

II-140 – OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS UTILIZADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL: ESTUDO DE CASO.

Kleiton Eduardo da Silva⁽¹⁾

Bacharel em Química pela Universidade Regional de Blumenau. Especialista em Gerenciamento de Águas e Efluentes pelo SENAI/SC em Blumenau. Técnico de Laboratório SENAI/SC.

Rodrigo Afonso de Bortoli

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Desenvolvimento de Processos Químicos pela Unicamp. Consultor de empresas SENAI/SC.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Paulo, 1147 - Bairro Victor Konder - Blumenau - SC - CEP: 89012-001 - Brasil - Tel.: (47) 3321-9682 - e-mail: kleitons@sc.senai.br

RESUMO

As indústrias de beneficiamento têxtil são geradoras de efluentes com alta carga orgânica e com cor residual. Os tratamentos empregados visam reduzir ao máximo esta carga e a cor. Um dos sistemas mais empregados é o tratamento com lodos ativados (remoção da matéria orgânica) seguido de um polimento final físico-químico (remoção da cor). A base do processo biológico de lodos ativados é o contato efetivo entre os microrganismos e o material orgânico, de tal modo que este possa ser utilizado como alimento pelos mesmos para promover o desenvolvimento de uma colônia microbiológica, denominada de floco. A quantidade de biomassa é expressa como sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração. A concentração ideal de biomassa do sistema da empresa deveria estar entre 3.000 a 5.000 mg/L, no entanto, devido as condições operacionais e intrínsecas do efluente têxtil, a concentração de sólidos caiu drasticamente, levando a uma eficiência de remoção de carga orgânica menor que 30%. A otimização do sistema se deu a partir da inoculação de uma biomassa ativa, já adaptada à degradação de efluentes desta natureza. Após esta inoculação foi realizado um acompanhamento operacional, onde foi observado um acréscimo gradativo de sólidos em suspensão voláteis e aumento na idade do lodo, indicando uma boa recuperação do sistema biológico. A eficiência do sistema alcançou os mesmo níveis de projeto, chegando a cerca de 70% de remoção de carga orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: Lodos ativados, Efluente têxtil, Microfauna, Biomassa ativa.

INTRODUÇÃO

Com a finalidade de depurar os efluentes líquidos têxteis, várias técnicas conhecidas estão sendo aplicadas, como tratamentos físico-químicos, biológicos e a combinação destes. Contudo ainda enfrentam-se dificuldades tecnológicas e operacionais advindas das características intrínsecas destes despejos, como a difícil degradação biológica, toxicidade sendo que em muitos casos, os processos físico-químicos isoladamente são insuficientes na adequação do efluente final aos padrões ambientais vigentes.

A alternativa tecnológica com melhores resultados reportada é o sistema de tratamento biológico por lodos ativados, por já estar bem consolidada e pela sua alta eficiência na remoção da matéria orgânica associada à pequena área de implantação requerida. No entanto, esses processos não apresentam boa eficiência na remoção da cor residual, oriunda justamente dos corantes utilizados nos processos de tingimento.

Este processo consiste em provocar o desenvolvimento de uma cultura microbiológica na forma de flocos (lodos ativados) em um tanque com aeração mecânica, durante tempo necessário para metabolização da matéria orgânica presente no efluente a tratar, vindo a constituir uma mistura denominada "licor". Este licor é enviado continuamente a um decantador (decantador secundário), destinado a separar o efluente tratado do lodo. O lodo é recirculado ao tanque de aeração a fim de manter a concentração de microrganismos ideal ao tratamento. O sobrenadante do decantador é o efluente tratado, pronto para descarte no corpo receptor. O excesso de lodo, decorrente do crescimento biológico, é extraído do sistema sempre que a concentração do licor ultrapassa os valores de projeto. Este lodo pode então ser desidratado, tendo como possível aplicação o seu uso na agricultura (JENKINS; RICHARD; DAIGGER, 2003).

Entretanto a eficiência e confiabilidade do sistema de lodos ativados dependem das condições microbiológicas devido ao fato da microfauna ser extremamente sensível à ação do meio e de agentes externos, como agitação, oxigenação, composição do substrato, nutrientes e contaminantes, o que permite considerá-la um ótimo indicador das condições operacionais do sistema de tratamento (MADONI, 1994).

As inconveniências do processo de lodos ativados referem-se à susceptibilidade à composição do efluente a ser tratado, cargas de choque, gasto excessivo de energia elétrica, principalmente devido ao sistema de aeração, e produção elevada de lodo excedente. A eficiência deste tipo de tratamento depende, dentre outros fatores, da capacidade de floculação da biomassa ativa e da composição dos flocos formados.

A partida e recuperação de um sistema de lodos ativados quando colocados à frente de compostos de difícil degradação pode ocasionar sérios problemas ao processo e até mesmo interromper as atividades biológicas no interior do sistema. No tratamento de despejos industriais, em especial aqueles projetados para a remoção de poluentes específicos, torna-se necessário à adaptação da biomassa para que esta seja capaz de degradá-los.

O presente trabalho tem como objetivo reportar a otimização de uma estação de tratamento de efluente têxtil do tipo lodos ativados com aeração prolongada, mediante a inoculação de uma biomassa ativa, com vistas a maior confiabilidade operacional, melhoria na qualidade do efluente final e redução de custos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma indústria de beneficiamento têxtil catarinense de médio porte que trabalha diretamente com tingimento de malha. O mesmo foi dividido em duas etapas, sendo elas: avaliação do sistema biológico de tratamento, e; acompanhamento operacional do sistema após a inoculação de uma biomassa ativa.

Avaliação do sistema biológico

O sistema de tratamento biológico da empresa possui as seguintes características:

- Vazão média: 70 m³/h
- Tipo de sistema: lodos ativados com aeração prolongada
- Possui dois reatores biológicos (direito e esquerdo), cada um com 1450 m³
- Possui somente um decantador secundário com área de 241 m²
- O tempo médio de detenção hidráulica é de 33 horas
- Relação A/M ideal: 0,08 a 0,15 (VON SPERLING, 2002)
- SSVTA ideal: 3.000 a 5.000 mg/L (VON SPERLING, 2002)

O sistema foi inicialmente avaliado quanto à concentração de biomassa ativa, em termos de sólidos suspensos, presentes em cada um dos reatores e quanto à eficiência de remoção de carga orgânica do sistema em termos de DQO (demanda química de oxigênio).

A unidade de massa das células microbianas é expressa em termos de sólidos em suspensão totais (SST), uma vez que a biomassa é constituída de sólidos que se encontram suspensos no reator, entretanto, nem toda a massa destes sólidos participa da conversão de substrato orgânico, havendo uma fração inorgânica que não desempenha funções em termos do tratamento biológico. Assim, a biomassa ativa é expressa em termos de sólidos em suspensão voláteis (SSV). As determinações das frações de sólidos suspensos de cada reator foram executadas por gravimetria (APHA, 2005).

Na avaliação da eficiência de um reator biológico do tipo lodos ativados não há sentido em considerar a DQO total efluente devido à elevada concentração de matéria orgânica em suspensão, representada pela população microbiana, sendo que a determinação da DQO filtrada é mais indicada para avaliar o desempenho do reator propriamente dito, enquanto que a DQO em suspensão o desempenho da unidade de decantação final. Neste sentido para avaliar a eficiência do sistema de lodos ativados utilizado pela empresa foram realizadas análises de DQO na entrada do sistema (equalização) e DQO filtrada na saída do decantador secundário. As análises de DQO foram realizadas por refluxo fechado (APHA, 2005) e eficiência do sistema foi avaliada conforme a equação 1.

$$\text{Eficiência (\%)} = \left(\frac{DQO_{\text{entrada}} - DQO_{\text{saída}}}{DQO_{\text{entrada}}} \right) \times 100$$

Equação (1)

As amostras de lodo dos reatores também foram submetidas a exame de microscopia, tendo como objetivo avaliar qualitativamente as amostras de lodo através da observação das características morfológicas e estruturais dos flocos biológicos, abundância relativa de organismos filamentosos, organismos componentes da microfauna, ocorrência de predominância de determinado organismo ou grupo sobre os demais e as presenças de células livres em suspensão. Os aspectos foram analisados com microscópio binocular, marca Bioval, sob iluminação de campo claro e contraste de fases na magnitude de 100 vezes de aumento.

Acompanhamento operacional

Um tratamento de efluente adequado exige rigoroso controle do sistema utilizado, entendimento sobre a influência dos compostos tóxicos no processo de depuração e quão eficientes é o sistema para remoção da carga tóxica, a qual, muitas vezes, é medida pela redução de DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), toxicidade, ou outro composto cuja remoção é indispensável para disposição final.

Um detalhe importante com relação ao desempenho de uma estação de tratamento de efluentes diz respeito à própria rotina de controle e operação realizada por sua equipe técnica. É bastante oportuno que ocorra um perfeito conhecimento do processo de tratamento em questão, e também uma eficiente estratégia de controle e monitoramento. Seguramente, a preocupação com os aspectos operacionais da estação de tratamento deve ter início na fase de planejamento, concepção e projeto da ETE, onde devem ser observadas as implicações do processo a ser adotado, com maior ou menor facilidade de controle.

A partida de um sistema de lodos ativados quando colocados à frente de compostos de difícil degradação pode ocasionar sérios problemas ao processo e até mesmo interromper as atividades biológicas no interior do sistema. No tratamento de despejos líquidos industriais, em especial aqueles projetados para a remoção de poluentes específicos, torna-se necessário à adaptação da biomassa para que esta seja capaz de degradá-los. Assim sendo, a capacidade de degradação do sistema de lodos ativados pode ser aumentada se o inoculo for adaptado.

Uma vez que o sistema de tratamento biológico de lodos ativados utilizado pela empresa têxtil não apresentava uma boa eficiência na remoção de carga orgânica, foi realizada então a inoculação de uma biomassa (lodo) já aclimatada e adaptada à degradação de efluentes desta natureza, buscando assim melhorar o desempenho da estação de tratamento como um todo. Conjuntamente com a inoculação de biomassa também foi adicionada uma carga extra de substrato de fácil degradação (melado), objetivando obter-se uma maior produção de sólidos no reator, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Inoculação

Inoculação	
Fonte do inoculo	Lodos ativados ETE têxtil
Concentração inicial de inoculo	± 10.000,0 mg/L SST
Quantidade adicionada	30 m ³
Carga extra de substrato	
Produto	Melado
DQO	1.686.000,0 mg/L
Densidade	1,4 kg/L
Quantidade adicionada	400 kg
Carga aplicada	332,21 g/m ³

Esta inoculação foi realizada somente em um dos reatores (reator direito). O mesmo foi operado durante dois dias, sendo que após este período foi realizada a mistura de lodo entre ambos os reatores. No acompanhamento operacional desta estação foram realizadas análises semanais durante um mês e após quinze dias dos seguintes parâmetros: DQO (demanda química de oxigênio) de entrada, DQO filtrada da saída do efluente no decantador secundário e sólidos em suspensão voláteis dos reatores (SSV). Na primeira semana após a inoculação da biomassa ativa também foi realizada uma avaliação microbiológica do lodo dos reatores.

RESULTADOS

Avaliação dos reatores

Na tabela 2 abaixo podem ser verificadas as concentrações de sólidos suspensos nos reatores biológicos antes da inoculação da biomassa ativa.

Tabela 2: Concentração de sólidos nos reatores biológicos

Parâmetro	Metodologia	Reator direito	Reator esquerdo	Unidade
Sólidos suspensos totais	Gravimetria	380,0	370,0	mg/L
Sólidos suspensos voláteis	Gravimetria	290,0	190,0	mg/L

Pode-se notar que a concentração de sólidos suspensos de uma maneira geral estava muito baixa, os valores ideais de SSV para sistema de lodos ativados com aeração prolongada, que devem estar na faixa de 3.000 a 5.000 mg/L, sendo que nos reatores não chegava a 10% deste valor.

A eficiência do sistema biológico para remover a carga orgânica do efluente, em termos de DQO, não chegava aos trinta por cento (Tabela 3), sobrecarregando desta maneira o tratamento terciário físico-químico, ou seja, havendo a necessidade de se utilizar mais produtos químicos auxiliares na coagulação/floculação, aumentando os custos de tratamento deste.

Tabela 3: Eficiência do tratamento antes da inoculação

DQO entrada (mg/L O ₂)	DQO saída (mg/L O ₂)	Eficiência (%)
1070	789	26,26

Já com relação à microfauna pode-se destacar que em ambos os reatores os flocos presentes apresentavam características de boa formação, inclusive com boa decantabilidade. A concentração de bactérias formadoras de floco era baixa. Com relação a sua microbiota foram observadas as presenças de flagelados, amebas com teca (nitrificação), ciliados fixos em colônia e ciliados reptantes, todos com boa viabilidade. Nestas amostras ocorreu o predomínio de ciliados reptantes e flagelados, indicando assim se tratar de um lodo jovem.

Acompanhamento operacional

Os resultados do acompanhamento operacional do sistema realizado após a inoculação da biomassa ativa podem ser observados na tabela 4 e nas figuras 1 e 2.

Tabela 4 – Acompanhamento operacional

Data	SSV direito (mg/L)	SSV esquerdo (mg/L)	DQO entrada (mg/L O ₂)	DQO saída (mg/L O ₂)	Eficiência (%)
06/05/2010	380,0	350,0	1013	438	56,76
13/05/2010	430,0	510,0	1072	392	63,43
20/05/2010	590,0	120,0	1116	367	67,11
27/05/2010	1180,0	810,0	1206	376	68,82
17/06/2010	3390,0	2110,0	1224	358	70,75

A partir da inoculação houve um acréscimo gradativo de sólidos em suspensão voláteis, indicando uma boa recuperação do sistema e chegando aos níveis desejados no reator direito. No reator esquerdo houve uma pequena perda de sólidos na terceira semana. De acordo com empresa, bem nesta semana as atividades da mesma ficaram suspensas por algumas horas, o que deve ter afetado o sistema devido à falta de carga orgânica (respiração endógena), mas podemos verificar também que a situação foi contornada com a retomada do crescimento nas semanas anteriores. Já a eficiência de remoção de carga orgânica do sistema de lodos ativados alcançou os mesmo níveis de projeto da estação, de 65 a 70%.

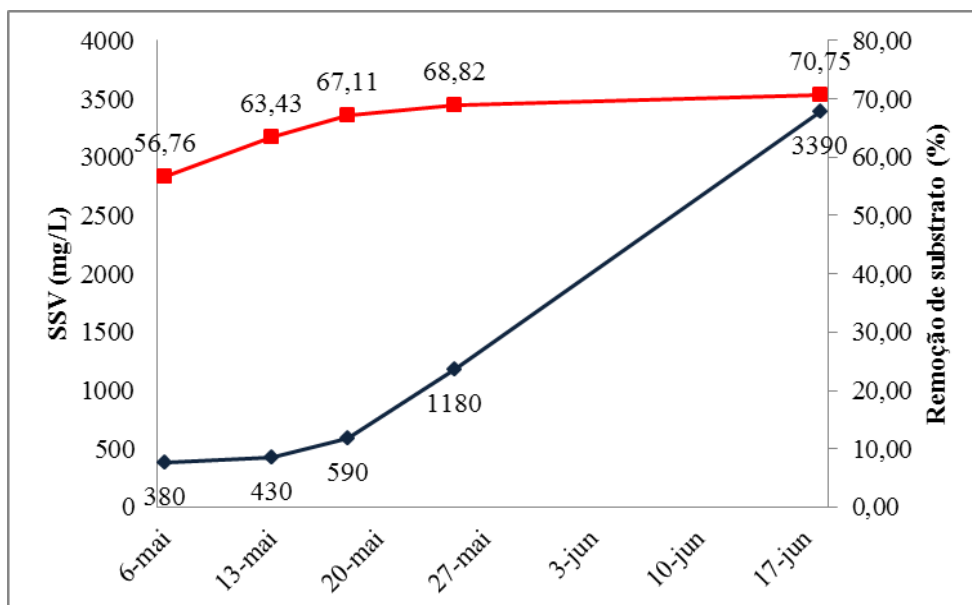


Figura 1: Acompanhamento operacional do reator direito

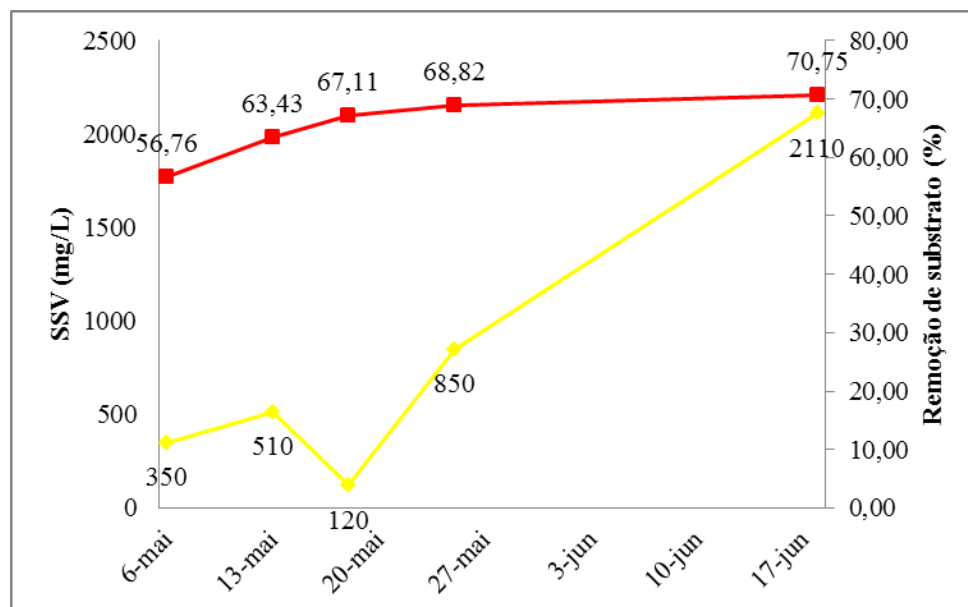


Figura 2: Acompanhamento operacional do reator esquerdo

Com relação à microfauna após a inoculação da biomassa ativa os flocos, em ambos os reatores, apresentavam boa formação, firmes e com boa decantabilidade. A concentração de bactérias em suspensão era baixa. Sua biota apresentava uma boa diversidade, foram observadas as presenças de flagelados, ciliados livres, ciliados reptantes, ciliados fixos e nematoides. A presença de nematoides indica boa oxigenação deste meio e um lodo com uma idade mais alta. Foi observada a presença de alguns cistos. Predominavam as presenças de ciliados livres e ciliados fixos pedunculados, indicando se tratar de um lodo de idade média. Desta maneira podemos concluir que o sistema se recuperou e operava em boas condições.

Nas figuras 3, 4 e 5 podem ser observados os ensaios de microscopia realizados.

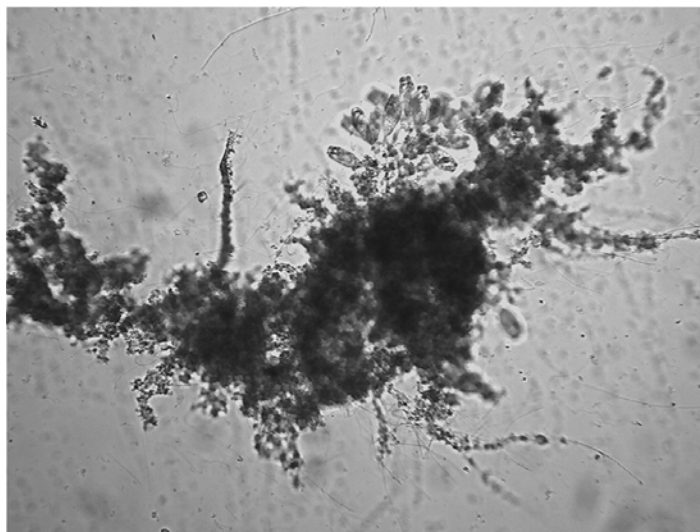


Figura 3: Flocos bem formados e ciliados fixos pedunculados

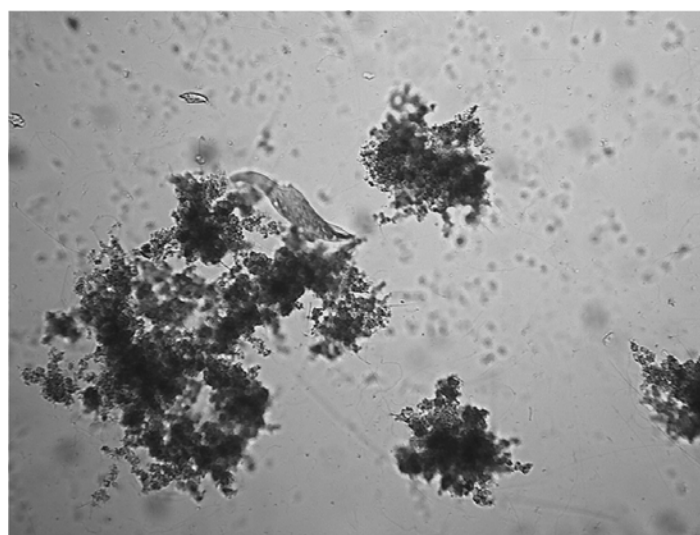


Figura 4: Ciliado livre

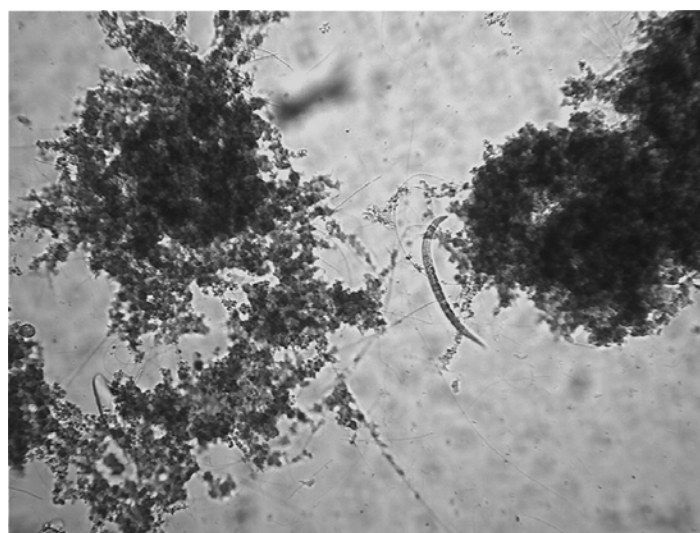


Figura 5: Nematóide

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Quando da avaliação das condições de tratamento do sistema o mesmo encontrava-se com uma concentração de biomassa muito aquém da desejada, 3.000 a 5.000 mg/L, no entanto a biota presente se encontrava ativa e com características de um lodo jovem, típico de início de processo. O tratamento biológico operava com uma eficiência de remoção de carga orgânica abaixo dos 30%.

A partir da inoculação de uma biomassa ativa houve um acréscimo gradativo de sólidos em suspensão voláteis (SSV), indicando uma boa recuperação do sistema e chegando aos níveis desejados no reator direito. No reator esquerdo não foi atingida à faixa ideal de SSV, pois houve um contratempo operacional, no entanto a situação foi contornada. A eficiência do sistema biológico alcançou os mesmo níveis de remoção de carga orgânica de projeto, 65 a 70%.

Com relação à microfauna do sistema de lodos ativados foi observado um aumento na idade deste lodo. Antes da inoculação da biomassa ativa ocorria o predomínio de flagelados e ciliados reptantes, característica de lodo jovem, e após a mesma passou a predominar a presença de ciliados livres e ciliados fixos, além do surgimento de organismos mais evoluídos, como o caso dos nematoides.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21th ed. Washington: APHA, 2005, 1134p.
2. JENKINS, D., RICHARD, M., DAIGGER, G., 2003. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. USA. 3ª Ed. 115p.
3. MADONI, P. A., Sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, v. 28, n. 1, p. 67-75, 1994.
4. VON SPERLING, M. *Lodos ativados*. vol. 4. 2ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.