

PROPOSTA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LATICÍNIO DA CIDADE DE MOSSORÓ-RN¹

Silvana Patrícia Fernandes Soares da Silva²

Carlos Enrique de M. Jerônimo³

RESUMO

O presente trabalho consiste na análise do desempenho do Sistema de Tratamento de Efluentes industriais de uma empresa do segmento de laticínios da cidade de Mossoró-RN. Este apresenta informações sobre as instalações do empreendimento, seus processos de produção, os produtos fabricados, as matérias-primas utilizadas e os resíduos gerados. Bem como, o detalhamento da memória de cálculo e concepção do sistema de tratamento. Com base nos resultados analíticos é possível afirmar que o sistema requer melhorias na sua etapa de coagulação e floculação, sobretudo, para minimização dos níveis de cor para lançamento no solo ou corpos d'água. Ou mesmo, gerando-se oportunidades para reuso da água analisada. Os ajustes operacionais de dosagem e o aproveitamento da infraestrutura de alvenaria são possíveis para maximizar o desempenho da presente estação. Faz-se necessária uma melhoria no controle da dosagem de produtos químicos, sobretudo, para garantir níveis de pH otimizados, mediante a realização de testes de jarros padronizados.

Palavras-Chave: Efluentes. Laticínios. Caracterização.

¹ Trabalho apresentado como requisito a obtenção do título de especialista em Perícia e Gestão Ambiental (UNI-RN)

² Aluna do curso de Especialização em Perícia e Gestão Ambiental

³ Professor Orientador. Doutor em Engenharia Química.

MOTION FOR WASTEWATER TREATMENT STATION DAIRY OF THE CITY MOSSORÓ-RN

ABSTRACT

The present work consists in analyzing the performance of the Industrial Wastewater Treatment System a company in the dairy segment of the town of Mossley-RN. This provides information about the facilities of the enterprise, its production processes, products produced, raw materials used and waste generated. As well as the detailed memory calculation and design of the treatment system. Based on the analytical results it is clear that the system requires improvements in his stage of coagulation and flocculation, especially to minimize the color levels for release in soil or water bodies. Alternatively, even, generating opportunities for water reuse analyzed. Operating dosage adjustments and the use of infrastructure masonry are possible to maximize the performance of this station. There needs to be an improvement in the control of chemical dosing, especially to ensure pH levels optimized by carrying pitchers of standardized tests.

Keywords: Wastewater. Dairy. Characterization.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de leite e a indústria de laticínios representam atividades de grande importância na economia mundial. A cadeia agroindustrial do leite no Brasil tem grande relevância tanto do ponto de vista econômico quanto social. O país é o quinto maior produtor de leite e possui condições para se tornar um dos maiores exportadores de produtos lácteos devido às suas vantagens competitivas tais como disponibilidade de água e terra, tecnologia e custo de produção competitivo (EMBRAPA, 2010).

Para o Rio Grande do Norte os laticínios representam uma parcela importante da agroindústria de alimentos e suas águas residuárias têm grande poder poluente, se mal gerenciadas, principalmente pelo alto teor de matéria orgânica presente. As elevadas taxas de DBO - (demanda biológica de oxigênio) desses efluentes atestam a necessidade do tratamento prévio ao lançamento no corpo receptor, sem o qual, graves danos podem ser causados à fauna e à flora de tais corpos.

Com o incremento da agropecuária e conseqüente aumento das unidades de beneficiamento do gênero torna-se imprescindível e inadiável a proteção dos corpos receptores, seja por vias diretas ou indiretas (disposição no solo).

Para a maioria dos autores, despejos de laticínios devem ser submetidos a tratamento do tipo biológico devido a grande quantidade de matéria orgânica facilmente biodegradável, presente em sua composição. Para auxiliar nesse tratamento os sistemas devem prever ações de separação física, como pré-tratamento ao sistema secundário.

No entanto, além de suprir demandas nutricionais, as agroindústrias devem estar envolvidas em uma nova contribuição, a de colaboradoras para o desenvolvimento sustentável, sejam elas da agroindústria ou mesmo da agricultura familiar.

O setor de laticínios tem convivido com o consumo de água de limpeza, que representa mais de 80% da demanda de água nestas agroindústrias, sendo posteriormente tratada em sistema de tratamento de resíduos. Os sólidos solúveis e suspensos, tratados nestes sistemas, representam parte da matéria prima ou resíduos de sanitizantes. Considerando os diferentes estágios

de geração de efluentes na indústria de laticínios, as etapas de limpeza também acrescentam às águas compostos tanto derivados do leite, quanto estranhos à sua composição (BRIÃO, 2007).

A ausência de sistema de gestão ambiental tem provocado o lançamento de águas residuárias sem tratamento adequado nos cursos de água. Isso tem causando elevação da DBO da água, diminuição do oxigênio dissolvido, alteração da temperatura, aumento da concentração de sólidos solúveis e totais na água, desencadeando a eutroficação dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água (MATOS, 2005)

Sampaio (2004), analisando vários tipos de tratamento para efluentes de laticínios, chama a atenção para a alta eficiência de reatores anaeróbicos para este tipo de resíduo. Tal referência e viabilidade técnica são atestadas por Moura (2003), com estudos cinéticos que definem altas taxas de remoção, principalmente com a inoculação com cepas externas – para o caso estudado utilizou-se de esgotos sanitários tratados.

Diante disso, a maioria dos sistemas opta por um sistema de tratamento com uma estrutura de separação preliminar sucedido de um sistema anaeróbio de digestão biológica. Entretanto, o trabalho foi idealizado com a inoculação de cepas específicas, a fim de garantir um maior nível de desempenho, sem comprometimento ao meio receptor do efluente.

Uma ressalva deve ser feita visto que sendo os efluentes industriais um conjunto de perdas de água e matérias primas ou produtos oriundos do processo deve-se em primeiro lugar verificar se estas perdas não podem ser evitadas ou reduzidas antes de se realizar o monitoramento. Processos de limpeza de tanques, tubulações e pisos devem ser sempre focos de atenção, pois nestes pontos originam-se importantes cargas poluidoras. Sempre que os resíduos puderem ser removidos na forma sólida ou semi-sólidas tais como pós ou pastas, deve-se assim proceder, evitando-se a solubilização e o arraste dos mesmos por lavagens.

Este princípio pode ser aplicado tanto à limpeza de reatores quanto à de pisos. Programas de manutenção preventiva devem ser implantados, pois as paralisações do processo produtivo levam muitas vezes do descarte de produtos, aumentando a carga poluidora. Vazamentos em bombas ou tubulações também ocasionam a geração de efluentes, devendo ser corrigidos.

A correta especificação das matérias primas também evita o descarte de materiais fora de especificação, que é sinônimo de carga poluidora. A linha divisória entre poluentes e produtos é exatamente a possibilidade de sua utilização pelo mercado.

Pode-se afirmar que a melhor forma de se controlar a poluição industrial é pela busca incessante da eficiência desses processos. No caso de novos sistemas deve-se projetá-los com os tanques e tubulações que favoreçam a limpeza e com a melhor relação entre os volumes e a superfície interna, o que no caso de limpezas teriam as menores perdas possíveis (produtos aderidos às superfícies das tubulações e tanques). Aperfeiçoar o arranjo geral de forma ser possível o menor comprimento de tubulações e ou número reduzido de conexões.

Neste trabalho é realizado um estudo para avaliar a adequação de um sistema de tratamento de efluentes com destinação final para o solo, analisando as vantagens e desvantagens da sistemática, para um estudo de caso de um laticínio localizado no município de Mossoro, estado do Rio Grande do Norte.

2. EFLUENTES DE LATICÍNIOS

As indústrias de laticínios são consideradas, dentre as indústrias alimentícias, as mais poluentes, devido ao seu elevado consumo de água e geração de efluentes líquidos, que por sua vez, constituem a principal fonte de poluição dessa tipologia de indústria. O potencial de poluição desses efluentes é de aproximadamente cem vezes superior ao do esgoto doméstico.

Atualmente, constitui uma prática pela maioria das usinas em descartar o soro do queijo, direto ou indiretamente, nos cursos de água. Uma fábrica com produção média de 300.000 L de soro por dia polui o equivalente a uma pequena cidade de 150000 habitantes.

O controle e diagnósticos da geração e disposição final dos efluentes ainda são pouco estudados. Porém, para o principal pólo produtor do Brasil, Minas Gerais, CHIARADIA et al (1999) e PRINCE et al (1999) apresentam um diagnóstico completo sobre as formas de deposição dos efluentes sólidos, líquidos e gasosos. A partir do levantamento efetuado verificou-se que:

A maioria das indústrias adota a prática da doação e/ou venda do soro, sendo que a fabricação de ricota aparece como segunda alternativa mais utilizada; no entanto, para o Rio Grande do Norte essa informação não se aplica, pelas características culturais do consumo desse queijo.

Durante a safra, 25% dos laticínios fazem descarte dos efluentes para os cursos d'água.

A disposição dos efluentes de laticínios em rios, lagos etc, apresentam um sério impacto ao meio ambiente principalmente pela elevada carga orgânica que tal efluente apresenta. Uma alternativa para o tratamento desses efluentes é o tratamento biológico, no entanto, não gera renda a cadeia produtiva, sendo mais um custo ao processo. Os processos biológicos de tratamento de águas residuárias consistem basicamente em degradar a matéria orgânica por intermédio de microrganismos de diferentes espécies ou específicos. Isto se dá através de processos de respiração ou fermentação nos quais substâncias complexas se transformam em compostos mais simples, como sais minerais, gás carbônico, metano e outros. Tal degradação pode ocorrer em ambientes sem oxigênio ou em presença de oxigênio,

diferenciando, desta forma, os dois tipos de processos biológicos, anaeróbios e aeróbios, respectivamente.

Em processos aeróbios, nos quais o oxigênio molecular funciona como acceptor de hidrogênio, há completa oxidação da molécula orgânica. Energeticamente, o rendimento dessas reações é máximo. Também ocorre crescimento microbiano mais acentuado, possibilitando decomposição mais rápida da substância orgânica. Em particular, o tratamento aeróbio visa oxidar matéria orgânica e amônia. Por sua vez, os processos anaeróbios permitem oxidações apenas parciais, conduzindo a subprodutos que ainda têm energia potencial. Esse menor rendimento faz com que tais processos sejam realizados apenas em ausência de oxigênio molecular, onde populações microbianas interagem para promover a fermentação estável e auto-reguladora da matéria orgânica, da qual resultam, principalmente, os gases CH₄ e CO₂.

Os efluentes industriais dos laticínios são oriundos das diversas etapas de lavagens de pisos e equipamentos que arrastam resíduos de leite e seus derivados incluindo também produtos de limpeza. A qualidade dos efluentes varia em função dos produtos industrializados (resfriamento e ensacamento, fabricação de queijos, iogurtes, manteiga, requeijão, leite em pó, etc.), capacidade de produção, “layout” industrial, tecnologia utilizada para a higienização das instalações e qualidade do leite utilizado.

A minimização da geração de efluentes pode ser conseguida desde que sejam utilizadas membranas filtrantes com reuso de água e incorporação do rejeito na produção industrial. O tratamento dos efluentes gerados pode ser conseguido através de diversos tipos de processos tais como: Preliminar (separação de gorduras, utilizando-se caixas de gordura); Primário: flotação com o auxílio da coagulação química para a remoção de gorduras. Secundário (lodos ativados, biodigestor, ou lagoas).

É fundamental o aproveitamento do soro do leite, que não deve ser descartado para o efluente. Os efluentes brutos apresentam uma rápida alteração do pH devido à fermentação láctica, o que deve ser considerado em relação aos materiais empregados na execução do sistema de tratamento.

Os efluentes tratados apresentam concentrações inferiores a 10 mg O₂/L em relação a DQO. Isto demonstra a excelente biodegradabilidade dos

efluentes, pois na indústria de laticínios pode-se obter DQO superiores a 7.000 mg O₂/ L no efluente bruto.

Os sistemas de tratamentos de efluentes objetivam primordialmente atender à legislação ambiental e em alguns casos ao reuso de águas. Para a definição do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias. Os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos e ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento.

Neste trabalho optou-se por um arranjo entre sistemas físicos, físico-químicos e biológicos.

Processos Físicos

São os processos que basicamente removem os sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes através de processos físicos, tais como: gradeamento, separação de óleos e gorduras e sedimentação.

Gradeamento: Com o objetivo da remoção de sólidos grosseiros capazes de causar entupimentos e aspecto desagradável nas unidades do sistema de tratamento são utilizadas grades mecânicas ou de limpeza manual. O espaçamento entre as barras varia normalmente entre 0,5 e 2 cm. Para este trabalho optou-se por grades manuais.

Separação de óleos e gorduras: O processo de separação é um processo físico que ocorre por diferença de densidade, sendo normalmente as frações oleosas mais leves recolhidas na superfície. No caso de óleos ou borras oleosas mais densas que a água, esses são sedimentados e removidos por limpeza de fundo do tanque. O processo é muito utilizado na indústria do petróleo, indústria alimentícia, postos de serviço, oficinas mecânicas e outras atividades que utilizam óleo. Este processo não é capaz de remover óleo emulsionado, sendo utilizado na etapa preliminar dos sistemas de tratamento.



Figura 1 – Separador Água-óleo

Sedimentação: O processo de sedimentação é uma das etapas de clarificação, devendo ser aplicado conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento. No caso dos processos que gerem lodos orgânicos deve-se evitar a permanência exagerada desses no fundo dos decantadores para reduzir a sua anaerobiose e a conseqüente formação de gases que causam a flutuação de aglomerados de lodos.

Isto pode ocorrer por simples anaerobiose com a formação de metano e gás carbônico e pela desnitrificação com a redução dos íons nitratos a gás nitrogênio. Pode ocorrer também a formação de gás sulfídrico pela redução do íon sulfato. A sedimentação é um processo físico, logo se deve evitar nos decantadores as condições para ocorrência da atividade microbiana. Nos casos de lodos originados nos processos químicos ou com efluentes originados em processos industriais inorgânicos pode-se admitir um tempo de retenção maior dos lodos no fundo dos decantadores.

Os decantadores apresentam diversas formas construtivas e de remoção de lodo, com ou sem mecanização. Os decantadores podem ser circulares ou retangulares, com limpeza de fundo por pressão hidrostática ou com remoção de lodo mecanizada por raspagem ou sucção. No caso da presença de escumas (materiais flutuantes), é necessário um removedor de espuma. Como qualquer outra unidade de tratamento os tanques de

decantação são projetados para um equipamento específico ou sistema de limpeza, não sendo viáveis alterações posteriores ao trabalho.

Processos Biológicos

Os processos biológicos de tratamento reproduzem em escala de tempo e área os fenômenos de autodepuração que ocorrem na natureza.

Os tratamentos biológicos de esgotos e efluentes industriais têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases (RAMALHO, 1991).

Os produtos formados devem ser mais estáveis, tendo os esgotos ou efluentes industriais tratados um aspecto mais claro, e significativa redução da presença de microorganismos e menor concentração de matéria orgânica.

Os processos de tratamento biológicos têm como princípio utilizar a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão como substrato para microorganismos tais como bactérias, fungos e protozoários, que a transformam em gases, água e novos microorganismos.

Os microorganismos, através de mecanismos de produção de exopolímeros (GRADY Jr e LIN, 1980), formam flocos biológicos mais densos que a massa líquida, da qual separam-se com facilidade.

A fração da matéria orgânica transformada em sólidos situa-se na faixa de 6 a 60% (GRADY Jr e LIN, 1980), dependendo de diversos fatores, tais como, o processo adotado e a relação alimento / microorganismos (A/M). A outra parte da matéria orgânica é transformada em gases, notadamente o gás carbônico e/ ou em metano nos sistemas anaeróbios.

Os flocos biológicos em excesso, chamado de excesso de lodo, são retirados dos sistemas de tratamento e submetidos a processos de secagem natural ou mecanizada.

Os esgotos e os efluentes industriais clarificados devido à remoção da matéria orgânica em suspensão (coloidal ou sedimentável) e dissolvida, bem como pela redução da presença de microorganismos, são considerados tratados. O grau de tratamento requerido é função da legislação ambiental, ou seja, das características ou pelo uso preponderante atribuído ao corpo

receptor. (FEEMA, 1992). Os principais processos são: filtros biológicos, lagoas anaeróbias e fotossintéticas. Os processos aeróbios são normalmente representados por lodos ativados e suas variantes: aeração prolongada; lodos ativados convencionais; lagoas aeradas facultativas; aeradas aeróbias. Os processos facultativos são bem representados pelos processos que utilizam biofilmes (filtros biológicos, biodiscos e biocontactores) e por algumas lagoas (fotossintéticas e aeradas facultativas). Os biocontactores apresentam também processos biológicos aeróbios. Os processos anaeróbios ocorrem em lagoas anaeróbias e biodigestores.

Neste trabalho optou-se por um sistema de filtros biológicos, comprovadamente pela literatura como uma técnica aceitável e adequada para esse tipo de tratamento, por apresentar características composicionais ótimas para o ambiente na qual esses efluentes serão submetidos. Sendo assim, tem-se alguns comentários acerca desse sistema:

Filtros biológicos: Este é o mais antigo de todos os processos biológicos utilizados racionalmente para o tratamento de esgotos. A sua grande vantagem é a sua capacidade de amortecimento de cargas orgânicas e a variações de pH. Muitas vezes é utilizado associado a outro processo de tratamento complementar. Nestes casos aproveita-se o baixo custo operacional do processo para uma redução de carga orgânica de aproximadamente 60%, complementando-se a eficiência desejada com um processo de custo mais elevado. Estudos como o de Negreiros (2003) apontam níveis superiores a 85% de eficiência na remoção da DQO para efluentes de laticínios inoculados com esgotos sanitários. Neste trabalho, o inoculo deve ser mais seletivo e eficiente, a fim de garantir uma estabilidade operacional maior.

Biodigestão Anaeróbia

Geralmente, o processo de tratamento anaeróbio é mais um produtor de energia que consumidor, diminuindo os custos de operação, especialmente se o biogás for utilizado no próprio processo ou para outras necessidades. Os processos anaeróbios apresentam baixa produção de biomassa celular e, assim sendo, necessitam somente de 10% dos nutrientes que seriam necessários para um processo aeróbio. O processo se desenvolve em

diferentes estágios de interações entre microrganismos e substratos e é fundamentalmente composto de duas etapas: acidogênica e metanogênica.

As principais vantagens deste processo são:

- Menor consumo de energia frente aos processos de tratamento aeróbios tradicionais;
- Menor produção de lodo frente aos processos aeróbios, isto é, o processo anaeróbio produz um menor volume de bactérias por unidade de resíduo tratado. Como este lodo precisa ter uma disposição final, os custos serão menores;
- Aceita maiores taxas de matéria orgânica;
- Produção de metano que pode ser utilizado como combustível (foco que não deve ser explorado nesse trabalho).

Em função de a biodigestão ter se tornado uma atividade atrativa pelas vantagens que oferece como o saneamento, o atendimento de uma demanda energética e a utilização do material biodegradado como biofertilizante, o biodigestor deve ser concebido com o objetivo de proporcionar tais vantagens, embora seja difícil satisfazer as três de forma integrada e otimizada.

Um dos parâmetros mais importantes do trabalho, quando o saneamento for o principal objetivo, é a carga orgânica volumétrica, a qual associa a concentração do resíduo com o volume do biodigestor. Prevalecendo a proposta de demanda energética, previamente deve ser estabelecido o fator de rendimento do processo, que segundo ORTOLANI et al. (1980), representa o volume útil de biodigestor necessário para a produção de 1 m³ de biogás.

Os biodigestores podem ser classificados de acordo com o tipo de reação e com as características hidráulicas. Observa-se alguma controvérsia na classificação, pois segundo BENINCASA et al. (1986), estes vêm sendo classificados como “convencionais” e “não convencionais”, terminologias que consideram inadequadas, uma vez que o tipo de biodigestor deve relacionar-se mais ao tipo de resíduo a ser tratado e que, em cada tipo, o processo poderá ocorrer com maior ou menor eficiência, dependendo dos meios disponíveis para sua construção e dos objetivos que se pretende atingir com sua concepção.

Desta forma, muitos tipos de biodigestores foram desenvolvidos de acordo com a aplicação (resíduos) e com o nível tecnológico disponíveis. Assim na Índia e na China foram empregados os biodigestores rurais (modelo indiano ou chinês) que empregam um baixo nível tecnológico e são aplicados principalmente ao tratamento de resíduos animais (estercos). Estes biodigestores são de alimentação semi-contínua e têm a câmara de biodigestão construída a baixo do nível do solo a fim de diminuir as variações de temperatura.

Para esse trabalho optou-se por um sistema “não-convencional” de filtros biológicos, devido a maior expansão da área interfacial de contato, concedendo ao sistema uma maior eficiência, com um menor tempo de detenção, o que para o valor total do trabalho e na dinâmica de manutenção, torna-se um grande atrativo para essa técnica.

A caracterização laboratorial dos efluentes da corrente de processo da empresa apresentou a seguinte especificação, com comentários subseqüentes:

PARÂMETRO	VALORES MÉDIOS	UNIDADE
Óleos e graxas	60,0	mg/L
DBO	6.000,00	mg/L
DQO	6.500,00	mg/L
Cloretos	320,00	mg/L Cl-
Alcalinidade total	120,00	mg/l CaCO ₃
Sólidos Totais	2.000,00	mg/L
Sólidos Suspensos	900,00	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	3,5	mL/L

O efluente apresenta como era de se esperar, concentração significativa de óleos e graxas, devido a origem natural do processo. No entanto, este possui níveis de alcalinidade apropriados para o tratamento biológico, por meio de processos aeróbios ou anaeróbios.

Apresenta valores absolutos altos para a demanda química de oxigênio, entretanto, tais valores são condicionados a grande presença de óleos e

graxas (O&G). Sendo assim, como se tem uma relação entre os teores de O&G e a DQO da ordem de 1:100, temos que uma remoção de 45 mg/L de O&G poderá remover em torno de 4.500 mg/L de DQO – necessária ao enquadramento para um tratamento complementar.

A utilização de promotores para a separação dos particulados e O&G, auxiliarão no tratamento – além do que, as concentrações de sais dissolvidos são excelentes auxiliares no processo de partição óleo-água, pelas compensações que são proporcionadas ao potencial Zeta, responsável pela separação. Para esse auxílio, a utilização de soluções de sulfato de alumínio após a separação física, tornar-se-á um aliado no melhor enquadramento desse efluente.

A remoção dos sólidos suspensos se faz necessária, e a utilização dos coagulantes deve ser suficiente para tal redução.

O sistema de tratamento idealizado deverá contemplar mecanismos de simples alvenaria, para facilitar a construção e de baixo custo, vinculando os interesses do empreendimento – que se caracteriza como de pequeno porte.

A carga de efluentes geradas na unidade, para efeitos de trabalho, é de 30 m³/h.

3. PROPOSTA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

O tratamento proposto consiste de um tratamento biológico anaeróbio, precedido pela remoção de sólidos grosseiros e materiais flotantes; e seguido por um pós-tratamento de disposição no solo através de irrigação. O projeto prevê as seguintes etapas e o uso dos seguintes equipamentos:

Caixas de Passagem - retenção de sólidos grosseiros

Areia e outros sólidos grosseiros eventualmente presentes no efluente serão retidos em caixas de inspeção instaladas entre as fontes de geração e a ETE.

Retenção de gorduras, óleos e graxas

Com o objetivo de reter os materiais flotantes presentes no efluente, as caixas de inspeção instaladas são dotadas de sifão na sua saída. A remoção dos óleos e gorduras do efluente contribui para a redução da carga orgânica e para melhorar a eficiência do tratamento biológico proposto.

Remoção de sólidos sedimentáveis

Para a remoção de sólidos sedimentáveis, deve ser instalada uma câmara de sedimentação na saída do flotador. A adição de sulfato de alumínio possibilitará a formação de flocos densos, que se acumularão na câmara e serão removidos periodicamente.

Correção do pH

A ampla variação do pH do efluente exigirá um controle deste parâmetro, para ajustá-lo a uma faixa adequada à atuação das bactérias e para evitar a fermentação ácida. Para tanto deverão ser instalados dosadores de soluções ácidas e alcalinas, acionados conforme a necessidade apontada pelo monitoramento da ETE.

Inoculador

Para aumentar a biota de microorganismos no filtro anaeróbio, e reduzir a quantidade de material flutuante residual, deve ser acrescido ao sistema solução de microorganismos comercial, numa concentração indicada pelos seus fornecedores, a fim de melhorar o desempenho. Para compor o meio de cultura deve ser utilizado o próprio efluente reciclado do final do processo de tratamento e injetado antes do processo de tratamento biológico.

Filtração biológica em meio anaeróbio

Etapa destinada reduzir a carga orgânica do efluente e a reter os sólidos em suspensão remanescentes da sedimentação. Deve ser adotado um filtro anaeróbio de fluxo ascendente. A formação de uma camada de lodo (ou biofilme) aderida ao leito filtrante permitirá a atuação das bactérias anaeróbias e a retenção dos sólidos arrastados pelo fluxo.

O filtro em questão deve ser dividido em duas câmaras ou compartimentos paralelos, que funcionarão simultaneamente. Esta configuração, no entanto, permitirá que se proceda à limpeza do filtro sem a necessidade de paralisar completamente o funcionamento da ETE. Enquanto uma das câmaras estiver sendo limpa, a outra permanecerá em funcionamento.

A tubulação de entrada do filtro deve ser dotada de um dispositivo para permitir o bombeamento contra-fluxo, procedimento adotado para a limpeza da camada filtrante e a drenagem do lodo acumulado.

Acumulação

O efluente do filtro anaeróbio deve ser acumulado temporariamente em um tanque já existente, de onde deve ser bombeado para a irrigação de culturas agrícolas. O tanque funcionará como um regulador de fluxo, evitando que a bomba seja acionada com uma grande frequência.

Irrigação/infiltração no solo

Ao atingir um nível pré-determinado, a bomba instalada no tanque de acumulação entrará em operação e bombeará o efluente para irrigação agrícola, através de rede de mangueiras ou tubos previamente instalados. Recomenda-se a variação nos pontos de aplicação, para evitar a saturação do solo e o efeito continuado da concentração de nutrientes na planta e no solo.

Biodigestores

Com o objetivo de inertizar ao máximo a matéria orgânica removida na forma sólida dos diferentes equipamentos, deve ser concebida uma estrutura de biodigestão aproveitando bombonas plásticas de 200L, onde serão inseridas cepas de microorganismos específicos disponíveis no mercado, para acelerar o processo biológico. Após a digestão de aproximadamente 10 dias, o material deve ser transferido para os leitos de secagem do lodo.

Secagem do lodo

O lodo formado no tratamento do efluente é composto pelos materiais flotantes – óleos e espuma – retidos na caixa de gordura e pelo resíduo da descarga do circuito de limpeza – soluções de ácido, soda cáustica e iodo – e pela descarga do lodo do filtro anaeróbio.

Estes materiais deverão ser espalhados sobre um leito de secagem. O leito em questão deve ser dividido em seções independentes, para evitar que uma nova camada de lodo seja depositada sobre uma camada em processo de secagem. O líquido percolado no leito de secagem deverá retornar ao início do tratamento, através de tubulação específica. O lodo seco deverá ser varrido e recolhido periodicamente.

Dependendo do resultado de análises posteriores, este material poderá ser destinado a compostagem e fertilização orgânica do solo. Não sendo possível ou viável esta opção, o material deverá ser destinado a aterro sanitário.

A Figura 2, a seguir, mostra o fluxograma do tratamento proposto.

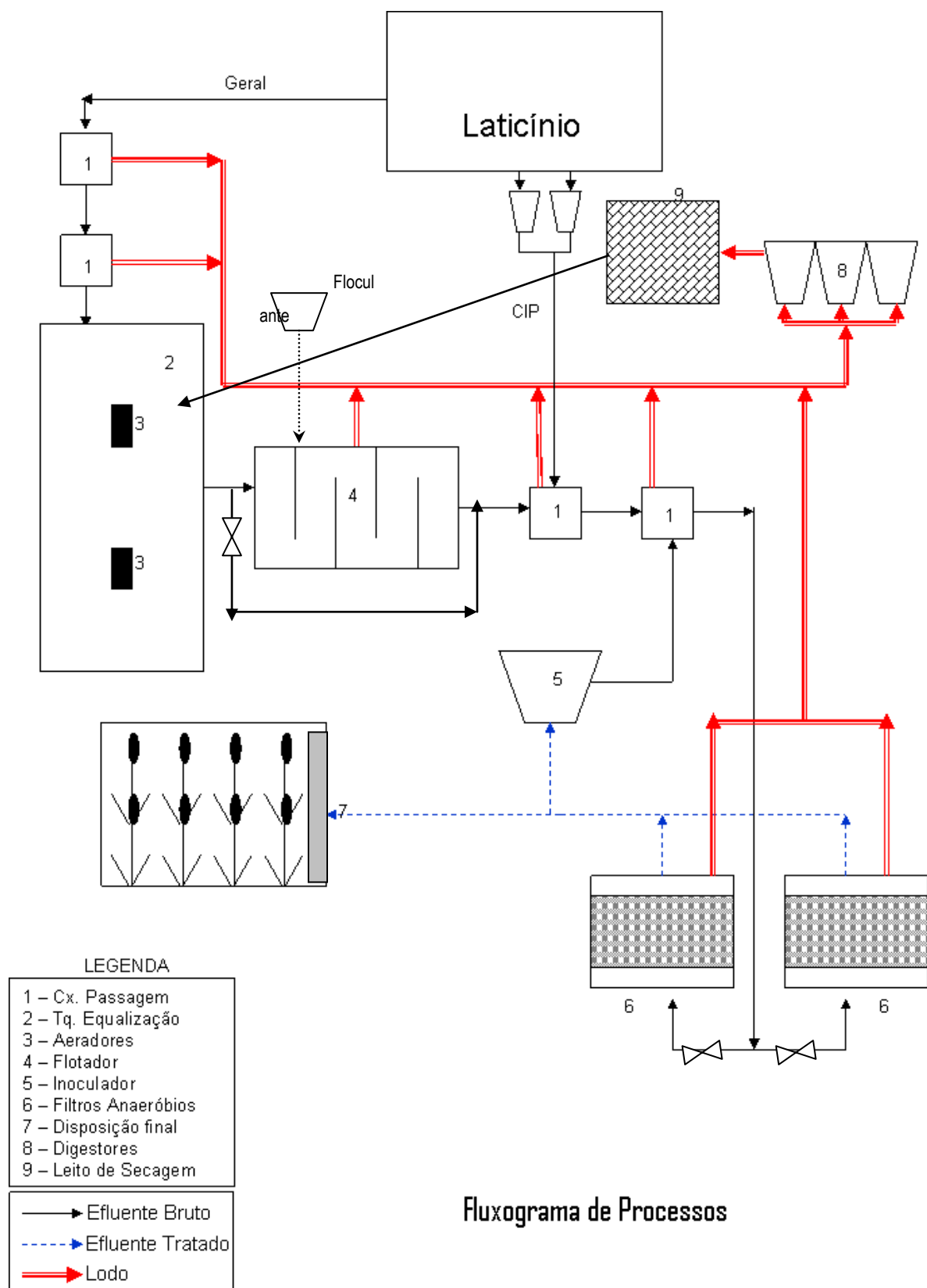


Figura 2. Esquemático de Processos do Sistema Idealizado

As informações da literatura especializada e os resultados das análises realizadas indicam que o efluente é altamente biodegradável. Pesquisas realizadas pelo CETEC/MG indicam que o sistema filtro anaeróbio, seguido de um pós-tratamento aeróbio, pode ser uma tecnologia promissora de tratamento de efluente líquido para pequenas e médias empresas. Uma das alternativas de pós-tratamento sugeridas no artigo é a infiltração no solo (Revista LEITE E DERIVADOS, 2002).

Por sua vez, SPERLING (1996) afirma que “a aplicação de esgotos no solo pode ser considerada uma forma de disposição final, de tratamento (nível primário, secundário ou terciário), ou ambos. Os esgotos aplicados no solo conduzem à recarga do lençol subterrâneo e/ou à evapotranspiração. O esgoto supre a necessidade das plantas, tanto em termos de água quanto de nutrientes”. A disposição de esgotos no solo pode se dar através de Infiltração lenta (irrigação), infiltração rápida, infiltração sub-superficial ou aplicação com escoamento superficial.

Entre as vantagens deste tipo de tratamento/destinação final, citadas por SPERLING, estão:

- Elevadíssima remoção de DBO ($\pm 94 \%$) e de coliformes
- Satisfatória eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo
- Custos energéticos desprezíveis
- Construção, operação e manutenção simples
- Boa resistência à variação de carga
- Não deixa lodo para ser tratado
- Proporciona fertilização e condicionamento do solo
- Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis
- Recarga do lençol subterrâneo

O tratamento de efluentes é usualmente classificado nos níveis preliminar, primário, secundário e terciário. Segundo SPERLING (1996), o tratamento preliminar retém a maior parte dos sólidos grosseiros e da areia. O tratamento no nível primário, por sua vez, reduz de 60 a 70 % o teor de sólidos sedimentáveis e de 30 a 40 % a DBO em suspensão. O autor afirma que o

tratamento secundário elimina de 60 a 99% da DBO na forma de sólidos não sedimentáveis, DBO em suspensão fina e DBO solúvel.

Na ETE em questão, o teor de sólidos grosseiros é o foco principal do tratamento, ficando areia e outros sólidos sedimentáveis retidos em sua maior parte nas caixas de inspeção. O tratamento primário se dará em parte nas caixas de inspeção sifonadas e no flotador, onde será retida a gordura que flutua naturalmente. O tratamento secundário do efluente ocorrerá no filtro anaeróbio.

A Tabela abaixo apresenta a estimativa dos valores dos parâmetros após cada nível de tratamento (primário, secundário e terciário ou pós-tratamento), suas eficiências parciais e a eficiência total da ETE, representada na redução total esperada:

Parâmetro	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Pós-tratamento	Redução Total
DQO (mg/l)	20 %	35 %	90 %	98 %
DBO (mg/l)	20 %	75 %	90 %	98 %
Sólidos Suspensos (mg/l)	60 %	70 %	90 %	95 %
Óleos e Graxas (mg/l)	90 %	95 %	100 %	100 %

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados analíticos é possível afirmar que o sistema concentra seu esforço no tratamento na sua etapa de coagulação e floculação, sobretudo, para minimização dos níveis de cor para lançamento no solo ou corpos d'água. Ou mesmo, gerando-se oportunidades para reuso da água analisada.

Os ajustes operacionais de dosagem e o aproveitamento da infraestrutura de alvenaria são possíveis para maximizar o desempenho da presente estação.

Faz-se necessário um forte controle da dosagem de produtos químicos, sobretudo, para garantir níveis de pH otimizados, mediante a realização de testes de jarros padronizados.

Para o descarte no solo para fertirrigação o sistema mostrou-se viável, entretanto, um aumento no tempo de detenção hidráulica acarretaria numa maior robustez e garantia da seguridade ambiental para as etapas de disposição final.

O gerenciamento dos resíduos oriundos da floculação necessita de melhorias, sobretudo, com o cumprimento do padrão de descarte e técnicas adequadas, considerando a classificação do resíduo constante na NBR-10004.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12209 - Trabalho de estações de tratamento de esgoto sanitário,. Rio de Janeiro 1992
- ABNT. NBR 7229 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. ABNT. Rio de Janeiro, 1993.
- APHA/AWWA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC:APHA, 1998.
- ARCEIVALA, S. J. Wastewater treatment and disposal – engineering and ecology in pollution control. New York: Marcel Dekker, 1981. 892p.
- ARRUDA LEME E. J. Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias. EduFSCar São Carlos. 2008. Páginas 44,45,70, 75
- AZAM, A.; HAMID, A. Effects of gap size and UV dosage on decolorization of C. I. acid orange 7 by UV/H₂O₂ process. Journal of Hazardous Materials, v. 133, p. 167-171, 2006.
- BARROS, R. T. V.; CHERNICHARO, C. A. L.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. Manual de Saneamento e proteção ambiental para municípios – Saneamento. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1995. 221p.
- BEHNAJADY, M.A.; MODIRSHAHLA, N.; FATHI, H. Kinetics of decolorization of an azo dye in UV alone and UV/H₂O₂ processes. Journal of Hazardous Materials, v. 136, p. 816-821, 2006.
- BELTRAN, F.J.; ENCINAR, J.M; GONZALÉZ, J.F. Industrial wastewater advanced oxidation. Part 2. Ozone combined with hydrogen peroxide or UV radiation. Water Research, v. 31, n. 10, p. 2415-2428, 1997.
- BELTRÃO, N. E. de M. et al. Mamona: Arvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi- arido brasileiro, Campina Grande: Embrapa Alagodão ,2003. 19p. (Circular Técnica, 70).

- BENNETT, G.F., PETERS, R. W., The Removal of Oil from wastewater by flotation: A review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol. 18, Issue 3 , pages 189 – 253, 1988
- BILGI, S.; DEMIR, C. Identification of photooxidation degradation products of C. I. Reactive Orange 16 dye by gas chromatography-mass spectrometry. *Dyes and Pigments*, v. 66, p. 69-76, 2005.
- BRIÃO, Vandr e Barbosa; TAVARES, C elia Regina Granhen. Ultrafiltração como processo de tratamento para o reuso de efluentes de laticínios. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 de agosto de 2014.
- CHAN, K.H.; CHU, W. Modeling the reaction kinetics of Fenton’s process on the removal of atrazine. *Chemosphere*, v. 51, n. 4, p. 305-311, 2003.
- CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do Tratamento Biológico de  guas Residuárias, Volume 5 – Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos RESOLUÇÃO N  121, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2010 que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH n  54, de 28 de novembro de 2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução sobre condições e padrões de lançamento de efluentes e outras providências – Resolução 357. São Paulo, 2005, p.21.
- COUGHLIN, M.F.; KINKLE, B.K.; BISHOP, P.L. High performance degradation of azo dye Acid Orange 7 and sulfanilic acid in a laboratory scale reactor after seeding with cultured bacterial strains. *Water Research*, v. 37, n. 11, p. 2757-2763, 2003.
- COUTO, H. J. B.; FRANÇA, S. C. A.; SAMPAIO, J. A. Recuperação de finos na indústria mineral utilizando os processos de flotação em coluna e por ar dissolvido. CETEM, Rio de Janeiro-RJ, 2007.

- CREDER, Hélio. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 4ª Edição. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro-RJ, 1988.
- CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. Química Nova, v.3, São Paulo - SP, 2004.
- DANESHVAR, N.; BEHNAJADY, M.A.; ASGHAR, Y.Z. Photooxidative degradation of 4-nitrophenol (4-NP) in UV/H₂O₂ process: Influence of operational parameters and reaction mechanism. Journal of Hazardous Materials, v. 139, p. 275-279, 2007.
- DOMÍNGUEZ, J.R.; BÉLTRAN, J.; RODRÍGUEZ, O. Vis and UV photocatalytic detoxification methods (using TiO₂, TiO₂/H₂O₂, TiO₂/O₃, TiO₂/S₂O₈²⁻, O₃, H₂O₂, S₂O₈²⁻, Fe³⁺/H₂O₂ and Fe³⁺/H₂O₂/C₂O₄²⁻) for dyes treatment. Catalysis today, v. 101, p. 389-395, 2005.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Gado de leite. Principais países produtores de leite no mundo - 2010. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0212.php>. Acesso em: 06 de agosto de 2014.
- GEA FILTRATION. Filtração
- FORGACS, E. NANSHEG, D.; HELIN, H. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. Environmental International, v. 30, n. 7, p. 953-971, 2004.
- FRANCI, R. Gerenciamento de lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas. PROSAB, 1999.
- GIORDANO, G. Tratamento e Controle de Efluentes Industriais. Apostila da ABES. Mato Grosso, 2004, p.30.
- GOGATE, R.; PANDIT, B. A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. Advances in Environmental Research, v. 8, p. 501-551, 2004.
- HAO, O.J.; KIM, H.; CHIANG, P.C. Decolorization of wastewater. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 30, n. 4, p. 449-505, 2000.

- IDEMA-RN. Instruções Técnicas para Apresentação de Projetos de Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais. Natal-RN, 2004.
- IMA – Instituto do Meio Ambiente. Decreto sobre medidas de proteção ambiental na área de implantação do Polo Cloroquímico de Alagoas e outras providencias – Decreto 6.200. Alagoas, 1985, p.3.
- JERONIMO, C. E. M. et. Tratamento e redução na fonte de efluentes do processo de alvejamento de tecidos. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, 2005.
- KUŠIĆ, H. et al. Fenton type processes for minimization of organic content in coloured wastewaters. Part II: Combination with zeolites. *Dyes and Pigments*, v. 74, p. 388-395, 2007.
- LEDAKOWICZ, S.; SOLECKA, M.; ZYLLA, R. Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. *Journal of Biotechnology*, v. 89, n. 2, p. 175-184, 2001.
- MATOS, A. T.; CABANELLAS, C. F. G.; CECON, P. R.; BRASIL, M. S.; MUDADO, C.S. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro, *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.2, p.544-551, 2007.
- MATOS, A.T. Tratamento de resíduos agroindustriais. In.: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAIS DA ZONA DA MATA MINEIRA, Viçosa, 2002. Anais... Viçosa, MG: ABES-MG: DEA-UFV: ABAS-MG, 2002. p. 105-157.
- MELO, A. S. CONTRIBUIÇÃO PARA O DIMENSIONAMENTO DE LEITOS DE SECAGEM DE LODO, Campina Grande – PB Setembro 2006
- METCALF & EDDY. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. Ohio: Environmental Research Center. Cincinnati, 1977
- NEAMTU, M. et al. Kinetics of decolorization and mineralization of reactive azo dyes in aqueous solution by the UV/H₂O₂ oxidation. *Dyes and Pigments*, v. 53, p. 93-99, 2002.

- NOGUEIRA, R.F.P. et al. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 400-408, 2007.
- NUNES, J. A. Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais. Aracaju: Produção independente, 1993.
- PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez e levada. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia São Carlos – São Carlos, 2001.
- PERALTA-HERNÁNDEZ, J.M. et al. Comparison of hydrogen peroxide-based processes for treating dye-containing wastewater: Decolorization and destruction of Orange II azo dye in dilute solution. *Dyes and Pigments*, v. 76, p. 656-662, 2008.
- PETERNEL, I.; KOPRIVANAC, N.; KUŠIĆ, H. UV-based processes for reactive azo dye mineralization. *Water Research*, v. 40, n. 3, p. 525-532, 2006.
- POULOPOULOS, S.G.; ARVANITAKIS, F.; PHILIPPOPOULOS, C.J. Photochemical treatment of phenol aqueous solutions using ultraviolet radiation and hydrogen peroxide. *Journal of Hazardous Materials*, v. 129, p. 64-68, 2006.
- POUND, C. E.; CRITES, R. W.; SMITH, R. G. Cost comparison on land treatment and advanced wastewater treatment. EPA – 43019-75-106, 1975.
- ROSA, J. J. Estudo de Coagulantes para o tratamento de efluentes oleosos, utilizando flotação por ar dissolvido. Tese para obtenção do título de Doutor, Porto Alegre - RS, 2002.
- ROTT, U.; MINKE, R. Overview of wastewater treatment and recycling in the textile processing industry. *Water Science and Technology*, v. 40, n. 1, p. 137-144, 1999.
- RUAS, D. G.G.; LEME, E. J. A. Utilização da vinhaça como fertilizante na região Centro-Sul, safra 86/87. *Álcool & Açúcar*, São Paulo, v. 8, n. 42, pp. 26-3, 1988.
- SBRT 3840. Tratamento de efluente resultante do processo de salga a úmido de peles bovinas para fabricação de couro. Disponível em:

sbtr.ibict.br/upload/sbtr3840.pdf?PHPSESSID=7f5c8be7c75b6e. Consulta em 30/05/07.

- SHU, H.; CHANG, M. Decolorization effects of six azo dyes by O₃, UV/O₃ and UV/H₂O₂ processes. *Dyes and Pigments*, v. 65, p. 25-31, 2005.
- SOLETTI, J. I.; CALLADO, N. H.; CARVALHO, S. H. V.; PEDROSA, V. A.; NETO, C. L. P.; BARBOSA, M.G. Reciclagem/Reuso de Efluentes e Resíduos da Indústria de Processamento de Coco. Relatório final: Trabalho FINEP, UFAL, Maceió - AL, 2005
- SPERLING, M. V. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Volume 1 – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.
- VAN HAANDEL. A. C; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para região de clima quente. Campina Grande, 1994.
- VAUTIER, M.; GUILLARD, C.; HERRMANN, J-M. Photocatalytic degradation of dyes in water: case study of indigo and indigo carmine. *Journal of Catalysis*, v. 201, n. 1, p. 46-59, 2001.
- WOJNÁROVITS, L.; TAKÁCS, E. Irradiation treatment of azo dye containing wastewater: an overview. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 77, p. 225-244, 2008.
- XU, X. et al. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process. *Chemosphere*, v. 57, p. 595-600, 2004.
- ZAZO, J.A. et al. Catalytic wet peroxide oxidation of phenol with a Fe/active carbon catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 65, p. 261-268, 2006.