

### III-146 - CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS LIXIVIADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE EMPREGANDO CÉLULAS EXPERIMENTAIS

**Carlos Augusto Machado da Costa e Silva** <sup>(1)</sup>

Mestre em Engenharia Ambiental/UERJ. Doutorando pela Escola de Química da UFRJ. Especialista em Microbiologia/CRBio2. Biólogo/FAHUPE. Biólogo do Centro de Pesquisas Aplicadas da Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB.

**Juacyara Carbonelli Campos**

D.Sc. em Engenharia Química - Tecnologia - PEC/COPPE/UFRJ. Engenharia Química/UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química /UFRJ.

**João Alberto Ferreira.**

D.Sc em Saúde Pública - ENSP/FIOCRUZ. M.Sc. em Engenharia Ambiental - Manhattan College (New York - USA). Engenheiro Mecânico - UFU. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ.

**Marco Antônio Lemos Miguel**

D.Sc pela UFRJ. Chefe do Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Professor adjunto do Instituto de Microbiologia da UFRJ. Biólogo/UGF.

**Bianca Ramalho Quintaes**

Mestre em Microbiologia/UERJ. Doutoranda pela Escola de Química da UFRJ. Biomédica/ UNIRIO. Gerente da Divisão de Microbiologia do Centro de Pesquisas Aplicadas da Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Centro de Pesquisas Aplicadas. Rua Américo de Souza Braga 647, Vargem Pequena, CEP 22783-385, Rio de Janeiro - RJ – Brasil. Tel.: (21) 3417-2090. E-mail: [comlurb\\_ipm@rio.rj.gov.br](mailto:comlurb_ipm@rio.rj.gov.br)

#### RESUMO

Ainda são escassos os dados na literatura que revelem o tempo de persistência de micro-organismos patogênicos, marcadores epidemiológicos e indicadores microbianos de contaminação em resíduos sólidos confinados nos aterros sanitários. Por outro lado, estudos sobre as características dos lixiviados de aterros de lixo e seu potencial poluidor vem sendo cada vez mais realizados. O presente trabalho mostra a caracterização microbiológica e físico-química de lixiviados de resíduos domiciliares (RSD) e de resíduos de serviços de saúde (RSS), coletados regularmente pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana na cidade do Rio de Janeiro/BR. Para tal foram construídas três células experimentais: C1 contendo RSD, C2 contendo RSS e C3 com RSD + RSS. Os parâmetros microbiológicos de avaliação compreenderam os coliformes totais, *Escherichia coli*, *Enterococos*, *Salmonella sp* e *Staphylococcus aureus*. Com o objetivo de melhor avaliar o potencial poluidor dos lixiviados foram escolhidos os parâmetros físico-químicos: pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Nitrogênio amoniacal. A célula C1 apresentou o mais baixo potencial poluidor enquanto que a C3 o mais alto potencial poluidor. Esse trabalho apresenta os resultados preliminares obtidos no experimento que faz parte da tese de doutorado, com previsão de término em 2012, intitulada “Avaliação do potencial poluidor dos lixiviados de resíduos sólidos domiciliares e de resíduos sólidos de serviço de saúde co-dispostos em células experimentais”. Espera-se que os resultados do experimento possam gerar perfis para comparação entre os RSD e os RSS. Através da avaliação do potencial poluidor dos lixiviados, ao longo do tempo de confinamento dos resíduos nas células experimentais, objetiva-se obter informações que permitam subsidiar a discussão quanto a necessidade de tratamento e disposição final diferenciados para os RSS em relação aos demais resíduos sólidos urbanos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviados, co-disposição, microbiologia, células experimentais.

#### INTRODUÇÃO

O tratamento e o destino final dos resíduos sólidos de serviços de saúde são assuntos que têm gerado controvérsias no tocante às alternativas tecnológicas disponíveis e aos riscos para a saúde pública e ao meio ambiente. No que tange aos RSS do grupo A (resíduos com a possível presença de agentes biológicos) o seu

tratamento e a disposição final diferenciados dos demais resíduos sólidos urbanos são determinados pela Resolução nº 306, de 7 de dezembro de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA e pela Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

Por força da legislação, por preconceitos da população e por interesses comerciais é cada vez maior a pressão no sentido da inativação desses resíduos por métodos tais como incineração, autoclavação e micro-ondas. Por outro lado, diversos pesquisadores apontam para inexistência de fatos, excetuando-se os perfurocortantes, que comprovem a maior periculosidade dos resíduos de serviços de saúde em relação aos resíduos domiciliares. Em função disso e da realidade sanitária e economicamente precária da grande maioria dos municípios brasileiros, diversos profissionais consideram desnecessária a inativação desses resíduos, geralmente realizada por processos dispendiosos, inapropriados e muitas vezes geradores de poluição. Outros recomendam a disposição conjunta de resíduos de serviços de saúde e de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

Também tem sido motivo de preocupação, o lixiviado gerado em aterros sanitários em decorrência da elevada carga orgânica, das altas concentrações de substâncias tóxicas e de metais pesados. O lixiviado é resultado das águas que infiltram no aterro e da degradação da fração orgânica dos resíduos sólidos, e tem sido identificado na literatura como fonte potencial de poluição das águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, o conhecimento das características microbiológicas, físico-químicas e toxicológicas desses efluentes é de importância fundamental para a avaliação dos possíveis impactos para o meio ambiente e para a saúde pública.

Esse trabalho tem por objetivo, avaliar o potencial poluidor de lixiviados de resíduos sólidos de serviços de saúde (RSS) e de resíduos sólidos domiciliares (RSD) dispostos em células experimentais visando subsidiar a discussão da necessidade ou não de tratamento e disposição final diferenciados para os resíduos de serviços de saúde.

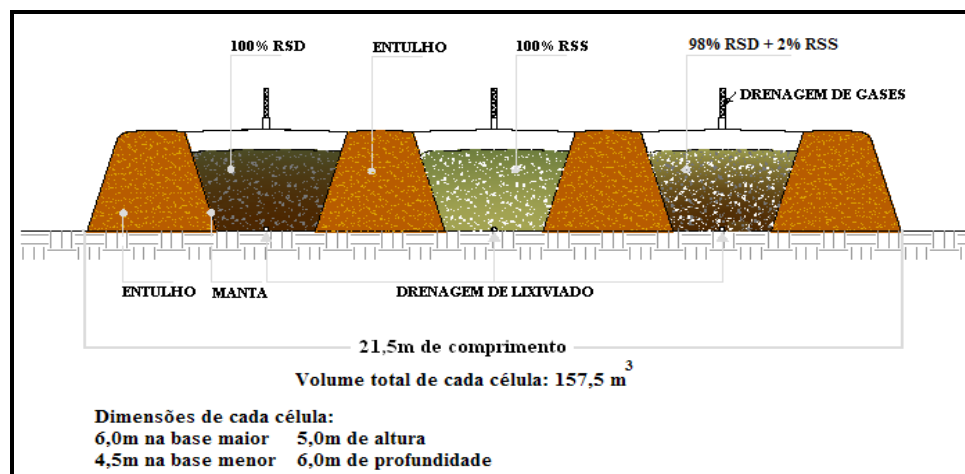
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho de pesquisa utiliza como modelo células experimentais, construídas no pátio da Usina de Reciclagem e Compostagem da COMLURB localizada no bairro de Jacarepaguá no Município do Rio de Janeiro, atualmente funcionando como estação de transferência de resíduos sólidos urbanos.

### **Construção das células experimentais e coleta do lixiviado**

As 3 células experimentais foram dispostas lado a lado perfazendo uma área total de 200m<sup>2</sup> (100 m<sup>2</sup> de área plana e 100 m<sup>2</sup> de talude). Cada célula possui dois taludes laterais (2,0m largura), e 4,5 m de largura, 6,0 m de comprimento e 5,0m de altura, totalizando um volume de 157,5m<sup>3</sup> (Figura 1). Para formação dos 4 taludes foram utilizados resíduos de construção civil (entulho). Sobre os taludes, foi colocada, inicialmente, uma camada de argila compactada para evitar possíveis danos e perfurações à manta de polietileno de alta densidade (PEAD), provenientes de algum RCC. Em seguida, a manta PEAD foi estendida sobre a superfície acompanhando a configuração dos taludes. As especificações da manta PEAD são: manta GEOTENE, 1,00mm de espessura, PEAD (Nortene Plásticos Ltda) cód. do produto 80155970GEO10G. Após a conclusão dessa etapa, as células receberam uma camada de 20 cm de argila (com exceção da área destinada ao sistema de drenagem de lixiviado e de gases), compactada com o auxílio de um compactador manual.

Para captação do lixiviado foi construído, em cada célula, um sistema de drenagem composto por um tubo canaflex (PVC perfurado) de 4" e 9,0m de comprimento, brita nº 3 (em torno de 2,0m<sup>3</sup> para cobertura do canaflex), um receptor de tubo PVC 50mm acoplado a uma união-registro de PVC 50mm e a uma torneira com saída curva de 90° para coleta do lixiviado. Nos drenos, entre a manta PEAD e o tubo canaflex, foi aplicada uma manta bidim 400 (5m x 2,5m) para evitar possíveis danos à manta PEAD ocasionados pela brita. Os tubos de drenagem do lixiviado foram dispostos com uma inclinação de 2% para permitir o escoamento horizontal do lixiviado até a torneira. Na posição central da célula, a partir do fundo, foi construída uma estrutura tubular para drenagem de gases, composta por tela metálica, brita nº 3 e tubo de PVC 50mm perfurado. Essa estrutura ganhou sustentação na medida em que os resíduos foram sendo colocados na célula. A coleta do lixiviado para a realização das análises microbiológicas e físico-químicas é realizada quinzenalmente a partir do fechamento da célula com a camada de argila.



**Figura 1 – Desenho esquemático das células experimentais**

As quantidades de RSD e RSS do grupo A colocadas nas células experimentais estão apresentadas na Tabela 1. Os percentuais da célula 3 (98% de RSD + 2% de RSS) têm por base as proporções de RSS em relação aos RSD recebidos diariamente no Aterro Metropolitano de Resíduos Sólidos situado em Jardim Gramacho no Município Duque de Caxias (RJ). Na última década essa relação variou de 0,67 % a 0,89 %. Entretanto, para o presente experimento, essa proporção foi ampliada para 2%. A exemplo do que acontece no Aterro de Gramacho, os RSS não foram misturados aos RSD na célula 3. Dessa forma, os RSS foram depositados no cume da massa e em seguida compactados com os demais resíduos. Depois foi aplicada uma camada de cobertura de 20 cm de argila compactada.

**Tabela 1 – Distribuição dos RSD e dos RSS nas células.**

Aterro	% RSD	% RSS
1	100	0
2	0	100
3	98	2

Os RSD utilizados na formação das células 1 e 3 foram os resíduos comuns gerados em dois bairros: Barra e Recreio. Os RSS utilizados nas células 2 e 3 foram provenientes de oito roteiros de coleta envolvendo diversos bairros do município do Rio de Janeiro e se originarão de hospitais, maternidades, postos de saúde, clínicas, residências com pacientes portadores de doenças infecto-contagiosas, Santa Casa da Misericórdia, postos de saúde da família, clínicas veterinárias, Instituto de Veterinária Municipal, Sociedade Protetora de Animais – SUIPA e Centros de Proteção Animal. Ambos os resíduos são coletados regularmente pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana.

### Análise do lixiviado

Para o presente trabalho de pesquisa foram selecionados os seguintes parâmetros microbiológicos de avaliação: coliformes totais, *Escherichia coli*, Enterococos, *Salmonella sp* e *Staphylococcus aureus*. Com o objetivo de melhor avaliar o potencial poluidor dos lixiviados foram escolhidos os parâmetros físico-químicos: pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Nitrogênio amoniacal.

As análises microbiológicas e físico-químicas foram realizadas de acordo com as metodologias preconizadas por Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). As densidades de coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococos são expressas em números mais prováveis por 100 mL de amostra (NMP/100mL) e determinadas pela Técnica dos Tubos Múltiplos após realização de diluições decimais subsequentes a partir da amostra bruta.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB-RJ), do Laboratório de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – LES da Universidade

do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e do Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes (LabTare/UFRJ).

## RESULTADOS

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas estão demonstrados nas Tabelas 2, 3 e 4 onde constam também os padrões de lançamento de efluentes segundo a Norma Técnica NT-202 R-10 e DZ-205 R-06 do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

As análises microbiológicas dos lixiviados mostram resultados muito baixos, atípicos para RSD. Embora indicando tendência de elevação, os resultados são incompatíveis com aqueles observados por Costa e Silva (2005) e com a série histórica da caracterização microbiológica do lixiviado da bacia dos caminhões de coleta de RSD do município do Rio de Janeiro efetuada por COMLURB (2009), que revelaram valores médios de Coliformes totais, *E. coli* e Enterococos da ordem de  $10^{10}$ ,  $10^9$  e  $10^8$  NMP/100mL, respectivamente. As amostras apresentaram ausência de *Salmonella sp* e *Staphylococcus aureus*. A ausência de *Salmonella sp* e de *Staphylococcus aureus* pode ser justificada pela dificuldade de sobrevivência desses gêneros de bactérias em meios com as características físico-químicas e biológicas adversas do lixiviado, tais como competição microbiana e substâncias antagonicas, bem como pela necessidade de aplicação de uma outra metodologia de isolamento destas espécies.

**Tabela 2: Análises microbiológicas e físico-químicas dos lixiviados da célula C1.**

PARÂMETROS	CONFINAMENTO DOS RESÍDUOS (DIAS)				PADRÕES * (VALORES MÁXIMOS)
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	
Coliformes totais (NMP/100mL)	< 2	23	33	400	-----
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	< 2	13	26	230	-----
Enterococos (NMP/100mL)	< 2	140	110	700	-----
pH	7,2	7,0	7,7	6,7	5,0 a 9,0
DQO (mg/L)	75	91	91	90	< 200
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	34	15	16	3	-----
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L)	139	127	64	77	5

\* Padrões para lançamento de efluentes líquidos do INEA: NT 202 R10 e DZ 205 R6

Os resultados das análises microbiológicas mostram que as células C2 e C3 apresentaram valores mais elevados do que a células C1 (Figuras 2, 3 e 4) Em função do aspecto límpido do lixiviado, é possível que esses resultados sejam decorrentes de um período de aclimação dos resíduos na célula e pela da infiltração de águas pluviais na massa de resíduos, especialmente para as amostras provenientes da célula C1.

**Tabela 3: Análises microbiológicas e físico-químicas dos lixiviados da célula C2.**

PARÂMETROS	CONFINAMENTO DOS RESÍDUOS (DIAS)				PADRÕES * (VALORES MÁXIMOS)
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	
Coliformes totais (NMP/100mL)	22.000	2.400	500.000	13.000	-----
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	7.000	2.400	300.000	1.700	-----
Enterococos (NMP/100mL)	13.000	170	300	3.400	-----
pH	6,9	6,9	6,2	5,6	5,0 a 9,0
DQO (mg/L)	1106	501	544	551	< 200
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	720	nr	nr	nr	-----
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L)	196	139	168	161	5

\* Padrões para lançamento de efluentes líquidos do INEA: NT 202 R10 e DZ 205 R6

nr – não realizado

Tabela 4: Análises microbiológicas e físico-químicas dos lixiviados da célula C3.

Parâmetros	Tempo aproximado de confinamento dos resíduos				PADRÕES * (VALORES MÁXIMOS)
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	
Coliformes totais (NMP/100mL)	40.000	9.000	30.000	17.000	-----
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	1700	2.100	23.000	17.000	-----
Enterococos (NMP/100mL)	9.000	8.000	3.000	7.000	-----
pH	7,5	7,4	7,5	7,0	5,0 a 9,0
DQO (mg/L)	nr	958	824	830	< 200
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	139	nr	nr	nr	-----
Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L)	665	398	289	nr	5

\* Padrões para lançamento de efluentes líquidos do INEA: NT 202 R10 e DZ 205 R6

nr – não realizado

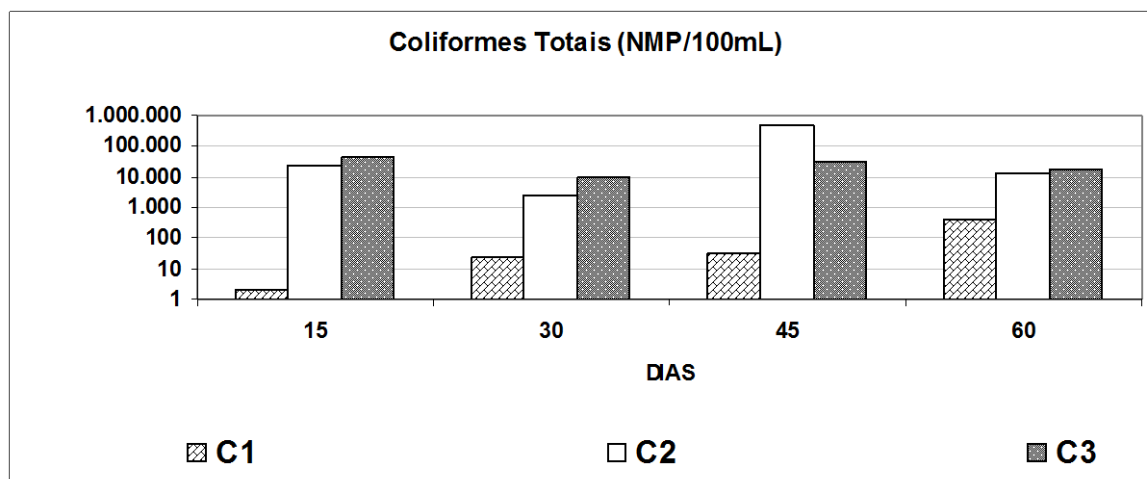
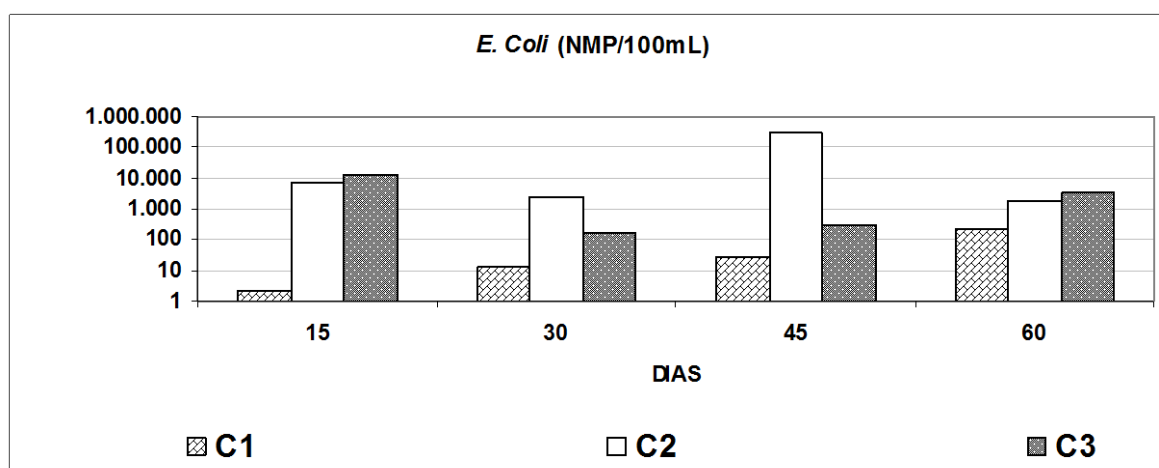
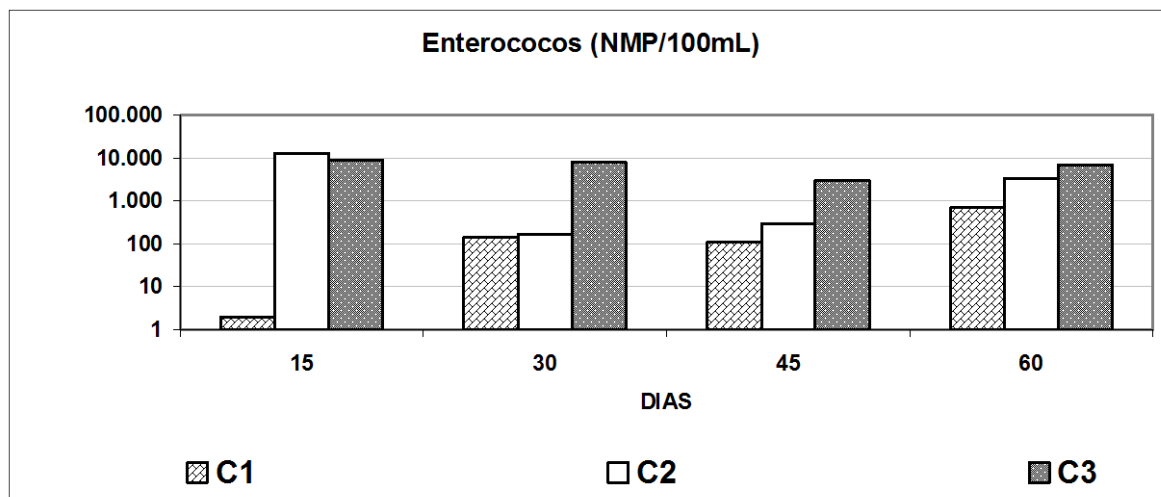


Figura 2: Coliformes totais nos lixiviados das células C1, C2 e C3 com o período de 60 dias de confinamento dos RSD e RSS

Figura 3: *E.coli* nos lixiviados das células C1, C2 e C3 no período de 60 dias de confinamento dos RSD e RSS



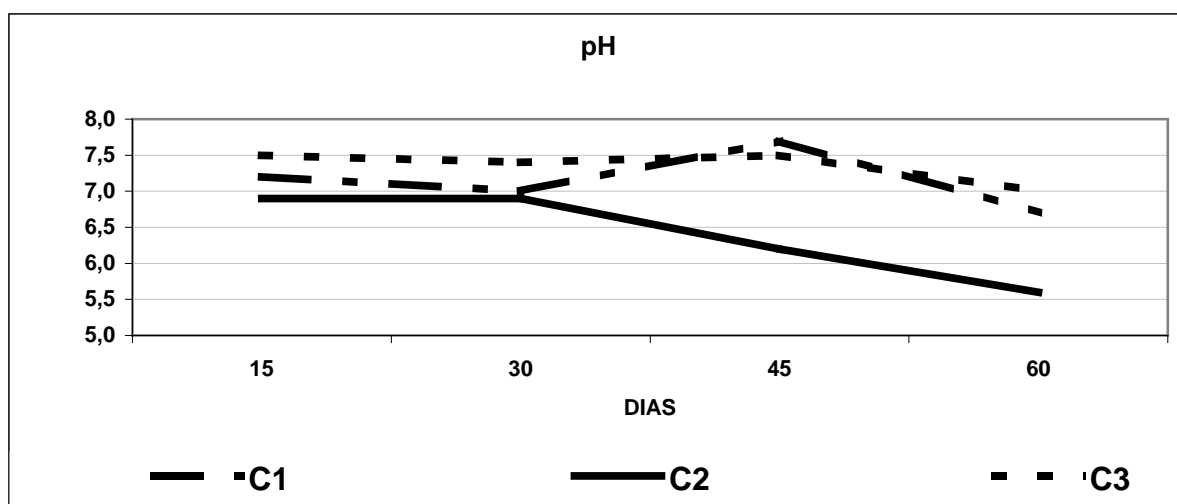
**Figura 4: Enterococos nos lixiviados das células C1, C2 e C3 no período de 60 dias de confinamento dos RSD e RSS**

Os resultados das análises físico-químicas estão demonstrados nas Tabelas 2, 3 e 4 onde constam também os padrões de lançamento de efluentes segundo a Norma Técnica NT-202 R-10 CRITÉRIOS E PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS e DZ-205 R-06 DIRETRIZ DE CONTROLE DE CARGA ORGÂNICA EM EFLUENTES LÍQUIDOS DE ORIGEM INDUSTRIAL, do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

Os resultados obtidos mostram valores baixos quando comparados com as características físico-químicas de lixiviados provenientes de diversos aterros (Castilhos Jr., 2006), típicos de aterros novos.

As determinações de pH dos lixiviados das três células apresentaram-se dentro da faixa estabelecida pela NT 202 R10 e DZ 205 R6.

Apenas a célula C1 apresentou valores de DQO abaixo do limite estabelecido pela DZ 205 R6. A célula C1 apresentou também os menores valores de pH, DBO, DQO e Nitrogênio amoniacal. Todas as três células mostraram valores de nitrogênio amoniacal muito acima do estabelecido pela NT 202 R10.



**Figura 5: pH dos lixiviados das células C1, C2 e C3 no período de 60 dias de confinamento dos RSD e RSS**

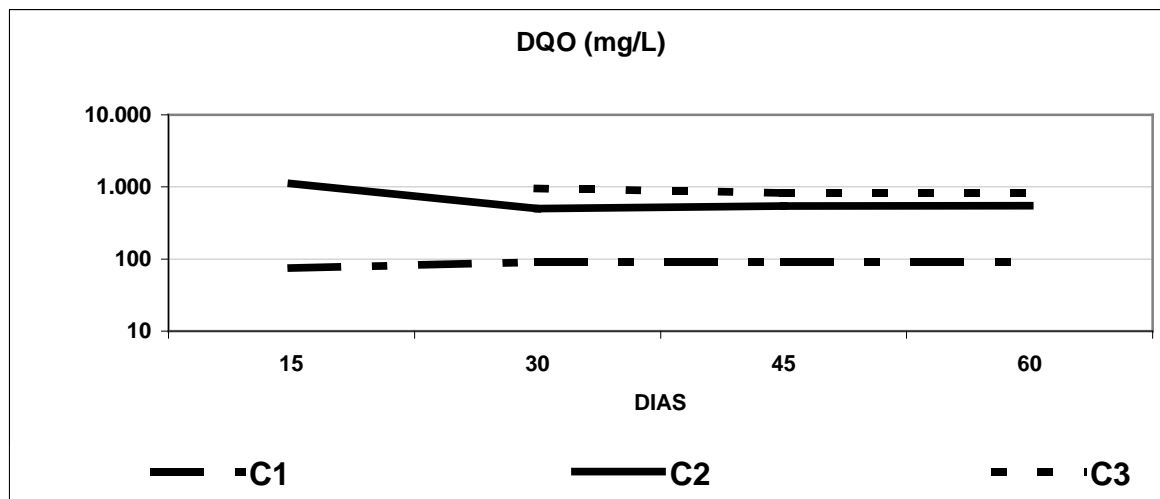


Figura 6: DQO dos lixiviados das células C1, C2 e C3 no período de 60 dias de confinamento dos RSD e RSS

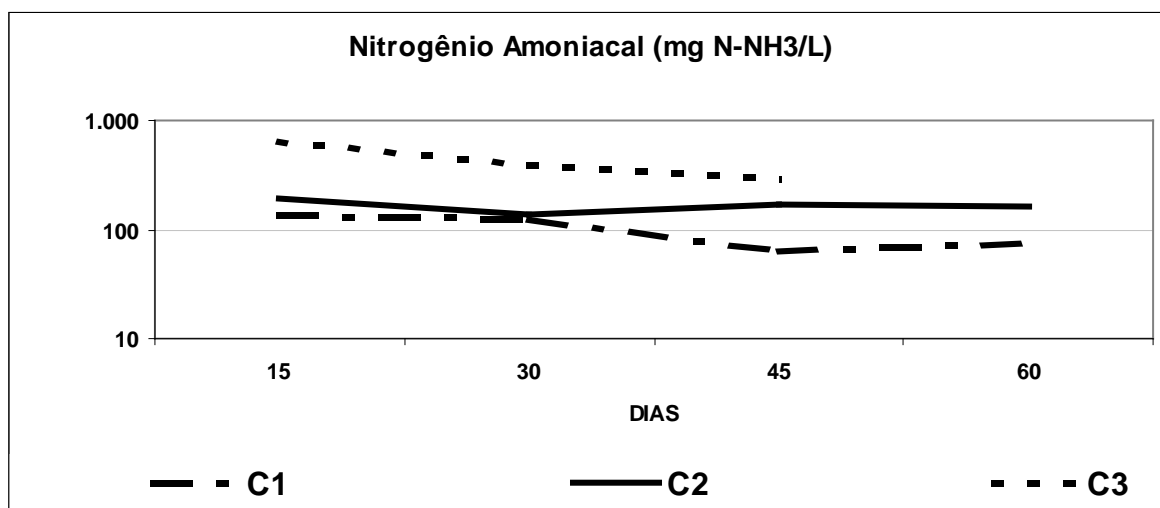


Figura 7: Nitrogênio amoniacal dos lixiviados das células C1, C2 e C3 no período de 60 dias de confinamento dos RSD e RSS

A célula C1 foi a primeira a receber os resíduos e a primeira a ser finalizada. Entretanto, a finalização das células C2 e C3, devido a problemas ambientais (ventos fortes que danificaram partes da estrutura das células) e operacionais, só ocorreu dois meses após as últimas datas de entrada dos resíduos nas respectivas células. Durante esse período, as células C2 e C3 permaneceram cobertas por manta PEAD para impedir a entrada de água de chuva. A Tabela 5 mostra o período de entrada dos resíduos nas células. Portanto, a degradação dos resíduos confinados pode ter sido influenciada pela época do seu aterramento (temperaturas mais elevadas), o que pode ter contribuído para maiores valores nos parâmetros físico-químicos e biológicos.

Tabela 5 – Períodos de disposição dos resíduos nas células experimentais.

CÉLULA	CONTEÚDO	PERÍODO DE DISPOSIÇÃO
C 1	RSD	21.07.10 a 31.08.10
C 2	RSS	13.09.10 a 23.09.10
C 3	RSD + RSS	29.07.10 a 01.10.10

É possível que os menores valores observados em C1 tenham sido influenciados pela elevada precipitação observada em julho/2010, período inicial de construção da referida célula. A Tabela 6 mostra dados pluviométricos mensais em 2010 da Estação Meteorológica Recreio dos Bandeirantes que é a estação mais próxima das células experimentais.

**Tabela 6 – Dados pluviométricos mensais da Estação Recreio dos Bandeirantes.**

ANO 2010	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
PRECIPITAÇÃO (mm)	63,8	89,8	123,4	39,2	63,0	96,4	87,6	163,8

Fonte: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro.

<http://www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/dados/2010>

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado até o momento, concluiu-se que, no período de avaliação de 60 dias de confinamento dos resíduos, a célula C1 apresentou o mais baixo potencial poluidor entre as três células experimentais e a C3 o mais alto potencial poluidor.

Ainda é incipiente afirmar qualquer tendência, porém, espera-se que ao longo do período de monitoramento, seja possível identificar características próprias nos lixiviados de cada célula.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. New York: 21<sup>th</sup> Ed., 2005.
2. COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana. Caracterização gravimétrica e microbiológica dos resíduos sólidos do município do Rio de Janeiro - 2009. Centro de Informações Técnicas - CITE da COMLURB, Rio de Janeiro, RJ, 2009.
3. COSTA E SILVA, C.A.M. Caracterização microbiológica de lixiviados de resíduos sólidos de serviço de saúde e resíduos sólidos domiciliares. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ/PEAMB), Centro de Tecnologia e Ciências, Rio de Janeiro, RJ, 2005. 138p
4. CASTILHOS, JR., A., Org. PROSAB – PROGRAMA EM PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. *Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494p.