

### **III-412 - USO DA RESPIROMETRIA PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS COM LIXIVIADO DO ATERRO CONTROLADO JOCKEY CLUB DE BRASÍLIA**

**Luana Silva Santos<sup>(1)</sup>**

Aluna do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Brasília. Bolsista de Iniciação Científica (Edital ProIc UnB/CNPq-2012/2013).

**Genilda Maria de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestre em Ecologia pela Universidade de Brasília. Professora de Educação Básica, Técnica e Tecnológica do Instituto Federal de Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberlândia. Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília.

**Ariuska Karla Barbosa Amorim<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre e Doutora em Engenharia Civil, área de concentração Hidráulica e Saneamento, pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Prédio SG12. Asa Norte. CEP 70919-900. Brasília, DF, Brasil. e-mail: [loua\\_na@hotmail.com](mailto:loua_na@hotmail.com)

#### **RESUMO**

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos prevê que até 2014 todos os lixões deverão ser substituídos por aterros sanitários. Considerando as áreas já contaminadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos, uma alternativa para recuperá-las é a biorremediação. A respirometria é uma técnica que permite avaliar a capacidade de micro-organismos degradarem compostos, dessa forma é uma ferramenta para avaliação do potencial de utilização do processo de biorremediação. A avaliação da capacidade dos micro-organismos em biodegradar a matéria orgânica do lixiviado proveniente do aterro controlado Jockey Club de Brasília foi realizada por meio do uso de Respirômetros de Bartha. Foram utilizadas amostras de lixiviado bruto, coletado diretamente da lagoa de contenção no referido aterro, e de lixiviado biologicamente tratado em reator em bateladas sequencias em escala de bancada. Nos experimentos de respirometria foram realizados cinco diferentes tratamentos, cada um em triplicata, sendo eles: solo autoclavado e água; solo e água; solo e lixiviado bruto; solo e lixiviado bruto com balanceamento nutricional; solo e lixiviado biologicamente tratado anteriormente com balanceamento nutricional. O balanceamento nutricional atendeu às relações: C/N = 60 e C/P = 300. Os maiores valores observados da Produção Média de CO<sub>2</sub>/hora entre todos os tratamentos avaliados foram de 44,69 µmol (1,97 mg/50 g) no lixiviado bruto corrigido e no tratado após apenas 3 dias do inícios dos testes respirométricos. O menor valor observado foi de 1,57 µmol (0,07 mg/50 g) no respirômetro com solo autoclavado (100º dia de incubação). A alta produção pode ser resultado da correção nutricional, pois no respirômetro com lixiviado bruto sem o balanceamento nutricional, obteve-se no máximo 21,07 µmol de CO<sub>2</sub>/hora (3º dia de incubação). A baixa, mas considerável, produção de µmol de CO<sub>2</sub>/hora observado no solo autoclavado destaca a resistência de esporos microbianos à autoclave. Ao final de 100 dias, o respirômetro que contava com solo e água apresentou uma taxa de respiração 21,2% maior que o respirômetro com lixiviado bruto sem correção. Esses dados evidenciam a presença de compostos no lixiviado de difícil degradação, que podem ter inibido a atividade microbiana. Deve-se ressaltar que os tratamentos que receberam correção nutricional não apresentaram queda brusca de produção de CO<sub>2</sub>, como houve no lixiviado bruto, confirmando melhores condições para a biodegradação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Respirometria, Lixiviado, Resíduos Sólidos municipais, Aterro Jockey Club Brasília, Distrito Federal.

#### **INTRODUÇÃO**

Um dos desafios enfrentados atualmente no Brasil reside na gestão de resíduos sólidos urbanos. O crescimento populacional exacerbado nos últimos anos trouxe consigo um significativo avanço tecnológico em diversas áreas industriais, o que proporcionou uma acentuada produção de resíduos de diferentes naturezas. A

disposição desses resíduos sólidos é um grande problema, pois o lixo descartado de maneira incorreta pode acarretar sérios danos à qualidade de vida do homem e do meio ambiente como um todo.

As três principais formas de disposição de resíduos sólidos utilizadas atualmente são: lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Dentre as três formas de disposição final mencionadas, a que gera mais impactos ao meio é o lixão, por ser uma forma inadequada de disposição final. Segundo Lins (2003), o lixiviado, com características químicas complexas, é formado pela combinação do chorume, água da chuva e outras águas que percolam pela massa de resíduos sólidos. Como nos lixões não há mecanismos de impermeabilização do solo o lixiviado infiltra e contamina o mesmo, além das águas superficiais e subterrâneas.

No Brasil, uma das principais orientações do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, é que todos os lixões devem ser encerrados até 2014 e substituídos por aterros controlados ou sanitários. Considerando a grande quantidade de áreas já contaminadas, uma alternativa para recuperar essas regiões é a biorremediação, tecnologia que utiliza o metabolismo microbiano para degradar resíduos complexos em produtos mais simples e menos perigosos; apresentando alta eficácia e custos significativamente menores se comparado com processos físicos e químicos de tratamento de resíduos (COSTA, 2009).

Para acompanhar e avaliar o processo de biorremediação em escala laboratorial existe duas metodologias que são geralmente utilizadas. Uma analisa o crescimento das populações microbianas por meio da quantificação da biomassa; e a outra avalia os efeitos metabólicos do seu crescimento no meio. De maneira geral, pode-se afirmar que as variações no meio são mais facilmente detectáveis e permitem um controle mais eficaz dos processos, sendo a respirometria uma dessas técnicas de acompanhamento de variações do meio. A Respirometria é então uma ferramenta que se baseia no conceito de que, em um sistema aeróbio, quanto maior a quantidade de CO<sub>2</sub> produzido e de oxigênio consumido, maior a facilidade dos micro-organismos em degradarem a matéria orgânica presente no resíduo e assim, maior o potencial de utilização do processo de biorremediação para recuperação de áreas contaminadas pelo resíduo analisado (BERNARDES e SOARES, 2005).

O objetivo principal deste projeto de pesquisa foi avaliar a capacidade dos micro-organismos, presentes no solo e no lixiviado de resíduos sólidos urbanos, em biodegradar a matéria orgânica do lixiviado proveniente do aterro controlado Jockey Club de Brasília.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos realizados neste trabalho foram desenvolvidos no Laboratório de Análise de Águas (LAA), do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB).

Foram realizadas coletas de amostras de lixiviado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Aterro Controlado Jockey Club, próximo à Estrutural, no Distrito federal; e amostras de Latossolo Vermelho-Escuro na Área Experimental de Biologia, na UnB. As caracterizações do solo e do lixiviado foram realizadas anteriormente à inserção dos mesmos nos respirômetros.

Após coleta, o solo foi espalhado em uma superfície plana à temperatura ambiente para secagem ao ar até consistência freável, sem ocorrer secagem completa conforme Norma ABNT 14.283, de 1999. Após cerca de dois dias, houve a desagregação de possíveis torrões seguida da peneiração em malha de 2 mm obtendo-se a fração de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). A amostra de solo foi então acondicionada em saco plástico e sob refrigeração, deixando quantidade significativa de ar no interior do mesmo, para garantir a manutenção da viabilidade dos micro-organismos presentes no solo. A amostra do lixiviado de RSU foi mantida sob refrigeração após sua coleta, diminuindo a atividade microbiana ao tempo de realização de todas as análises necessárias.

A caracterização físico-química do Latossolo Vermelho-Escuro foi realizada no laboratório “Soloquímica – Análises de solo Ltda.” A quantificação de Bactérias Heterotróficas foi realizada no Laboratório de Análises de Águas (LAA) do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. O lixiviado foi caracterizado no LAA nos seguintes parâmetros: pH; Amônia; Nitrato; Nitrito; Alcalinidade Total e Parcial; DQO; DBO; NTK, de acordo com metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

## TESTES RESPIROMÉTRICOS

Nos testes, em respirômetros de Bartha, foram utilizados cinco tratamentos diferentes realizados em triplicata, sendo eles: solo autoclavado e água; solo e água; solo e lixiviado bruto; solo e lixiviado com balanceamento nutricional; e solo e lixiviado biologicamente tratado anteriormente com balanceamento nutricional.

Visando fornecer umidade aos micro-organismos sem tornar o solo saturado e anaeróbio, a quantidade de líquido que o solo comporta (Capacidade de Campo) deve estar entre 50% e 70%. Atendendo a especificações a Norma ABNT 14.283, de 1999, utilizou-se 60%. Ainda segundo a norma, o balanceamento nutricional realizado em dois tratamentos, satisfaz as seguintes relações nutricionais: C/N = 60 e C/P = 300.

Todos os procedimentos operacionais e de monitoramento dos respirômetros foram de acordo com as orientações na Norma ABNT 14.283 de 1999.

Para obtenção da Produção Média de CO<sub>2</sub>, calculou-se uma média aritmética dos respirômetros que receberam o mesmo tratamento; já para a Produção Média Acumulada, realizou-se a soma dos valores obtidos em cada medição. A Produção Efetiva de CO<sub>2</sub> foi calculada a partir da subtração da produção nos respirômetros com tratamentos pela produção nos respirômetros controle.

Levando em consideração que os intervalos de titulação não foram iguais, os dados da produção de CO<sub>2</sub> foram apresentados ponderando a quantidade de horas entre as titulações em µmol de CO<sub>2</sub>/hora. Os respirômetros ficaram incubados por 100 dias.

## RESULTADOS

A capacidade de campo de 60% calculada a partir da Norma ABNT 14.283, de 1999, resultou na definição de 19,6g de líquido para cada respirômetro. Quanto ao balanceamento nutricional, 1,44g de glicose foram adicionados ao lixiviado bruto, 0,54g ao tratado e 0,048g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> em ambos.

A caracterização das amostras de lixiviado de RSU utilizadas nos Testes Respirométricos foi realizada e apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1- Caracterização do Lixiviado utilizados nos testes respirométricos**

	Lixiviado Tratado	Lixiviado Bruto
pH	8,1	8,33
Amônia	104,4	1259,04
Nitrato NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	8,7	0,5
Nitrito NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	0,00	0,3
NTK (mg/L)	450	1012,5
Fósforo (mg/L)	0,00	0,10
Alcalinidade Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	1225	5100
Alcalinidade Parcial (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	800	4318,5
DQO (mg/L)	446	837
DBO (mg/L)	NA	220
Ácidos Voláteis	882	1138

\*ND: Não Detectado; \*\*NA: Não Avaliado

Não foi possível avaliar a DBO do lixiviado tratado, mas espera-se um valor baixo, próximo de zero, uma vez que toda a matéria orgânica facilmente degradável deveria ter sido reduzida.

Com o aumento do tempo de aterramento dos resíduos, a tendência é a diminuição da carga poluente e o aumento do valor de pH. A biodegradabilidade do lixiviado de RSU diminui com o decorrer do tempo, fato que pode ser verificado por meio da análise da razão DBO<sub>5</sub>/DQO. Quanto menor essa relação, menor é a biodegradabilidade do lixiviado (CARVALHO, 1997).

Em aterros maduros a relação DBO<sub>5</sub>/DQO, normalmente, varia entre 0,05 e 0,2, em decorrência ao fato de que a matéria orgânica facilmente biodegradável, já ter sido consumida, restando ácido húmicos e fúlvicos de difícil degradação por parte dos micro-organismos. (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1993).

As características do solo são apresentadas na Tabela 2, sendo que a umidade residual do solo foi de 16,37%. Encontravam-se bactérias heterotróficas a uma concentração de  $2,19 \times 10^4$  UFC/g.

O latossolo é um tipo de solo formado a partir de materiais submetidos à intensa intemperização, resultando em empobrecimento em sílica e acúmulo de ferro, e apresentando baixo pH (MELO *et al*, 2007). O solo em questão pode ser considerado distrófico (pouco fértil) por apresentar Saturação por Bases (V%) < 50%. Os valores de Saturação por Alumínio expressam níveis de toxicidade em geral, 9% é considerado não prejudicial. A partir dos valores de pH em água, e em  $\text{CaCl}_2$  observa-se que é um solo com uma acidez elevada. (TOMÉ JR, 1997)

**Tabela 2 – Caracterização do Latossolo Vermelho - Escuro**

Parâmetro		Valores obtidos	Parâmetro		Valores obtidos
<b>pH</b>	em água	5,70	<b>Micronutrientes</b>	Boro disponível ( $\text{mg/dm}^3$ )	0,37
	em $\text{CaCl}_2$ 1:2,5	4,30		Cobre disponível ( $\text{mg/dm}^3$ )	1,58
	em KCl 1:1	4,30		Ferro disponível ( $\text{mg/dm}^3$ )	2,00
<b>Complexo Sortivo</b>	Teor de Ca trocável em KCl 1N ( $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ )	1,10		Manganês disponível ( $\text{mg/dm}^3$ )	11,30
	Teor de Mg trocável em KCl 1N ( $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ )	0,50		Zinco disponível ( $\text{mg/dm}^3$ )	3,30
	Teor de K trocável com Mehlich ( $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ )	0,41		Enxofre disponível ( $\text{mg/dm}^3$ )	2,60
	Teor de Acidez Total (H + Al) ( $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ )	6,70	<b>Granulometria</b>	Areia Grossa (g/Kg)	13,00
	Teor de Alumínio ( $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ )	0,20		Areia Fina (g/Kg)	95,00
	Carbono (g/Kg)	34,00		Silte (g/Kg)	392,00
	Matéria Orgânica (g/Kg)	58,50		Argila (g/Kg)	500,00
	Nitrogênio (g/Kg)	0,20	<b>Umidade</b>	0,033 Mpa (%)	7,40
	Teor de P extraído com Mehlich ( $\text{mg/dm}^3$ )	0,90		1,5 Mpa (%)	3,20
	Relação C/N	170,00	<b>Densidade</b>	Real ( $\text{g/cm}^3$ )	1,93
	Relação C/P	37,78		Aparente ( $\text{g/cm}^3$ )	1,42
<b>C.T.C</b>	a pH 7 ( $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ )	8,72	<b>Porosidade Total</b>	(%)	74,00
<b>Saturação</b>	por Base (%)	23,00	<b>Condutividade Elétrica</b>	$\mu\text{S/M}$	10,00
	por Alumínio (%)	9,00	<b>Grau de Floculação</b>	(%)	98,00

Os dados apresentados na Figura 1 indicam que no 3º dia de incubação houve picos de produção de  $\text{CO}_2$ /hora em todos os tratamentos. Sendo os valores de produção para o lixiviado bruto corrigido, lixiviado tratado corrigido, lixiviado bruto, solo e água e solo autoclavado com água, de 44,69  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 44,69  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 21,07  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 11,52  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora e 19,26  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, respectivamente.

Considerando os resultados apresentados na Figura 1, observa-se no 53º dia de incubação que a produção de  $\text{CO}_2$ /hora para o lixiviado bruto corrigido, lixiviado tratado corrigido, lixiviado bruto, solo e água e solo autoclavado com água foram de 4,72  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 3,88  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 2,46  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 4,54  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora e 2,02  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, respectivamente.

No 100º dia, os dados de produção de  $\text{CO}_2$ /hora exibidos na Figura 1, para o lixiviado bruto corrigido, lixiviado tratado corrigido, lixiviado bruto, solo e água e solo autoclavado com água foram de 2,91  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 2,24  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 1,57  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, 2,34  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora e 1,68  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ /hora, respectivamente.

Verifica-se a maior produção de  $\text{CO}_2$ /horas até os 10 primeiros dias do experimento, período que provavelmente ocorreu a decomposição da matéria orgânica facilmente degradável.



Gráfico de linhas mostrando a concentração de CO<sub>2</sub> (ppm) ao longo do tempo (dias) para cinco séries: SAA, SNA, BRU, LB e LT. O eixo Y varia de 0 a 18000 ppm, e o eixo X varia de 1900ral a 1900ral. A série LB apresenta a maior concentração final, seguida por LT, SNA, BRU e SAA.

Tempo (dias)	SAA	SNA	BRU	LB	LT
1900ral	0	0	0	0	0
1900ral	1000	1000	1000	1000	1000
1900ral	1500	1500	1500	1500	1500
1900ral	2000	2000	2000	2000	2000
1900ral	2500	2500	2500	2500	2500
1900ral	3000	3000	3000	3000	3000
1900ral	3500	3500	3500	3500	3500
1900ral	4000	4000	4000	4000	4000
1900ral	4500	4500	4500	4500	4500
1900ral	5000	5000	5000	5000	5000
1900ral	5500	5500	5500	5500	5500
1900ral	6000	6000	6000	6000	6000
1900ral	6500	6500	6500	6500	6500
1900ral	7000	7000	7000	7000	7000
1900ral	7500	7500	7500	7500	7500
1900ral	8000	8000	8000	8000	8000
1900ral	8500	8500	8500	8500	8500
1900ral	9000	9000	9000	9000	9000
1900ral	9500	9500	9500	9500	9500
1900ral	10000	10000	10000	10000	10000
1900ral	10500	10500	10500	10500	10500
1900ral	11000	11000	11000	11000	11000
1900ral	11500	11500	11500	11500	11500
1900ral	12000	12000	12000	12000	12000
1900ral	12500	12500	12500	12500	12500
1900ral	13000	13000	13000	13000	13000
1900ral	13500	13500	13500	13500	13500
1900ral	14000	14000	14000	14000	14000
1900ral	14500	14500	14500	14500	14500
1900ral	15000	15000	15000	15000	15000
1900ral	15500	15500	15500	15500	15500
1900ral	16000	16000	16000	16000	16000
1900ral	16500	16500	16500	16500	16500
1900ral	17000	17000	17000	17000	17000
1900ral	17500	17500	17500	17500	17500
1900ral	18000	18000	18000	18000	18000

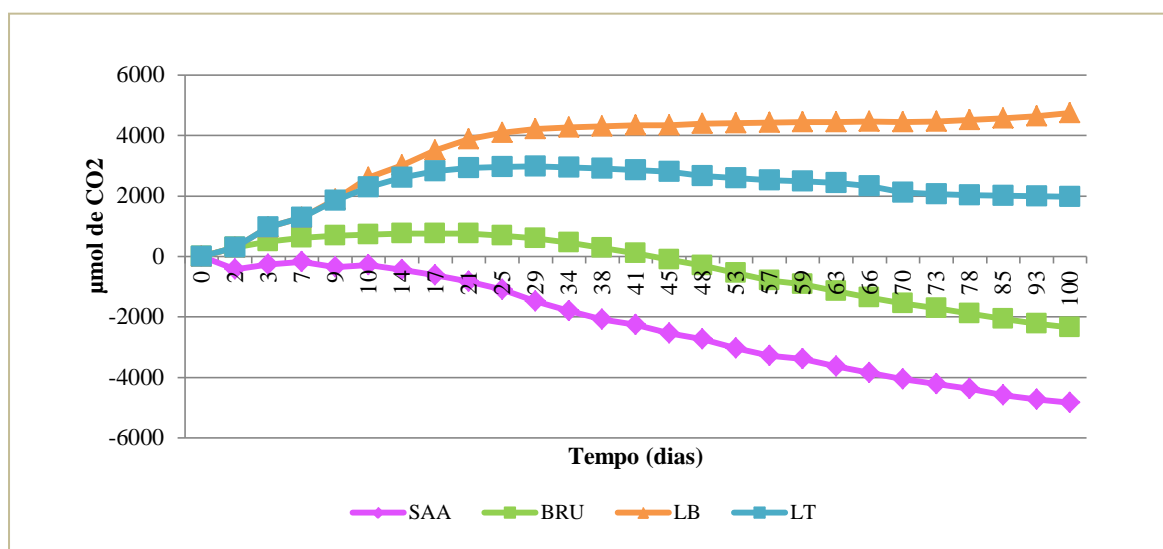
No último dia de incubação, os dados apresentado na Figura 2 para produção média acumulada, indicaram para o lixiviado bruto corrigido, lixiviado tratado corrigido, lixiviado bruto, solo e água e solo autoclavado com água, 15825  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  (696,46 mg/50 g de solo); 13051,67  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  (574,4 mg/50 g de solo),

8732,5  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  (384,32 mg/50 g de solo), 11083,33  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  (487,78 mg/50 g de solo) e 6076,25  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  (267,42 mg/50 g de solo), respectivamente.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 2, o respirômetro com lixiviado bruto sem correção apresentou uma Produção Média Acumulada de  $\text{CO}_2$  2% acima da respiração do solo normal com água até o 41º dia, a partir daí a taxa de  $\text{CO}_2$  do lixiviado bruto passa a ser 46,3 % abaixo da do solo normal com água.

A produção de Média Acumulada de  $\text{CO}_2$  ao final do tempo de incubação, para o lixiviado bruto corrigido é 18% acima do solo com água. Evidenciando assim as melhores condições de biodegradação quando há a correção nutricional.

Descontando a produção média acumulada do respirômetro controle (com solo e água), obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 3:



**Figura 3: Produção Média Acumulada de  $\text{CO}_2$ . SAA: Solo Autoclavado + Água; BRU: Lixiviado Bruto; LB: Lixiviado Bruto com Correção Nutricional; LT: Lixiviado Tratado com Correção Nutricional.**

Para o respirômetro com solo autoclavado e água, pode se considerar inviável a obtenção da produção média acumulada efetiva, uma vez que apresentou uma “respiração” inferior ao respirômetro controle, com registro de valores negativos.

A partir do 41º dia (110,83  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$ ), os valores acumulados efetivos passaram a decair para o lixiviado bruto. Ou seja, a produção de  $\text{CO}_2$  nos respirômetros com lixiviado bruto a partir de certo ponto, começa a ser menor que os respirômetros controle (solo + água). Esses resultados ressaltam mais uma vez a possível presença de compostos no lixiviado de difícil degradação que podem ter inibido a atividade microbiana.

## CONCLUSÕES

Após 100 dias de acompanhamento da atividade microbiana em resposta aos diferentes tratamentos, observa-se uma elevada taxa de produção de  $\text{CO}_2$ , interpretada pela produção média acumulada, com valor máximo de 15825  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  para os sistemas com lixiviado bruto corrigido.

Para todos os tratamentos a maior produção de  $\text{CO}_2$  ocorre até os primeiros 10 dias evidenciando que nesse período o  $\text{CO}_2$  é gerado pela decomposição da matéria orgânica carbonácea mais facilmente degradada.

Os respirômetro com lixiviado bruto sem correção apresentou uma Produção Média Acumulada de  $\text{CO}_2$  2% acima da respiração do solo normal com água até o 41º dia, quando então a taxa de produção de  $\text{CO}_2$  do lixiviado bruto passa a ser 46,3 % abaixo da do solo normal com água, indicando que os compostos no lixiviado bruto são de difícil degradação.



A correção nutricional é importante para favorecer os micro-organismos na degradação dos compostos presentes no lixiviado e para favorecer o uso da biorremediação como estratégia de tratamento de áreas contaminadas com lixiviado.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento – CNPq (Edital ProIc UnB/CNPq-2011/2012), pela bolsa de iniciação científica. Ao SLU/DF na pessoa do Sr. Cícero Carlos Gomes de Lacerda pela autorização para coleta de amostras de lixiviado.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – NBR 14283. Resíduos em solo – Determinação da biodegradação pelo método respirométrico, Rio de Janeiro, RJ, 1999.
2. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th Edition Washington: American Public Health Association; AWWA; WPCF, 2005, 1600 p.
3. BERNARDES, R. S. e SOARES, S. R. A. Fundamentos da Respirometria no controle de poluição da água e do solo. Editora Universidade de Brasília: Finatec, Brasília, DF, 2005, 167 p.
4. BRASIL. Decreto n.º 7.404, de 23 de dezembro de 2010, Regulamenta a Lei n.º 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a implantação dos Sistemas de Logística Reversos e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF, Edição Extra, 23/12/2010. Seção 1, pt. 1.
5. BRASIL. Lei n.º 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF, n. 147, p. 3, 03 ago., 2010. Seção 1. pt. 1.
6. LINS, E.A.M. A utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro da muribeca. 2003, 124 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE
7. CARVALHO, M. N. Estudo da Biorremediação in situ para o tratamento de solos e aquíferos contaminados com percolado de chorume, 1997, 150p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF.
8. COSTA, M.R. Uso da respirometria para avaliação da biodegradação aeróbia de lixiviado de resíduos sólidos urbanos em Latossolo Vermelho-Escuro. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009, 109 p.
9. MELO, G. S. L. de, MORITA, D. M., MANFREDINI, S., RIVIERA, I. N. G., Variabilidade da aplicação do método respirométrico de Bartha para determinação da biodegração de poluentes ou resíduos em latossolos. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 12, n. 1, p.71 – 78, jan-mar 2007.
10. TOMÉ JR, J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba, Agropecuária, 1997.247 p.
11. TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H. e VIGIL, S.A. Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, E.U.A., 1993, 978 p.