**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS**

**Instituto de Estudos Tecnológicos**

**Curso de Tecnologia em Meio Ambiente**

# TRATAMENTO DE CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO

Diana Fernanda Vaz de Melo dos santos

JUIZ DE FORA

2006

Diana Fernanda Vaz de Melo dos santos

# TRATAMENTO DE CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente da Universidade Presidente Antônio Carlos como requisito à graduação.

Orientador: Prof.: Alexandre Lioi

JUIZ DE FORA

2006

Diana Fernanda Vaz de Melo dos santos

# TRATAMENTO DE CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente da Universidade Presidente Antônio Carlos como requisito à graduação.

Orientador: Prof.: Alexandre Lioi

Prof. Alexandre Lioi (Orientador)

Dedico ao Yuri, por ter acreditado em mim e me apoiado incondicionalmente, assim como dedico a ele minha vida, com a minha gratidão e prova do meu amor.

# AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores, com carinho, especialmente ao amigo e orientador Lioi. Agradeço principalmente a minha avó, meus irmãos que sempre acreditaram em mim e a todos que eu amo. Aos meus amigos da faculdade Fábio, Moema, Vitor Hugo e Jerôncio que participaram da minha vida nestes dois anos e a Miriam pelo carinho em todas as horas.

# RESUMO

Um dos problemas do mundo hoje é aonde vai ser depositado todo lixo gerado e como minimizar o impacto causado no meio ambiente por este lixo.O lixo gerado em nossas casas e industrias são depositados em aterros sanitários.Este lixo tem uma grande quantidade de matéria orgânica.A decomposição desta matéria orgânica mais a água proveniente das chuvas e da própria umidade do lixo forma o chorume.O chorume é um resíduo potencialmente patogênico e tóxico,por isso, tem que ser tratado e disposto de forma correta para que não contamine os lençóis freáticos e nem as águas subterrâneas. O chorume é conhecido por ser um liquido escuro, mal cheiroso e que sai do lixo.A composição do chorume e bastante variável e depende de inúmeros fatores;composição do lixo depositado, Clima, e a idade do aterro que interfere diretamente na composição do chorume variando basicamente em três fases: Aeróbica, acetogênica e metanogênica. As fases são definidas de acordo com o tipo de microorganismos encontrados em maior concentração. Podemos observar que o clima influencia muito na produção de chorume, mas nem toda água precipitada nos aterros sanitários consecutivamente vai se tornar chorume.No tratamento do chorume os processos convencionais utilizados são baseados em processos físico-químicos e biológicos.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Composição do chorume com diferentes idades ..... 16
2. Valores de características do chorume de aterros novos e consolidados ..... 17
3. Valores típicos e faixas de variações dos parâmetros de chorume para as fases acetogênicas e metanogênicas de um aterro sanitário ..... 17
4. Precipitação e produção de chorume em alguns aterros sanitários na Alemanha..... 18
5. Seleção de processos para tratamento de chorume ..... 22
6. Sistema de tratamento de chorume por evaporação ..... 24
7. Lagoas aeradas aeróbias e Lagoas aeradas facultativas ..... 27
8. Floco de lodo ativado ..... 28
9. Lodos ativados ..... 29
10. Lagoa anaeróbia do aterro sanitário de Goiânia ..... 30
11. Lagoa facultativa do aterro sanitário de Goiânia ..... 30

# LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

COT – Carbono Orgânico Total ..... 17
DBO – Demanda Bioquímica de oxigênio ..... 16
DQO – Demanda Química de oxigênio ..... 16
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto ..... 16
pH – Potencial Hidrogeniônico ..... 16
POA – Processo Oxidativo Avançado ..... 21
SDT – Sólidos Dissolvidos Totais ..... 16
SST – Sólidos Suspensos Totais ..... 16

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO ..... 09
OBJETIVO ..... 11
1. O QUE É CHORUME? ..... 12
2. COMPOSIÇÃO E FORMAÇÃO DO CHORUME ..... 14
3. VOLUME DE GERAÇÃO DE CHORUME ..... 18
4. TRATAMENTO DE CHORUME ..... 19
5. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE CHORUME ..... 23
5.1. Tratamento físico-químico ..... 23
5.2. Tratamento biológico ..... 26
6. CONCLUSÃO ..... 31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 32

# INTRODUÇÃO

Um dos problemas do mundo hoje é aonde vai ser depositado todo lixo gerado e como minimizar o impacto causado no meio ambiente por este lixo. A preocupação com meio ambiente esta cada dia maior, a demanda de resíduos é maior do que a quantidade que pode ser tratada ou deposta de maneira correta, muitos lugares ainda tem lixões para depor seus resíduos e o lixo gerado tem inúmeros componentes químicos, biológicos, patogênicos e outros. Esta mistura de vários componentes no lixo dá origem a um liquido altamente contaminante chamado chorume.

> MEIRA,J.C.R.(Fadini e Fadini 2001). Historicamente, os lixões têm sido construídos em vales, nas proximidades ou dentro de leitos de cursos d'água, o que torna o chorume um agente de comprometimento de recursos hídricos. Os lixões, por serem na verdade uma mera disposição a céu aberto, são constituídos sobre terrenos que permitem não apenas o escoamento do chorume,mas também a sua infiltração no solo, levando á contaminação das águas subterrâneas. Ao contrário dos lixões, os aterros sanitários, que recebem resíduo sólido municipal urbano (o lixo gerado em nossas casas), e os aterros industriais,tem as suas construções pautadas em normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que prevê impermeabilidade do terreno e o tratamento do chorume gerado. Poços de monitoração aberto nas proximidades do aterro permitem a avaliação constante das águas subterrâneas e a tomada de decisões em caso de eventuais infiltrações.

O chorume causa um impacto no meio ambiente bastante evidente. Estudos recentes demonstram que os efeitos de degradação do solo podem ser observados mesmo a distâncias superiores a 100m do aterro, assim como alteração no meio aquático, principalmente aonde a descarga é maior. Por isso é extremamente necessária a introdução de sistemas de coleta e tratamento. (MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P.).

De acordo com MORAES, P.B., a deposição de lixo em aterros sanitários constitui a técnica mais utilizada mundialmente para a remediação de resíduos sólidos. O lixo em decomposição sob o solo juntamente com a água proveniente principalmente da chuva gera o chorume.

Segundo D'ALMEIDA e Vilhena (2000), no estudo do tratamento e disposição de resíduos sólidos, muitas vezes ocorre de não se ter em conta que, associado aos mesmos, há uma fração de líquidos que exigem cuidados específicos.

De acordo com FILHO,I.N., MÜHLER,C.V.,CARAMÃO,E.B., um sério problema que ocorre nos aterros sanitários é a formação de chorume.

Como podemos ver neste trabalho não acabam os problemas e as preocupações assim que o lixo sai da porta da nossa casa. A parte de destinação final é a mas trabalhosa e gera outros problemas desconhecidos pela maior parte da população. O problema em questão, que é o chorume, começa quando o lixo é embalado, acondicionado e transportado.

É comum a presença de um líquido vazando dos saquinhos de lixo doméstico. Também dão origem a grandes quantidades deste líquido os aterros sanitários e os lixões, que escorrem da fase sólida, sendo fonte de desconforto por causa da sua aparência e mau cheiro. Sem contar os problemas sanitários e ambientais devidos a sua composição.(D'ALMEIDA, Vilhena 2000).

Segundo SERAFIM,A.C.,et al, o impacto produzido pelo chorume sobre o meio ambiente está diretamente relacionado com sua fase de decomposição. O chorume é mais agressivo que esgoto e precisa de um tratamento adequado.

Uma das formas de garantir a proteção ambiental e a manutenção e estabilidade do aterro sanitário é o tratamento do chorume, preservando também a saúde das pessoas que vivem próximas ao aterro sanitário.(SERAFIM,A.C.,et al).

# OBJETIVO

A poluição ao meio ambiente esta cada vez maior, o objetivo deste trabalho é mostrar um dos problemas relacionados à destinação final dos resíduos sólidos.

O chorume é um resíduo de difícil recuperação, iremos saber como é formado o chorume, quais os componentes conhecidos, o que podemos fazer pra diminuir sua carga poluidora. O chorume é um liquido escuro com um odor bem desagradável, ele possui diversos componentes que pode alterar e degradar o meio ambiente, isso sem contar os problemas sanitários. Serão vistos alguns métodos de tratamento.

# 1. O QUE É CHORUME?

O chorume é conhecido por ser um liquido escuro, mal cheiroso e que sai do lixo, este liquido pode ser conhecido também por sumeiro, chumeiro, lixiviado, percolado, entre outras. A questão do que é o chorume não é muito simples de responder,pois existem vários fatores que interferem na sua composição e na sua formação.(D'ALMEIDA, Vilhena, 2000).

O chorume pode ser originado de três fontes diferentes: da umidade natural do lixo que é acentuado no período de chuva; da matéria orgânica que entra em decomposição gerando um liquido proveniente deste processo e das bactérias que ao expelirem enzimas fazem com que seja dissolvida a matéria orgânica.(D'ALMEIDA, Vilhena, 2000).

> Segundo MEIRA (Fadini e Fadini 2001) o chorume é um liquido escuro de odor fétido que escoa de locais de disposição final de lixo. É o resultado da umidade presente nos resíduos, da água gerada durante a decomposição dos mesmos e também das chuvas que percolam através da massa do material descartado. É um liquido com alto teor de matéria orgânica e que pode apresentar metais pesados provenientes da decomposição de embalagens metálicas e pilhas. A composição final do chorume é fruto do tipo de lixo depositado e do seu estado de degradação.

Segundo HAMADA,J., MATSUNAGA,I., chorume pode ser definido como a fase liquida da massa de lixo aterrada, que percola através desta removendo materiais dissolvidos ou suspensos. O potencial de formação do chorume pode ser determinado através do balanço de água no aterro. O balanço corresponde á soma de quantidades que entram e á subtração de quantidades de água que são consumidas nas reações químicas e á quantidade de água que deixa o aterro como vapor. O potencial, portanto corresponde á quantidade de água que excede a capacidade de retenção de umidade da massa aterrada.

O chorume é um liquido que possui alto potencial patogênico e toxicológico. Falhas na impermeabilização do aterro e tratamento ou manejo inadequado podem comprometer o meio ambiente local, podendo tornar-se uma fonte de contaminação hidrogeológica. (MORAES,P.B.).

O chorume é produzido pela decomposição química e microbiológica,ele é um resíduo liquido com uma grande carga orgânica e com uma coloração forte, proveniente dos resíduos sólidos depositados em aterros sanitários. Com uma composição química que apresenta vários componentes, isso dependerá da natureza dos resíduos depositados, da forma de disposição, e

da idade do aterro, é bastante influenciada pela quantidade de chuva e a temperatura. (MORAIS,J.L., SIRTORI,C., ZAMORA,P.G.P.).

# 2. COMPOSIÇÃO E FORMAÇÃO DO CHORUME

A composição do chorume e bastante variável e depende de inúmeros fatores; composição do lixo depositado, clima, e a idade do aterro que interfere diretamente na composição do chorume variando basicamente em três fases: Aeróbica, acetogênica e metanogênica. As fases são definidas de acordo com o tipo de microorganismos encontrados em maior concentração. A fase aeróbica e caracterizada pela predominância de microorganismos aeróbicos ou seja, que utilizam o oxigênio na decomposição da matéria orgânica. Esta fase se da logo que o aterro é coberto e, portanto, ainda contem uma grande quantidade de oxigênio. Esta fase e relativamente curta e tem uma duração media de um mês, pois o oxigênio contido é rapidamente consumido. Outra característica desta fase é a grande liberação de calor, gás carbônico ($CO_2$) e hidrogênio, principalmente se o acumulo de água no interior for grande. Na fase aeróbica, a composição do chorume apresenta grandes concentrações de sais de alta solubilidade como o cloreto de sódio (NaCl) e também pode apresentar a formação de sais contendo metais, como o chumbo, pois muitos íons são solúveis quando é elevada a temperatura d'água. Quando se dá a diminuição do oxigênio, começa a fase acetogênica, na qual há uma predominância de organismos anaeróbicos facultativos, que não usam o oxigênio na decomposição da matéria orgânica, porém, podem utilizar.

Nesta fase, os microorganismos, convertem a matéria orgânica como celulose e outros materiais putrescíveis, em compostos dissolvidos num processo chamado hidrolise ou liquefação. Ocorre também uma queda do pH devido a uma grande concentração de ácidos como o acido acético e o nitrogênio amoniacal. Devido a grande acidez, ocorre a solubilização de matérias inorgânicas e podemos encontrar no chorume grandes concentrações de ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio. Há também o aparecimento dos maus odores devido a liberação de gás sulfidrico ($H_2S$), amônia ($NH_3$) e outros gases. A terceira e ultima fase, a metanogênica, ocorre quando o pH neutraliza, ocasiona o aparecimento de microorganismos unicamente anaeróbicos denominados metanogênicos. Nesta fase, ocorre o consumo dos compostos orgânicos formados pelos microorganismos da fase anterior, formando o metano ($CH_2$) e o gás carbônico ($CO_2$). Nesta fase há um grande acúmulo de substâncias de difícil degradação biológica como ácidos flúvicos e húmicos, originados da decomposição de matéria vegetal. Estes compostos contribuem para a coloração escura do chorume. (D'ALMEIDA, Vilhena, 2000).

> De maneira geral, o chorume pode ser considerado como uma matriz de extrema complexidade, composta por quatro frações principais:matéria orgânica dissolvida (formada principalmente por metano, ácidos graxos voláteis, compostos húmicos e flúvicos), compostos orgânicos xenobioticos (representados por hidrocarbonetos aromáticos, compostos de natureza fenólica e compostos organoclorados alifáticos), macrocomponentes inorgânicos (dentre os quais se destacam Ca,Mg,Na,K,$NH_4^+$,Fé,Mn,Cl,$SO_4^{2-}$ e $HCO_3^-$) e metais potencialmente tóxicos (ex.Cd,Cr,Cu,Pb,Ni e Zn). (MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P.).

Durante a segunda fase são produzidas grandes quantidades de compostos orgânicos simples e de alta solubilidade, como ácidos acéticos e também quantidade considerável de nitrogênio amoniacal, misturando com a massa de lixo faz com que o pH caia para valores entre 4 e 6. Quando os valores de pH estão baixos favorecem o aparecimento de odores desagradáveis. Esta fase pode durar por alguns anos, com a alta concentração de carga orgânica consecutivamente tem alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que é usado para indicar quanto de matéria orgânica tem em um determinado liquido. Nestes processos de análise de substancias também é usado medir a demanda química do oxigênio (DQO), e a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica por um agente químico.(D'ALMEIDA, Vilhena, 2000).

| Parâmetros (mg/L)[a] | Idade do aterro | | |
|---|---|---|---|
| | 1 ano | 5 anos | 16 anos |
| DBO | 7.500 – 28.000 | 4.000 | 80 |
| DQO | 10.000-40.000 | 8.00 | 400 |
| pH | 5,2-6,4 | 6,3 | - |
| SDT | 10.000-14.000 | 6.700 | 1.200 |
| SST | 100-700 | - | - |
| Condutividade | 600-9.000 | - | - |
| Alcalinidade ($CaCO_3$) | 800-4.000 | 5.810 | 2.250 |
| Dureza ($CaCO_3$) | 3.500-5.00 | 2.200 | 540 |
| Fósforo total | 25-35 | 12 | 8 |
| Ortofosfato | 23-33 | - | - |
| Nitrogênio amoniacal | 56-482 | - | - |
| Nitrato | 0,2-0,8 | 0,5 | 1,6 |
| Cálcio | 900-1.700 | 308 | 109 |
| Cloro | 600-800 | 1.300 | 70 |
| Sódio | 450-500 | 810 | 34 |
| Potássio | 295-310 | 610 | 39 |
| Sulfato | 400-650 | 2 | 2 |
| Manganês | 75-125 | 0,06 | 0,06 |
| Magnésio | 160-250 | 450 | 90 |
| Ferro | 210-325 | 6,3 | 0,6 |
| Zinco | 10-30 | 0,4 | 0,1 |
| Cobre | - | <0,5 | <0,5 |
| Cádmio | - | <0,05 | <0,05 |
| Chumbo | - | 0,5 | 1,0 |

**Figura 1- composição do chorume com diferentes idades**

**Fonte: D'ALMEIDA, VILHENA (CHIAN&DEWALLE 1976,1977) citados por QASIM & CHIANG (1994) . (a) Todos os valores em mg/L, exceto condutividade que e expressa em microhms por centímetro e pH que não tem unidade.NOTA: Consultar lista de siglas e abreviaturas.**

| Parâmetros (mg/L)[a] | Aterro novo (menos de 2 anos) | | Aterro consolidado (mais de 10 anos) |
|---|---|---|---|
| | Variação[1] | Típico[2] | Variação[1] |
| DBO | 2.000-30.000 | 10.000 | 100-200 |
| COT | 1.500-20.000 | 6.000 | 80-160 |
| DQO | 3.000-60.000 | 18.000 | 100-500 |
| SST | 200-2.000 | 500 | 100-400 |
| Nitrogênio orgânico | 10-800 | 200 | 80-120 |
| Nitrogênio Amoniacal | 10-800 | 200 | 20-40 |
| Nitrato | 5-40 | 25 | 5-10 |
| Fósforo total | 5-100 | 30 | 5-10 |
| Ortofosfato | 4-80 | 20 | 4-8 |
| Alcalinidade (CaCO2) | 1.000-10.000 | 3.000 | 200-1.000 |
| pH | 4,5-7,5 | 6 | 6,6-7,5 |
| Dureza (CaCO2) | 300 | 3.500 | 200-500 |
| Cálcio | 200-3.000 | 1.000 | 100-400 |
| Magnésio | 50-1.500 | 250 | 50-200 |
| Potássio | 700-1.000 | 300 | 50-400 |
| Sódio | 200-2.500 | 500 | 100-200 |
| Cloro | 200-3.000 | 500 | 100-400 |
| Sulfato | 50-1.000 | 300 | 20-50 |
| Ferro total | 50-1.200 | 60 | 20-200 |

**Figura 2-Valores de características do chorume de aterros novos e consolidados**

**Fonte: D'ALMEIDA, VILHENA Adaptado de TCHIBANOGLOUS et al. (1993) Citado por citados por QASIM & CHIANG (1994). (ª) Todos os valores em mg/L, exceto pH que não tem unidade.(1) Variação representativa dos valores. Os valores máximos têm sido reportados na literatura para alguns constituintes.(2) Valores típicos para aterros novos variam com estagio metabólico do aterro.Consultar lista de siglas e abreviaturas.**

| Fase acetogênica | | |
|---|---|---|
| Parâmetros[1] | Típico | Variação |
| pH | 6,1 | 4,5-7,5 |
| DBO | 13.000 | 4.000-40.000 |
| DQO | 22.000 | 6.000-60.000 |
| DBO/DQO | 0,58 | - |
| Sulfato | 500 | 70-1.750 |
| Cálcio | 1.200 | 10-2.500 |
| Magnésio | 470 | 50-1.150 |
| Ferro | 780 | 20-2.100 |
| Manganês | 25 | 0,3-65 |
| Zinco | 5 | 0,1-120 |
| Estrôncio | 7 | 0,5-15 |

| Fase metanogênica | | |
|---|---|---|
| Parâmetros[1] | Típico | Variação |
| pH | 8 | 7,5-9 |
| DBO | 180 | 20-550 |
| DQO | 3.000 | 500-4.500 |
| DBO/DQO | 0,06 | - |
| Sulfato | 80 | 10-420 |
| Cálcio | 60 | 20-600 |
| Magnésio | 180 | 40-350 |
| Ferro | 115 | 3-280 |
| Manganês | 0,7 | 0,03-45 |
| Zinco | 0,6 | 0,03-4 |
| Estrôncio | 1 | 0,3-7 |

**Figura 3-Valores típicos e faixas de variações dos parâmetros de chorume para as fases acetogênicas e metanogênicas de um aterro sanitário.**

Fonte: **D'ALMEIDA, VILHENA** (CHRISTENSEN et al. 1989)
(ª) Todos os valores em mg/L, exceto pH e DBO/DQO que não tem unidade.
Consultar lista de siglas e abreviaturas.

# 3. VOLUME DE GERAÇÃO DE CHORUME

Podemos observar que o clima influencia muito na produção de chorume, mas nem toda água precipitada nos aterros sanitários consecutivamente vai se tornar chorume.É preciso saber o quanto dessa água realmente virará chorume.

Segundo D'ALMEIDA, Vilhena (2000), para determinar qual a parcela que efetivamente resultará em chorume, a literatura aponta para um método adotado na Suíça. Este método aplica coeficientes empíricos que dependem do grau de compactação do lixo (CETESB, 1979) ou seu peso especifico (LIMA, 1995), conforme segue: para aterros pouco compactados, com o resíduo aterrado apresentando um peso específico entre 4kN/m³(0,4 tf/m³) e 7kN/m³(0,7tf/m³), espera-se que 25 a 50% da precipitação média anual que incide sobre o aterro transforme-se em chorume; para aterros mais compactado, com peso específico maior que 7kN/m³(0,7tf/m³), espera-se que 15 a 25% da precipitação média anual que incide sobre a área do aterro transforme-se em chorume.

| Aterro sanitário | Precipitação média anual | (%)[a] | Produção de chorume (m³/há.dia) |
|---|---|---|---|
| **Compactação com trator de pé de carneiro** | | | |
| 1 | 652 | 15,1 | 2,7 |
| 2 | 651-998 | 12,2-29,8 | 3,2-8,1 |
| 3 | 651-998 | 16,9-21,6 | 3,0-5,9 |
| 4 | 632 | 16,3-18,3 | 2,8-3,2 |
| 5 | 509 | 16,8 | 2,3 |
| 6 | 556-1.057 | 15,6-19,6 | 2,6-5,1 |
| 7 | 770 | 3,3-7,2 | 0,7-1,1 |
| 8 | - | 22 | 3,8 |
| 9 | - | 38 | 6,7 |
| **Compactação com trator de esteiras** | | | |
| 10 | 571 | 31,3 | 4,9 |
| 10 | 571 | 4,4 | 0,4 |
| 11 | 501-729 | 25-48,2 | 5,3-8,3 |
| 12 | 662 | 58,2 | 10,6 |
| 13 | 632 | 32,3 | 5,9 |
| 14 | 565-655 | 39,2-42,0 | 6,1-7,5 |
| 15 | 636 | 19,9-21,4 | 3,5-3,7 |

**Figura 4-Precipitação e produção de chorume em alguns aterros sanitários na Alemanha**
([a]) Porcentagem da precipitação que se transforma em chorume.
Fonte: **D'ALMEIDA & VILHENA,** EHRIG,1983 citado por CHRISTENSEN et al.(1989)

Quando é usado o trator de esteira, a produção de chorume varia de 25 a 50% da precipitação, no trator tipo pé de carneiro os valores cai, entre 15 a 25%.(D'ALMEIDA, Vilhena, 2000).

# 4. TRATAMENTO DE CHORUME

Atualmente têm sido empregadas para tratar do chorume, as mesmas técnicas utilizadas para o tratamento de rejeitos industriais, inclusive os processos tradicionais biológicos, aeróbicos e anaeróbicos e uma variedade de processos físico-químicos. Porém, é muito limitada a capacidade de certos microorganismos para degradarem substancia orgânica tóxica, assim como também são muito sensíveis a pequenas variações no pH, que podem trazer dificuldades como a paralisação do seu metabolismo. Um dos principais inconveniente é a dificuldade no controle da população desses microorganismos e o longo prazo para que os efluentes atinjam os padrões aceitáveis.

O funcionamento de um sistema biológico estabelecido pode ser afetado por pequenas diferenças na estrutura de um composto poluente ou na composição do meio. Alterações no meio podem alterar o metabolismo dos microorganismos assim como a aclimatação pode promover diferentes transformações em determinados compostos poluentes. Pode-se observar diferentes caminhos na degradação de compostos poluentes dependendo da aclimatação, que em geral, alteram a biodigestão após aclimatas. Por isso a necessidade de processos de tratamento criteriosamente avaliados. Tratamentos baseados em processos químicos são capazes de promover a degradação ou ate a mineralização da matéria poluente. Ainda assim a o problema de acrescentar ao meio mais compostos químicos podendo torna-lo ainda mais agressivo ao meio ambiente. A forma com que o processo é aceito ou não pelo meio que esta sendo tratado esta ligado diretamente a composição do chorume, tendo os resultados bastante influenciados pelo clima, idade do aterro e carga orgânica.(SERAFIM,A.C.,et al.).

> Segundo D'ALMEIDA, Vilhena (2000), (ROBINSON & MARIS, 1979) para determinação do tipo de tratamento e do grau de eficiência desejado, os seguintes fatores devem ser considerados na elaboração de um projeto visando o tratamento do chorume: características do chorume; determinação das concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos e sua evolução ao longo do tempo; presença de substâncias perigosas; determinação das concentrações de compostos químicos tóxicos e metais pesados; alternativas de disposição do efluente tratado de maneira associada á legislação vigente; corpos d'água superficiais, redes coletoras de esgoto, tratamento no solo e recirculação para o aterro sanitário; estudos de tratabilidade; levantamento de parâmetros para projetos e operação do aterro visando a escolha da tecnologia mas adequada; avaliação das alternativas tecnológicas disponíveis; necessidades

> operacionais; determinações analíticas, treinamento de técnicos, etc; custo de implantação e operação.

Por causa das variações na composição química do chorume existem vários processos de tratamento que podem ser utilizados. Nestes vários processos estão inclusos os processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos e métodos físicos e químicos. Existe ainda a recirculação do chorume que pode ser utilizada como possibilidade de tratamento parcial e posteriormente, a aspersão do chorume sobre o solo como forma de disposição final. Normalmente, utiliza-se uma alternativa de tratamento, direcionado a um determinado componente químico encontrado, formando então uma seqüência para o tratamento de diferentes compostos contaminantes existente no chorume.(HAMADA,J.,Matsunaga,I.).

O método mais usado no Brasil para tratamento do chorume é o meio de aspersão do chorume sobre o solo do aterro é conhecido como método da recirculação, pode ser usado também como tratamento á oxidação biológica ou transportado por caminhões-pipa até a ETE mas próxima, onde é feito o tratamento microbiológico sendo depois lançado junto com o esgoto nos cursos d' água. No entanto o tratamento biológico tem limitações, como por exemplo às variações do efluente que pode interferir na qualidade do tratamento, presença de compostos persistentes e substâncias tóxicas, precisando de grandes áreas para instalação, e com tudo tem limitações para remover a cor escura do chorume, precisando de muitos dias para que o efluente alcance os valores de degradabilidade legalmente aceitáveis.

A recirculação não é um método totalmente apropriado, porque pode provocar uma crescente acidificação ou alcalinização do meio bacteriano, tornando o tratamento inviável, a recirculação mais o tratamento de esgoto doméstico pode provocar também danos à população microbiana da estação, tornando o tratamento inviável.(MORAES,P.B.)

Segundo MORAES,P.B., é salutar considerar que a maioria das ETE do Brasil não estão preparadas para receber este tipo de efluente e que apenas 20% do esgoto urbano passa por tratamento para remoção de poluentes antes do despejo final em algum tipo de curso d'água.

> Segundo PACHECO,J.R.P.,ZAMORA,P.G.P., os processos convencionais utilizados no tratamento do chorume são baseados em processos físico-químicos e biológicos. Os primeiros costumam ser fundamentados em processos de adsorção e em rotinas de precipitação floculação, que apresentam elevada eficiência de depuração. Entretanto, as substâncias contaminantes não são degradadas, o que

necessariamente implica a geração de fases sólidas (lodos) altamente contaminados (Bae et al, 1999). Processos biológicos, por sua vez, podem ser aplicados na forma de rotinas aeróbias, anaeróbias e facultativas (Freire et al, 2000; Stroot et al, 2001). Infelizmente, características como necessidade de longos tempos de residência (variando de dias até semanas) e baixa eficiência na remoção de compostos recalcitrantes e coloridos (Freire et al, 2000), fazem com que a sua eficiência seja bastante discutida. Nos últimos anos, os processos oxidativos avançados (POAs) têm sido considerados como uma excelente alternativa para o tratamento de resíduos com características como as apresentadas pelo chorume. Isto é, volumes relativamente pequenos, elevada Demanda Química de Oxigênio (DQO), reduzida Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e presença de espécies coloridas, recalcitrantes e tóxicas. Estes processos são baseados na geração do radical hidroxila (OH), um poderoso e altamente reativo agente oxidante ($E^0$ = 2,8V), o qual pode promover a degradação de inúmeros poluentes, em tempos bastante reduzidos (Camel e Bermond, 1998; Espulgas et al, 2002; Freire et al, 2000; Kunz et al,2002).

Dentro dos tratamentos mais comuns usados no Brasil, está o de natureza biológica. Para aterro sanitário novo este método de tratamento pode ser considerado eficiente, devido as composições presentes no aterro, um aterro novo é rico em ácidos graxos voláteis e tem uma grande demanda de DBO. Já no aterro sanitário mais antigo pode-se constatar vários problemas para tratar este "chorume maduro", por que na maioria dos aterros antigos não a grande presença de matéria orgânica biodegradável, há grande concentração de nitrogênio amoniacal, metais potencialmente tóxicos, substâncias húmicas e condensação de núcleos aromáticos. A permanência de compostos de alta massa molecular no chorume comprovadamente esta relacionado com a redução de sua biodegradabilidade, isso em longo prazo.(MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P.).

MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P., Uma vez que não existem processos economicamente viáveis, que permitam reduzir todos os parâmetros ambientalmente relevantes da matriz de chorume, vários trabalhos recentes têm proposto o uso de processos integrados. Nestas propostas, processos físico-químicos de coagulação/floculação são aplicados de maneira preliminar, visando melhorar a eficiência de tratamentos biológicos subseqüentes. Também recentemente, processos oxidativos avançados têm sido integrados com processos biológicos convencionais, com resultados bastante promissores.

Alguns critérios são sugeridos por certos autores, como Forgie (1988), para a seleção do processo a ser utilizado para o tratamento do chorume. Para a baixa concentração de, DQO elevada, relação DBO/DQO entre 0,4 e 0,8, e uma concentração significativa de ácidos graxos voláteis de baixo peso molecular, pode-se utilizar o processo aeróbico ou anaeróbico. Entretanto o tratamento físico-químico não e indicado. Quando o DQO estiver entre 1.500 e 3.000 e a relação DBO/DQO for menor que 0,4, características que não que representam um aterro que não e novo, presume-se que houve uma redução significativa de sua fração orgânica biodegradável. Presume-se também uma grande concentração de nitrogênio amoniacal, o que significa pode-se utilizar o processo anaeróbico para a remoção do nitrogênio amoniacal, inclusive auxiliando na remoção do DBO restante. Porem tanto o processo aeróbico quanto o anaeróbico são limitados para a remoção dos compostos orgânicos remanescentes. Quando a relação DBO/DQO for abaixo de 0,1, presume-se que será muito baixa a concentração de ácidos graxos, e utiliza-se preferencialmente um processo físico-químico. A figura abaixo, representa sugestões de seqüências, com indicações de ponto de entrada e lançamento, feita por McBean e co-autores (1955).(HAMADA,J.,MATSUNAGA,I).

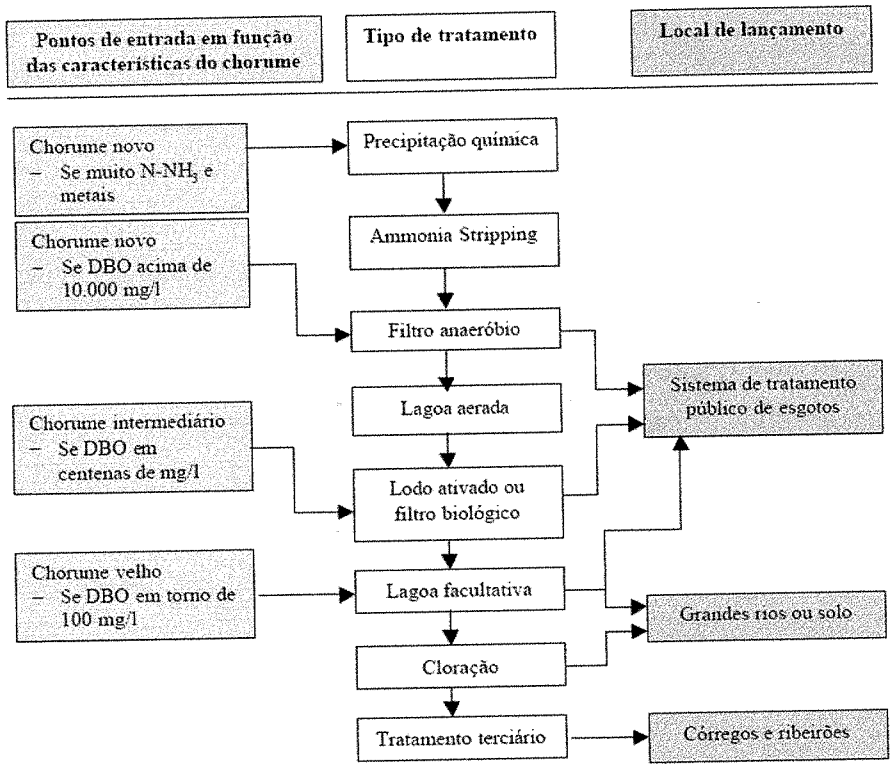


**Figura 5-Seleção de processos para tratamento de chorume**
**Fonte: HAMADA,J.,MATSUNAGA,I (McBean e coautores, 1995)**

# 5. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DO CHORUME

## 5.1.Tratamento Físico-Químico

Principais técnicas :

**Diluição** - a diluição é utilizada para amenizar a concentração de compostos de difícil tratamento como cloretos, nitratos, carbonatos e sulfatos.

**Filtração** - é utilizada para diminuir a quantidade de sólidos suspensos e normalmente precede uma próxima etapa que seja mais cara ou avançada. A filtração consiste em passar o chorume por leitos filtrantes, formados por materiais como areia, terra ou membranas filtrantes que retém as partículas.

**Coagulação** - e utilizada para reunir as partículas muito pequenas em suspensão no chorume, formando aglomerados que possam ser removidos posteriormente com outras técnicas.

**Floculação** - funcionamento semelhante a coagulação.

**Precipitação** - consiste na transformação de compostos solúveis em não solúveis ou menos solúveis separando-os do chorume.

**Sedimentação** - se da pela gravidade que age nas partículas em suspensão no meio, depositando-as no fundo.

**Adsorção/Absorção** - dá-se pela utilização de matrizes sólidas adequadas a cada tipo de matéria que se deseje retirar. Um exemplo e o carvão ativado.

**Troca iônica** - utiliza resinas especiais para reter determinados químicos como metais pesados.

**Oxidação química** - funcionamento semelhante a Troca iônica.

**Osmose reversa** - este processo utiliza membranas semipermeáveis e pressão osmótica para desmineralizar a água.

**Ultrafiltração** - processo semelhante a osmose reversa, utiliza módulos pressurizáveis para filtrar o chorume.

**Oxidação** - normalmente utilizada como pré-tratamento, esta técnica, utiliza oxidante puro como o oxigênio, ozônio, cloro, etc. para promover a oxidação direta de diversos compostos orgânicos.

**Evaporação** - promove a simples evaporação da água de forma natural, em locais de alta insolação.

**Vaporização** - forca a evaporação da água. Este processo e utilizado para o tratamento de resíduos perigosos.

**Lavagem com ar** – e utilizado para a remoção de materiais voláteis como a amônia, através da borbulhação de grande quantidade de ar.(D'Almeida, Vilhena, 2000).

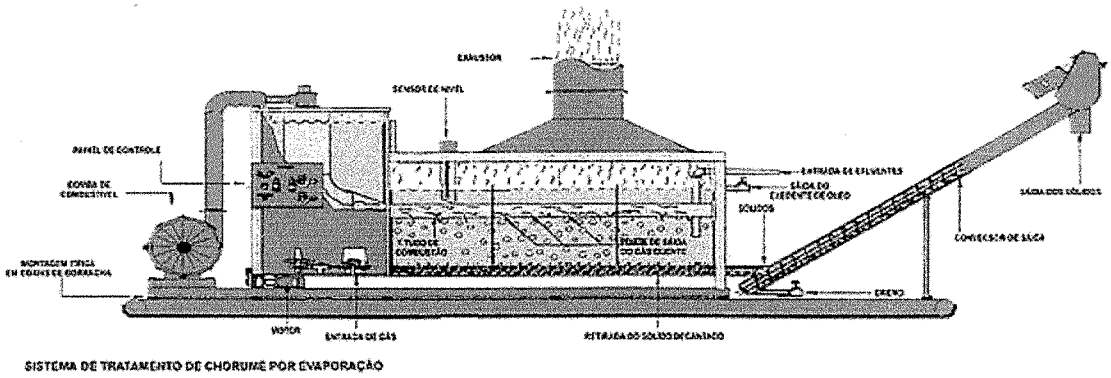


**Figura 6-Sistema de tratamento de chorume por evaporação**

**Fonte: SANTEC resíduos**

> Segundo MORAIS,J.L., SIRTORI,C., ZAMORA,P.G.P., (Barros e Nozaki 2002) a floculação e coagulação constituem na clarificação das águas pelo arraste do material finamente dividido em suspensão por agentes coagulantes. Apesar da possibilidade de floculação e coagulação somente com os sais de alumínio ou ferro, existem casos em que é necessário o uso de auxiliares de floculação e coagulação. Como auxiliares, os mais usados são os polieletrólitos naturais e sintéticos.

O processo físico-químico deve ser uma alternativa complementar ao tratamento biológico, a aplicação única pode ser feita quando o chorume é antigo. Nos processos físico-químicos a precipitação química é a mais usada. Quando o chorume é novo deve-se indicar o processo biológico, por que são mais eficientes ao predomínio de compostos biodegradáveis, se no chorume tratado a concentração de metais pesados é baixa, forma o sulfeto metálico no processo de remoção anaeróbio ou hidróxido metálico no processo aeróbio. Mas se a concentração for eleva deve-se tratar o chorume pela precipitação química. Considerando que é esperada uma grande quantidade de sólidos dissolvidos e metais pesados, resultante da disposição de resíduos altamente heterogêneos, do ponto de vista técnico é adequada a utilização da precipitação química como solução.(HAMADA,J.,Matsunaga,I in Forgie 1988).

Está sendo usado de uns anos pra cá uma técnica de tratamento do chorume conhecido como processos oxidativos avançados (POAs), este tratamento têm sido considerados uma

excelente alternativa quando é um volume pequeno de chorume a ser tratado, quando a DQO esta alta, e a DBO reduzida, com espécies coloridas, recalcitrantes e tóxicas.É um método que se base-a na geração do radical hidroxila (OH), um poderoso e reativo agente oxidante ($E^0$ = 2,8V),este agente degrada vários poluentes, com um tempo relativamente reduzido.(PACHECO,J.R.P, ZAMORA,P.G.P. in Camel e Bermond, 1998; Espulgas et al, 2002; Freire et al, 2000; Kunz et al, 2002).

PACHECO, J.R.P, ZAMORA ,P.G.P. in Chamarro et al, 2001; Yoon et al, 1998 e foto-Fenton (Ghaly et al, 2001; Wu et al, 1999). Devido a sua alta reatividade, o radical hidroxila deve ser gerado *in situ*. Dentre as várias formas de geração, destaque para os processos homogêneos fundamentados na decomposição fotocatalisada de peróxido de hidrogênio (Leahy e Schreve, 2000; Crittenden, et al, 1999) e para os sistemas; equações 1-3, respectivamente.

| | |
|---|---|
| $H_2O_2 + hn\ (254\ nm) \rightarrow 2\ OH$ | (1) |
| $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH$ | (2) |
| $Fe^{3+} + H_2O + hn\ (UV\ ou\ Vis) \rightarrow$ $Fe^{2+} + H^+ + OH$ | (3) |

O POA é muito eficiente e inespecífico, contudo este tratamento de chorume tem dois inconvenientes, a elevada carga orgânica (DQO»5000 mg $O_2$ $L^{-1}$) que pode interferir e muito na eficiência dos processos e também pela elevada concentração de ácidos húmicos, que absorvem o ultravioleta-visível alterando significativamente a eficiência dos processos irradiados. Foi proposto então que antes dos processos oxidativos seja usado um processo de separação de substâncias húmicas, sabendo-se que estes compostos precipitam em meio ácido a separação ocorre por filtração. (PACHECO,J.R.P, ZAMORA,P.G.P. in Nanny e Ratasuk, 2002, Aguer et al, 1996).

## 5.2 Tratamentos Biológicos

Principais técnicas:

Lodo ativado, lagoas aeradas, lagoas de estabilização, reatores ou digestores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA).

Para o tratamento de chorume, esgoto doméstico e despejos industriais com alta concentração de substancias biodegradáveis , utiliza-se as **lagoas aeradas**, que são classificadas basicamente em dois tipos: aeróbicas e anaeróbicas, dependendo da oxigenação e da turbulência.

*Para a degradação da matéria orgânica e outros compostos de difícil degradação de forma natural, utiliza-se o tratamento biológico que funciona pela ação de micro organismos* que transformam as substancias mais simples , como água e gás carbônico. A biodegradação se da pela oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos e pode ser realizada com ou sem a presença de oxigênio. O processo aeróbico transforma a matéria orgânica, decompondo-a gradativamente em compostos mais simples ate chegar à água e o gás carbônico. Nos processos anaeróbicos, ocorre a degradação fermentativa que tem como compostos finais o metano e o gás carbônico. Porém os processos biológicos não comprovam a decomposição de compostos inorgânicos, que podem ser absorvidos durante o processo pelos microorganismos e posteriormente ser parcialmente retirados por sedimentação.(D'Almeida e Vilhena).

> MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P.,Nas **lagoas aeradas**, os efluentes são submetidos à ação de consórcio de organismo, muitas vezes de composição desconhecida, durante vários dias. Neste tipo de tratamento, a toxicidade aguda (efeitos adversos que ocorrem em um curto período de tempo, geralmente até 14 dias, após a exposição de um organismo a única dose da substância (poluente) ou depois de múltiplas doses em até 24 horas) é removida com relativa facilidade. No entanto, outros parâmetros importantes, como cor e toxicidade crônica (efeitos adversos que ocorrem em um organismo durante a maior parte de seu ciclo de vida), não são suficientemente reduzidos. Além disto, alguns problemas associados com perdas de substratos tóxicos por volatilização e contaminação de lençóis freáticos por percolação (infiltração), são também bastante críticos.

As lagoas anaeróbias removem de 50 a 60% da DBO afluente, por isso são necessárias unidades de tratamento posteriores pois ainda restam altas concentrações de matéria orgânica nos efluentes. Nestas lagoas, com tanques de profundidade entre 4,0 e 5,0m,

a grande profundidade e um fator importante para reduzir a penetração do oxigênio produzido na superfície para as demais camadas. A taxa de consumo deve ser varias vezes superior a taxa de produção, criando condições estritamente anaeróbias, e por isso deve-se aplicar uma alta carga orgânica.

As lagoas facultativas possuem tanque de profundidade entre 1,5 e 3,0m. Nelas, a matéria orgânica de pequenas dimensões (DBO finamente particulada) não sedimenta e permanece dispersa na massa liquida, juntamente com a matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel). Na zona aeróbia, camada mais superficial, a matéria orgânica e oxidada por meio da respiração aeróbia e a fotossíntese realizada pelas algas, fornecem ao meio o oxigênio necessário, criando um perfeito equilíbrio entre a emissão de gás carbônico e o consumo de oxigênio. A zona onde não há a penetração de energia solar, não o correndo a fotossíntese, é a zona facultativa, onde encontramos bactérias capazes de sobrevive tanto na presença quanto na ausência de oxigênio. Abaixo da camada facultativa, há o acumulo de DBO sedimentável, formando a zona anaeróbia, onde encontramos os organismos anaeróbios que são responsáveis pela decomposição destes sedimentos, convertendo-os em gás carbônico, água, metano e outros, lentamente.(SERAFIM,A.C.,et al.).

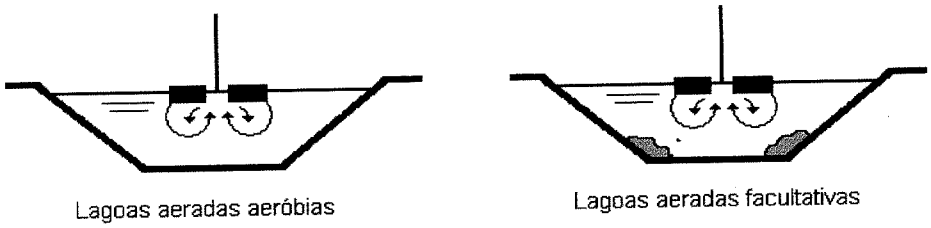


**Figura 7-Lagoas aeradas aeróbias e Lagoas aeradas facultativas**

**Fonte: D'ALMEIDA, Vilhena, 2000.**

A barreira bioquímica combina os efeitos da fitorremediação (tipo Wetland) com os das barreiras reativas de contenção de contaminantes com solo, sendo um sistema terciário. Os contaminantes são absorvidos pelas raízes ou transportados para as partes aéreas das plantas. Entrando em contato com os efluentes, ela retém contaminantes como o cádmio, níquel, chumbo, cobre e zinco.(SERAFIM,A.C.,et al.).

MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P.O tratamento por **lodos ativados** talvez seja o sistema de bioremediação mais versátil e eficiente. Este sistema opera com pouco substrato auxiliar e é capaz de remover a toxicidade crônica e aguda, com um menor tempo de geração. No lodo existe um grande número de espécies bacterianas, além de fungos, protozoários e outros microorganismos, que podem favorecer a redução de um grande número de compostos. Este tipo de processo, desenvolvido na Inglaterra no início do século XX, vem sendo utilizado nos mais diversos tipos de efluentes, inclusive no tratamento de esgotos sanitários Bitton (apud Freire, 2000). Os flocos de lodo ativado (figura 7) são onstituídos, principalmente, de bactérias. Estima-se que existam mais de 300 espécies de bactérias no lodo que são responsáveis pela oxidação da matéria orgânica. Com a diminuição do nível de oxigênio no floco, que ocorre na fase de sedimentação, a atividade das bactérias aeróbias decresce. Como a região interna do floco é relativamente grande, a difusão do oxigênio é pequena, o que favorece o desenvolvimento de bactérias anaeróbias como as metanogênicas. Assim, o processo por lodo ativado pode desenvolver um tratamento mais apurado, combinando reações aeróbias e anaeróbias Bitton (apud Freire, 2000).

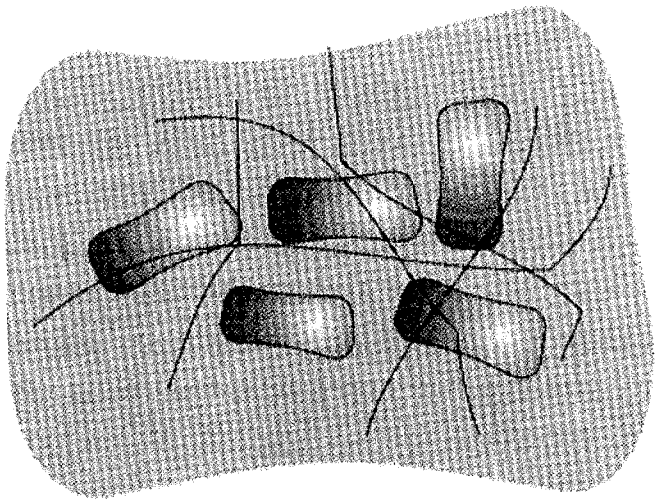

**Figura 8-Floco de lodo ativado**

**Fonte: Meira,R.C.J.,(von Sperling)**

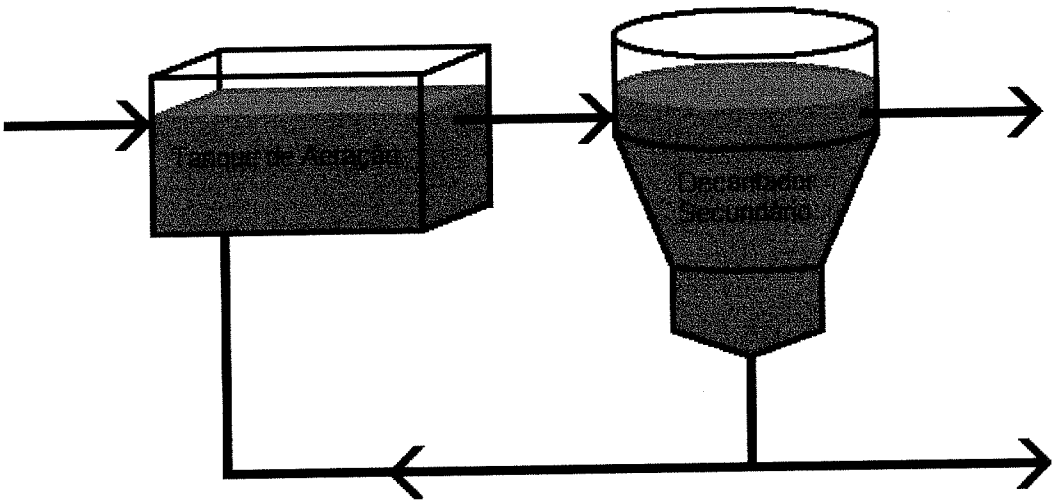


**Figura 9-Lodos ativados**

**Fonte: D'ALMEIDA, Vilhena, 2000.**

O processo anaeróbico realizado nas lagoas anaeróbicas é feito por bactérias que não necessitam de oxigênio para sua respiração, decompondo gradativamente, através da degradação fermentativa, tendo como produto final o metano e o gás carbônico. Devido à capacidade de certas bactérias para transformar um grande numero de compostos clorados em compostos menos tóxicos e de mais fácil degradação, os processos anaeróbicos têm sido objeto de muito interesse nos últimos anos.(MORAIS,J.L.,SIRTORI,C.,ZAMORA,P.G.P.,)

**Figura 10-Lagoa anaeróbia do aterro sanitário de Goiânia**

**Fonte: Meira,R.C.J.(foto:J W Zang)**

**Figura 11-Lagoa facultativa do Aterro Sanitário de Goiânia**

**Fonte: Meira,R.C.J. (foto:J W Zang)**

# CONCLUSÃO

O chorume, como podemos perceber é um resíduo de difícil tratamento, pois na composição do mesmo existem várias substâncias diferentes, por isso precisa de diferentes tratamentos.

No tratamento do chorume, vários fatores e até mesmo a idade do aterro sanitário, dificultam e influenciam nos tratamentos que serão usados. Por isso é importante analisar o chorume de cada aterro que é pretendido ser tratado.

Levando-se em conta a quantidade de municípios que ainda não conseguiram solucionar seus problemas de disposição adequada de resíduos sólidos, visto que ainda é bastante levado o número de lixões municipais.

Nota-se o grande desafio que surge diante do poder público e da comunidade cientifica no que se refere ao correto tratamento do chorume.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

D'ALMEIDA,Vilhena **Lixo municipal-Manual de gerenciamento integrado.**2° ed.São Paulo: IPT/CEMPRE,2000.**Anais** São Paulo, 2000.

FILHO,I.N.,Mühlen,C.V.,Caramão,E.B.**Estudo de compostos orgânicos em lixiviado de aterros sanitário por EFS e CG/EM.**Química nova, vol.24, 2001.Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n4/a17v24n4.pdf>.Acesso em: 25 nov. 2006 ás 13:00.

HAMADA,J.,Matsunaga,I.**Concepção do sistema de tratamento de chorume para o aterro sanitário de Ilhéus BA.**Disponível em:<http://www.abesbauru.org.br/arquivos/ Ilheus.PDF>. Acesso em: 25 nov.2006 ás 13:05.

PACHECO,J.R., Zamora,P.G.P.**Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume).**Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci arttext&pid=S1413-41522004000400007& Lng=pt&nrm=isso:>.Acesso em: 03 out.2006 ás 16:50.

MEIRA,J.C.R. **Chorume do aterro sanitário de goiânia: tratamento por floculação/ coagulação/degradação fotoquímica e custos operacionais.**Florianópolis –SC 2003. Disponível em:<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/10523.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2006 ás 13:11.

MORAES,P.B.,Bertazzoli,R.**Degradação fotoeletroquímica de chorume de lixo gerado em aterros sanitários.**Disponível em:<http://www.cori.rei.unicamp.br/BrasilJapao3/trabalhos 2005/Trabalhos Completos/DEGRADACAO FOTOELETROQUIMICA DE CHORUME DE LIXO GERADO EM ATERROS SANITARIOS.doc>.Acesso em: 11 out. 2006 ás 16:59.

MORAIS,J.L.,Sirtori,C.,ZAMORA,P.G.P.**Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatálise heterogênea integrada a processo biológico convencional.**Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000100005&lng=pt&nrm=isso>.Acesso em: 03 out. 2006 ás 16:40.

SANTEC resíduos.**Tratamento de efluentes líquidos.**Disponível em:<http://www.santec residuos.com.br/tratam_liq.php>.Acesso em 02 out. 2006 ás 12:00.

SERAFIM,A.C.et al.**Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos.** Disponível em:<http://www.ceset.unicamp.br/lte/Artigos/3fec2402.pdf>.Acesso em: 11 out. 2006 ás 16:55.