CURSO DE ATUALIZAÇÃO

PARA OPERDORES DE

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Elaborado por:
Engº Nei Rubens Lima

INDICE

1. Introdução: .....
2. Legislação Ambiental: .....
2.1. Estrutura Organizacional 3
2.2. Classificação das Águas segundo Resolução Nº 357 5
2.1 Fechamento de circuito .....
2.2 Conceitos e Definições .....
2.1. Definições 7
2.2. Conceitos: 9
2.3 Tipos de Tratamento .....
2.1. Pré-Tratamento 12
3.1.2. GRADEAMENTO 13
3.1.3. PENEIRAMENTO 14
3.1.4. EQUALIZAÇÃO 15
3.1.5. NEUTRALIZAÇÃO/COAGULAÇÃO 16
2.2. Tratamento Primário 16
3.2.2. Decantadores 16
3.2.3. Flotadores 18
2.3. Tratamento Secundário 22
3.3.2. Fundamentos de Microbiologia: 22
3.3.3. Lagoas de Estabilização 25
3.3.4. Lodos Ativados 28
2.4. Tratamento Terciário 36
2.5. Tratamento e Manuseio de Lodos 36
2.4 Aspectos de Segurança .....

1. Introdução:

Esta apostila pretende transmitir aos participantes do Curso de "Atualização para Operadores de ETE (Estações de Tratamento de Efluentes)", a experiência de 25anos do profissional na área ambiental, nas etapas de projeto e operação de ETE´S.
O curso foi estruturado de forma a disponibilizar aos participantes uma visão de como a Legislação ambiental Brasileira está estruturada e de que forma ela pode a vir influir as ações das pessoas que são profissionais da área ambiental. A estrutura do curso previu, também, uma visão sucinta, das ações necessárias a serem desenvolvidas pelas empresas para reduzir a geração de efluentes de seus processos (Fechamento de Circuito), pois, as características dos efluentes hídricos indicam se o processo industrial está em equilíbrio e sua perdas sob controle.
Criamos um capitulo de Conceitos e Definições de forma a uniformizar o entendimento da linguagem ao longo curso.
No capitulo 5 iniciamos a descrição e detalhamento dos tipos de tratamento que mais são empregados pelo setor de Celulose e Papel, para tratar seus efluentes hídricos.
O curso é encerrado com um capitulo de segurança do processo e dos operadores e visão das tendências em termos de tratamento de efluentes hídricos.

2. Legislação Ambiental:

Art. 1º O Ministério do Meio Ambiente, órgão da administração federal direta, tem como área de competência os seguintes assuntos:
I - política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos;
II - política de preservação, conservação e utilização sustentável de ecossistemas, e biodiversidade e florestas;
III - proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais;
IV - políticas para a integração do meio ambiente e produção;
V - políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal;
VI - zoneamento ecológico-econômico.

2.1. Estrutura Organizacional

Órgãos específicos singulares

Secretaria de Recursos Hídricos

À Secretaria de Recursos Hídricos compete propor a formulação da Política Nacional dos Recursos Hídricos, bem como acompanhar e monitorar sua

implementação, nos termos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e em especial:

Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável:
Cabe a secretaria de Política para o Desenvolvimento Sustentável propor políticas, normas e estratégias, e implementar estudos, visando à melhoria da relação entre o setor produtivo e o meio ambiente;

Órgãos colegiados

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

Órgão consultivo e deliberativo: com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Conselho Deliberativo do Fundo Nacional do Meio Ambiente

Autarquias:

Agência Nacional de Águas - ANA;
Compete a ANA:

- Outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observado o disposto nos artgs. 5º, 6º, 7º e 8º;
- Fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;
- Estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica;

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA

Responsabilidade objetiva:
"Haverá obrigação de reparar o dano, ***independentemente de culpa***, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem". Antes de adentrarmos no tema, recorde-se que o próprio caput do art. 927 referencia os artigos 186 e 187; o art. 186, do novo Código Civil, nada mais expressa senão a definição de culpa em sentido amplo utilizada no direito civil, que compreende, portanto, o dolo e a culpa em sentido estrito; ao enunciar a "ação ou omissão voluntária" se trata do dolo; na referência à "negligência ou

imprudência" é a culpa em sentido estrito. A responsabilidade objetiva ocorre quando é suprimido o primeiro elemento, ou seja, não é necessária a conduta antijurídica expressa pela culpa ou dolo, bastando o nexo de causalidade, ou seja, a existência do fato causador do mal sofrido, como diz Caio Mário, para atribuir-se o dever de reparar.

Passivo Ambiental:
O passivo ambiental da empresa pode ser entendido como sendo a "dívida" que a empresa tem relacionada às questões ambientais. Esta dívida pode ser decorrente, por exemplo, da contaminação do solo e/ou do lençol freático e/ou do não cumprimento de eventuais termos de compromisso firmados com órgãos oficiais de controle ambiental e/ou de ações do Ministério Público decorrentes de reclamações da comunidade".

2.2. Classificação das Águas segundo Resolução Nº 357

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA
RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.
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, e dá outras providências.

Das Águas Doces
Art. 4o As águas doces são classificadas em:
I - classe especial: águas destinadas:
a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
II - classe 1: águas que podem ser destinadas:
a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III - classe 2: águas que podem ser destinadas:
a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
e) à aqüicultura e à atividade de pesca.
IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:
a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras*;*
c) à pesca amadora;
d) à recreação de contato secundário;.
e) à dessedentação de animais.
V - classe 4: águas que podem ser destinadas:
a) à navegação; e.
b) à harmonia paisagística.

2.1 Fechamento de circuito

O setor industrial de forma geral, principalmente aqueles que consomem grandes volumes de água, entre estes o setor de Celulose e Papel, tem buscado reduzir o consumo especifico de água em seus processos produtivos, e consequentemente reduzindo a geração de efluentes líquidos.
Os nomes dos programas para atingir este objetivo variam de empresa para empresa podendo denominar-se, Fechamento de Circuito, Sistema Recuperação de Perdas ou Controle Preventivo da Poluição, entretanto, todos buscam ações que reduzem ou eliminem efluentes nas fontes onde são gerados.
As ações para o estabelecimento de um programa de fechamento de circuito devem ser hierarquizadas de acordo com a estrutura: definida na figura 1.

Redução na fonte: Qualquer ação que reduza ou elimine os poluentes na sua fonte de geração, mediante a modificação dos processos produtivos. Portanto a busca de processos que consomem menos água e por conseqüência gerem menos efluente vêm ao encontro desta ação gerencial para buscar reduzir a geração na fonte.
No segundo estágio para busca na redução da geração de efluentes, caberá a área buscar reutilização no próprio processo para os efluentes gerados por este processo.
Aqueles efluentes que não puderam ser reutilizados ou reprocessados, estes então passaram por um processo de tratamento, de forma a adequá-los para disposição final ou reciclagem.

Figura 1

2.2 Conceitos e Definições

2.1. Definições

DBO_5
"É a medida da quantidade de oxigênio consumido no processo biológico de oxidação da matéria orgânica na água. Grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio. Assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO" (The World Bank, 1978).

"Quantidade de oxigênio utilizado na oxidação bioquímica da matéria orgânica, num determinado período de tempo. Expressa geralmente em miligramas de oxigênio por litro" (Carvalho, 1981).

DQO:
É utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica das águas naturais e dos esgotos. O equivalente ao oxigênio da matéria orgânica que pode ser oxidado e medido usando se um forte agente oxidante em meio ácido. Normalmente, usa-se como oxidante o dicromato de potássio. O teste de DQO também é usado para medir a quantidade de matéria orgânica em esgotos que contêm substâncias tóxicas. Em geral, a DQO é maior que a DBO. “Para muitos tipos de despejos, é possível correlacionar DQO com DBO, correlação que, uma vez estabelecida, permite substituir a determinação da DBO pela da DQO” (Amarílio Pereira de Souza, informação pessoal, 1986).

Turbidez:
É a característica decorrente da presença de partículas sólidas em suspensão na água. Pode ser entendida como ma expressão numérica da propriedade ótica de uma amostra de água que causa dificuldade para passagem da luz.
A turbidez da água pode ser medida por Turbidimetria, que mede a luz *transmitida* por uma suspensão, ou, Nefelometria, que mede a luz *refletida* por uma suspensão.
A turbidez pode ser causada pela presença de matéria em suspensão, tais como: sílica, argila, areia, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos.

Cor:
É uma característica devida à existência de substâncias dissolvidas na água, podendo ser de origem natural pela presença de substâncias minerais ou vegetais, como ferro, manganês, taninos, algas, protozoários e outros.
A cor pode ser *aparente* e *real.*
Cor Aparente: medição da cor da amostra, cuja turvação da mesma não é eliminada.
Cor real: medição da cor da amostra, cuja turvação desta amostra é eliminada por um processo de centrifugação.

Dureza Total:
É definida como a soma dos cátions polivalentes expressos em quantidade de equivalentes de C_aCO_3.

Alcalinidade:
É definida pela capacidade de uma água em consumir ácido sendo causada por sais alcalinos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio. Os silicatos, boratos e fosfatos também fornecem alcalinidade.

Oxigênio Dissolvido
A solubilidade do oxigênio na água varia com a temperatura, a pressão atmosférica e a quantidade de sais minerais presentes.
O oxigênio de saturação é a concentração de oxigênio na água que está em equilíbrio com a atmosfera, dependendo da temperatura e da pressão do ar medidas na superfície da água.

Toxicidade:
Refere-se ao potencial de uma substância de exercer um efeito danoso em humanos ou animais, é uma descrição do efeito e as condições ou concentração sob as quais o efeito ocorre.

Bioensaios ou Biomonitoramento:
Avaliação do comportamento do poluente no ambiente, ou seja, monitorar a sua ação através de organismos vivos. O fundamento da metodologia é o fato de que um estímulo ambiental, como a luz ou a carência de água, assim como

um estímulo proveniente de um poluente, provocam reações no organismo vivo causando alterações em seu funcionamento ou comportamento.

2.2. Conceitos:

O processo de celulose e papel utiliza em suas diversas etapas grandes volumes de água como veículo da polpa. Portanto, ao passar por estas etapas a água é contaminada, ao entrar em contato com os a matéria prima, equipamentos, insumos e demais utilidades.
Os tipos de contaminação que a água pode sofrer são as mais variáveis e para melhor poder compreendê-las e definir a forma como remove-las vamos classificá-las

Conceito de Poluição:
Poluição é um desses termos. Poluição é uma alteração ecológica, ou seja, uma alteração na relação entre os seres vivos, provocada pelo ser humano, que prejudique, direta ou indiretamente, nossa vida ou nosso bem-estar, como danos aos recursos naturais como a água e o solo e impedimentos a atividades econômicas como a pesca e a agricultura.

Poluição Física: ocorre quando fenômenos físicos são os fatores de poluição, como quando uma indústria lança água ainda quente em um rio, o que provoca liberação do oxigênio dissolvido pela alteração da temperatura da água do rio. Cor, turbidez.

Poluição Química: ocorre quando substâncias e reações químicas são o fator de poluição. Podem ser de origem Orgânica ou inorgânica.

Poluição Físico-Química: é provocada pela alteração do fenômeno físico químico como o pH da água, por exemplo. Sabor, odor, radioatividade.

Poluição Biológica: ocorre quando fenômenos biológicos são o fator de poluição.

A partir da conceituação acima, podemos identificar dentro dos processos de obtenção de celulose e papel as principais fontes geradoras de poluição.

SÓLIDOS SUSPENSOS:

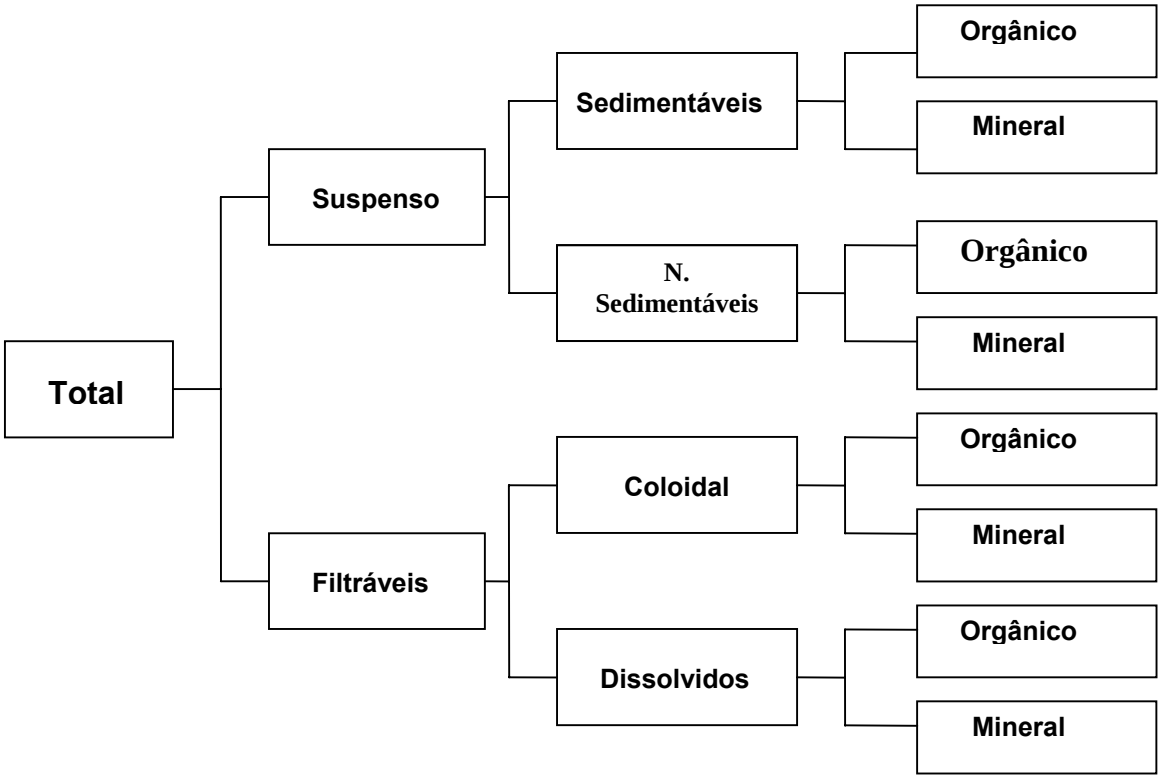


Fig. 2 Classificação dos Sólidos

Unidades normalmente empregadas para expressão de resultados de análises

Base	Aplicação	Unidade
	Análises Físicas	
Densidade	Massa de solução/Unidade Volume	Kg/m³
Percentagem por volume	Volume soluto x 100 / Volume total solução	% (por volume)
Percentagem por massa	Massa soluto x 100 / Massa soluto + massa solvente	% (por massa)
Relação volumétrica	Mililitro / Litro	mL / L
Massa por unidade de volume	Miligrama / Litro solução Grama / metro cúbico solução	Mg / L G / m³
Relação mássica	Miligrama / 10^6 miligrama	ppm
	Análise Química	
Molalidade	Massa soluto / 1000 g solvente	Mol / kg
Normalidade	Equivalente soluto / Litro solução	Equivalente / L
Molaridade	Mol soluto / Litro solução	Mol / L

2.3 Tipos de Tratamento

Nos itens anteriores, constatamos que a Indústria de Celulose e Papel, principalmente a Celulose, gera em seus processos todos os tipos de poluição definidos neste texto.
Também anteriormente, constatamos que, independente do tipo de indústria, os processos necessitam sofrer uma análise para implantação de um programa de redução de volume de efluentes nas fontes geradoras, portanto, para efeito deste texto, consideramos que as etapas anteriores foram cumpridas devendo este capitulo tratar somente da das duas últimas etapas da pirâmide (Figura 1), ou seja, tratamento e disposição final dos efluentes líquidos.
O Tratamento de Efluentes para indústria de Celulose e Papel normalmente é constituído por uma Unidade de Pré-Tratamento, Tratamento Primário e Tratamento Secundário, algumas unidades podem ainda possuir Tratamento Terciário. O sistema de tratamento é complementado pelo Sistema de Manuseio e Acondicionamento de Lodo.
O Pré-Tratamento é constituído por Operações Unitárias, que visam principalmente à remoção de sólidos grosseiros.
O Tratamento Secundário tem por objetivo a remoção de matéria orgânica, através de mecanismos biológicos.
O Tratamento Terciário tem por objetivo a complementação do tratamento secundário, no caso deste não atingir a eficiência necessária exigida para remoção de algum parâmetro, ou a necessidade de adequar o efluente secundário para reutilização no processo fabril.
O fluxograma básico de uma estação de tratamento de efluentes, para remover os contaminantes dos efluentes líquidos é apresentado na figura 3 a seguir.

FLUXOGRAMA BÁSICO

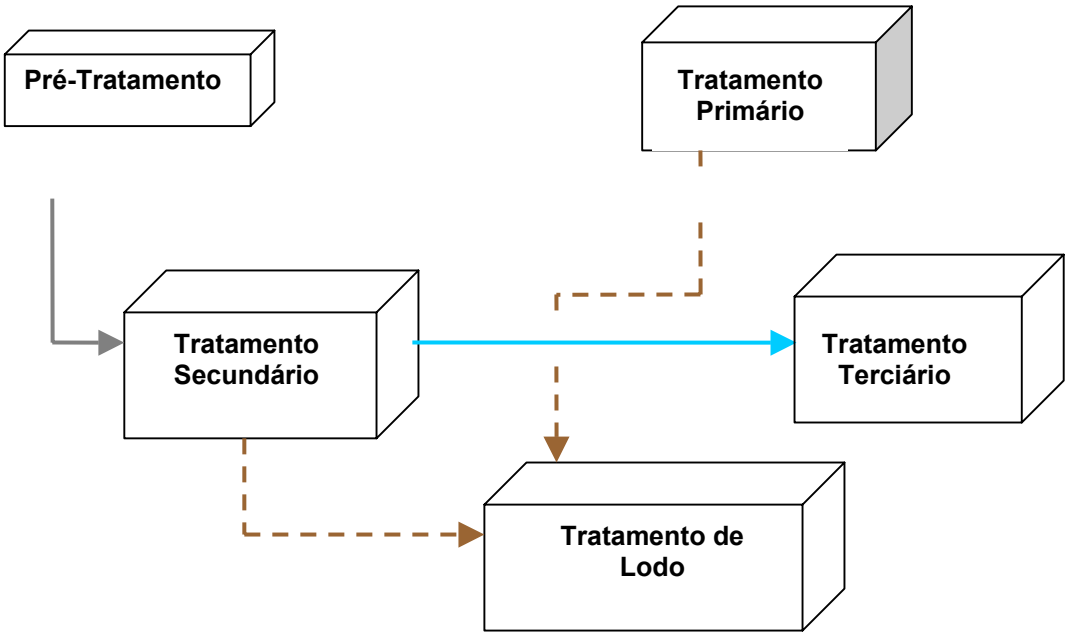


Figura 3

2.1. Pré-Tratamento

O tratamento primário visa remover os sólidos grosseiros e os sólidos inorgânicos em suspensão.

SÓLIDOS GROSSEIROS

- Pedaços de ferro
- Cavacos de madeira
- Latas e latão
- Embalagens
- Vidros
- Papel e papelão
- Plásticos
- Borrachas

INORGÂNICOS

- Terra
- Areia
- Fibras de celulose
- Fibras de algodão
- Corantes

As primeiras etapas de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) são:

3.1.2. GRADEAMENTO

A remoção dos sólidos grosseiros em suspensão de um efluente industrial é indispensável antes de qualquer operação de recalque.

Esta operação é geralmente realizada por meio de grades de barras convenientemente dispostas de modo que permitam a retenção e posterior remoção do material estranho contido no efluente.

O gradeamento tem por finalidade a proteção dos dispositivos de transporte do efluente, isto é, bombas, tubulações e peças especiais; a proteção das unidades de tratamento; a proteção do corpo receptor evitando inconvenientes, tanto em seu aspecto como no seu funcionamento normal e o aumento da eficiência de operação, desinfecção e assepsia.

As grades de barras são dispositivas constituídas de barras paralelas e igualmente espaçadas que retêm sólidos grosseiros e corpos flutuantes estranhos que estejam no efluente. Constituem a primeira unidade de uma estação de tratamento.
A remoção destes sólidos ocorre quando atuam os equipamentos de retenção que são as barras paralelas de espessura e espaçamento adequados e os dispositivos de remoção que podem ser ancinhos, garfos ou rastelos.

Tipos:
De acordo com o sistema de limpeza.

a. Grades simples: limpeza manual (para pequenas instalações);
b. Grades mecanizadas: limpeza mecânica (para instalações maiores). O sistema de acionamento do rastelo de limpeza pode ser por intermédio de cabos ou cremalheiras.

De acordo com as abertura ou espaçamentos das barras:

a. Grades Grosseiras: de 4,0 a 10,0
b. Grades Médias: de 2,0 a 4,0 cm;
c. Grades Finas: de 1,0 a 2,0 cm (por vezes até 0,60 cm)

Velocidades recomendadas através das barras (limpas):

- Mínima 0,4 m/s
- Máxima 0,75 m/s

Grade Manual

Figura 4

Grade Automática

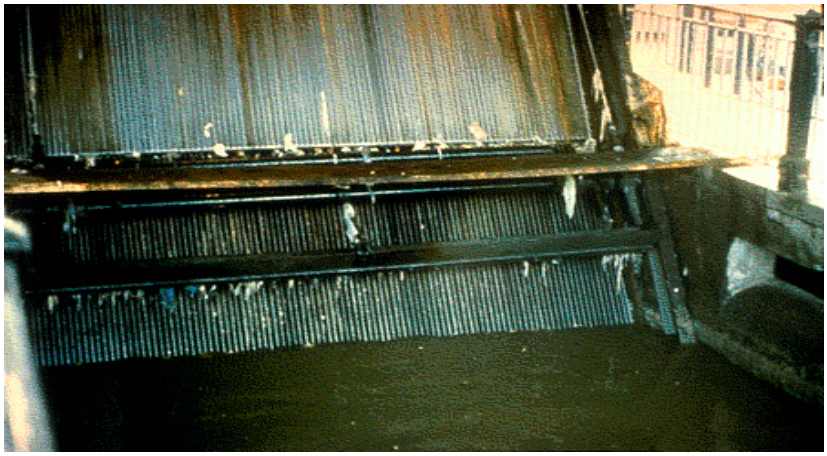


Figura 5

3.1.3. PENEIRAMENTO

O processo físico de peneiramento consiste em remover os sólidos de uma corrente líquida por sua própria natureza. É um processo simples, econômico e de baixo custo.

Estes dispositivos são constituídos de malhas de arames, chapas perfuradas ou equivalentes, podem ser limpas manualmente ou desobstruídas por mecanismos automáticos. O diâmetro dos furos pode variar de 0,5 a 3,0 mm.

As peneiras quando corretamente projetadas e operadas, permitem economizar energia elétrica e produtos químicos nas unidades subseqüentes.

Existem no mercado três categorias de peneiras aplicáveis aos despejos:

- Peneiras autolimpantes (Bauer Hidrasieve)

- Peneira de limpeza automática (Parkwood)

- Peneira rotativa de limpeza automática

3.1.4. EQUALIZAÇÃO

A equalização dos efluentes líquidos é uma das operações básicas com a finalidade de uniformizar vazões e características dos efluentes, levando a uma autoneutralização. O efluente pode ser equalizado a volume constante ou a vazão constante com isto um menor dimensionamento dos demais componentes do sistema depurador, com um menor consumo de produtos químicos posteriormente. Em certos tipos de indústrias, parte dos despejos são descartados em um intervalo de tempo reduzido e contínuo, e a não adoção de tanques de equalização levaria a unidades de tratamento bastante grandes.

A equalização dos efluentes alcalinos e ácidos permite uma homogeneização dos mesmos, levando o ph final da mistura para valores entre 6,5 a 9,5.

O dimensionamento do tanque de equalização é feito de modo a conter o volume diário dos despejos e deve levar em conta três fatores básicos:

- O processo de mistura destas águas deve ser tal que a qualidade do efluente da unidade seja uniforme e evite a sedimentação dos sólidos em suspensão;
- Deve ser evitado o desenvolvimento de fermentação anaeróbia, e
- O volume do tanque geralmente é o adotado como sendo igual a 2/3 do volume total descartado.

Para a mistura dos efluentes são utilizados misturadores mecânicos, difusores e aeradores superficiais. A potência de agitação necessária é de 05 a 10 W/m3 de ar/hora/tanque para colunas líquidas da ordem de 4 m.

O nível mínimo de líquido a ser mantido no tanque (para amortecer choques de ph) deve ser de 30% da altura útil, que deve ter de 2 a 4 m com 0,5 m adicionais para retenção de espuma (SENAI, 1989).

3.1.5. NEUTRALIZAÇÃO/COAGULAÇÃO

A neutralização do efluente é necessária para manter o pH numa faixa de 7 a 9, ideal para as etapas de coagulação e floculação. Adiciona-se um álcali ou ácido num tanque provido de agitação rápida (tanque de neutralização/coagulação).

2.2. Tratamento Primário

Foi convencionado denominar de Tratamento Primário, a etapa do processo de tratamento de efluentes que remove sólidos suspensos sedimentáveis. Normalmente esta etapa de tratamento é posterior ao Pré-Tratamento, desde que, a qualidade do tratamento exija remoção de sólidos grosseiros, areia e/ou argila.

O tratamento primário, pode, além da remoção de sólidos suspensos sedimentáveis, vir a ter outros tipos de processo dentro desta etapa, como por exemplo, realizar abaixamento de temperatura dos efluentes, refinamento na neutralização dos efluentes ou ainda um processo de equalização antes de ser direcionado para o tratamento secundário.

A remoção dos sólidos suspensos sedimentáveis, normalmente na indústria de celulose e papel, são removidos com Decantadores, chamados de Decantadores Primários, mas também, dependendo do tipo de indústria, podem ser empregados Flotadores.

3.2.2. Decantadores

A remoção dos sólidos suspensos sedimentáveis por decantadores, emprega a força da gravidade para separar os sólidos sedimentáveis da corrente liquida. Os decantadores primários podem ser classificados de acordo com sua configuração geométrica:

- Decantadores primários circulares;
- Decantadores primários retangulares.

Os decantadores primários circulares também podem ser classificados de acordo com a configuração de sua ponte removedora de lodo:

- Decantadores primários diametral: são aqueles equipamentos cuja ponte removedora de lodo, ocupa todo o diâmetro do decantador.;
- Decantadores primários radial: são aqueles equipamentos cuja ponte removedora de lodo ocupa o raio do equipamento.

Os decantadores também podem ser classificados de acordo com o tipo de acionamento da ponte removedora de lodo:

- Decantadores de acionamento central, são aqueles equipamentos que utilizam pontes diametrais e que precisam remover lodo de densidade mais elevadas e consistências mais elevadas;

- Decantadores de acionamento periférico: este tipo de acionamento pode ser empregado tanto nos decantadores de pontes diametral como nos de pontes radiais.

A remoção de lodo primário, normalmente, é realizada através de bombas de deslocamento positivo, tipo monho. Algumas instalações empregam bombas centrifugas de rotor aberto, entretanto, para lodos contendo fibra não se recomenda o emprego de bombas centrifugas. Estas bombas normalmente são locadas junto ao núcleo central, evitando tubulações de sucção muito longas, para isto é necessário construir Galerias técnicas, de forma a possibilitar este posicionamento d bomba e facilitar operações de desobstrução da linha de sucção por parte do pessoal de operação e manutenção.
O controle da extração de lodo deve ser realizado através do controle da consistência do lodo a ser extraído. A consistência deve ser mantida entre 1% a 2,5%. Não é interessante manter a consistência em valores muito baixos porque desta forma o lodo carreará muita água para o sistema de manuseio e desaguamento de lodo, de onde esta água retornará para o inicio do tratamento para ser novamente tratada.
Por outro lado se mantermos a consistência de lodo primário muito alta, dois problemas podem ser ocasionados, como, a ponte removedora de lodo pode sofrer uma sobracarga em seu torque e o desenvolvimento, no fundo do decantador, de uma região de anaerobiose, tendo como conseqüência o desprendimento de gases resultante da decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos anaeróbicos. Quando este fenômeno ocorre dizemos que o decantador está degasando e é facilmente perceptível pela presença de bolhas de gás na superfície do decantador.
O fenômeno de degasagem, também pode se manifestar, quando as pás rapadoras de fundo da ponte removedora de lodo, apresentar espaço entre a lâmina e o fundo do decantador, criando desta forma mantas de lodo, que não são removidas do fundo do decantador, criando desta forma zonas de anaerobiose.

Galeria Técnica do Decantador

Figura 6

Figura 7

3.2.3. Flotadores

A principal vantagem dos flotadores sobre os decantadores é de área ocupada, pois ocupam uma área inferior à necessária para instalação de um decantador, entretanto, consomem mais energia que os decantadores em função do seu principio de funcionamento.

Os flotadores ao contrário dos decantadores empregam o principio de separação inverso ao do decantador, ou seja, empregam a diferença de massa especifica entre o sólido e o liquido. Esta diferença acontece em função de certas partículas liquidas e sólidas se prendem a uma bolha de gás

(normalmente ar) para formar um composto “partícula-gás” cuja densidade é menor que o liquido na qual ela está dispersa.
A maneira de introdução de ar na massa líquido, para separar o sólido da corrente liquida, pode ser feita através de dois processos:

- DAF (Dissolved Air Flotation);
- CAF (Cavitation Air Flotation) (ver figura 10);

DAF: Neste processo o ar comprimido é injetado em um tanque de saturação com efluente bruto. Deste tanque, o efluente saturado com ar é direcionado para câmara de flotação. Nas figuras abaixo pode ser observado as configurações de sistemas DAF.

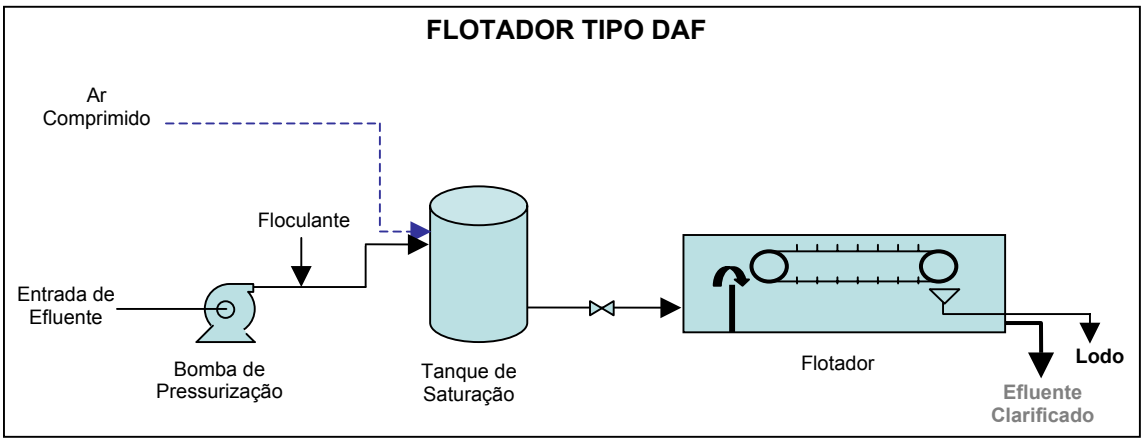


Figura 8

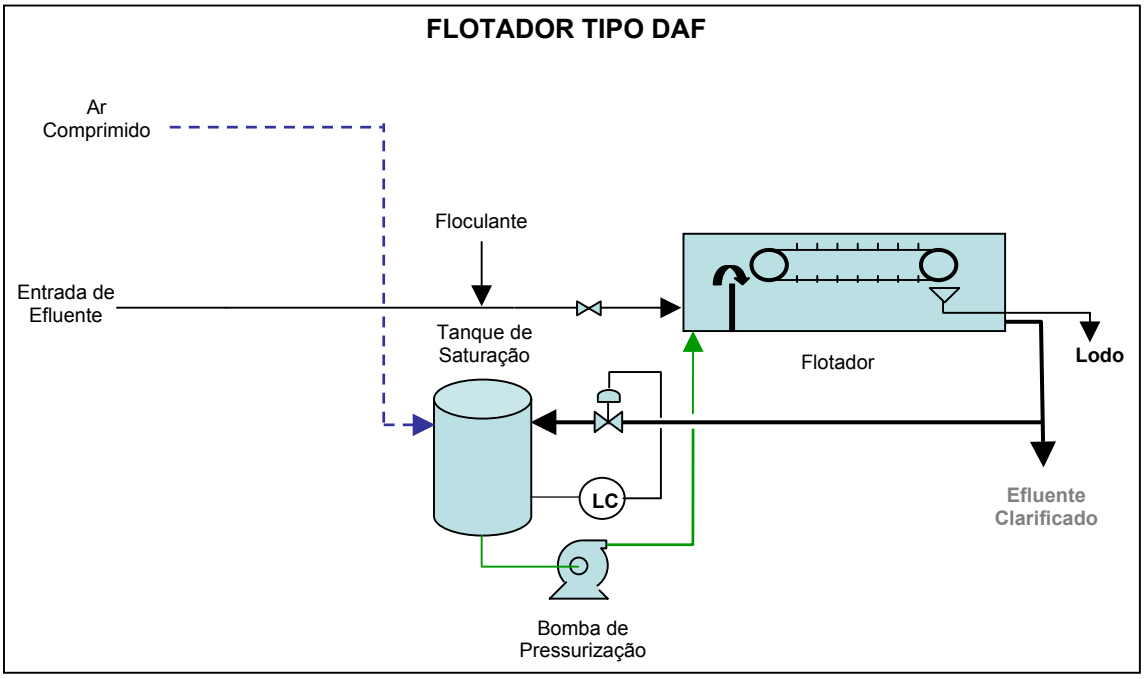


Figura 9

CAF: No processo flotação CAF o ar é injetado, diretamente na massa de efluente através de um processo de cavitação, ou seja, o equipamento insuflador de ar (aerador), em função de sua configuração, provoca cavidades no seio do liquido, onde por estas cavidades o ar irá se expandir em formas de bolhas, as quais arrastarão o material sólido para a superfície do liquido.
Normalmente estes tipos de aeradores possuem uma cavidade na parte superior da camisa do eixo, por onde o ar ingressa, succionado pela turbina fixada na extremidade inferior do eixo mergulhado no liquido.
Na figura abaixo mostramos um flotador tipo CAF.

Flotador tipo CAF

Figura 10

Flotador tipo CAF

Figura 11

Tanto os sistema DAF como o sistema CAF são projetados a partir de uma relação A/S (Área/Sólidos), ou seja, uma massa de ar para massa de sólidos na entrada do equipamento.

Na figura 12 mostramos um gráfico do comportamento desta relação, em termos de qualidade do efluente na saída do flotador. Constata-se que, à medida que a relação A/S diminui, a qualidade do efluente piora, portanto, se em processo houver aumento da do teor de sólidos suspensos no efluente bruto, superior à concentração normal prevista para o projeto, a qualidade do efluente tenderá a piorar e esta piora será diretamente proporcional ao acréscimo desta carga no equipamento.

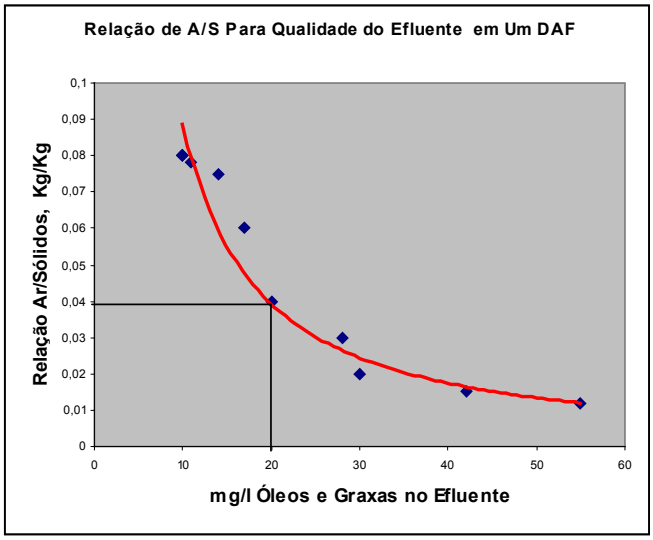


Figura 12

2.3. Tratamento Secundário

O Tratamento Secundário, por convenção, é denominado para designar tratamento biológico de efluentes hídricos, ou seja, empregar mecanismos biológicos para reduzir a matéria orgânica presente nos efluentes. Os processos biológicos reproduzem, de forma semelhante os processos naturais que ocorrem em um corpo d´água após o lançamento de efluente ou despejo no mesmo. Em um corpo receptor, a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes, através de mecanismos naturais, caracterizando desta forma o fenômeno de autodepuração. Em uma estação de tratamento de efluentes ocorrem os mesmos fenômenos básicos, entretanto, com introdução de tecnologia de forma que o fenômeno ocorra em condições controladas, mas com taxas mais elevadas.

3.3.2. Fundamentos de Microbiologia:

A microbiologia é o ramo da biologia que trata dos microorganismos. Alguns grupos microorganismos têm propriedades em comum com os vegetais enquanto outros possuem algumas características de animais.
Os microorganismos podem ser agrupados em três grandes reinos:

- Protistas
- Animais
- Vegetais

De forma sumarizada podemos apresentar as características principais de cada reino:

Protistas: Células eucarióticas: (possuem núcleo verdadeiro)
- Algas
- Fungos
- Protozoários

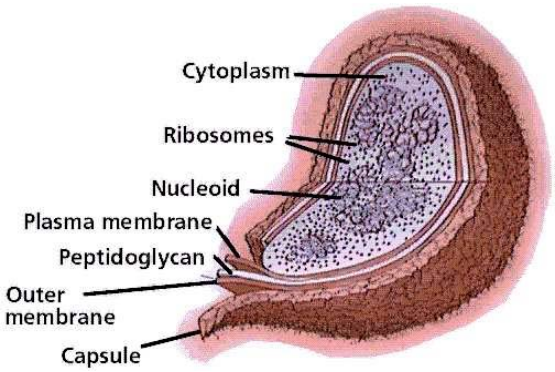
Células Procarióticas: (possuem membrana verdadeira)
- Bactéria
- Algas azul-verdes.

Os Protistas são unicelulares, sem diferenciação de tecidos.

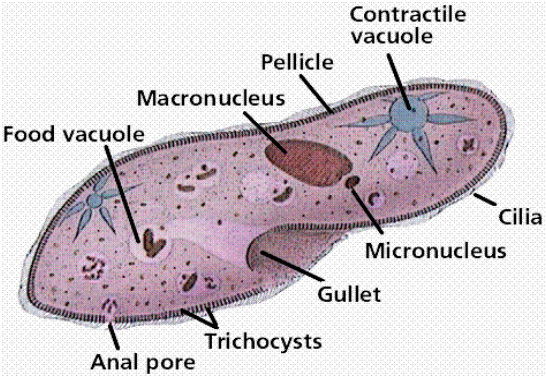
Animais: Rotíferos; Crustáceos.

Plantas: Musgos; Samambaias.

Os animais e as plantas são multicelulares, com diferenciação de tecidos. A diferença crucial entre protistas e os demais (vegetais e animais) é o elevado nível de diferenciação celular apresentado pelos vegetais e animais. Portanto, significa que, nos protista, a célula de um mesmo indivíduo são morfológica e funcionalmente similares, reduzindo desta forma sobremaneira sua capacidade de adaptação. Já nas Plantas e animais as células diferenciadas (mas geralmente de mesmo tipo) reúnem-se em grupos maiores, denominados tecidos, que por sua vez constituem os órgãos (ex: rins).



bactéria e suas estruturas



Paramecium

Figura 13

Remoção da Matéria Orgânica (Noções Básicas)

Nos tratamentos secundários de efluentes hídricos ocorre a oxidação da matéria orgânica e eventualmente da matéria nitrogenada em condições aeróbias.

A matéria carbonácea (baseada em carbono orgânico) presente nos efluentes hídricos pode ser classificada em termos de biodegrabilidade em Inerte e Biodegradável:

Matéria Orgânica Inerte (não biodegradável):
Esta fração passa pelos tratamentos sem sofrer qualquer alteração e podem ser identificadas , com relação ao estado físico:

- *Solúvel:* Não sofre qualquer tipo de alteração ao passar pelo tratamento secundário, mantendo a concentração de saída igual a concentração de entrada.
- *Particulada (em suspensão):* A matéria orgânica não biodegradável particulada é envolvida pelo lodo biológico (biomassa), sendo removida juntamente com o lodo biológico que sedimenta no fundo dos reatores.

Matéria Orgânica Biodegradável:
A matéria orgânica biodegradável ao passar pelo tratamento secundário dos efluente hídricos sofre alterações. Podemos identificar duas frações com relação a facilidade de degradação e ao estado físico indiretamente:
Rapidamente biodegradável: Esta fração normalmente apresenta-se na forma solúvel, consistindo de moléculas simples. Este tipo de moléculas são utilizados diretamente pelas bactérias heterotróficas.
Lentamente biodegradável: Esta fração apresenta-se usualmente na forma particulada, embora, cabe ressaltar,que existe a possibilidade de haver matéria orgânica solúvel de degradação lenta. Moléculas relativamente complexas constituem o material de degradação lenta, as quais não são utilizadas diretamente pelas bactérias. Para que as bactérias possam utilizar este material é necessário que enzimas extracelulares convertam este material em matéria solúvel através do mecanismo chamado hidrólise.

Matéria Nitrogenada
Os efluentes podem conter dois tipos de matéria nitrogenada, que classificamos como inorgânica e orgânica.

Matéria Nitrogenada Inorgânica:
É representada pela amônia, tanto na forma livre NH_3 como na forma ionizada (NH_4^+). Nos testes de monitoramento este nitrogênio é denominado de Nitrogênio Amoniacal.
Matéria Nitrogenada Orgânica:
Assim como a matéria carbonácea a matéria nitrogenada pode ser dividida quanto a sua biodegradabilidade: Inerte e Biodegradável.

- *Inerte:* A fração inerte pode ser subdividida em relação ao seu estado físico:
    - Solúvel; Esta fração pode ser desprezada.

- *Particulada*: mesmo processo que ocorre na fase carbonácea, a matéria particulada fica aderida ao lodo biológico sendo removida juntamente com este.

- *Biodegradável:* Esta fração pode subdividida em três tipos:
  - *Rapidamente Biodegradável*: encontra-se em forma solúvel e através do processo de amonificação as bactérias heterotróficas convertem este material em amônia;
  - *Lentamente biodegradável:* encontra-se na forma particulada. Aqui também ocorre o processo de hidrólise em paralelo com a fase carbonácea.
  - *Amônia:* Tanto as bactérias heterotróficas como as autotróficas utilizam a amônia resultante da hidrólise e amonificação das fases anteriores.

3.3.3. Lagoas de Estabilização

Lagoa de Estabilização é uma das formas mais simples de tratamento biológico e uma das primeiras formas de tratamento empregadas pelo setor de celulose e papel, sendo que, atualmente ainda são bastante utilizadas.

As lagoas de estabilização apresentam uma grande variabilidade em termos de nível de simplicidade operacional e requisito de área. Os sistemas de lagoas mais empregados são os seguintes:

- Lagoas Facultativas;
- Sistema de Lagoas Anaeróbicas seguidas por lagoas Facultativas;
- Lagoas Aeradas Facultativas;
- Sistemas de lagoas Aeradas de mistura completa seguidas por lagoas de Decantação

Além das lagoas acima referidas, podemos citar a Lagoa de Maturação, utilizada para remoção de patogênicos.

As lagoas de estabilização, em função do clima do Brasil, são bastante indicadas em função de:

- Clima favorável;
- Suficiente disponibilidade de área;
- Operação simples;
- Necessidade de pouco ou nenhum equipamento.

Lagoas Facultativas

Descrição do Processo:

Na lagoa Facultativa ocorrem três mecanismos de tratamento e por quais os efluentes são tratados para remoção de sua carga orgânica.
Na zona de fundo da lagoa, sedimentará a matéria orgânica em suspensão (DBO_5 particulado). Este lodo sedimentado sofre um processo de decomposição anaeróbica (ausência de oxigênio dissolvido) por microrganismos anaeróbicos, quando a matéria orgânica será convertida em gás carbônico, metano e água. Depois de certo tempo permanecerá no fundo da lagoa somente o material inerte (não biodegradável). O gás sulfidríco gerado pela decomposição dos sulfatos, normalmente não geram problemas de cheiro, pois, serão oxidados, nas camadas superiores da lagoa através de reações químicas e bioquímicas.
O restante da matéria orgânica em suspensão, não sedimentável (DBO_5 finamente dividido), permanecerá dispersa no efluente juntamente com a matéria orgânica solúvel (DBO_5 solúvel). Na camada superior tem-se uma zona aeróbica onde ocorre a oxidação da matéria orgânica por meio de respiração aeróbica, na presença de oxigênio, o qual é suprido ao efluente pela fotossíntese promovida pelas algas. (Ver figura 14).

Fotossíntese:
Durante o dia as algas, utilizando a luz solar como fonte de energia, consomem o gás carbônico, gerado pela decomposição da matéria orgânica promovida pelas bactérias e as algas, produzindo Oxigênio que é difundido no seio do efluente. Este fenômeno é chamado de fotossíntese.
No período da noite, as bactérias consomem o oxigênio e liberam CO_2 para o massa liquida do efluente. Este fenômeno é chamado de respiração.

Fotossíntese:

$CO_2 + H_2O$ +Energia $\longrightarrow$ Matéria orgânica + O_2

Respiração:

Matéria orgânica + $O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ + Energia

Características:

- As lagoas Facultativas podem operar em série ou em paralelo;
- A profundidade varia de 1,5 m a 2,5 m;
- A temperatura de operação pode atingir a 50°C.;
- O pH de operação pode variar entre 6,5 a 9;
- Tempo de detenção: de 7 a 30 dias;

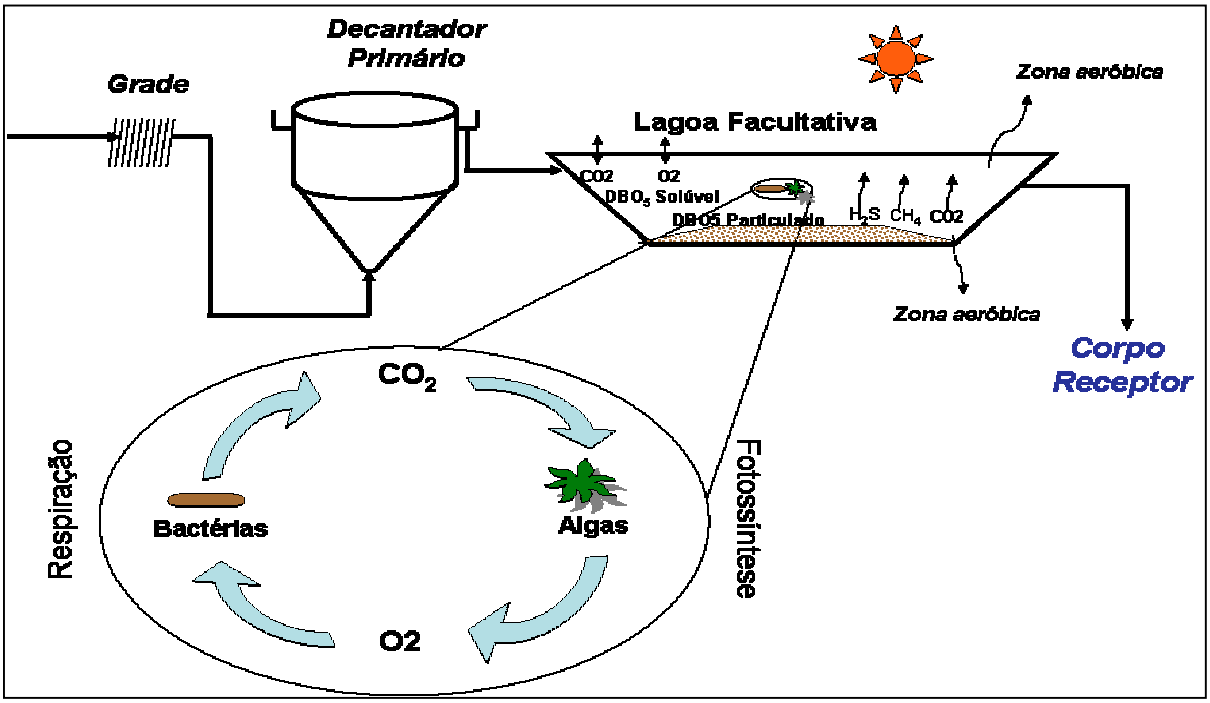


Figura 14

Lagoas Aeróbicas

As lagoas Aeróbias apresentam condições aeróbias em toda a sua profundidade e contém bactérias e algas em suspensão.

A profundidade das lagoas aeróbias não ultrapassa a 1,5 metros. A introdução de oxigênio acontece pela produção das Algas e pela difusão atmosférica. Este tipo de lagoa exige para sua implantação grandes extensões de áreas.

O tempo de detenção pode variar entre 3 a 6 dias e carga aplicada pode chegar a 220 kg de DBO_5 / há.dia.

Lagoas Aeradas

Nas Lagoas Aeradas o processo de degradação da matéria orgânica é semelhante ao que ocorre nas lagoas Facultativas e Aeróbias e com processos de Lodos Ativados, a diferença consiste que a lagoas aeradas não necessitam da energia solar para que as algas produzam oxigênio, no caso das lagoas Aeradas o oxigênio é extraído da atmosfera através de equipamentos mecânicos chamados aeradores.

Com a utilização dos aeradores, este processo, comparado com as lagoas aeróbias e as facultativas, apresenta uma dinâmica superior em termos de disponibilização de oxigênio para respiração dos microorganismos, tendo como conseqüência uma necessidade de áreas menores para sua implantação.

Também em função desta maior dinâmica, a geração de sólidos é muito maior do que a produzida por outros tipos de lagoas.

A potência de aeração é definida em função da carga orgânica aplicada na lagoa, a localização da lagoa em termos de altitude e a temperatura dos efluentes e do ambiente local.
O tempo de residência celular é um fator importante de forma a garantir:

- Biofloculação dos microorganismos suspensos;
- Fator de segurança para que não haja Washout das células (arraste das células para fora da lagoa).

Como referência, a potência ideal para manter os sólidos em suspensão deve ser projetada entre 10 a 13 W/m³.
Ao aeradores nas lagoas aeradas podem ser fixados através de cabos, os quais se encontram presos aos suportes flutuantes e a pilastras ancoradas no topo dos taludes. Estes cabos normalmente são protegidos através de invólucros de plástico.

Conversão da Matéria Carbonácea

Conversão aeróbia

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6\ O_2 + 6\ H_2O$ + Energia

Conversão anaeróbica

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3\ CH_4 + 3\ CO_2$ + Energia

Conversão da Matéria Nitrogenada

$2\ NH_4^+{-}N + 3\ O_2 \xrightarrow{\text{Nitrossomonas}} 2\ NO_2^+{-}N + 4\ H^+ + 2\ H_2O$

$2\ NO_2^+{-}N + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3{-}N$

Redução dos Nitratos

$2\ NO_3{-}N + 2\ H^+$

3.3.4. Lodos Ativados

A. Descrição do Sistema

O sistema de lodos ativados é constituído basicamente um tanque de aeração, normalmente denominado de Reator Biológico e um Clarificador Secundário, que também pode ser denominado de Decantador Secundário, esta configuração pode vista na figura 15.
Este processo consiste em colocar o efluente liquido em contato continuo com uma massa de microrganismos. A matéria orgânica contida no efluente é fonte de carbono e energia para o crescimento celular e que converterá a matéria

orgânica em tecido celular, produtos finais oxidados (principalmente dióxido de carbono). O conteúdo contendo esta massa microbiológica e o efluente é denominada Licor Misturado.
Normalmente esta massa do licor misturado é constituído por 70 a 90% de orgânico e 10 a 30% de matéria inorgânica. O licor misturado na saída do reator é direcionado para o Decantador Secundário, para separação das células biológicas (decantadas), as quais serão retornadas para o reator. O sobrenadante do decantador secundário poderá ser disposto no corpo receptor ou passar por mais fase de tratamento.

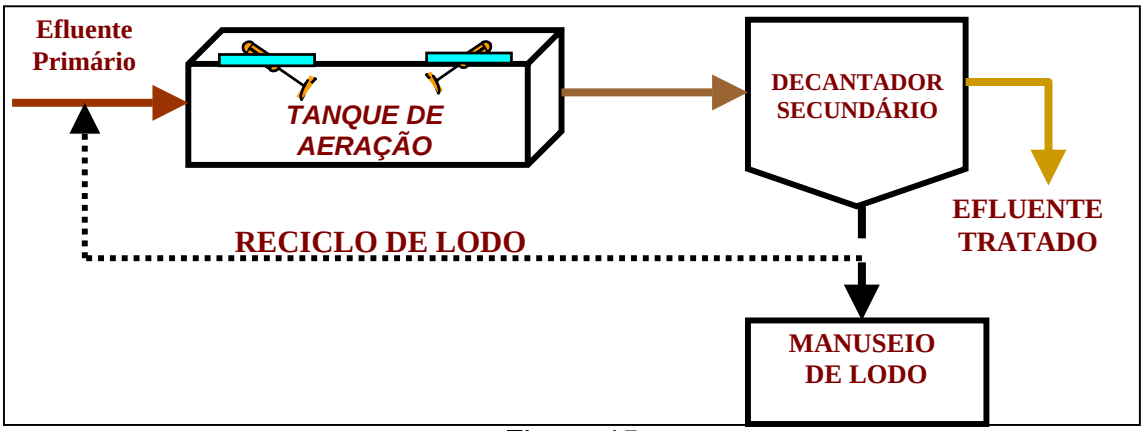


Figura 15

Portanto os componentes de um sistema de lodos ativados é constituído por:

1. Tanque de aeração;
2. Fonte de aeração para proporcionar adequada quantidade de oxigênio e misturada da massa microbiológica com o efluente;
3. Um Clarificador para separar os sólidos biológicos (lodo ativado);
4. Sistema de coleta e recirculação de lodo biológico;
5. Sistema de remoção de lodo biológico em excesso.

B. Microbiologia e Bioquímica do Sistema

A constante agitação e a recirculação do lodo biológico é o ambiente ideal para presença de uma gama enorme de microorganismo, enquanto inibe a presença de organismos maiores. Bactérias, fungos, protozoários e rotíferos são comumente encontrados nos sistemas de lodos ativados (Ver figura 16). Também podem ser encontrados nematóides. Algas raramente são encontradas pela ausência de luz.
O tipo de cultura que se desenvolve no sistema de lodos ativados, depende basicamente das características do efluente que irá alimentar o reator as condições ambientais do processo, e a condução operacional do sistema.
Bactérias: Estão presentes desde tamanho microscópico, até bactérias visíveis em forma de colônias gelatinosas. O sistema de lodos ativados contém também bactérias em forma de esporos, cuja características são

essencialmente anaeróbicas. A maioria das bactérias presentes no lodo ativado, são do tipo facultativas.

Fungos: Embora as bactérias sejam os maiores constituintes dos lodos ativados, os fungos, que são organismos multicelulares que metabolizam matéria orgânica solúvel, podem se proliferar dentro do sistema. Sob condições ambientais especificas os fungos competem com as bactérias.

Protozoários: São microorganismos unicelulares que podem ingerir alimentos sólidos como bactérias e partículas de tamanho coloidal. Protozoários ciliados pode ser a forma dominante mais comum, embora existam mais de 200 espécies de protozoários. Em função dos seu tamanho (10 a 200 microns) pode ser utilizado como referência para o controle operacional. Geralmente se reproduzem mais lentamente do que as bactérias.

Rotíferos: São animais multicelular, aeróbios e heterotróficos. Apresentam a propriedade de consumir bactérias dispersas e também partículas de matéria orgânica.. A presença no lodo biológico indica um processo biológico de purificação eficiente.

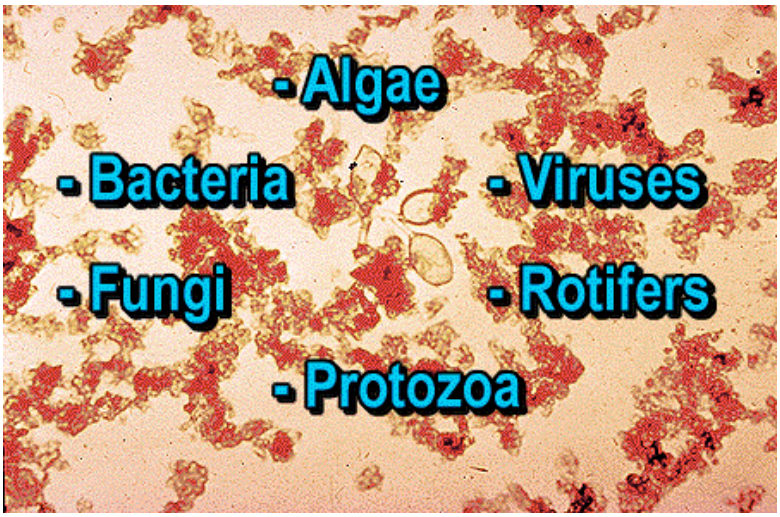


Figura 16

C. Bioquímica

A reação bioquímica para estabilização da matéria orgânica no processo de lodo ativado pode ser expresso da seguinte maneira:

Matéria inerte + Matéria orgânica + Oxigênio + Nutrientes + Microorganismos ⟶ Novos Microorganismos + Dióxido de Carbono + Água + Matéria inerte adicional

D. Controle Operacional do Sistema

O controle operacional do sistema de lodos ativados, como qualquer processo, exige o domínio das variáveis de processo. Como podemos ver na figura abaixo, as variáveis do processo podem ser divididas em dois grupos, as que estabelecem as condições biológicas e as que definem as condições ambientais. *Se as condições ambientais e as biológicas estiverem controladas o sistema de lodos ativados apresentará uma alta eficiência.*

Condições Biológicas

Definimos condições biológicas aquelas condições que o operador não tem como atuar sobre as mesmas, como a matéria orgânica e os microorganismos presente no Licor Misturado. (ver figura abaixo)

Portanto o alimento, que representamos pela concentração de DBO_5 de forma estimada, e os microorganismos que estimamos através dos Sólidos Suspensos Voláteis (MLVSS), representam os parâmetros que necessitam ser monitorados e controlados. As condições biológicas são influenciadas pelas condições ambientais, enquanto as condições biológicas definem alterações nas condições ambientais, a serem promovidas pelo operador.

Condições Ambientais

As condições ambientais são definidas por aqueles parâmetros que o operador pode atuar de forma direta ou indireta para melhorar as condições biológicas, portanto, uma série de parâmetros são monitorados e controlados para que, melhorando as condições ambientais teremos um aumento da eficiência do sistema.

Formas de controlar o Processo

- TESTE ANALITICO
- EXAME MICROSCÓPICO
- INSPEÇÃO VISUAL
- CHEIRO
- CÁLCULO DE PROCESSO

Os principais testes analíticos a serem executados são:

- pH
- MLSS
- MLVSS
- SSS
- O2 DISSOLVIDO
- DBO5
- DQO
- SVI (Índice Volumétrico de Lodo)

SVI: INDICE VOLUMÉTRICO DE LODO

Definição: *O volume ocupado por 1 grama de lodo depois de sedimentar por 30 minutos.*

Ver figura 19 e 20.

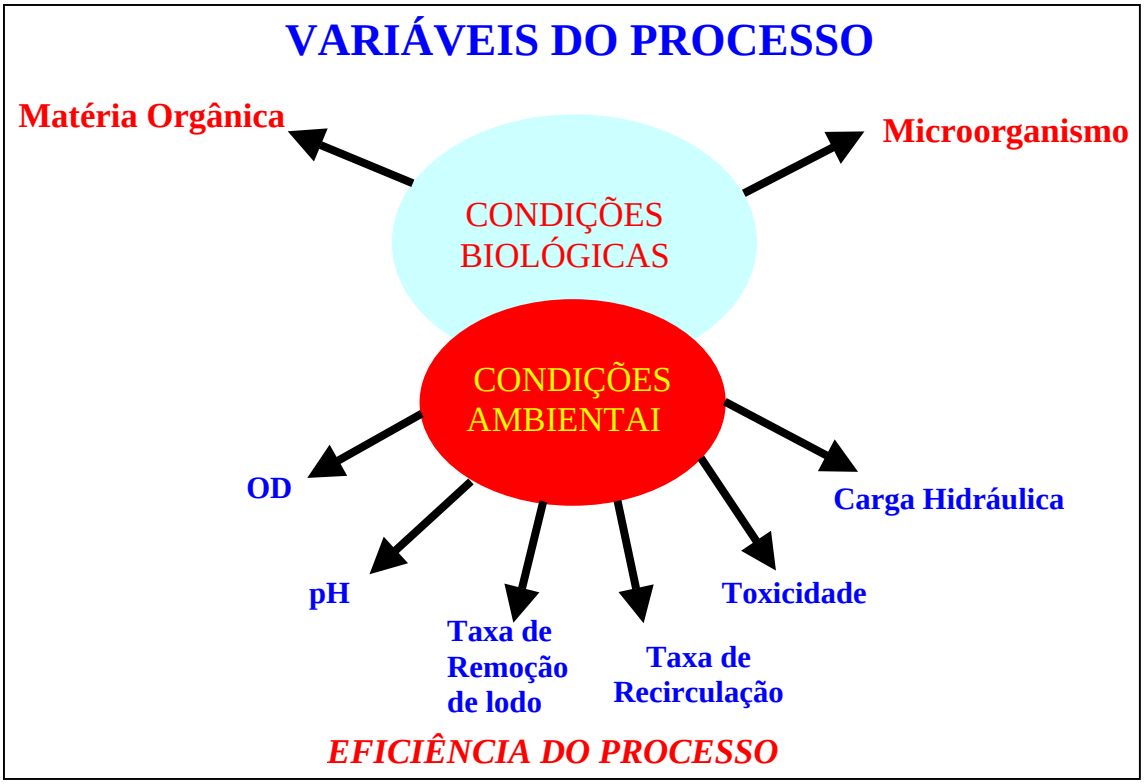


Figura 17

Exame microscópico:
É de suma importância o operador ter familiaridade com a técnica de exame microscópico e a identificação dos principais microorganismos que compõe a cultura do lodo biológico, pois desta forma conseguirá saber em que condições que está operando o reator biológico e se há necessidade de alguma intervenção operacional. Na figura 18 abaixo, podemos identificar alguns microorganismos.

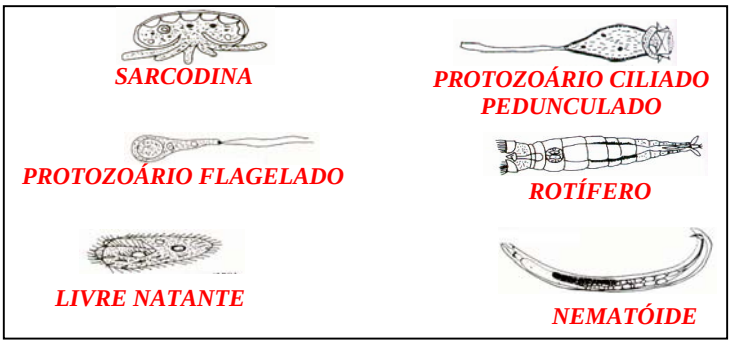


Figura 18

Inspeção visual:
A inspeção visual é de suma importância, pois o aspecto de lodo biológico nos dá referência se lodo está sadio ou está começando tornar-se séptico. A superfície do decantador secundário e seu transbordo também dará ao operador uma noção quanto ao comportamento do sistema. Como exemplo,, podemos constatar um processo de degasagem na superfície do decantador ou a perda de sólidos pelo transbordo, o que acarretaria uma perda de eficiência do sistema. ,

Cheiro:
O sentido olfativo tem também sua importância, pois através dele podemos constatar se o lodo está tornando-se séptico ou tóxico.

Calculo de Processo:
Alguns parâmetros necessitam ser calculados, a partir de dos resultados analíticos ou de parâmetros medidos por instrumentos instalados no fluxo do processo.
Como descrevemos anteriormente, as condições biológicas são controladas pela concentração de DBO_5, que representa o alimento dos microorganismos e a concentração da biomassa representada pela concentração de MLSSV (Sólidos Suspensos Voláteis no Licor Misturado).
A relação entre o alimento e a quantidade de microorganismos é chamada de Taxa F/M.
F= Food e M=Microorganism.
O F deve expressar a quantidade de matéria orgânica alimentada ao reator biológico por dia. Portanto para definir esta massa diária necessitamos a concentração de DBO_5 no afluente do reator e a vazão diária que alimentou o reator em m³/dia. Para calcularmos a massa de microorganismos necessitamos a concentração de MLSSV no reator biológico e o volume do reator biológico.

$$F/M = (mg/l\ DBO_5 \times Q) / (mg/l\ SSVLM \times V_r)$$

Q = Integração diária do fluxo ao reator biológico.
V_r = Volume em m³ do Reator biológico.
O número da taxa F/M é adimensional e na planta do setor de celulose e papel pode variar de 0,25 a 0,65.

A taxa F/M é muito utilizada por alguns operadores para controlar o sistema de remoção de lodo biológico em excesso. O sistema é controlado através da fixação de um valor para a taxa. Como o teste da DBO_5 é muito demorado, os operadores utilizam a DBO_5 estimada, que consiste em determinar a concentração de DQO, que é um teste mais rápido, a partir da relação entre DQO/DBO_5 calcula-se a DBO_5 estimada. Normalmente a relação DQO/DBO_5, para efluentes da indústria de celulose e papel, apresenta valor em torno de 3.
Esta relação quanto maior for seu valor representa que o efluente torna-se menos biodegradável.

Quando a taxa F/M começa cair muito abaixo da referência estipulada é sinal que a operação necessita aumentar a extração de lodo biológico em excesso, desta forma o valor de M cairá e a taxa voltará a subir. Ao contrário, quando a taxa sobe muito devemos reduzir a extração de lodo.
Outro sistema utilizado pelos operadores para controlar a extração de lodo é calculo da Idade de Lodo. *A definição de Idade de Lodo é: O tempo (dias) que uma partícula de lodo permanece sob aeração.*
Para calcularmos a Idade de Lodo necessitamos as concentrações de MLSSV no reator e no Reciclo de lodo. Se a perdas de sólidos no transbordo do decantador secundário for significativa, então, este valor entra no calculo.
Idade do Lodo = (MLSSV x V_r) / (RSSSV x Q_e) (calculo desconsiderando transbordo do secundário).
Idade do Lodo = (MLSSV x V_r) / (RSSSV x Q_e + SSV_{tr}*Q) (Calculo considerando o transbordo do decantador secundário).

RSSSV: Sólidos Suspensos Voláteis no reciclo de lodo;
SSV_{tr}: Sólidos Suspensos Voláteis no transbordo do decantador secundário.
Q: Vazão total diária de alimentação do reator biológico.
Q_e: Vazão total diária de lodo extraído.

Tanto a Idade de Lodo como a taxa F/M de ser mantidas em valores que propiciem uma boa eficiência do sistema, em termos de remoção de DBO_5. Se o sistema apresentar uma redução em torno dos 90% de carga orgânica não faz sentido manter a taxa F/M baixa ou a Idade de Lodo alta, pois desta forma o sistema estará sendo exigido em termos d consumo de oxigênio e consumo de nutrientes.
Taxa de Recirculação:
A recirculação de lodo é um fator importante para controle de massa microbiológica no reator e para controlar a carga hidráulica aplicada sobre o sistema. Normalmente é utilizada uma taxa de recirculação de 40%, ou seja, a cada 100 m³ de efluente alimentado ao reator recircula 40 m³ de lodo biológico.

Índice Volumétrico de Lodo
A determinação do Índice Volumétrico de Lodo define a qualidade de sedimentação do lodo biológico. O teste é realizado coletando uma amostra do Licor Misturado na saída do reator e colocando esta amostra a decantar em proveta de 1000 ml, após 30 minutos lê-se o volume final do lodo sedimentado. O volume em ml dividido pela concentração de MLSS e após multiplicar por 1000.
IVL = (Vol. (ml)/ MLSS) X 1000
Na figura abaixo podemos o inicio (tempo = 0 minuto) e o final da sedimentação (tempo. = 30 minutos).

Figura 19

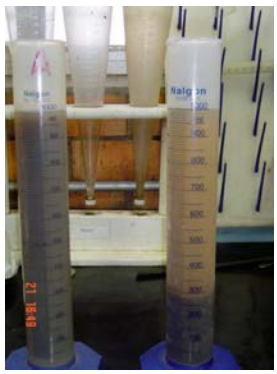


Figura 20

Nutrientes:
Os efluentes gerados pelos processos da Indústria de celulose e papel apresentam concentrações baixas de nitrogênio e fósforo, elementos estes importantes para o crescimento bacteriano. Mesmo tratando os efluentes sanitários conjuntamente com os efluentes industriais, em função da grande diferença de vazão entre os dois tipos de efluentes, se faz necessário aplicar uma dosagem de nutrientes. Normalmente esta dosagem é feita em função da concentração da matéria orgânica, ou seja, a concentração de DBO_5 no efluente que alimenta o reator biológico. A relação tradicional empregada pelos operadores de ETE´s para *DBO_5:N:P é 100:5:1*.
Normalmente é empregado Uréia, como fonte de nitrogênio e ácido fosfórico como fonte de fósforo.

Sistema de Aeração:
O sistema de aeração é um dos elementos mais importantes do sistema de lodos ativados. O fornecimento de oxigênio para respiração dos microorganismos pode ser utilizado ar atmosférico, ou oxigênio puro. No mundo existem poucas instalações com oxigênio puro, no Brasil atualmente somente uma unidade emprega este meio de oxigenação da massa biológica.
A duas formas principais de introduzir ar ou oxigênio no efluente:

- Introduzir ar ou oxigênio no efluente através da insuflação com pressão (aeração por ar difuso);
- Causar um grande turbilhonamento, expondo o efluente, n forma de gotículas, ao ar, e ocasionalmente a entrada de ar atmosférico no meio liquido (aeração superficial ou mecânica).

Os mesmos parâmetros, em termos operacionais, tomados coma as lagoas aeradas devem ser tomados com a aeração dos sistema de lodos ativados.

Desenvolvimento de organismos Filamentosos (Formação de Bulking)

Causa do crescimento de Filamentosos

- Alta carga orgânica;
- Baixa carga orgânica;
- Deficiência de nutrientes;
- Baixo pH;

- Baixo oxigênio dissolvido;
- Alto Oxigênio dissolvido;
- Remoção de lodo biológico em excesso descontrolada.

Na figura 21 abaixo, podemos observar o efeito do bulking no decantador. Com o intumescimento do lodo a densidade baixa e lodo praticamente flutua cobrindo a superfície do decantador.

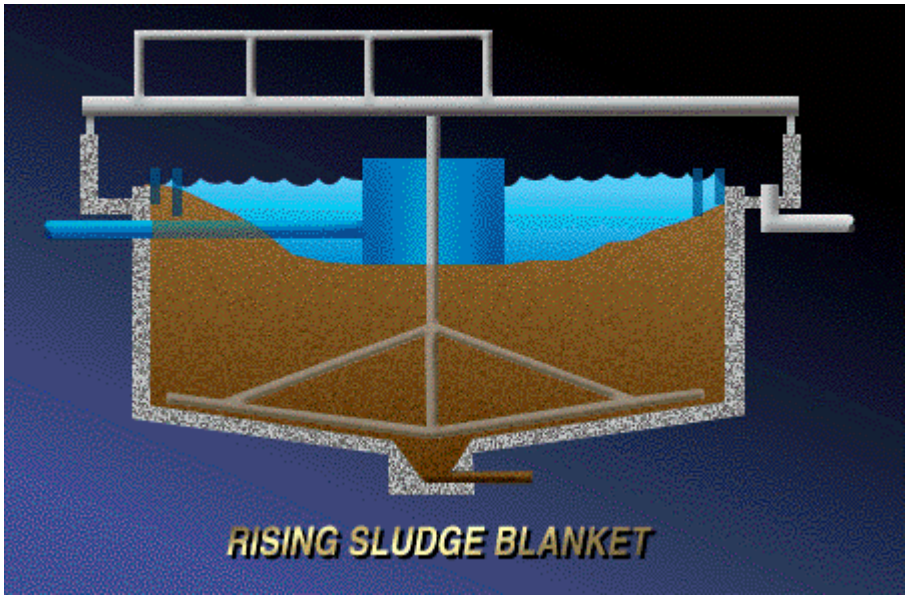


Figura 21

2.4. Tratamento Terciário

Como afirmamos anteriormente o tratamento terciário, normalmente é empregado para atingir algum parâmetro, que no tratamento primário e secundário não foi atingida a eficiência de remoção desejada. Com exemplo podemos citar parâmetros de DQO, cor, turbidez, Coliforme fecais e outros que por ventura a legislação vem a impor ao empreendimento.

Outro objetivo em que o tratamento terciário pode a vir a ser empregado, é no fechamento de circuito, com objetivo de polir o efluente tratado de forma a reutilizá-lo no processo.

A precipitação química é um dos exemplos de tratamento terciário que as empresas vem empregando com o intuito de polir o efluente secundário. A cloração também às vezes é empregada para reduzir a concentração de coliforme fecais, embora esta alternativa seja questionada, pelo risco de, na reação de cloração, vir a produzir substâncias organocloradas.

2.5. Tratamento e Manuseio de Lodos

A função do tratamento e manuseio de lodo é, recolher todo o lodo gerado na estação de tratamento de efluentes reduzir o volume de água e então dispô-lo de forma adequada.

Os lodos são gerados nos decantadores primários e na extração de lodo biológico em excesso. Em plantas que possuem tratamento terciário também é gerado lodo, se este tratamento for por precipitação química.
O manuseio de lodo é constituído por:

- ADENSAMENTO
- DESAGUAMENTO
- ESTOCAGEM
- DISPOSIÇÃO

O fluxograma do processo do manuseio e desaguamento pode ser visto na figura 22 abaixo.

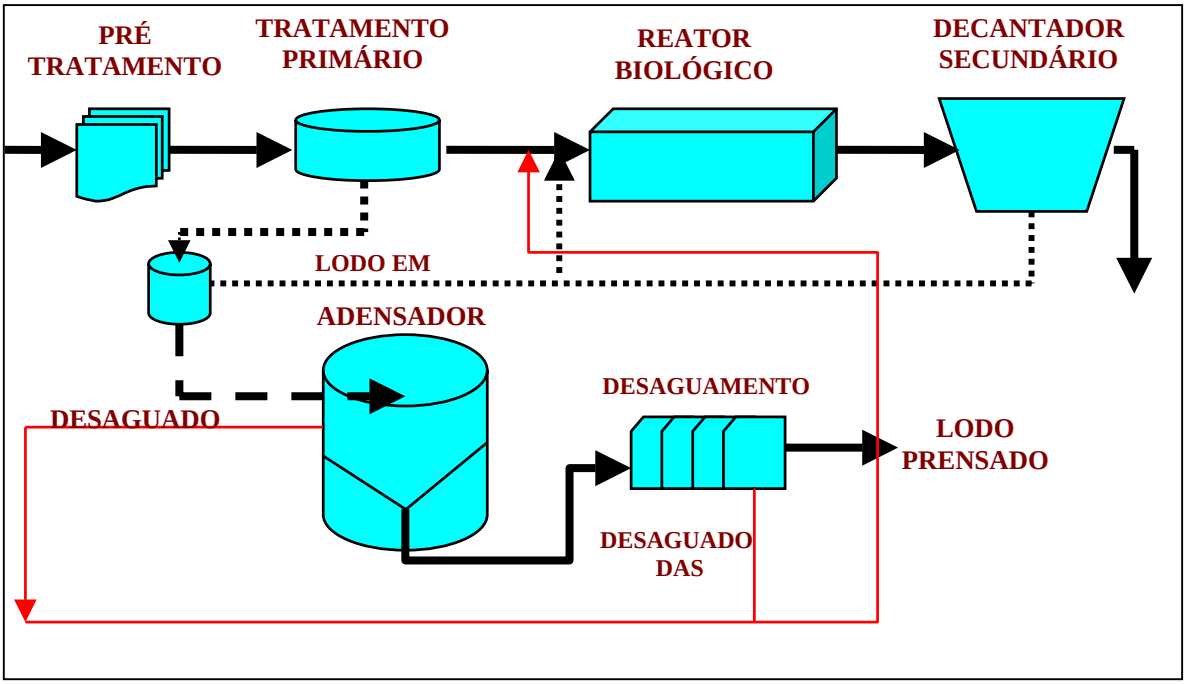


Figura 22

O adensamento tem por objetivo reduzir o volume de água do lodo, de forma a que, os equipamentos de desaguamento tenham dimensões menores. O adensamento do lodo normalmente por espessadores por gravidade. Estes equipamentos são projetados utilizando "carga mássica" (kg/m²/h) como parâmetro de projeto.
O principal cuidado operacional a ser mantido com os adensadores é com a extração de lodo, pois se houver demora na extração o lodo rapidamente se torna séptico, provocando degasagem e consequentemente provocando a perda de eficiência do equipamento.
O desaguado do adensador pode direcionado tanto para a entrada do reator biológico bem como para a entrada do tratamento primário.

Desaguamento:
O desaguamento de lodo pode ser feito em vários tipos de equipamentos. Os mais empregados nas plantas de tratamento de celulose e papel são os tipo "Belt Filters", conhecidos com filtros de tela dupla. Também são utilizados os filtros tipo Prensa e também os Decanters que são centrifugas.
Destes o mais eficiente em termos de perdas de sólidos e consistência da torta de lodo são os Decanters, entretanto apresentam um custo operacional mais elevado principalmente pelo consumo mais elevado de energia elétrica.
Todos os equipamentos acima citados, para melhorar a eficiência dos mesmos, empregam polieletrólitos. È recomendado controlar a eficiência destes produtos empregando consumo específico (kg/t.mat.seca)do polieletrólito.
O desempenho do sistema de desaguamento pode ser medido pela características do desaguado e pela consistência do lado desaguado.

2.4 Aspectos de Segurança

Como qualquer unidade do processo de fabricação de celulose e papel, as unidades de tratamento de efluentes precisam de atenção em termos de segurança das instalações como da segurança pessoal dos operadores e pessoal de manutenção.

Cuidados quanto a Segurança:

- Manter a área operacional sempre livre para a operação
- e manutenção poderem circular;
- Evitar que a espuma se avolume no reator chegando a transbordar, a espuma é um veículo de bactérias;
- Usar sempre óculos de segurança e luvas;
- Lembrar que o lodo biológico contém bactérias patogênicas, portanto evitar contato com a pele.
- Manter coletes salva-vidas em torno do reator e do decantador.
- Implantar rodapés nos passadiços dos equipamentos da estação.
- Antes de autorizar ação da manutenção, verificar se os equipamentos foram desativados eletricamente.
- Se sistema de oxigenação for com oxigênio puro, sempre verificar, se a roupa não possui traços de óleo e graxa, em caso positivo remover a roupa.
- Se a linha de oxigênio puro for flangeada se assegurar que os flanges foram aterrados;
- As salas que possam conter oxigênio devem ser ventiladas através da renovação do ar de 6 a 10 vezes seu volume.