

USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS – AREIA USADA DE FUNDIÇÃO COMO COBERTURAS INTERMEDIÁRIA E FINAL DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS¹

Luciana Paulo Gomes²
Carlos Alberto Mendes Moraes³
Ricardo Dalpiaz Boff⁴

Resumo

Atualmente, os sistemas de disposição final de resíduos sólidos urbanos devem ser operados de modo a otimizar os processos de degradação bioquímica no interior dos mesmos. Para que os processos de intervenção nestes sistemas tornem-se eficientes, é imprescindível o conhecimento mínimo das características físico-químicas e biológicas dos lixiviados gerados durante a degradação dos resíduos sólidos. Por esse motivo, por estar diretamente ligado aos resíduos aterrados, o tratamento do lixiviado deve ser projetado como etapa integrante do sistema de disposição final de resíduos sólidos domésticos. Foi utilizado o resíduo sólido urbano oriundo da cidade de Portão – RS. O resíduo sólido areia usada de fundição (areia verde de processos de moldagem para fabricação de ferro fundido) foi utilizado como camada de cobertura intermediária de aterros sanitários de resíduos sólidos domésticos. Foram testados outros dois materiais: solo local do município de Portão - RS, e entulho da construção civil, no sentido de se avaliar qual desempenharia melhor a função de camada de cobertura intermediária e final. Os resultados indicam que o último material, o entulho, é o mais adequado para o uso como camada intermediária, e o solo e o resíduo areia de fundição apresentaram maior potencial de utilização como camada de cobertura final.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos; Aterro sanitário; Lixiviado; Areia usada de fundição.

USE OF ALTERNATIVE MATERIALS – FOUNDRY USED SAND AS INTERMEDIATE AND FINAL COVERING LAYER OF DOMESTIC SOLID WASTE LANDFILL

Abstract

Nowadays, the final disposal systems of municipal solid waste must be operated in a way to optimize the biochemical degradation processes inside those systems. To guarantee that the intervention processes become efficient, it is fundamental the minimum knowledge of the physical-chemical and biological characteristics of leachates, which were generated during the solid wastes degradation. As a result of that, and because it is directly linked to the land filled waste, the leachate treatment must be projected as a step included in the final deposition system of domestic solid wastes.

The urban solid waste from the city of Portão was used in the study. The solid waste foundry used sand (green sand from molding process of the cast iron production) was used as intermediate cover layer of the landfill. Other two materials were tested: local soil of the Portão City RS, and construction waste, to evaluate, which one would have a better performance as intermediate and final layer cover. The results have indicated that the last material, the construction waste is the most appropriated to be used as intermediate layer, on the other hand soil and used sand presented more potential to be used as final layer.

Key words: Landfill; Final and intermediate covering layer; Leachate; Foundry used sand.

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Pro^{fa} Dr^a – Engenharia Civil - Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. Av. Unisinos, 950 São Leopoldo – RS, Brasil, CEP 93022-000. lugomes@unisinos.br

³ Prof. Dr. - Engenharia Mecânica - Núcleo de Caracterização de Materiais - Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS. Av. Unisinos, 950 São Leopoldo, RS, Brasil, 93022-000. cmoraes@unisinos.br

⁴ Eng^o Msc pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. Rua São Paulo 345/401, São Leopoldo, Brasil, CEP 93010-170. rboff@design.unisinos.br

1 INTRODUÇÃO

A prática de disposição final de resíduos sólidos antes no solo a céu aberto, sofreu um processo de sofisticação tecnológica e hoje desponta como um método ambiental e economicamente viável, denominado de aterro sanitário. Nos aterros sanitários, a maior preocupação está associada à degradação anaeróbia que os resíduos sofrem na instância redutora apresentando elevada instabilidade termodinâmica, sendo portanto poluentes. O processo de lixiviação dos maciços de aterro pela percolação das águas de chuva produz um líquido de cor escura e fétido com alta demanda de oxigênio para estabilização: o lixiviado. Pequenas quantidades podem poluir grandes quantidades de água, através da sua ampla variedade de constituintes químicos e organismos patogênicos.

Nesta linha, este trabalho abordará aspectos tecnológicos sobre coberturas intermediárias e finais de aterros sanitários que operem com recirculação de lixiviado. A recirculação do lixiviado pode ser utilizada para acelerar o processo de estabilização dos resíduos orgânicos presentes nos resíduos sólidos, possibilitando reduções acentuadas na demanda biológica de oxigênio (DBO) e na demanda química de oxigênio (DQO) causado pelos ácidos orgânicos gerados na decomposição dos resíduos sólidos no interior do aterro, incluindo as seguintes vantagens: otimização da decomposição e aumento da produção de metano.⁽¹⁾

A escolha de materiais de cobertura dos aterros é tema fundamental para a aplicação em escala real da técnica de recirculação de lixiviado. A principal razão das camadas diárias de cobertura é de isolar os resíduos reduzindo problemas de vetores transmissores de doenças e mau cheiro. A escolha do material da camada intermediária dependerá do tipo de operação do aterro: sem recirculação de lixiviado, com emprego de camadas impermeáveis, que pretendem reduzir a entrada de água ou com materiais que, ao contrário, permitam a entrada de lixiviado, para adoção da técnica de recirculação. A aplicação em escala real da técnica de recirculação de lixiviado é um pouco mais complexa. Por outro lado, para tratamento do líquido e aceleração da estabilização do aterro sanitário o emprego de técnicas de recirculação de lixiviados vêm sendo utilizadas com sucesso.

O sistema de cobertura tem a função de proteger a superfície das células de resíduos sólidos, minimizando impactos ao meio ambiente, visando a eliminação da proliferação de vetores de doenças, moscas, roedores, o impedimento do arraste de materiais pela ação dos ventos, evitar o aspecto antiestético dos resíduos expostos, facilitar a movimentação das máquinas e dos veículos sobre o aterro e propiciar o escoamento superficial, dificultando a infiltração das águas precipitadas sobre o aterro, controlando assim a produção do lixiviado.

Um exemplo de cobertura diária empregada em aterros sanitários é a espuma long-lasting Aft-500 que pode ser aplicada com pulverizadores, cuja cobertura dura 40 dias após sua aplicação em um aterro de resíduos sólidos urbanos.⁽²⁾ Outro tipo de cobertura para aterros sanitários consiste em mantas de polipropileno.⁽³⁾ Este tipo de material impede a infiltração da água da chuva e tem um controle sobre odor do aterro. Sendo este um material leve e durável e que pode ser aplicado com máquinas ou por pessoas.

O presente trabalho versa sobre esse aspecto de camadas de cobertura considerada a hipótese de que existem materiais alternativos aptos a serem empregados como cobertura intermediária e/ou final que facilitem a recirculação de lixiviado no aterro sanitário. Portanto, objetiva-se comparar a utilização de areia verde usada de fundição com solo local do município de Portão - RS, e entulho da construção civil como camadas de cobertura intermediária de aterro sanitário. A areia usada de fundição é um resíduo gerado em grande quantidade com custos de descarte muito alto e grande impacto ambiental, podendo representar uma alternativa de material com ganhos ambientais e econômicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização da Área de Estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida, em parte, na cidade de Portão. O município situa-se no Rio Grande do Sul, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, na Região metropolitana de Porto Alegre, distante aproximadamente 43 km de Porto Alegre.

2.2. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domésticos

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Portão – RS é apresentada nas Figuras 1 e 2 a seguir, onde expressam o percentual de todos os materiais encontrados na massa de resíduos sólidos domésticos gerados e o percentual de rejeitos da usina de triagem, que é disposto no aterro sanitário do município.

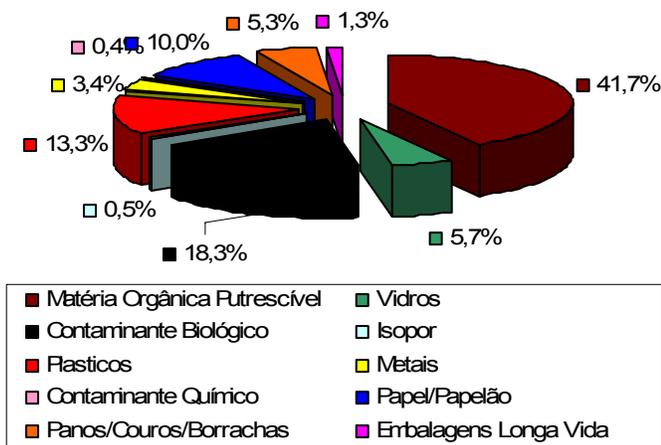


Figura 1. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos gerados no município de Portão – RS (base úmida).

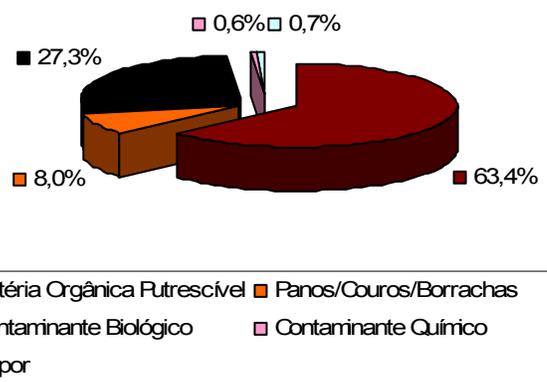


Figura 2. Composição gravimétrica dos rejeitos destinados ao aterro do município de Portão – RS (base úmida).

2.3 Construção dos Bioreatores

Neste trabalho foram propostas alternativas construtivas para a camada de cobertura de aterros sanitários que operam com recirculação de lixiviados. Foram testados diferentes materiais para composição da camada de cobertura do aterro sanitário, avaliando as características físico-químicas e o volume de lixiviado produzido no interior dos bioreatores.

Utilizou-se bombonas de PEAD de 30L, que foram preenchidas com resíduos sólidos com características similares àqueles encaminhados ao aterro sanitário de Portão. No preenchimento, foi colocado em cada bioreator um tipo de material inerte como camada de cobertura intermediária. Foram testados os seguintes materiais: solo local do município de Portão, entulho de construção e areia de fundição. Foi empregada também, neste ensaio, a técnica de recirculação de lixiviado, para acelerar o processo de degradação dos resíduos sólidos aterrados. Os bioreatores foram denominados 1C, 2C e 3C conforme a taxa de recirculação de lixiviado, respectivamente, 0%, 20% e 40%; para cada material utilizado como cobertura. Foi analisada a quantidade de lixiviado gerado, o percentual lixiviado e a umidade das camadas.

É característico de cada bioreator, duas células de resíduos de 10 cm de altura e com aproximadamente 5,75 kg de resíduos sólidos compactados com um grau de compactação de 600 kg/m^3 cada e intercaladas por uma camada de cobertura intermediária e outra final de 5 cm cada. Em cada bioreator variou-se o tipo de material de cobertura. As dimensões utilizadas para configuração dos bioreatores foram proporcionais a um aterro em escala real. A Figura 3 apresenta os detalhes construtivos dos bioreatores e a nomenclatura usada no trabalho para análise de umidade para cada experimento.

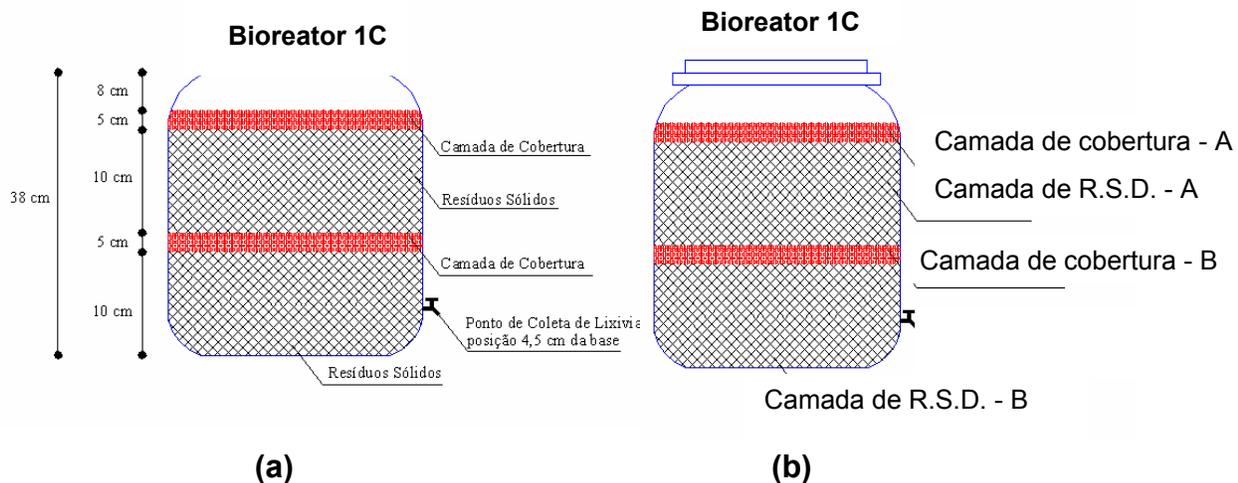


Figura 3. (a) Detalhes construtivos dos bioreatores do ensaio 1C (etapa 1) e (b) Nomenclatura adotada para análise do teor de umidade para cada experimento da etapa 1.

Os materiais estudados e testados como camada de cobertura de resíduos sólidos para aterros sanitários que operem com recirculação de lixiviado foram os seguintes:

- Solo local do município de Portão – RS: na área onde atualmente se encontra o aterro sanitário do município de Portão – RS foram encontrados, através de sondagens, três tipos de solo com características bastante diferenciadas. O solo usado foi classificado pelo Sistema Unificado de Solo (SUCS) como areia com finos não plásticos (SM) apresenta como a principal característica para sua utilização como camada de cobertura a condutividade hidráulica de $1,5 \times 10^{-6}$ cm/s, ou seja, dos solos existentes na área, é aquele mais permeável o que potencialmente pode permitir a passagem do lixiviado a ser recirculado.
- Areia verde usada de Fundação: a areia de moldagem ou também conhecida como areia de fundição é um sistema heterogêneo, constituído essencialmente de um elemento granular refratário que representa a base, geralmente areia de sílica. Um elemento aglomerante ou ligante (bentonita), é adicionado para permitir a ligação entre os grãos de areia após a compactação do molde. Pode ser mineral (argila ou cimento) ou orgânico (óleos, farinhas de cereais e resinas). A areia possui ainda elementos aditivos que são utilizados para melhorar as propriedades mecânicas da areia, como pó de carvão. A característica mais importante desta areia para o uso como camada de cobertura para os resíduos sólidos é a parcela de argila ativa na ordem de 5,2% do total de 8,2% de argila adicionada na mistura. A bentonita é constituída principalmente pelo argilo-mineral montmorilonita, o qual tem a função de aglomerante da areia base. Na presença de água interlamelar aumenta as forças de ligação entre as lamelas de bentonita, dando assim uma menor permeabilidade. A areia verde usada de fundição é classificada como um resíduo Classe IIA – Não Inerte.⁽⁴⁾ Devido a grande produção, somente no Brasil, todo ano são descartadas cerca de 2 milhões de toneladas de areia usadas, o que corresponde a três quartos do total de resíduos sólidos gerados pela indústria de fundição.⁽⁵⁾ Este material após uso na indústria não tem mais utilidade, fazendo-se necessário uma disposição adequada no meio ambiente, justificando-se o interesse em sua aplicação como camada de cobertura de aterros sanitários de resíduos sólidos domésticos.
- Entulho da construção civil: na literatura, diversos autores utilizam o termo Resíduo da Construção e Demolição (RCD) e outros preferem chamá-los apenas de entulho. Quanto à definição, há discordância não só quanto à abrangência das frações presentes como também quanto às atividades geradoras dessas frações. Segundo a resolução 307 – 05/07/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA),⁽⁶⁾ os resíduos de construção civil são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. A norma NBR 10004 - ABNT⁽⁵⁾ classifica os resíduos da construção e demolição como Classe II - B - Inertes. Segundo Pinto⁽⁸⁾ no Brasil é gerado 0,52 tonelada de entulho por habitante por ano, representando de 54% a 61% da massa dos resíduos sólidos urbanos. O aproveitamento desses resíduos da construção civil como camada de cobertura intermediária para os resíduos sólidos domésticos pode minimizar os impactos ambientais deste resíduo, visto que grande parte dos mesmos são depositados em qualquer lugar sem nenhum controle.

Para completa simulação de campo nos bioreatores dos ensaios 1C, 2C e 3C foi utilizado as condições reais de campo, ou seja, calculou-se a quantidade de precipitação de água da chuva que simula, proporcionalmente, a precipitação no município de Portão.

Para tanto, sabe-se que, a condição real de precipitação da região em que está situado o município de Portão é de 130 mm/mês (média histórica) sendo que 20 mm/mês refere-se a evapotranspiração. Determina-se então, a parcela efetiva que infiltra no aterro sanitário do município: 110 mm/mês ou 3,67 L de água por dia por m².

Se a área dos bioreatores corresponde a 0,0945 m², o volume de água de chuva proporcional que cairia no experimento (para simular a chuva local no aterro) foi de 347 mL/dia.

A Tabela 1 apresenta a nomenclatura adotada para cada bioreator, a camada de cobertura, o volume de precipitação, o volume de líquido recirculado e a frequência de recirculação.

Tabela 1. Detalhes dos experimentos com nomenclatura dos bioreatores, camada de cobertura, volume de precipitação, volume de líquido recirculado e frequência de recirculação.

Experimento	Nomenclatura	Camada de Cobertura	Volume de Precipitação (L/dia)	Volume de Líquido Recirculado (L)	Frequência de Recirculação
Bioreator 1C	1Csolo	Solo	0,347	Sem recirculação	-
	1Centulho	Entulho	0,347	Sem recirculação	-
	1Caf	Areia de fundição	0,347	Sem recirculação	-
Bioreator 2C	2Csolo	Solo	0,347	0,069	Quinzenal
	2Centulho	Entulho	0,347	0,069	Quinzenal
	2Caf	Areia de fundição	0,347	0,069	Quinzenal
Bioreator 3C	3Csolo	Solo	0,347	0,139	Quinzenal
	3Centulho	Entulho	0,347	0,139	Quinzenal
	3Caf	Areia de fundição	0,347	0,139	Quinzenal

Após a montagem, todos os bioreatores foram saturados com água para que ocorresse mais rapidamente a geração de líquido. O monitoramento dos ensaios foi realizado pela amostragem do líquido gerado em cada bioreator. A frequência foi quinzenal e os parâmetros estudados foram: pH e demanda química de oxigênio num período de 60 dias. Após o término dos 60 dias, os bioreatores foram abertos e foi verificado o teor de umidade tanto das camadas de cobertura como das camadas dos resíduos sólidos. Para obtenção dos resultados do teor de umidade das amostras das camadas de cobertura, as mesmas foram colocadas em estufa por um período de 24 horas, a 105 °C. Já as amostras de resíduos sólidos foram colocadas também em estufa a 65° C durante 24 h. Após esta secagem inicial as amostras permaneciam por mais 4 horas a 105°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta um balanço entre a quantidade de água e o lixiviado adicionados nos bioreatores para diferentes materiais de cobertura dos resíduos sólidos, além da quantidade de lixiviado gerado dentro dos bioreatores pelo processo de degradação e pela entrada de líquidos no sistema (simulação de chuva e recirculação de lixiviado).

Tabela 2. Balanço de massa da etapa 1 referente ao ensaio cobertura dos RSD.

<i>Experimento</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>R.S. + cobertura (L)</i>	<i>Precipita- ção (L)</i>	<i>Recircula- ção (L)</i>	<i>Lixiviado Gerado (L)</i>	<i>LIX (%)</i>
Bioreator 1C	1Csolo	16,15	14,57	0	0,72	2,34
	1Centulho	10,45	14,57	0	0,06	problemas
	1Caf	13,65	14,57	0	0,60	2,13
Bioreator 2C	2Csolo	16,15	14,57	0,28	0,43	1,39
	2Centulho	10,45	14,57	0,28	0,97	3,83
	2Caf	13,65	14,57	0,28	0,44	1,54
Bioreator 3C	3Csolo	16,15	14,57	0,55	0,42	1,34
	3Centulho	10,45	14,57	0,55	1,1	4,3
	3Caf	13,65	14,57	0,55	0,05	problemas

Legenda: R.S + Cobertura = quantidade de água adicionada para saturação dos materiais

Lixiviado gerado = volume de lixiviado gerado no total do ensaio (utilizado para realização das análises físico-químicas)

LIX = porcentagem que relaciona o volume gerado de lixiviado em relação ao volume total de líquido adicionado no ensaio

Observando-se o comportamento apresentado na Tabela 2, constata-se que o bioreator com camada intermediária de entulho da construção foi o que apresentou um maior índice de líquido passante, ou seja, é o material com a maior permeabilidade.

Do ponto de vista da utilização da técnica de recirculação de lixiviado o entulho da construção é o material mais adequado. Por outro lado este tipo de material permitirá também a entrada da água da chuva, conseqüentemente ocorrerá uma maior geração de lixiviado tornando-se assim um material inadequado para cobertura final de aterros sanitários. Já o solo e a areia de fundição permitiram menor passagem de água, tornando-se potencial a utilização como camada de cobertura final, mas não para camada intermediária para aterros com recirculação de lixiviados.

O teor de umidade foi avaliado após o término do ensaio 1, em todas as camadas dos bioreatores, com o objetivo de entender onde ficou armazenada a água que foi adicionada no ensaio e que, contudo, não gerou lixiviados. Foi mostrado na Figura 3(b) os pontos de coleta de amostras sólidas junto com a nomenclatura adotada para cada parcela constituinte de cada bioreator, estando os resultados obtidos expressos na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de umidade de cada bioreator após o término da Etapa 1

Experimento	Local amostrado	Teor de Umidade (%)	
		Camada de cobertura dos R.S.D.	Camada de R.S.D.
1C Solo	A	20,91	62,15
	B	31,77	37,89
1C Areia de Fundição	A	34,84	56,64
	B	41,33	47,59
1C Entulho	A	14,73	64,35
	B	20,41	70,46
2C Solo	A	26,15	69,46
	B	38,13	41,25
2C Areia de Fundição	A	37,12	61,42
	B	47,21	53,12
2C Entulho	A	17,18	72,18
	B	23,31	79,87
3C Solo	A	29,91	78,67
	B	41,67	47,76
3C Areia de Fundição	A	33,38	69,17
	B	49,21	65,98
3C Entulho	A	15,50	79,73
	B	25,56	82,06

Ao se avaliar esses resultados, considerando o uso dos materiais como camadas intermediárias de resíduos sólidos domésticos pode-se colocar que:

- Para todos os ensaios 1C, 2C e 3C, quando a camada intermediária foi o solo ou a areia de fundição os resíduos sólidos na camada B estavam mais secos, indicando que a camada intermediária não permitiu boa recirculação do lixiviado. O contrário foi verificado em todos os ensaios (1C, 2C e 3C) para os bioreatores com entulho da construção. Nesses casos a camada B apresentou maior umidade. Considerando-se que nos ensaios 1C não houve recirculação de lixiviado, a maior umidade na camada B do bioreator com entulho significa que houve passagem de “água da chuva” e ou água utilizada para saturação dos resíduos no início do ensaio. Neste comprova-se que esse material, como já indicado, não é eficaz para o emprego com camada final de aterros sanitários, pois permitirá uma maior geração de lixiviado.

Ao se considerar estes materiais como camada de cobertura final de aterros, pode-se colocar o seguinte:

- Em todos os ensaios (1C, 2C e 3C), a camada A das coberturas testadas respondeu da seguinte maneira, em ordem crescente de umidade, primeiro o solo, segundo a areia de fundição e o entulho da construção civil por terceiro. Os resultados indicam que nesta mesma ordem estaria a utilização para coberturas finais, pois a mesma quantidade de água adicionada sobre as camadas ficou retido mais nesse local

quando o material era o solo do que quando utilizou-se o entulho. A característica do solo de manter a água nos seus vazios é interessante já que não permitirá a passagem da mesma com potencial geração de lixiviado.

O desempenho da areia de fundição foi intermediário entre esses materiais, sugerindo a possibilidade para uso como cobertura final de aterros sanitários.

O regime de trabalho da montagem e operação do bioreatores da fase 1C, 2C e 3C da etapa 1 deu-se em um período de estiagem o que dificultou assim a geração do lixiviado nos bioreatores e, conseqüentemente, poucos dados foram coletados dificultando desta forma a análise qualitativa do lixiviado coletado e principalmente não possibilitando conclusões em termos de eficiência de recirculação;

A areia usada de fundição, que teve um comportamento intermediário tanto para camada intermediária quanto como camada final comparada com os dois outros materiais, demonstra boa potencialidade de uso, necessitando de maiores estudos para avaliar seu comportamento quanto a retenção de metais pesados, e ao uso de areias com diferentes granulometrias e teores de argila ativa.

5 CONCLUSÃO

Quanto aos resultados dos experimentos no estudo das camadas de coberturas intermediárias dos RSD para aterros sanitários que operem com recirculação de lixiviado, algumas conclusões podem ser estabelecidas, respeitando-se as devidas significâncias em função do conjunto de ensaios e as repetições executadas para cada experimento analisado.

- a) O entulho da construção civil, conforme caracterizado neste trabalho, foi o material mais adequado para utilização como camada de cobertura intermediária para aterros que empreguem a recirculação de lixiviado; sendo que a areia usada de fundição pode ser utilizada também dependendo do caso.
- b) Tanto a areia de fundição quanto o solo local foram materiais considerados, dentre os analisados, com características para o uso em camada de cobertura final para aterros sanitários. Cabe ressaltar também que este tipo de solo é característico daquela região, caso não fosse, seria inviável do ponto de vista econômico transportar solo de outros locais, se tratando de cidades de pequeno porte. Já a utilização da areia de fundição vai depender muito da existência de alguma fábrica que esteja perto da cidade em questão para que o transporte deste tipo de material não se torne um empecilho na análise financeira do projeto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FINEP, O CNPQ E A CAIXA pelo apoio no projeto PROSAB e à empresa de Fundição METALCORTE por ceder o resíduo areia usada de fundição.

REFERÊNCIAS

- 1 MCBEAN, E.A; ROVERS,F.A & FARQUHAR,G.J. *Solid waste landfill engineering and design*. Saddle River: Prentice-Hall Inc. 521 p. 1995.
- 2 ALLIED FOAM TECH CORPORATION. *Landfill Cover & Odor Control*. Disponível em: <<http://www.alliedfoamtech.com>>. Acesso em abril de 2004.
- 3 PAC TEC Inc., 2004. *Landfill Cover*. Disponível em: <<http://www.pacteinc.com>>. Acesso: abril de 2004.
- 4 NÚÑEZ, W. P; LEYEN, G. W.; BREHM, F. A.; GRAFFITTI, D.; PICCININI, P. R.; MORAES, C. A. M. Utilização de areia usada de fundição como matéria-prima de mistura asfáltica. CONAF 2003 – 11º CONGRESSO DE FUNDIÇÃO, São Paulo. 2003.
- 5 MARIOTO, C.L.; BONIN, A.L. *Tratamento dos descartes de areia*. Revista Fundição e matérias-primas. mar/abr. p.28-32. 1996.
- 6 (6) CONAMA. *Resolução CONAMA Nº 307/2002* - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil" - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU: 17/07/2002. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em fevereiro de 2006.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 10004: Resíduos sólidos: classificação*, 57p. 2004.
- 8 PINTO, T. P. *Metodologia da gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 189 p. 1999.