



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

JOÃO MAURO ALVES LIMA BRITO

Uberlândia – MG

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

JOÃO MAURO ALVES LIMA BRITO

Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Química.

Uberlândia – MG

2017

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE JOÃO MAURO ALVES LIMA BRITO
APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 14 DE
DEZEMBRO DE 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Vicelma Luiz Cardoso

Orientador (FEQ/UFU)

Prof.

FEQ/UFU

Prof.

FEQ/UFU

**“À minha família e aos
meus amigos dedico.”**

AGRADECIMENTOS

À minha família: meu pai Wellington e minha mãe Andreia que não pouparam esforços para que eu chegasse até aqui e estiveram sempre ao meu lado. À minha irmã Maria Clara que sempre me apoiou e me confortou nos momentos difíceis e além disso aproveitou muito comigo durante toda minha trajetória. A minha irmã Maria Fernanda que sempre me apoiou e me trouxe tanta felicidade nesse período, mesmo com a pouca idade que tem.

Aos meus avós Francisco e Maria Helena que sempre me apoiaram e contribuíram da forma que conseguiram.

Ao meu padrinho Carlyle e minha tia Marcia que me deram suporte em momentos difíceis e me acolheram no início do curso.

À minha madrinha Suzy e meu tio Marcelo que me ajudaram nessa trajetória.

À minha orientadora Vicelma Luiz Cardoso, obrigado pelo conhecimento repassado, pela ajuda e pela paciência.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e caminharam comigo durante esses 5 anos.

- Meus amigos de Lagoa Formosa Marcos, Samuel, Vitor, João Henrique, Leonardo e Bryan.
- Meus amigos de faculdade Luis Victor, Maxwell e Lucas.
- Meus amigos que fiz ao longo desses 5 anos, Antonio Jorge, Olívio, Matheus, Lucão, Martins e Gregory

E por fim agradeço a Deus pela vida e por me dar força diariamente.

RESUMO

Neste trabalho foi feito um levantamento bibliográfico de propostas de tratamento biológico de efluentes industriais. O Tratamento Biológico tem por objetivo reduzir o teor de matéria orgânica biodegradável remanescente, que não foi possível remover nos tratamentos anteriores. O processo ocorre por via bioquímica, onde uma cultura de microrganismos adequadamente desenvolvida degrada as matérias orgânicas do efluente, transformando-a em massa celular e produtos metabólicos. As características climáticas do Brasil favorecem a implementação de tratamento biológico. Os processos biológicos dividem-se em aeróbios e anaeróbios. Nos processos aeróbios a estabilização dos despejos é realizada por microrganismos aeróbios e facultativos; nos processos anaeróbios os microrganismos atuantes são os facultativos e os anaeróbios.

Palavras-chave: processos biológicos, tratamento de efluente, efluente industrial.

ABSTRACT

In this work a bibliographic survey was made of proposals for the biological treatment of industrial effluents. The Biological Treatment aims to reduce the remaining biodegradable organic matter content, which could not be removed in previous treatments. The process takes place biochemically, where a culture of properly developed microorganisms degrades the organic matter of the effluent, transforming it into cellular mass and metabolic products. The climatic characteristics of Brazil favors the implementation of biological treatment. The biological processes are divided into aerobic and anaerobic. In the aerobic processes the stabilization of the dumps is performed by aerobic and facultative microorganisms; in the anaerobic processes the active microorganisms are the facultative ones and the anaerobic ones.

Keywords: biological processes, effluent treatment, industrial effluent,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema simplificado de uma lagoa facultativa	15
Figura 2	Fluxograma de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.	16
Figura 3	Fluxograma de um sistema de lagoas aeradas facultativas	17
Figura 4	Fluxograma de um sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação	18
Figura 5	Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodo ativado	19
Figura 6	Fluxograma típico de um sistema de lodo ativado	20
Figura 7	Desenho esquemático de um reator UASB	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. AVALIAÇÃO DE UM PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	11
3. CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	11
4. PROCESSOS BIOLÓGICOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL	12
4.1 Lagoas de estabilização e variantes.....	13
4.1.1 Lagoas Facultativas	13
4.1.2 Sistema de lagoas anaeróbias – lagoas facultativas	15
4.1.3 Lagoa aerada facultativa.....	17
4.1.4 Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação ..	18
4.2 Lodos ativados.....	19
4.3 Biofilmes	21
4.4 Reatores aeróbios com biofilme	22
4.4 Reator de Manta de Lodo	24
5. CONCLUSÃO.....	27
6. REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos, a civilização foi se desenvolvendo baseada em sua forma de produção, organização do trabalho e industrialização. Desta forma, aumentou sua capacidade de intervir na natureza e fez-se surgir questionamento importante nos dias atuais: o desenvolvimento sustentável.

Desde o início do século XX, o tema meio ambiente se tornou uma das maiores preocupações dos cidadãos e essencial na política governamental. No Brasil, as primeiras leis de proteção ambiental surgiram com o código florestal (Dec nº. 23.793/34), o código das águas (Dec nº. 24.643/34) e dentre outros decretos. Mas foi na década de 80 que surgiu de fato a legislação ambiental, pois até então as leis anteriores tinham como objetivo a proteção econômica e patrimonial. A lei mais importante criada nessa época foi a lei Federal nº. 6.938/81, que conceituou meio ambiente e criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente

Assim, diante das leis ambientais criadas, as indústrias estão cada vez mais preocupadas com o desenvolvimento sustentável, a fim de evitar punições aplicáveis por estas leis. A maior parte das indústrias buscam a certificação pela ISO 14001 que é concedida a qualquer organização que tem por objetivo um sistema de gestão ambiental correto.

Dentre as várias leis ambientais, vem se destacando as leis referentes a proteção das águas, uma vez que ela é um bem essencial para a conservação da vida humana. A resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 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. Segundo Von Sperling, 1996, o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula H₂O. A qualidade desta, é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem.

A De maneira geral os poluentes da água são originados de 3 fontes principais: esgotos domésticos, despejos industriais e escoamento superficial.

Os poluentes gerados por uma indústria em geral, podem ser de vários tipos, e resultam em diferentes consequências. Sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nutrientes, matéria orgânica não biodegradável, metais pesados e

sólidos inorgânicos dissolvidos são uns dos principais poluidores da indústria. Normalmente a quantidade desses poluentes varia com tipo de indústria.

Neste contexto a proposta do presente Trabalho é apresentar um levantamento bibliográficos dos principais tratamentos biológico de efluentes industriais.

2. AVALIAÇÃO DE UM PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

A avaliação do processo de tratamento de efluentes industriais, geralmente inicia-se com uma visita às instalações do processo de fabricação e com uma revisão da literatura. O objetivo é determinar como as águas residuais são geradas, possibilitando a escolha da tecnologia de tratamento.

Para determinar como as águas residuais são geradas é necessário primeiramente construir um diagrama de blocos, que mostra cada um dos processos manufatura da planta e como cada um deles contribui. Os parâmetros do processo podem ser incluídos no diagrama de blocos. São estes: vazão das correntes, as quantidades totais para um dia de processo, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais suspensos (STS), dentre outros (WOODARD, 1939).

Em posse do diagrama de blocos e de seus parâmetros, é preciso instituir um programa para minimizar a emissão de efluentes, seguido de um estudo de caracterização das águas residuais. Feito isso deve-se determinar os objetivos do tratamento dos efluentes para selecionar as tecnologias que serão utilizadas. Esses objetivos dependem do destino das águas residuais, ou seja, se haverá um tratamento posterior, se ele será reutilizado na planta, ou se o afluente deve atingir uma composição determinada por leis ambientais.

3. CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Caracterização de águas residuais é o termo usado para o processo de determinação das características químicas, biológicas e físicas, bem como as quantidades de fluxo de massa, concentrações e horários de pico da planta (WOODARD, 1939).

Para que seja possível realizar a caracterização das águas residuais é preciso realizar uma auditoria de resíduos da planta, que tem por objetivo melhorar a eficiência do tratamento do efluente, substituir materiais perigosos e minimizar a geração de resíduos.

Existem 126 substâncias diferentes que podem estar presentes nas águas residuais de uma planta divididas em 5 classes diferentes: metais, pesticidas, orgânicos semivoláteis, orgânicos voláteis e químicos gerais (WOODARD, 1939).

Análise de adsorção atômica e análise de plasma acoplado indutivamente são métodos usados para determinar a concentração de metais nas águas residuais. A combinação das técnicas de cromatografia gasosa e espectrofotômetro de massa é usada para analisar orgânicos voláteis e semivoláteis. Nessa técnica a cromatografia gasosa é usada para separar os orgânicos das demais e o espectrofotômetro é usado para determinar a concentração de cada um dos componentes orgânicos (WOODARD, 1939).

Os resultados obtidos devem respeitar limites para as características químicas, biológicas e físicas para as águas residuais, de acordo com leis e normas de regulamentação vigentes no país.

Outro importante parâmetro que caracteriza as águas residuais é a DBO. A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente em uma amostra. Esse parâmetro serve como uma forma de medição do potencial poluidor de certas substâncias. O teste padrão DBO de cinco dias é o método mais utilizado para estimar a quantidade total de material orgânico biodegradável em águas residuais (WOODARD, 1939).

Tendo feito a caracterização das águas residuais deve-se selecionar o tipo de tratamento mais adequado para cada tipo de águas residuais. Neste trabalho serão apresentados os principais tratamentos biológicos para efluentes industriais.

4. PROCESSOS BIOLÓGICOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

No tratamento biológico de efluentes o objetivo é coagular e remover os sólidos coloidais não ajustáveis e estabilizar a matéria orgânica. Para o efluente industrial, o objetivo é remover ou reduzir a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos, porque muitos destes compostos são tóxicos para os microrganismos. (METCALF & EDDY, 2003)

A matéria orgânica presente no efluente industrial pode aparecer nas seguintes formas: (VON SPERLING, 1996).

- Matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada).
- Matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada).

Uma grande variedade de microrganismos faz parte do processo: bactérias, protozoários, fungos e outros. A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos efluentes, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular. Em condições anaeróbias tem-se também a produção de metano. A decomposição biológica do material orgânico requer a manutenção de condições ambientais favoráveis, tais como: temperatura, pH, tempo de contato e outros e, em condições aeróbias, oxigênio (VON SPERLING, 1996).

Vários processos biológicos podem ser usados para o tratamento biológico de efluentes industriais. Dentre eles os principais são (VON SPERLING, 1996):

- Lagoas de estabilização e variantes
- Lodos ativados e variantes
- Reatores aeróbios com biofilme
- Reatores anaeróbicos

4.1 Lagoas de estabilização e variantes

As lagoas de estabilização são unidades especialmente projetadas, construídas e operadas com finalidade de tratar esgotos. No entanto, a construção é simples, baseando-se principalmente em movimento de terra (corte e aterro) e preparação dos taludes (VON SPERLING, 1996).

4.1.1 Lagoas Facultativas

As lagoas facultativas são consideradas as mais simples dentro do sistema de lagoas de estabilização. Nelas ocorre a retenção dos efluentes por um determinado período de tempo, até que se desenvolvam os processos de estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

A matéria orgânica em suspensão no efluente tende a sedimentar formando o lodo de fundo. Este sofre a decomposição por microrganismos anaeróbios, gerando gás carbônico, metano e outros compostos.

A matéria orgânica dissolvida e a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões, não sedimentam, permanecendo dispersa no efluente. A sua decomposição acontece através de bactérias facultativas, que têm a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio. O oxigênio necessário para a respiração aeróbia é fornecido pela fotossíntese realizada pelas algas. Existe assim um equilíbrio entre a produção e o consumo de oxigênio e gás carbônico.

A fotossíntese por depender da energia solar, é mais intensa próximo a superfície. Profundidades típicas de lagoas facultativas são da ordem de 1,5 a 2,0 m. A medida que se aprofunda no efluente, a penetração de luz é menor, o que ocasiona a predominância do consumo de oxigênio (respiração) sobre a produção (fotossíntese), com eventual ausência de oxigênio dissolvido a partir de uma certa profundidade. Ademais, a fotossíntese só ocorre durante o dia, fazendo com que durante a noite possa prevalecer a ausência de oxigênio. Devido a estes fatos, é essencial que as principais bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica sejam facultativas, para serem capazes de sobreviver e proliferar, tanto na presença, quanto na ausência de oxigênio (VON SPERLING, 1996).

Como o processo de lagoas facultativas ocorre de maneira natural, não utilizando nenhum equipamento, ele se desenvolve a taxas mais lentas, necessitando de um período de detenção mais elevado (superior a 20 dias). Para que a fotossíntese seja efetiva é necessária uma elevada área de exposição para maior incidência da energia solar. Desta forma, a área total requerida para uma lagoa facultativa é a maior dentro todos os processos de tratamentos. Por outro lado, é um processo totalmente natural com simplicidade operacional, fator muito importante em países em desenvolvimento. (VON SPERLING, 1996).

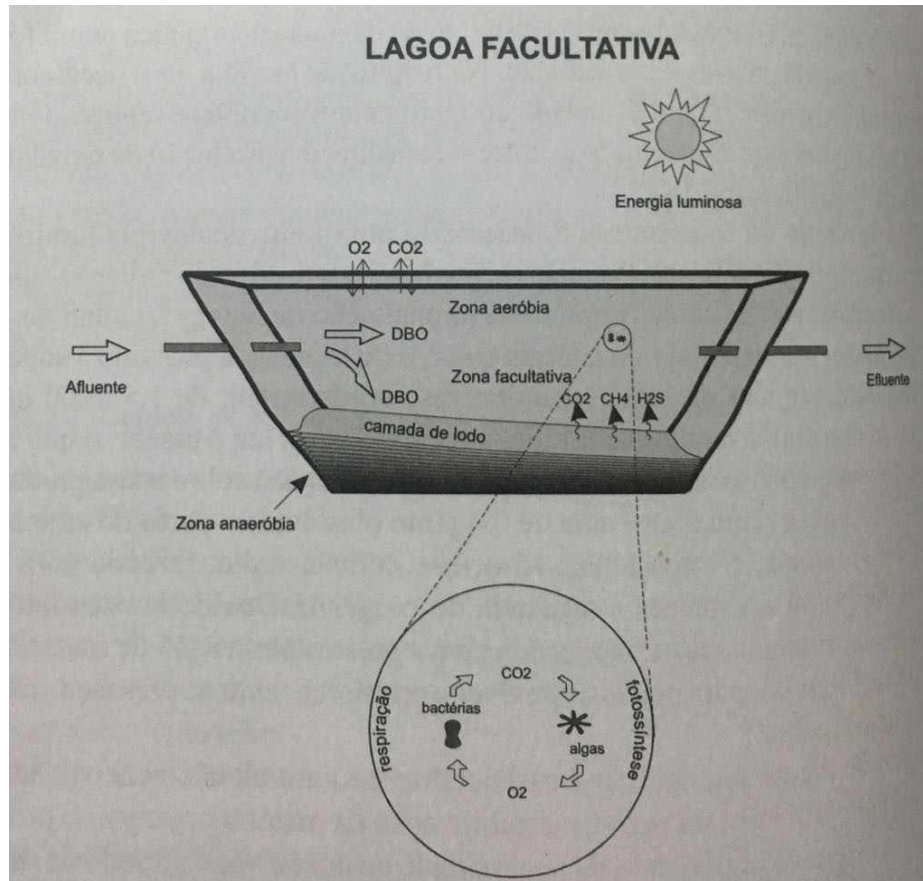


Figura 1 – Esquema simplificado de uma lagoa facultativa.

Fonte: Von Sperling (1996)

Na Figura 1 temos um esquema simplificado de uma lagoa facultativa, onde o afluente com carga orgânica entra na lagoa. Essa carga orgânica será utilizada pelos microrganismos como alimento. Como resultado da atividade metabólica desses microrganismos, são produzidos CH_4 e CO_2 . Os sólidos em suspensão e os resíduos da atividade metabólica sedimentam formando assim a camada de lodo.

4.1.2 Sistema de lagoas anaeróbias – lagoas facultativas

O processo de lagoas facultativas, apesar de ser satisfatório, requer uma grande área, e nem sempre a mesma está disponível. Há, portanto, a necessidade de procurar solução para diminuir a área total requerida. Uma destas soluções são as lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas (VON SPERLING, 1996).

O efluente entra em uma lagoa de menor dimensão e maior profundidade. Como a lagoa é menor, a fotossíntese quase não ocorre. Assim as condições

anaeróbias são predominantes, pois o consumo de oxigênio é muito maior que a produção

As bactérias anaeróbias têm uma taxa metabólica mais lenta, logo a decomposição da matéria orgânica é parcial. Assim, a remoção de DBO é da ordem de 50 a 70%, o que proporciona um alívio para a lagoa facultativa. A carga que a lagoa facultativa recebe é da ordem de 30 a 50% da carga do efluente bruto. O incremento da lagoa anaeróbia diminui a área total requerida em cerca de 1/3 quando comparado a uma lagoa facultativa única (VON SPERLING, 1996).

O sistema tem uma eficiência similar ou ligeiramente superior a uma lagoa facultativa única, sendo também simples e fácil de operar. No entanto, a existência de uma etapa anaeróbia em uma unidade aberta é sempre uma preocupação, devido a possibilidade da liberação de maus odores (VON SPERLING, 1996).

Devido ao volume pequeno da lagoa anaeróbia, e ao fato de receber efluentes brutos, o acúmulo de lodo tem maior impacto, sendo necessária à sua remoção mais rápida.

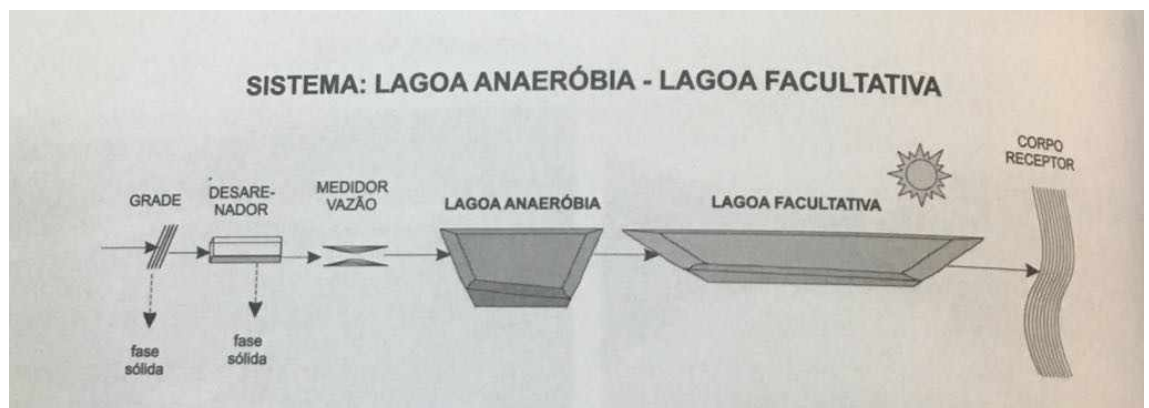


Figura 2 – Fluxograma de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.

Fonte: Von Sperling (1996)

Na Figura 2 temos um fluxograma de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, onde o sistema de precede a lagoa anaeróbia tem por função retirar sólidos mais grosseiros e controlar a vazão que irá entrar no sistema. A lagoa anaeróbia tem por função reduzir a carga orgânica no afluente para que a área requerida pela lagoa facultativa seja menor.

4.1.3 Lagoa aerada facultativa

A lagoa aerada facultativa é uma opção, quando deseja um sistema predominantemente aeróbio e com dimensões reduzidas. A diferença entre a lagoa facultativa e a lagoa aerada facultativa é a forma de suprimento de oxigênio. Enquanto na lagoa facultativa o oxigênio é gerado pela fotossíntese, no caso da lagoa aerada facultativa o oxigênio é gerado por equipamentos denominados aeradores (VON SPERLING, 1996).

Os aeradores mecânicos mais comumente utilizados em lagoas aeradas são unidades de eixo vertical que giram em alta velocidade, gerando um turbilhonamento na água. Esse turbilhonamento faz com que o oxigênio da atmosfera se dissolva no efluente. Como a quantidade de oxigênio dissolvida no efluente é maior que nas lagoas facultativas, a decomposição da matéria orgânica ocorre mais rapidamente e a área total requerida é bem inferior (VON SPERLING, 1996).

A lagoa é denominada facultativa pelo fato do nível de energia introduzido pelos aeradores ser suficiente apenas para a oxigenação, mas não para manter os sólidos em suspensão. Desta forma, ela se comporta como uma lagoa facultativa convencional.

O funcionamento das lagoas aeradas facultativas ainda é simples. Porém a manutenção se torna um pouco complicada devido a presença dos aeradores, além de ser necessário o uso da energia elétrica.



Figura 3 – Fluxograma de um sistema de lagoas aeradas facultativas.

Fonte: Von Sperling (1996)

Na Figura 3 está representado um fluxograma de um sistema de lagoas aeradas facultativas. Os dispositivos que estão situados antes da lagoa aerada facultativa tem a função de remover sólidos mais grosseiros e regular a vazão que irá entrar no sistema. Quando o afluyente entra na lagoa aerada facultativa, ela

funciona da mesma forma de uma lagoa facultativa convencional, com a diferença de que o oxigênio presente nesse sistema é fornecido pelos aeradores. Logo após passar pela lagoa aerada facultativa, o efluente pode ser destinado ao corpo receptor.

4.1.4 Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação

Uma forma de se reduzir ainda mais o volume da lagoa aerada é aumentar o nível de aeração, fazendo com que haja uma turbulência, tal que, além de garantir a oxigenação, permita ainda que os sólidos sejam mantidos em suspensão. A denominação mistura completa é, portanto, advinda do alto grau de energia por unidade de volume, responsável pela total mistura dos constituintes em toda a lagoa. Entre os sólidos mantidos em suspensão e em mistura completa se incluem, além de matéria orgânica do efluente bruto, também as bactérias (biomassa). Há, em decorrência, uma maior concentração de bactérias no meio líquido, também de um maior contato matéria orgânica-bactérias. Com isso, a eficiência do sistema aumenta, permitindo que o volume da lagoa aerada seja reduzido (VON SPERLING, 1996).

No entanto a biomassa permanece em suspensão, vindo a sair junto com o efluente da lagoa, causando uma deterioração da qualidade das águas. Surgiu então, como solução para este problema, a combinação dessa lagoa com uma outra unidade de tratamento para que os sólidos em suspensão (predominantemente a biomassa) possam sedimentar e serem separados. Esta unidade pode ser uma lagoa de decantação, que tem por finalidade permitir a sedimentação e acúmulo de sólidos (VON SPERLING, 1996).

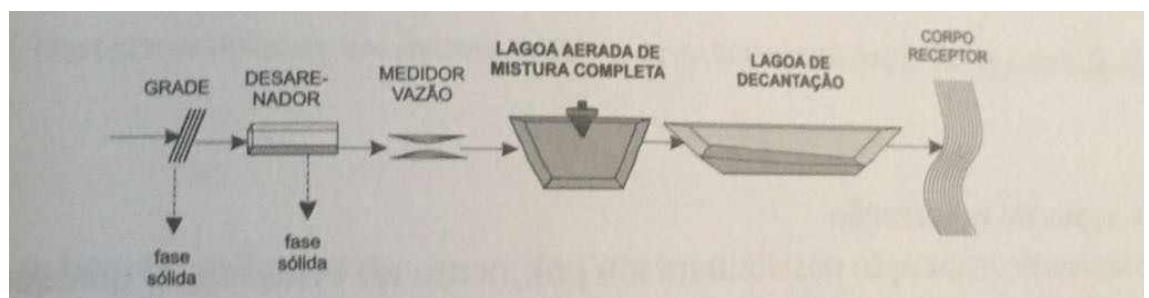


Figura 4 – Fluxograma de um sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação.

Fonte: Von Sperling (1996)

Na Figura 4 está representado um fluxograma de um sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação. Os dispositivos que estão situados antes da lagoa aerada facultativa tem a função de remover sólidos mais grosseiros e regular a vazão que irá entrar no sistema. O afluente entra na lagoa aerada de mistura completa. Como o nível de aeração é alto, as partículas ficam em suspensão, inclusive a biomassa. Sendo assim, é necessário a presença de uma lagoa de decantação para que a biomassa sedimente e seja feita a separação. Logo após passar pela lagoa de decantação, o efluente pode ser destinado ao corpo receptor.

4.2 Lodos ativados

O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado no tratamento de águas residuais domésticas e industriais, em situações que elevada qualidade do efluente é exigida e a disponibilidade de área é limitada (SASSANO, 2008). Os lodos ativados são compostos por um tanque aerador (reator), um tanque de decantação e uma elevatória de recirculação de lodo como mostrado na Figura 5.

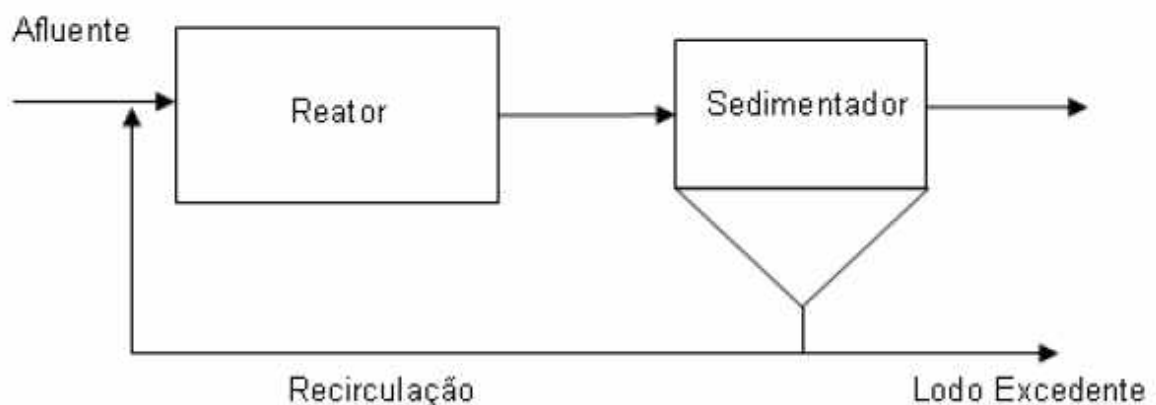


Figura 5 – Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodo ativado.

No reator aerado ocorrem reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica e, em determinadas condições, de nitrogênio e de fósforo. A biomassa se utiliza do substrato presente no afluente para se desenvolver. No decantador secundário ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo que o efluente final saia clarificado. Parte dessa biomassa retorna a unidade de aeração, o que faz com que a concentração de biomassa seja aumentada. Este é o princípio básico de funcionamento do lodo ativado, onde a biomassa do tanque de decantação é recirculada por meio de bombeamento (SASSANO, 2008).

A concentração de sólidos em suspensão no tanque de aeração nos sistemas de lodo ativado convencional é 10 vezes maior que o de uma lagoa aerada de mistura completa. O tempo de detenção do líquido é bem baixo, da ordem de 6 a 8 horas no sistema de lodos ativados convencional, implicando na redução do volume do tanque de aeração. No entanto, devido à recirculação dos sólidos, estes permanecem no sistema por um tempo superior ao do líquido. O tempo de retenção dos sólidos no sistema é denominado idade do lodo, sendo da ordem de 4 a 10 dias no lodo ativado convencional. É esta maior permanência dos sólidos no sistema que garante a elevada eficiência dos lodos ativados, já que a biomassa tem tempo suficiente para metabolizar praticamente toda a matéria orgânica dos esgotos (VON SPERLING, 1996).

Para manter o sistema equilibrado é necessário remover o lodo na mesma proporção que a biomassa é aumentada pela reprodução no reator. Esse lodo é chamado de lodo biológico excedente e pode ser removido tanto do decantador secundário como também do reator. O lodo removido deve ser tratado posteriormente.

Parte da matéria orgânica é retirada antes do reator para economizar energia para a aeração através de um decantador primário. Outros tratamentos primários também são utilizados antes do sistema de lodos ativados. Um esquema do sistema completo de lodo ativado é mostrada na Figura 6.

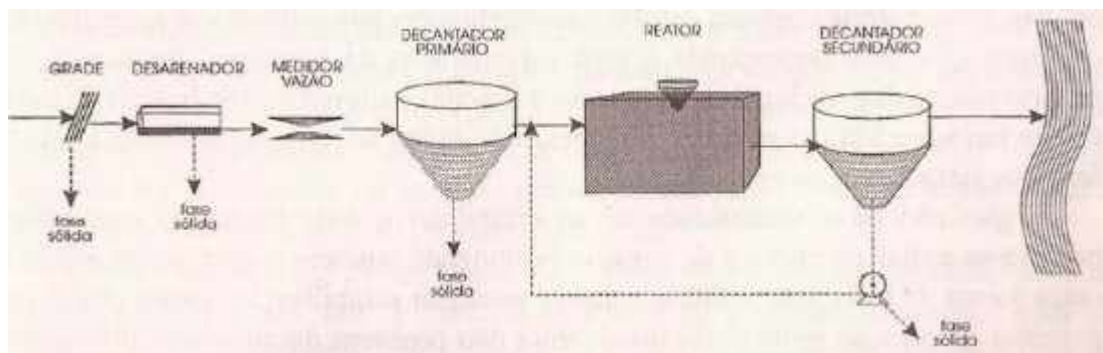


Figura 6 – Fluxograma típico de um sistema de lodo ativado.

Fonte: Von Sperling 1996.

O lodo ativado com aeração prolongada é uma variante de lodo ativado. É similar ao lodo ativado convencional, que foi explicado anteriormente, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isto, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção. Em decorrência, o lodo excedente retirado (bactérias) já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação primária (VON SPERLING, 1996).

Outra variante de lodo ativado que tem destaque é o lodo ativado de fluxo intermitente. A operação do sistema é intermitente, assim no mesmo tanque ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam, ocasião em que se retira o efluente (sobrenadante). Ao religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, o que dispensa as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários e pode ser na modalidade convencional ou aeração prolongada (VON SPERLING, 1996).

4.3 Biofilmes

Biofilmes formam-se naturalmente em superfícies sólidas em contato com água não esterilizada e são definidos como comunidades de microrganismos imobilizados, conjuntamente numa matriz de substâncias poliméricas extracelulares de origem microbiana. Estes podem ser compostos de uma população, que se desenvolveu de espécies únicas ou de uma comunidade derivada de múltiplas

espécies microbianas, formando assim um sistema biológico com alto nível de organização onde bactérias formam comunidades estruturadas, coordenadas e funcionais (SPÍNOLA, 2009).

Muitos ambientes são influenciados por biofilmes. Sob a perspectiva humana, os efeitos variam de desejáveis, indesejáveis e prejudiciais, dependendo do local onde o biofilme está aderido e da comunidade microbiana que o constitui. Efeitos desejáveis são as atividades de biofilmes acumulados em reatores para o tratamento de águas residuais. Exemplos de efeitos não desejáveis são os biofilmes acumulados em torres de resfriamento e outros equipamentos de troca de calor – esses biofilmes aumentam a resistência a transferência de calor. Alguns efeitos prejudiciais são biofilmes acumulados em equipamentos médicos e implantes protéticos (LEWANDOWSKI & BEYAMAL, 2007).

4.4 Reatores aeróbios com biofilme

Biofilmes têm sido empregados em reatores para tratamento de efluentes desde 1870, quando um leito de pedra foi usado como meio suporte em filtros de percolação. Atualmente, os meios suportes feitos de plástico são os mais comumente usados, pois fornecem área superficial alta para a aderência de microrganismos. Sistemas de tratamento baseados em biofilmes têm muitas vantagens em relação aos sistemas tradicionais, como por exemplo (O'REILLY et al., 2008):

- Baixo requerimento de energia;
- Operação simples e com melhor manutenção de equipamentos;
- Unidades compactadas devido ao uso da alta área superficial do biofilme;
- Taxas volumétricas de carregamento maiores;
- Permite a coexistência de microrganismos aeróbios e anóxicos e anaeróbios no mesmo ecossistema;
- Baixa sensibilidade e boa recuperação a choques de carregamento.

Diferentemente de reatores de biomassa em suspensão, como processos de lodo ativado, em que o acúmulo de microrganismos utilizados para a metabolização das substâncias poluentes é obtido através do retorno de biomassa retida nas unidades de separação de sólidos, reatores de biofilme retêm células bacterianas na quantidade desejada para o processo num biofilme aderido a suportes fixos ou móveis. O biofilme é constituído por uma matriz que compreende diversos elementos como água e uma variedade de componentes solúveis e particulados que incluem produtos microbianos solúveis, material inerte e substâncias poliméricas extracelulares (WEF, MOP No. 8,2009).

Um filtro biológico compreende, basicamente, um leito de material grosseiro, tal como pedras, ripas ou material plástico, sobre o qual os esgotos são aplicados sob a forma de gotas ou jatos. Após a aplicação, os esgotos percolam em direção aos drenos de fundo. Esta percolação permite o crescimento bacteriano na superfície da pedra ou do material de enchimento, na forma de uma película fixa. O esgoto passa sobre a população microbiana aderida, promovendo o contato entre os microrganismos e o material orgânico (VON SPERLING, 1996).

O meio suporte tem que ser capaz de garantir a estabilidade do leito e as condições ótimas para o desenvolvimento dos microrganismos. Os materiais mais utilizados são os que oferecem uma grande área superficial específica, uma eficaz retenção de água e nutrientes e uma particular capacidade de imobilização. Para prevenir o aumento de perdas de carga, o envelhecimento do leito, o seu quebraimento e a formação de zonas não homogêneas, estes materiais são geralmente misturados a materiais inertes, como esferas de poliestireno, partículas de lava, bolinhas de vidro, argila porosa e matérias cerâmicas (CONVERTI et al., 2001).

A aplicação do efluente a ser tratado sobre o biofilme é feita através de distribuidores rotativos, movidos pela própria carga do efluente. A matéria orgânica é adsorvida pelo biofilme, permanecendo dessa forma, até sua estabilização.

Na parte mais externa do biofilme, a matéria orgânica sofre oxidação e degradação por microrganismos aeróbios e facultativos, enquanto nutrientes e oxigênio são transferidos, gerando CO_2 e outros subprodutos. À medida que estes microrganismos crescem, a espessura do biofilme aumenta e o oxigênio que entra na camada biológica por difusão molecular é consumido antes de atingir as faces interiores, que se comportam de forma anaeróbia. No transporte por difusão

molecular tanto o substrato, quanto o oxigênio, podem ser espécies limitantes, dependendo do que for utilizado primeiro na profundidade do biofilme (RODRÍGUEZ,1993).

A transferência de oxigênio em biorreatores pode ser conseguida através da dispersão do gás no meio líquido. Esse processo pode ser acelerado com a aplicação de potência na massa líquida do reator, mediante recirculação do líquido, compressão do gás ou agitação interna (ATKINSON E MAVITUNA, 1991).

A medida que a biomassa cresce na superfície do suporte, o espaço vazio tende a diminuir, fazendo com que a velocidade de escoamento nos poros aumente. Ao atingir determinado valor, esta velocidade causa uma tensão de cisalhamento, que desaloja parte do material aderido. Esta é uma forma natural de controle da população microbiana do meio. O lodo desalojado deve ser removido nos decantadores secundários, de forma a diminuir o nível de sólidos em suspensão no efluente final (VON SPERLING, 1996).

Embora de eficiência comparável à do sistema de lodos ativados convencional, a operação é mais simples, porém menos flexível e apresenta dificuldade para ajustar a vazão de afluente a ser tratado. Em contrapartida consome menos energia quando comparados com o processo de lodo ativado.

4.4 Reator de Manta de Lodo

Os reatores de Manta de Lodo são também chamados de Reatores Anaeróbios de Fluxo ascendente (RAFA ou UASB). Para termos um padrão, neste trabalho será usado UASB.

O reator UASB representa um grande avanço na aplicação da tecnologia anaeróbia para o tratamento direto de efluentes, sejam de natureza simples ou complexa, de baixa ou alta concentração, solúveis ou com material particulado. Como qualquer reator biológico, ele tem vantagens e desvantagens, no entanto, sua utilização tem despontado entre os reatores anaeróbios (KATO et al., 1999).

Nestes reatores, a biomassa cresce dispersa no meio, e não aderida a um meio suporte essencialmente incluído, como no caso dos filtros biológicos. A própria biomassa, ao crescer, pode formar pequenos grânulos, correspondente à aglutinação de diversas bactérias. Esses pequenos grânulos, por sua vez, tendem a servir de meio suporte para outras bactérias. A granulação auxilia no aumento da

eficiência do sistema, mas não é fundamental para o funcionamento do reator (VON SPERLING, 1996).

A partida ou “start up” de um reator UASB começa com a inoculação de quantidades suficientes de lodo anaeróbio, e em seguida inicia-se a alimentação com o efluente escolhido para ser tratado, em baixa taxa, no modo ascendente. Esse período inicial constituindo-se na fase mais importante da operação do reator de manta de lodo. A taxa de alimentação do reator UASB deve ser aumentada progressivamente, de acordo com o sucesso da resposta do sistema, ocorrendo assim, após alguns meses de operação, o desenvolvimento de um leito de lodo bastante concentrado junto ao fundo do reator UASB (CHERNICHARO et al., 1999).

O fluxo do líquido é ascendente. Como resultado da atividade anaeróbia, são formados gases (principalmente metano e gás carbônico), as bolhas dos quais apresentam também uma tendência ascendente. De forma a reter a biomassa no sistema, impedindo que ela saia com o efluente, a parte superior dos reatores de manta de lodo apresenta uma estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos (biomassa) (VON SPERLING, 1996).

O gás é coletado na parte superior, de onde pode ser retirado para reaproveitamento (energia do metano) ou queima. Já os sólidos sedimentam na parte superior desta estrutura cônica ou piramidal, escorrendo pelas suas paredes, até retornarem ao corpo do reator. Pelo fato das bolhas de gás não penetrarem na zona de sedimentação, a separação sólido-líquido não é prejudicada. O efluente sai clarificado, e a concentração de biomassa no reator é mantida elevada (VON SPERLING, 1996).

A Figura 7 representa o esquema de um reator UASB e seu modo de funcionamento.

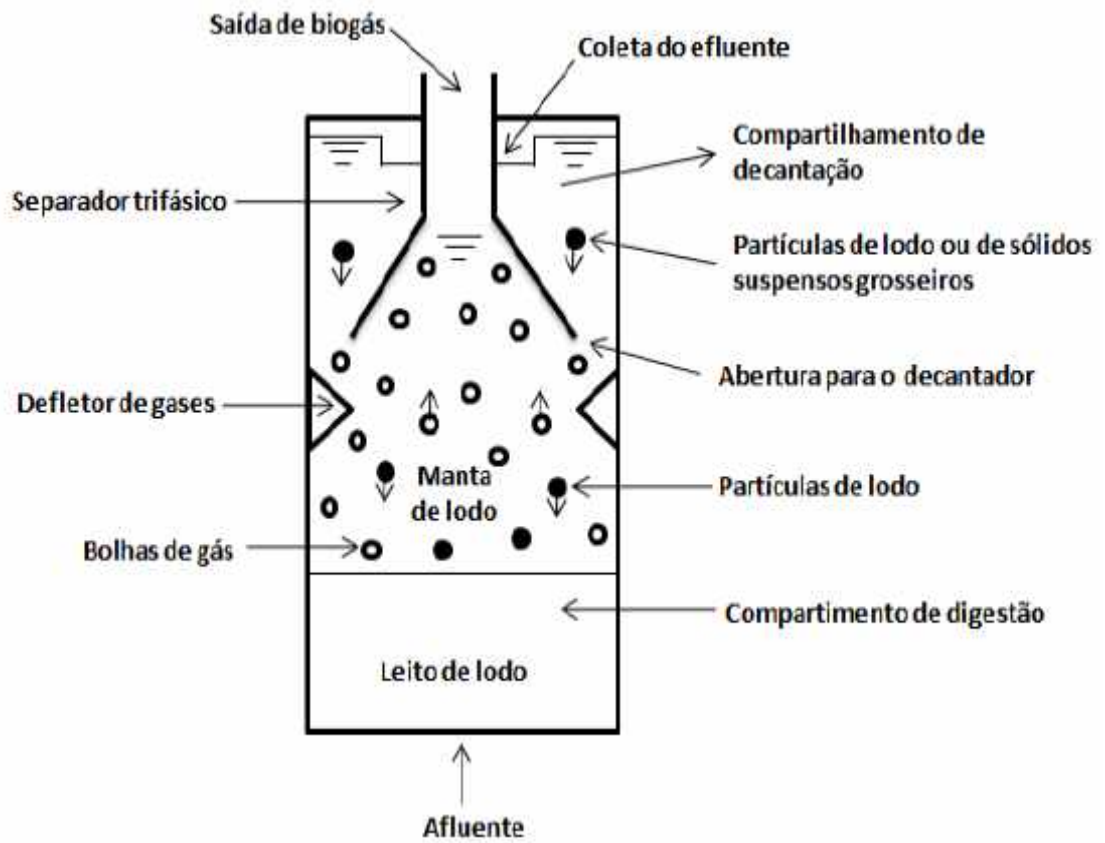


Figura 7 – Desenho esquemático de um reator UASB

Fonte: Schneiders, D. apud Lettinga et al.; Chernicharo et al. (2013)

5. CONCLUSÃO

No presente trabalho, foram abordados os vários tipos de tratamentos biológicos de efluente industrial. Os tratamentos biológicos utilizam métodos nos quais a remoção de contaminantes ocorre através da atividade biológica. Foram detalhadas as formas de funcionamento e vantagens que determinado tratamento biológico apresenta em relação ao outro. Dentre os tratamentos biológicos observaram-se dois tipos: o aeróbio e o anaeróbio. Os processos aeróbios são aqueles que ocorrem na presença de oxigênio. Já os processos anaeróbios ocorrem na ausência de oxigênio.

Observou-se ainda que os tratamentos biológicos são formas de tratamentos secundário, que tem por objetivo a remoção da matéria orgânica. Em sua maioria funciona em conjunto com outros tipos de tratamento, como por exemplo os tratamentos preliminar e primário, tais como: grades, desarenadores e decantadores.

Ao concluir este trabalho, nota-se a importância do tratamento biológico de efluentes, principalmente em relação ao custo e a redução da carga orgânica à dióxido de carbono e água. Este devem atender os limites impostos pela resolução 430/2011 do CONAMA, que 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 evitando assim punições. Além disso esse tratamento ajuda o meio ambiente, para que este tenha águas limpas e de reuso.

6. REFERÊNCIAS

ATKINSON, B.; MAVITUNA, F. (1991). Biochemical engineering and biotechnology handbook. Macmillan publishers Ltda.

BRASIL. Resolução do CONAMA Nº 430/2011. Dispoe sobre condições e padrões de lançamento de efluente, completa e altera a resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Data: 13/05/2011

CHERNICHARO, C.A.L.; VAN HAADEL, A.; AISSE, M.M; CAVALCANTI, P.F.F. (1999) Reatores anaeróbios de manta de lodo. In CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.

COVERTI, A;ZILLI, M; SENE, L; SATO, S. (2001). Biofiltração: uma tecnologia já afirmada no tratamento de emissões gasosas. Farmácia & Química São Paulo, vol 34(2), p. 26 – 36, 2001.

FOSTER, S.S.D. & HIRATA, R.C.A. (1988). Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. CEPIS/PAHO/WHO. Lima, Peru. 78p

KATO, M.T; ANDRADE NETO, C.O; CHERNICHARO, C.A.L; FORESTI,E.; CYBIS, L.F. Configurações de reatores anaeróbios. Tratamento de Esgoto Sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, 1999.

LEWANDOWSKI, Z.; BEYANAL, H. (2007) Introduction to biofilms and to biofilm resarch. Fundamentals of biofilm research. London: CRC Press

METCALF; EDDY. (2003). Wasterwater engeneering: treatment and reuse. 4 ed. New York McGraw-Hill, 2003.

O'REILLY, E; RODGERS, M; ZHAN, X.M. (2008). Pumped flow biofilm reactors (PFBR) for treating municipal wastewater. Water Science & Technology, London, v.57, n.12.

RODRÍGUEZ, J.A. (1993). Nitrificação de efluente de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) em filtro aeróbio. Dissertação Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 1993.

SASSANO, F.C.N. (2008). Interação entre os processos Foto Fenton e Lodo Ativado no tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos recalcitrantes.

SCHNEIDERS, D. (2013). Tratamento de Lodo Têxtil e Produção de Biogás em Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB). Fundação Universidade Regional de Blumenal, Blumenal, 2013.

SPÍNOLA, A.L.G. (2009). Biofilmes Aeróbios para Remoção de Nitrogênio em Células de Fluxo, Submetidos a Diferentes Velocidades Superficiais e Taxas de Carregamento – Escola de Engenharia de São Carlos, 2009.

VICTORIA, J.A.R. (2006) Filtro biológico aeróbio-anóxico para remoção de nitrogênio de efluentes de reatores UASB. Escola de Engenharia de São Carlos, 2006.

VON SPERLING, M. (1996). Introdução da qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 1996.

WEF/ASCE/EWRI. (2009). Desing of Municipal Wastewater Treatment Plants, 5ª edição, Manual of Practice No. 8, Water Enviroment Federation, Alexandria, Virginia

WOORDARD, Frank. Industrial waste treatment handbook. 1939