



ICTR 2004 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Costão do Santinho – Florianópolis – Santa Catarina

**ANÁLISE CRÍTICA DE SISTEMAS PARA TRATAMENTO DE CHORUME DE ATERROS PARA
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Jorge Hamada
Celso Luiz da Silva
Heraldo Luiz Giacheti

PRÓXIMA

Realização:



ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável
NISAM - USP – Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP



ANÁLISE CRÍTICA DE SISTEMAS PARA TRATAMENTO DE CHORUME DE ATERROS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Jorge Hamada²
Celso Luiz da Silva³
Heraldo Luiz Giacheti⁴

Resumo

No presente trabalho, discute-se a problemática e as soluções que podem ser adotadas ao tratamento de chorume, dada sua importância crescente na proporção direta da implantação dos novos aterros sanitários. Essa importância está associada à grande quantidade de chorume coletada pelo sistema de drenagem em aterros sanitários que possuem *liners* eficientes e aos poucos estudos da dinâmica qualitativa e quantitativa envolvida. Esta nova realidade tem exigido muito mais dos operadores do sistema que dos projetistas, pois as unidades de tratamento de chorume não são dimensionadas de forma adequada e o efluente final, via de regra, não apresenta uma qualidade compatível com a maioria dos corpos receptores. As considerações para o dimensionamento de um sistema de tratamento de chorume exigem muito mais que a definição de parâmetros majorados de projeto, que definem o tipo e o porte das instalações. O sistema que gera o chorume é bastante complexo, pois se constitui de forma não homogênea, com picos bastante elevados em determinados períodos, seguido de situações com baixíssima produção, sem que ocorra um padrão aceitável. Conclui-se que tão importante quanto definir o processo de tratamento é estabelecer uma estratégia para implantação e operação desse sistema. A escolha do processo ou processos de tratamento de chorume pode tornar-se secundária, em função das variações de qualidade e quantidade, relacionada à sazonalidade e à idade do aterro sanitário.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos urbanos, Chorume, Tratamento, Análise crítica.

Introdução

A solução dos problemas potenciais que podem existir em relação ao chorume coletado do aterro, não se resume na escolha do processo de tratamento. Na realidade o termo que melhor se enquadra nesta questão é o *manejo do chorume*, que constitui a chave para eliminação dos riscos de contaminação de aquíferos provocados por este efluente do aterro de resíduos sólidos urbanos.

Diversas técnicas podem ser empregadas para manejo do chorume coletado dos aterros, entre as quais Tchobanoglous et al (1993) destacam: (a) recirculação do

² Engenheiro Civil, Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia, Campus UNESP de Bauru.

³ Físico, Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia, Campus UNESP de Bauru.

⁴ Engenheiro Civil, Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia, Campus UNESP de Bauru.

chorume; (b) evaporação; (c) tratamento seguido de disposição; e (d) disposição em estações de tratamento de esgotos domésticos.

Uma alternativa que tem crescido proporcionalmente à disponibilidade de estações de tratamento de esgotos (ETE) é o co-tratamento do chorume nessas instalações. Normalmente a quantidade de chorume coletado nos aterros é bem menor que o volume tratado nas ETE's, de forma que mesmo apresentando uma concentração elevada de matéria orgânica, a diluição com o esgoto reduz significativamente o impacto sobre o processo. Apesar da conveniência, a concentração de determinados contaminantes, especialmente metais pesados, deve ser ponderada e monitorada.

Contudo, a escolha de uma alternativa para tratamento de chorume deve ser considerada mais profundamente, em função, principalmente da variação temporal da qualidade do chorume.

Na realidade, devido as variantes de tratamento para os diferentes componentes químicos do chorume, não deve ser surpresa a existência de diversas alternativas. Estas alternativas de tratamento, incluem processos biológicos aeróbios e anaeróbios e métodos físicos e químicos. Acrescenta-se ainda a possibilidade de recirculação do chorume para o aterro, como forma parcial de tratamento e posteriormente, a aspersão do chorume sobre o solo como forma de disposição final. O enfoque de uma alternativa de tratamento individual está normalmente direcionado para um determinado componente químico, portanto, com todo sistema sendo implementado em uma seqüência, encadeando coletivamente o tratamento dos diferentes contaminantes existentes no chorume. Na maioria dos casos, este conceito está estritamente associado ao tempo e evolução do aterro.

A alternativa de tratamento a ser considerada para a aplicação em uma situação específica é, também, função da qualidade requerida do efluente no lançamento. O tratamento *in loco*, que permita o lançamento em um corpo d'água, necessariamente irá requerer um sistema mais completo e eficiente que aquele considerado como preliminar para o lançamento em sistemas público de coleta e tratamento, quando houver.

Outra problemática crescente está relacionada à grande quantidade de chorume coletada pelo sistema de drenagem em aterros sanitários que possuem *liners* eficientes. Além disso, poucos são os estudos e experiências brasileiras na dinâmica qualitativa e quantitativa envolvida. Esta realidade tem exigido muito mais dos operadores do sistema que dos projetistas, pois as unidades de tratamento de chorume não são dimensionadas de forma adequada e o efluente final, via de regra, não apresenta uma qualidade compatível com a maioria dos corpos receptores.

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é discutir a problemática e as soluções que podem ser adotadas no tratamento de chorume, dada sua importância crescente na proporção direta da implantação dos novos aterros sanitários.

Metodologia

No presente trabalho, efetua-se uma análise crítica e apresentam-se estratégias para implementação de soluções adequadas para o chorume dos aterros de resíduos sólidos urbanos. Esta abordagem foi dividida em 5 seções, em que se destacam:

- Discussão sobre a conjuntura atual para o crescente problema;
- As estratégias tradicionais de implantação;
- A questão da recirculação do chorume, suas vantagens e cuidados a serem tomados;
- A necessidade de equalização de vazão; e
- Considerações finais.

Todo o texto foi embasado em bibliografia específica, projetos implementados e também na experiência do autor em pesquisas e atividades de extensão acerca do tema em discussão.

Resultados e Discussão

Apresentação do problema

Pelo grande volume que se gera em aterros com *liners* eficientes, sua destinação em estações de tratamento de esgotos pode se inviabilizar nas épocas de chuva, devido à limitações de transporte ou armazenamento. O problema pode se agravar caso a operação desses aterros não seja efetuada de forma planejada e cuidadosa, visando reduzir ao máximo a área exposta, que possa contribuir para a geração de chorume.

A estratégia a ser adotada para o tratamento de chorume também depende de um conceito fundamental. No início de implantação do aterro sanitário sabe-se que, em termos de concentração de contaminantes, especialmente DBO e DQO, os valores são muito elevados, podendo atingir, para o caso da DQO, entre 50.000 e 90.000 mg/l. Contudo, muitos dos registros da qualidade do chorume são pontuais, não sendo representativa de média mensal ou anual. Por outro lado, nos primeiros anos, a quantidade de chorume é proporcionalmente pequena, devido a área restrita ocupada pelo aterro. Como essa área tende a aumentar ao longo da vida útil do aterro, a quantidade de chorume tende a ser proporcionalmente maior. Ao longo do desenvolvimento do aterro verificam-se duas situações concomitantes: aumento do volume de chorume e redução da concentração de contaminantes, principalmente de matéria orgânica.

Portanto, o dimensionamento de um sistema de tratamento de chorume não pode ser efetuado somente pelo conhecimento da vazão máxima, que ocorreria ao final da vida útil do aterro sanitário, e muito menos, estabelecendo de forma concomitante a máxima concentração de DBO esperada ou mesmo seu valor médio. Nesse processo, a carga orgânica do chorume como parâmetro de projeto, pode ser determinada se a variação das concentrações de DBO ou DQO for conhecida ao longo do tempo. Como o volume de chorume pode ser estimado pelo balanço

hídrico do aterro ao longo das diversas etapas de desenvolvimento, devem ser empregadas técnicas adequadas para se estimar a concentração de DQO ou DBO.

Estratégia para Tratamento

Devido o encadeamento de eventos que afetam os constituintes existentes no chorume, não se deve considerar uma solução única de tratamento. Ao invés disso, emprega-se uma combinação de processos, com cada um representando uma função específica no tratamento de chorume.

Para determinar quais componentes são necessários, deve-se observar uma série de etapas essenciais, como descrito na sequência.

1. Estimar a vazão de chorume utilizando algum método de balanço hídrico.
2. Estimar a concentração de contaminantes em função da idade do aterro
3. Identificar as opções de tratamento e disposição, considerando-se a qualidade do chorume, limitações de lançamento e custos.
4. Selecionar o sistema de tratamento e disposição que reflita as incertezas operacionais e respectiva flexibilização.

Alguns autores, como Forgie (1988) sugerem um critério para permitir a decisão na seleção de processos. Quando o chorume apresentar DQO elevada (acima de 10.000 mg/l), baixa concentração de nitrogênio amoniacal e uma relação DBO/DQO entre 0,4 e 0,8, e uma concentração significativa de ácidos graxos voláteis de baixo peso molecular, o tratamento pode ser efetuado por ambos os processos, ou seja anaeróbio e aeróbio. O tratamento físico-químico neste caso não é indicado.

Quando o chorume não apresenta as características representativas de um aterro novo, com DQO entre 1.500 e 3.000 e relações DBO/DQO menor que 0,4, presume-se que houve um decréscimo significativo de sua fração orgânica biodegradável. Neste caso, espera-se também uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal. Isto significa que, tanto o tratamento aeróbio como anaeróbio podem ser limitados na remoção desses compostos orgânicos. Porém para remoção do nitrogênio amoniacal, o tratamento aeróbio pode ser indicado, auxiliando inclusive na remoção de DBO remanescente.

Quando a relação DBO/DQO tornar-se muito baixa, inferior a 0,1, a provável concentração de ácidos graxos voláteis será muito baixa, o que indicaria preferencialmente um processo físico-químico. Genericamente, McBean et al (1995) sugerem seqüências possíveis para tratamento, com indicações e pontos de entrada e lançamento, como apresentado na Figura 1.

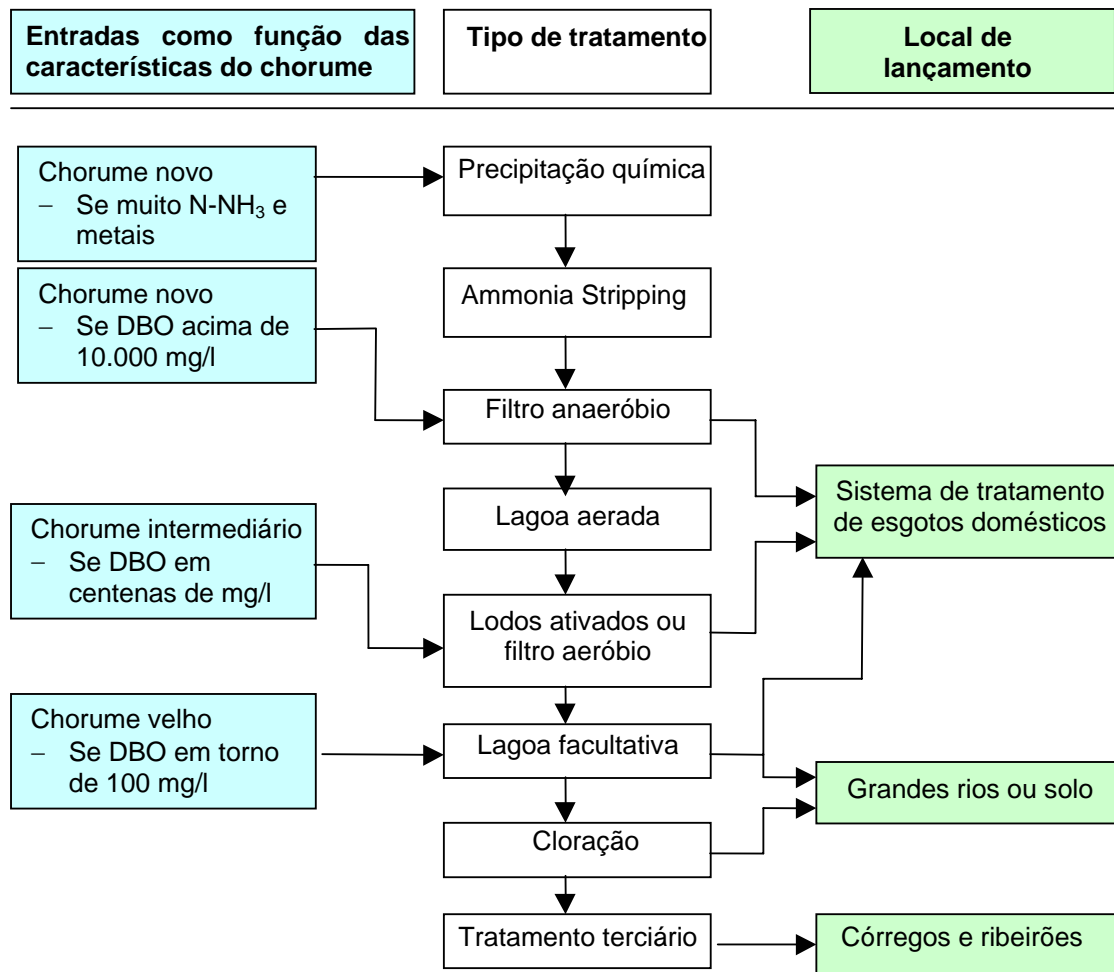


Figura 1: Seleção de processos para tratamento de chorume (McBean et al, 1995)

Como regra geral, podem ser descritas algumas justificativas para as definições indicadas para os processos de tratamento, incluindo-se aquele apresentado na Figura 1.

- Se necessário, realiza-se um pré-tratamento com soda cáustica (NaOH), empregada para ajustar o pH e precipitar metais pesados. Elevadas concentrações de cálcio no chorume bruto não indicam o emprego de cal. Justifica-se o uso do NaOH por promover a precipitação de cálcio, ferro e manganês. A elevação do pH também favorece o surgimento de amônia na forma molecular, facilitando sua eliminação no processo.
- Processos anaeróbios, especialmente os filtros anaeróbios, são empregados para reduzir a elevada carga orgânica.
- Lagoas aeróbias são empregadas para incrementar a remoção de DBO, amônia e material em suspensão.
- Os tanques de equalização são empregados para controlar o fluxo afluyente ao sistema de tratamento, reduzindo as variações resultantes do balanço hídrico.
- Nos casos em que se emprega o NaOH para alterar o equilíbrio dos componentes amoniacais ou promover a precipitação de metais, torna-se necessária a correção do pH pela adição de ácidos.

Quando se trata de aterro novo, a implantação ocorre de forma concomitante ao sistema de tratamento, desta forma o chorume que irá alimentar o sistema durante os primeiros anos, apresenta-se com as características típicas de chorume novo, ou seja: elevada concentração de compostos orgânicos biodegradáveis (ácidos graxos de baixo peso molecular), como característica principal. Desta forma o emprego de um sistema anaeróbio é altamente recomendável, nesta etapa. Dentre as alternativas para o tratamento anaeróbio, recomenda-se o emprego de filtros anaeróbios, pela capacidade de retenção de sólidos e eficiência comprovada.

Em virtude das limitações de eficiência descritas para o sistema anaeróbio, e a produção de elevadas concentrações (as vezes limitantes) de nitrogênio amoniacal, o emprego de um processo aeróbio na seqüência torna-se necessário para garantir uma melhoria considerável na qualidade do efluente final. Neste caso, um dos sistemas mais versáteis, que permite a flexibilização requerida para as variações de fluxo esperadas, é a lagoa aeróbia, que tem maior capacidade de resistir a choques de carga e o tempo de detenção hidráulico elevado favorece a decomposição de alguns componentes lentamente degradáveis. Adiciona-se a esta capacidade, a opção da recirculação do lodo como forma de combate à picos de carga orgânica.

Recirculação de Chorume

Segundo McBean et al (1995) pesquisadores como Pohland e Leckie et al em trabalhos efetuados desde 1972, sugerem que a recirculação do chorume para o aterro promove o desenvolvimento rápido das bactérias metanogênicas. Dentre as vantagens da recirculação do chorume, podem ser citadas:

- Aceleração na estabilização biológica do aterro sanitário;
- Redução consistente dos componentes orgânicos do chorume;
- Redução volumétrica do chorume devido a evapotranspiração;
- Retarda o tempo de implantação inicial do sistema de tratamento de chorume; e
- Reduz os custos do sistema de tratamento de chorume.

Estudos de Pessin e Mandelli (2000) em células impermeabilizadas do aterro sanitário de Caxias do Sul – RJ mostraram que a DQO do chorume reduziu de valores superiores a 15.000 mg/l para valores inferiores a 2.000 mg/l no período de 1 ano através da recirculação do chorume. Embora não houvesse um controle efetivo das taxas de recirculação, esse estudo demonstra os efeitos positivos da recirculação na rápida atenuação da carga orgânica final.

Deve ficar claro que a recirculação de chorume não elimina o seu tratamento final, visto que suas características, em termos de concentração de contaminantes, ainda permanecem inadequadas para o lançamento na grande maioria dos corpos receptores. Porém esta estratégia pode retardar a implantação de sistemas de armazenamento e tratamento e distribuir custos, além de permitir a redução no porte das unidades de tratamento.

Alguns cuidados fundamentais devem ser observados quando se adota a recirculação de chorume, pois esta atividade pode resultar na instabilidade do maciço composto pelos resíduos e pelo solo. Esta instabilidade, na prática, decorre da ineficiência dos sistemas de drenagem de líquidos e gases do aterro. Essa ineficiência pode ser de projeto ou pode ocorrer ao longo do tempo, através das

alterações físicas, químicas e bioquímicas, que ocorrem no interior do aterro. A localização de lagoas ou de poços de infiltração de chorume deve ser bem estudada e ao mesmo tempo, deve ser adotado um fator de segurança maior na análise de estabilidade dos taludes.

Equalização

Considerando-se a importância do sistema anaeróbio no processo de tratamento do chorume no início da operação do aterro, devido às características peculiares deste líquido em aterros sanitários novos, dimensionam-se suas instalações para que o mesmo atenda as necessidades do sistema, principalmente nos primeiros 5 anos. Com relação à geração de chorume, pode ser considerado o balanço hídrico como o resumido na Tabela 1.

Tabela 1: Balanço hídrico resumido da camada de cobertura aplicado ao caso em estudo (valores em mm)

Parâmetro (mm)	Meses												Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
EP	121	110	110	82	61	50	48	64	76	93	103	115	1.033
P	208,4	198,5	145,9	74	66,4	53,8	28,4	48,8	80,2	114,6	117,5	193,1	1.330
PER	66,6	68,7	21,3	-	-	-	-	-	-	-	2,8	58,8	218

EP: evapotranspiração; P: precipitação; e PER: percolado (chorume)

Deve ser observado, ainda, que a eficiência de uma unidade de tratamento de chorume é afetada não somente pela concentração de DBO₅, mas também pelo tempo de detenção. Nessas condições verifica-se que em determinados períodos (dezembro, janeiro e fevereiro), o volume de chorume é bastante elevado, provocando uma redução na qualidade do efluente final. Embora em muitos casos a eficiência do sistema não seja baixa, a concentração inicial de DBO₅ do chorume é muito elevada, resultando, ainda, em valores incompatíveis ao lançamento em corpo d'água Classe 3, como ocorre com frequência (segundo classificação da Resolução CONAMA 20/86).

Este fato mostra que há necessidade de se regularizar a vazão, para que as unidades de tratamento operem com vazões efetivas adequadas. Por isso existe a necessidade de adotar a equalização. Um tanque de equalização, por sua vez, se tivesse que armazenar o equivalente aos meses críticos teria que apresentar um volume muito grande. Para solucionar essa questão podem ser adotados a recirculação e o armazenamento complementar em lagoas de infiltração, construídas com diques de terra empregada na cobertura do aterro. Embora seja difícil avaliar a resposta do ponto de vista qualitativo, a regularização da vazão é um conceito primário para qualquer sistema de tratamento de águas residuárias.

Determinado o regime de geração de chorume, a partir do balanço hídrico e da taxa de ocupação de área do aterro, a capacidade do sistema de armazenamento pode ser estimada a partir do diagrama de volumes acumulados (diagrama de massas),

como o mostrado na Figura 2. O volume necessário para equalização da geração mensal de chorume para o presente caso foi de aproximadamente 12.000 m³.

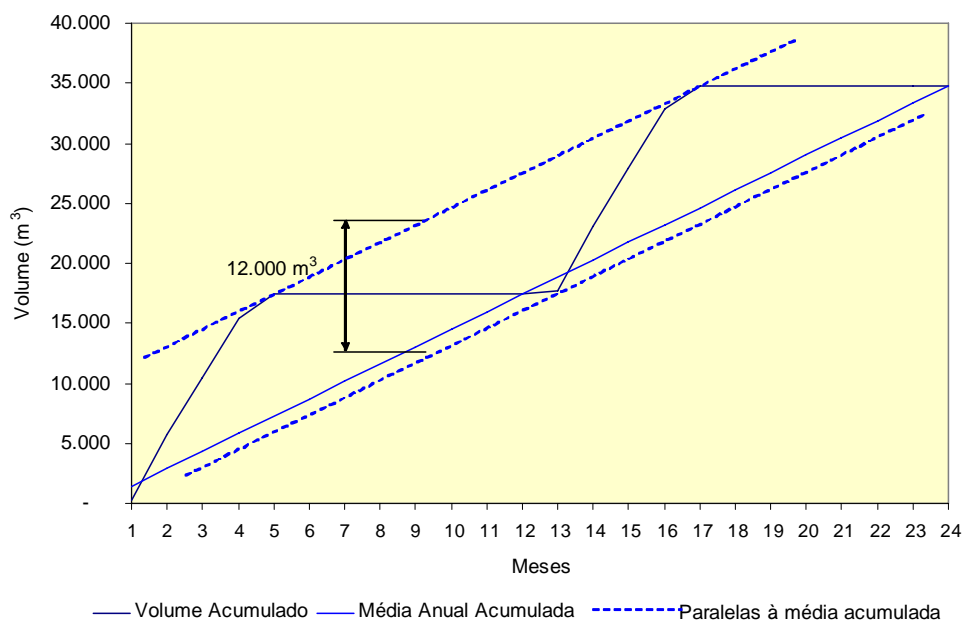


Figura 2: Diagrama de massas para determinação do volume das lagoas de armazenamento.

Considerações finais

As considerações para o dimensionamento de um sistema de tratamento de chorume exigem muito mais que a definição de parâmetros majorados de projeto, que definem o tipo e o porte das instalações. O sistema que gera o chorume é bastante complexo, pois se constitui de forma não homogênea, com picos bastante elevados em determinados períodos, seguido de situações com baixíssima produção, sem que ocorra um padrão aceitável.

A dinâmica do sistema inclui principalmente a resposta do balanço hídrico, que envolve o regime de chuvas, a umidade do lixo, as reações químicas, a capacidade campo e as condições operacionais. Nessa dinâmica a qualidade do chorume resultante varia com o tempo e a expansão do aterro contribui como uma variável adicional, que resulta no incremento da vazão ao longo dos anos.

Conclusões

Conclui-se que tão importante quanto definir o processo de tratamento é estabelecer uma estratégia para implantação e operação desse sistema. A escolha do processo ou processos de tratamento de chorume pode tornar-se secundária, em função das variações de qualidade e quantidade, relacionada à sazonalidade e à idade do aterro sanitário.

A definição do sistema adotado deve levar em conta todas as fases do aterro, estimando-se a vazão de chorume e a concentração provável de contaminantes do chorume. Deve ser lembrado ainda, que a própria composição do chorume se altera ao longo dos anos e a análise aqui apresentada pode ser estendida a outros contaminantes, definindo prioridades no encadeamento de processos a ser empregado no tratamento de chorume.

Referências Bibliográficas

Forgie, D., Selection of the Most Appropriate Leachate Treatment Methods. Part 1 A Review of Potential Biological Leachate Treatment Methods. Water Pollution Research in Canada 23:308-328. 1988.

McBean, E.A., Rovers, F.A., Farquhar, G.J., Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice Hall, Inc. p. 521, 1995.

Pessin, N.; Silva, A. R.; Mandelli, S. M. DE C. et al. A contribuição do monitoramento ambiental para o entendimento do processo de estabilização de resíduos domiciliares em aterros sanitários. In: XIX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro. CD-ROM. 2000.

Tchobanoglous, G.,Theisen,H., and Vigil, S. Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues, McGrall-Hill, Inc.,New York, 949 p. 1993.

Abstract

New landfills installed in Brazil, with efficient liners, have been showing new problems such as high leachate flowrate to be treated. To understand this new condition and to propose suitable solutions, applied process and strategies in leachate treatment are briefly discussed. This new condition has been demanding much more from the operators than of the landfill planners, once the leachate treatment system doesn't get compatible efficiency with most of the streams, according CONAMA 20/86 classification. The considerations in leachate treatment design needs more than the pick of flowrate at the end of useful life or the pick of daily COD concentration. The landfill is a complex system, with high discrepancy in the leachate characteristics, from the beginning of operation to the final closure, and during a year, by season changes. Despite the importance of a single and specific treatment process choice, the most important is to define a installation and operation strategy, by choosing the most efficient process for specific phase of landfill, designed in agreement with the age and respective flowrate.

Key-words: Landfill, Leachate, Treatment, Assessment.