



III-199 – TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERRO SANITÁRIO POR EVAPORAÇÃO NATURAL COM PAINÉIS

Bianca Damo Ranzi⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pela UFSC. Engenheira da FUNASA/SC.

Armando Borges de Castilhos Junior

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFSC).

Stefano Damian Burigo

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário – Departamento de Engenharia Sanitaria e Ambiental – Caixa Postal 476 - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88040-970 - Brasil - Tel: +55 (48) 3721-7754 - Fax: +55 (48) 3234-6459 - e-mail: biancaranzi@ens.ufsc.br

RESUMO

O lixiviado produzido em aterros sanitários, oriundo principalmente da infiltração da água de chuva nos resíduos, representa um dos principais riscos ambientais deste tipo de empreendimento. Dentre as técnicas emergentes de tratamento de lixiviados de aterro sanitário está a evaporação, que consiste na transformação da fração líquida dos lixiviados para uma fase sólida, sob forma de lodo, resultado da evaporação da água contida no efluente. No presente trabalho, implementou-se, através de um piloto de campo, uma tecnologia de evaporação natural com o intuito de valorizar as características climáticas do Brasil (principalmente temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento) e com o objetivo de fornecer um tratamento aplicável às realidades onde os sistemas tradicionais não são técnica ou economicamente viáveis. O piloto é constituído por tanques de armazenamento, aspersores e um painel evaporativo de elevada área específica. O painel, que possui uma superfície de contato de 200 m², ocupa uma área projetada ao solo de 2 m². O lixiviado é pulverizado sobre o painel, intensificando assim o contato entre o ar e o líquido, favorecendo as condições para que ocorra a evaporação. Os resultados obtidos durante os 9 meses de operação do piloto (janeiro a setembro de 2008) mostram-se encorajadores, com uma taxa de evaporação média no sistema superior a 100 L/dia, ou ainda, 26 L/dia/m² de painel. Com a presente pesquisa espera-se contribuir com uma tecnologia de tratamento de lixiviados através de sistemas eficientes, econômicos e compactos, alternativamente ou como complemento aos métodos usuais atualmente utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro sanitário, tratamento de lixiviados, evaporação natural, painel evaporativo, características climáticas.

INTRODUÇÃO

Uma das técnicas mais difundidas de destinação de resíduos sólidos urbanos no mundo é o aterro sanitário, proporcionando o confinamento seguro de resíduos em solo impermeabilizado, isolando-os do ambiente circunstante, de modo a não causar problemas à saúde pública e ao meio ambiente.

O aterro sanitário deve seguir normas específicas para que mantenha as características de proteção ambiental para as quais foi construído. Sendo assim, entre outros fatores, é necessário tratar os lixiviados extraídos da massa de resíduos, buscando a redução da carga orgânica e inorgânica presente, antes de lançar este efluente em corpos receptores.

Dentre as principais dificuldades relacionadas ao tratamento de lixiviados está a variação das características deste efluente ao longo da vida do aterro, tanto em relação ao volume gerado quanto à sua concentração. Verifica-se dessa forma, que as técnicas de tratamento de lixiviados devem considerar um amplo espectro de possibilidades, a fim de assegurar um tratamento eficiente apesar das flutuações nas características do efluente a tratar.

Neste trabalho, estudou-se, através de um experimento em escala piloto, o tratamento de lixiviados por evaporação natural com painéis evaporativos. A função dos painéis é aumentar a superfície de contato entre o

líquido e o ar, favorecendo a evaporação. Enquanto as técnicas convencionais de tratamento visam remover a carga poluidora do efluente, em geral através da combinação de processos físico-químicos e biológicos, a evaporação dos lixiviados visa remover a água e concentrar os poluentes, reduzindo o volume de lixiviados a um concentrado líquido ou semi-sólido a ser gerenciado, evitando seu lançamento em corpo hídrico receptor.

Buscou-se, com a evaporação natural com painéis, valorizar as características climáticas do Brasil, através de uma tecnologia que coloca em evidência essas vantagens competitivas. Assim, a eficiência do tratamento de lixiviados por evaporação está vinculada às características climáticas de cada região e não às variações das características do efluente.

METODOLOGIA

O piloto de campo foi projetado com base em estudos realizados anteriormente por Bondon *et al.* (1994) e Duarte e Neto (1996), adaptando seu uso às características dos lixiviados de aterro sanitário e aos recursos disponíveis no mercado nacional. O experimento foi localizado no espaço disponível para os experimentos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, no campus da UFSC.

A Figura 1 ilustra um esquema do sistema de evaporação implementado.

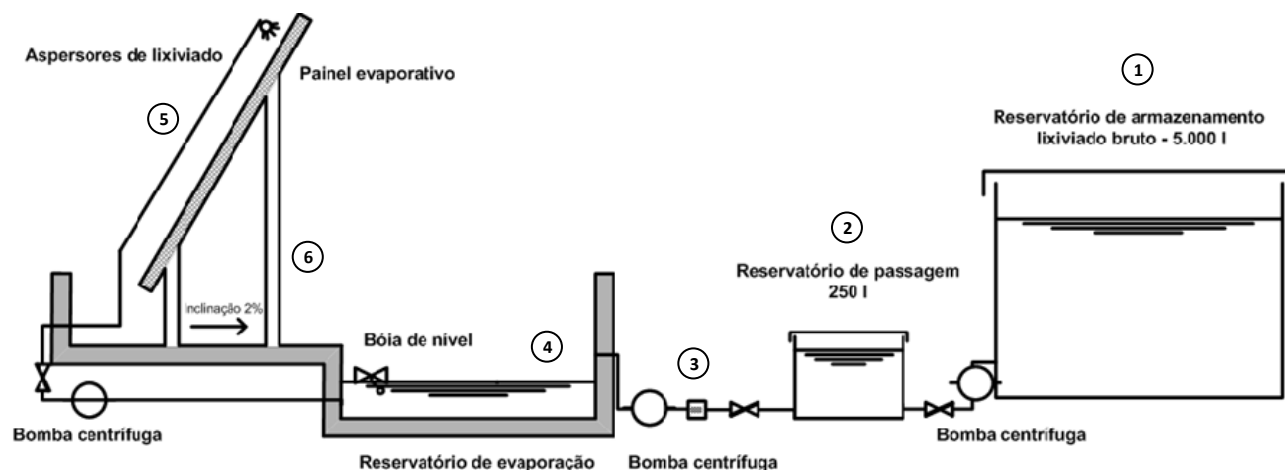


Figura 1: Esquema do experimento piloto de tratamento de lixiviados por evaporação natural.

O lixiviado utilizado era proveniente de um aterro sanitário localizado em Biguaçu – SC, distante aproximadamente 40 km do local de experimentação. O transporte do mesmo foi realizado em caminhão pipa e armazenado em um reservatório de 5000 L (1).

Uma bomba centrífuga foi utilizada para alimentar o reservatório de passagem de 250 litros, mantendo constante seu nível (2). O líquido, ao entrar no reservatório de passagem, foi filtrado, evitando a passagem de materiais grosseiros ou mesmo de organismos que pudessem se desenvolver no líquido e comprometer o sistema hidráulico do experimento (bombas, aspersores, painel, etc.).

O reservatório de passagem alimenta o reservatório de evaporação (4), parte do sistema onde ocorre a evaporação de lixiviados. Conforme ocorre a mudança de nível no tanque de evaporação, a bóia de nível aciona a bomba centrífuga, que reabastece o tanque. O hidrômetro (3) posicionado entre o reservatório de passagem e o reservatório de evaporação mede o volume de lixiviado enviado ao sistema.

Do reservatório de evaporação, o lixiviado é bombeado ao grupo de aspersores (5), formado por 4 aspersores rotativos de fluxo tri-direcional. Estes, por sua vez, distribuem o lixiviado por toda a superfície do painel. O painel evaporativo é composto por uma placa alveolar em polipropileno, com dimensões de 1,0 x 3,5 x 0,3 m (base x altura x espessura). A placa foi colocada na direção do vento dominante, no caso de Florianópolis, Nordeste (NE) e inclinada, sobre sua largura, a um ângulo de 60° com a horizontal. Devido à inclinação, o



painel, que desenvolve uma área de aproximadamente 200 m² de exposição ao ar, ocupa uma área projetada ao solo de cerca de 2 m².

Devido à inclinação da placa (60°), uma parte do lixiviado percola por sua estrutura, onde ocorre a evaporação, e a parte excedente retorna, por gravidade, ao reservatório de evaporação para recirculação (6).

O balanço hídrico do processo levou em consideração a evaporação natural ambiente, a precipitação e a quantidade de lixiviados alimentado no sistema de evaporação. Com estas componentes, foi possível estimar o volume evaporado atribuído à presença do painel de evaporação.

A evaporação natural foi medida diariamente através de um evaporímetro Tanque Classe A. A quantidade de chuva captada no sistema foi fornecida através de uma estação meteorológica localizada próxima à área de experimentação. O volume de lixiviados, por sua vez, foi medido através do hidrômetro presente antes do reservatório de evaporação.

O monitoramento do experimento piloto foi feito diariamente, exceto aos finais de semana e feriados, e consiste em realizar as leituras do hidrômetro, Tanque Classe A e da precipitação no período. Após a coleta de dados os mesmos foram trabalhados em planilha Excel para realizar o balanço hídrico do sistema.

O experimento foi monitorado de janeiro a setembro de 2009 e os dados resultantes do balanço hídrico foram relacionados com as características climáticas da região. Dessa forma, foi possível determinar quais as componentes influenciam e regem o fenômeno de evaporação natural com painéis de evaporação.

RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentadas as evaporações mensais ocorridas no sistema. Além do volume de chuva captado no sistema e o volume de lixiviados eliminado, detalham-se a evaporação natural e a do painel, bem como a contribuição de cada uma delas à evaporação total.

Tabela 1: Evaporação no sistema piloto.

DATA	PRECIP. [m ³]	VOLUME LIXIVIADOS [m ³]	EVAP. NATURA L (E _N) [m ³]	EVAP. PAINEL (E _P) [m ³]	EVAP. TOTAL [m ³]	Contribuição	
						E _N [%]	E _P [%]
Janeiro 2008	2,65	6,66	0,71	8,60	9,31	8	92
Fevereiro 2008	1,59	0,85	0,55	1,89	2,44	23	77
Março 2008	2,31	0,39	0,64	2,06	2,70	24	76
Abril 2008	1,22	1,44	0,58	2,08	2,66	22	78
Mai 2008	0,16	1,25	0,66	0,75	1,41	47	53
Junho 2008	1,60	0,11	0,54	1,17	1,71	32	68
Julho 2008	0,22	2,23	0,56	1,89	2,45	23	77
Agosto 2008	1,15	0,92	0,51	1,56	2,07	25	75
Setembro 2008	2,69	1,16	0,51	3,34	3,84	13	87
Total	13,58	15,01	5,26	23,34	28,59	18	82

O mês de janeiro se destaca dos demais, com um elevado volume evaporado (9,31 m³). Pode-se atribuir este valor também ao tipo de aspersor utilizado inicialmente, que emanava gotas muito pequenas e, com o vento, pode ter ocorrido dispersão de líquido no ambiente. Tendo em vista esta dispersão, foi realizada a troca de aspersores, adotando ao longo do resto do período de monitoramento 4 aspersores rotativos de fluxo tri-direcional.

Neste mesmo mês, o volume de chuva captado no sistema foi um dos mais elevados do ano ($2,65 \text{ m}^3$). Observou-se que, diferentemente do que ocorreu nos demais meses com chuvas elevadas, no mês de janeiro a chuva em Florianópolis foi concentrada, ou seja, choveu intensamente durante pouco tempo. Nos demais dias do mês, as temperaturas elevadas e os ventos intensos favoreceram o fenômeno de evaporação.

Nos meses de fevereiro e março observam-se volumes de chuva menores, porém uma eliminação de efluente também pequena. Isso se dá pois, apesar das temperaturas elevadas, a chuva se distribuiu ao longo do período, ou seja, choveu pouco mas com mais frequência, o que aumenta a umidade relativa do ambiente elevando-a a um estado próximo à saturação e, conseqüentemente, diminui a capacidade de evaporação do meio.

Em setembro as chuvas mais intensas ocorreram na segunda quinzena do mês, no início do mês as temperaturas foram bastante elevadas, com picos de até 30°C , o que favoreceu a evaporação de lixiviados.

Durante os 9 meses de monitoramento, a evaporação total do sistema foi de $28,59 \text{ m}^3$, o que equivale a uma evaporação média de aproximadamente 111 L/dia , considerando os 257 dias de operação do experimento.

Quando se considera a evaporação acumulada no período, 82% da evaporação obtida é atribuída à presença do painel no sistema. Entretanto, percebe-se que a distribuição entre a evaporação natural e aquela do painel não é uniforme ao longo do ano. Nos meses mais quentes, onde a temperatura do ar e a radiação solar são maiores, o painel contribui de forma mais efetiva à evaporação no sistema, enquanto nos meses com características climáticas mais desfavoráveis, o painel tem rendimento similar à evaporação natural no sistema, como pode ser observado no mês de maio. As Figuras 2 e 3 ilustram esta tendência.

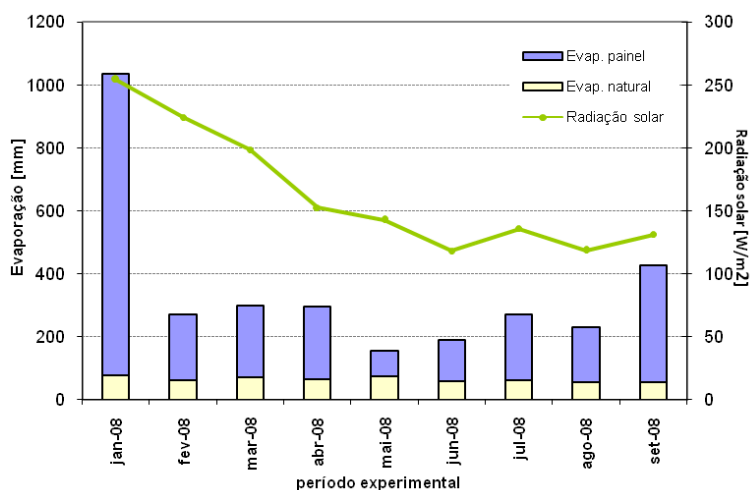


Figura 2: Evaporação mensal acumulada [mm] e radiação solar média mensal no período.

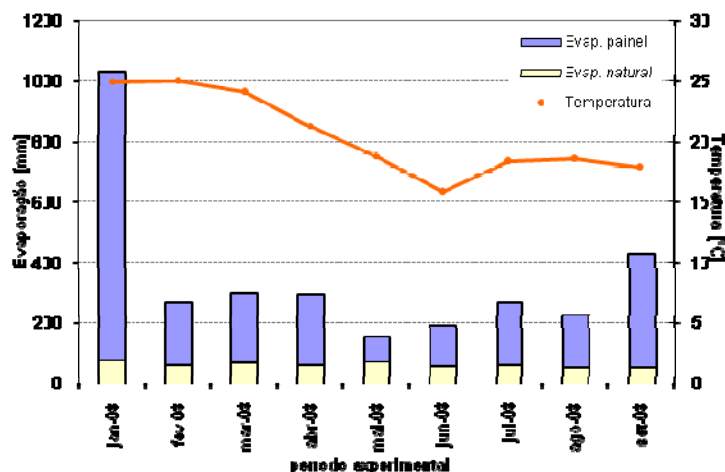


Figura 3: Evaporação mensal acumulada [mm] e temperatura média mensal no período.



Do volume total evaporado, 15,01 m³ representam a efetiva eliminação de efluente, o restante (47%), devido à elevada pluviometria em Florianópolis no período, se refere à evaporação da chuva captada no sistema. Em termos de evaporação de lixiviado de aterro sanitário, o sistema apresentou um rendimento médio de aproximadamente 58 L/dia.

A fração da evaporação total atribuída ao painel no período foi de 23,34 m³. A partir da área do painel (3,5 m²), foi possível calcular o volume de evaporação diário por área de painel. Portanto, considerando o volume acumulado no período, tem-se uma evaporação diária média de aproximadamente 26 litros/m² de painel.

Através de estudo estatístico, observou-se que a característica climática mais significativa ao processo de evaporação com painéis é a velocidade do vento, seguida pela radiação solar e pela temperatura. A umidade relativa, ainda que não tenha resultado significativa na análise estatística em questão, possui uma relação inversamente proporcional à evaporação. Desta forma, locais com baixos índices pluviométricos podem ser mais indicados à implementação desta tecnologia.

Conhecendo-se o volume total a evaporar, e com base nas características climáticas locais, é possível implementar um sistema de evaporação natural de efluentes através de painéis evaporativos. Segundo Bradfer (2006), em instalações em tamanho real, deve-se prever uma lagoa de emergência com capacidade de armazenar de 30 a 50% do volume de efluentes gerados anualmente, de modo a operar em segurança nos períodos do ano não favoráveis à evaporação natural. Bradfer (2006) cita também que, nesse tipo de sistema, a instalação dos painéis pode ser gradual, ou seja, à medida que ocorre o aumento da produção de efluentes, agregam-se mais painéis à planta.

De um modo geral, a tecnologia se mostrou de simples operação, podendo ser monitorada com os recursos humanos disponíveis no local, como o próprio operador do aterro sanitário. A implementação desta técnica em aterros de pequeno porte pode ser explorada como alternativa ou complementação aos sistemas de tratamento de lixiviados usuais, visando um gerenciamento mais eficiente destes efluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BONDON, D., CRABOS, J.L., PIETRASANTA, Y., SAMBUCCO, J.P. Traitment des Rejets Vinicoles par un Procédé Innovant: «l'Evaporation Forcée». Congrès International sur le Traitment des Effluents Vinicoles: Actes du Colloque, 1994. ISBN 2-85362-366-1. CEMAGREF.
2. BRADFER, J.F. Evaporacion natural de riles: una alternativa al tratamiento de riles vitivinícolas y de lixiviados. AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, AIDIS, 2006, p.1-3.
3. DUARTE, E.A., NETO, I. Evaporation Phenomenon as a Waste Management Technology. Water Science Technology, Vol.33, N. 8, pp.53-61. 1996. Elsevier Science Ltd.