotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, L. L. G.; VARGAS, K. P.; JESUS, E. H. A. análise de eficiência do sistema de lodo ativado no tratamento de efluentes de um curtume na cidade de Uberlândia – MG. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG – 2014.

AMMAN, R.; GLÖCKNER, F.O.; NEEF, A. Modern methods in subsurface microbiology: in situ identification of microorganisms with nucleic acid probes. FEMS Microbiology Reviews, v. 20, n. 3-4, p. 191-200, 1997.

BENTO, A.P. et al. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 4, p. 329-338, 2005.

BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. CLAAS, I. C. Lodos ativados: Princípios teóricos fundamentais, operação e controle. Porto Alegre: Evangraf, 2007.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



DALZELL, D.J.B. et al. A comparison of five rapid direct toxicity assessment methods to determine toxicity of pollutants to activated sludge. *Chemosphere*, v. 47, n. 5, p. 535-545, 2002.

FERREIRA, F.D., CORAIOLA, M. Eficiência do lodo ativado em uso contínuo para tratamento de esgoto. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais*. Curitiba, v 6, n 2, p. 259 – 279, 2008.

FREIRE, R.S. et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000. GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JENKINS, D.; RICHARD, M.G.; DAIGGER, G.T. Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems. 3. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 2003.

LAMBOLEZ, L. et al. The environmental risks of industrial waste disposal: an experimental approach including acute and chronic toxicity studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 28, n. 3, p. 317-328, 1994.

MACHADO, C. R. A. Avaliação do processo de lodos ativados combinado com carvão ativado em pó no tratamento de efluente de refinaria de petróleo. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

MOTTA, M. et al. Estudo do funcionamento de estações de tratamento de esgotos por análise de imagem: validações e estudo de caso. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, n. 3, p. 170-181, 2003.

NUVOLARI, A. et al. Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



OLIVEIRA, G.S.S.; ARAÚJO, C.V.M.; FERNANDES, J.G.S. Microbiologia de sistema de lodos ativados e sua relação com o tratamento de efluentes industriais: a experiência da Cetrel. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v.14 n.2, p. 183-192, 2009.

POOLE, J.E.P. A study of the relationship between the mixed liquor fauna and plant performance for a variety of activated sludge sewage treatment works. Water Research, v. 18, n. 3, p. 281-287, 1984.

STACHIW, R. Modelagem e simulação do processo de adsorção de compostos orgânicos em xisto, catalisador exaurido de FCC e carvão ativado em pó. 2008. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VAZOLLÉR, R.F. et al. Microbiologia de lodos ativados. São Paulo: Cetesb, 1989. VON SPERLING, M. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados. Minas Gerais: UFMG, 1997