

III-099 – DETERMINAÇÃO DA TRATABILIDADE BIOLÓGICA DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Giancarlo Lupatini⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina, área de concentração: Tecnologias de Saneamento Ambiental. Atualmente é engenheiro de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Anderson Cardoso Sakuma

Tecnólogo em Gestão Pública pela Universidade Federal do Paraná (2011) e Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Faculdade Educacional de Araucária (2010). Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Paraná (2013) e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná (2014). Atualmente é pesquisador sênior na empresa Geo Energética.

Ana Paula Gil Silva Quadros

Engenheira Química pela Universidade Federal do Paraná. Atuou como estagiária nos Institutos Lactec e como professora de curso pré-vestibular. Atualmente é professora do curso Técnico em Química Industrial do estado do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiros Antônio Batista Ribas, 151 - Tarumã - Curitiba - PR - CEP 82800-130 - Brasil - Tel. +55 (41) 3777-7262 – e-mail: giancarlol@sanepar.com.br, g.lupatini@gmail.com.

RESUMO

O correto gerenciamento de lixiviados de aterros sanitários contempla a definição dos processos mais adequados de tratamento em face das características destes efluentes e dos recursos econômicos disponíveis. Neste contexto, os ensaios de tratabilidade apresentam-se como ferramentas úteis aos gestores de sistemas de tratamento, no sentido de fornecer informações para a tomada de decisão sobre os processos e alternativas de tratamento. O presente trabalho teve como objetivo determinar as concentrações de DQO inerte solúvel em amostras de lixiviado bruto e tratado proveniente de aterro sanitário, bem como identificar o alcance do tratamento biológico para remoção da carga orgânica destas amostras. Para tanto, ensaios de tratabilidade aeróbios e aneróbios foram conduzidos em escala de bancada de acordo com as diretrizes propostas por Lange e Amaral (2009). Nos ensaios realizados com lixiviado bruto verificou-se que $52 \pm 3\%$ da DQO solúvel das amostras foi caracterizada como inerte ao metabolismo anaeróbio, e $51 \pm 2\%$ inerte ao metabolismo aeróbio. Nas amostras de lixiviado tratado foram identificados altos percentuais de DQO inerte solúvel, respectivamente: $98 \pm 2\%$ em condições anaeróbias e $96 \pm 3\%$ em condições aeróbias. Os resultados obtidos confirmam a limitação dos sistemas biológicos para remoção da matéria orgânica recalcitrante presente em lixiviados antigos e a necessidade de etapas complementares de pós-tratamento para redução destas concentrações a exemplo dos processos físico-químicos de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Lixiviados, Ensaios de tratabilidade, Biodegradabilidade, DQO inerte solúvel.

INTRODUÇÃO

Atualmente o tratamento de líquidos lixiviados é um dos grandes desafios para o controle ambiental das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. Tal fato se deve principalmente as variações quantitativas (vazões) e qualitativas destes efluentes ao longo do ciclo de vida das áreas de disposição final de resíduos.

Os lixiviados provenientes de aterros sanitários antigos, ou com tempo de implantação superior a dez anos, apresentam normalmente, concentrações elevadas de compostos recalcitrantes.

Os compostos recalcitrantes ou refratários são substâncias resistentes à degradação biológica (não necessariamente tóxicos), sendo que os processos biológicos de tratamento normalmente encontram limitações

para reduzir tais concentrações, motivo pelo qual métodos complementares de tratamento podem ser necessários.

O correto gerenciamento de lixiviados de aterros sanitários contempla a definição dos processos mais adequados de tratamento em face das características destes efluentes e dos recursos econômicos disponíveis. Desta maneira, os ensaios de tratabilidade apresentam-se como ferramentas úteis aos gestores de sistemas de tratamento, no sentido de fornecer informações para a tomada de decisão sobre os processos e rotas tecnológicas de tratamento.

Diversos estudos (LANGE e AMARAL, 2009; AMARAL et al. 2007) ressaltam às vantagens da caracterização da DQO inerte dos lixiviados em contrapartida ao ensaio tradicional de DQO (APHA, 2012). A principal limitação do ensaio de DQO (APHA, 2012) reside no fato de que os resultados obtidos não permitem diferenciar o percentual de matéria orgânica biodegradável e o percentual inerte.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar as concentrações de DQO inerte solúvel em amostras de lixiviado bruto e tratado proveniente de aterro sanitário, bem como identificar o alcance da tratamento biológico para remoção da carga orgânica destas amostras.

MATERIAIS E MÉTODOS

ENSAIOS DE TRATABILIDADE BIOLÓGICA

Os ensaios de tratabilidade foram realizados de acordo com as diretrizes propostas por Lange e Amaral (2009) para determinação da DQO inerte solúvel de efluentes. De acordo com esta metodologia a DQO residual de uma amostra qualquer (DQO_{Ramost}) é a soma da DQO inerte (DQO_{Inert}) e dos produtos metabólicos residuais solúveis (DQO_{Pres}) conforme descrito na equação (1):

$$DQO_{Ramost} = DQO_{Inert} + DQO_{Pres} \quad \text{equação (1)}$$

A DQO inerte corresponde a fração não biodegradável da amostra, enquanto os produtos metabólicos residuais correspondem ao grupo de compostos orgânicos que são gerados ao longo do processo de tratamento. De acordo com Barker and Stuckey (1999) estas substâncias são normalmente associadas ao crescimento e decaimento dos microorganismos, gerando também uma DQO residual nos efluentes.

Para estimativa dos produtos metabólicos residuais solúveis, utiliza-se como referência uma solução de glucose ensaiada nas mesmas condições da amostra a ser avaliada. Considera-se o valor residual da amostra de glucose (DQO_{Rglu}) equivalente a concentração dos produtos metabólicos residuais solúveis (DQO_{Pres}), uma vez que a glucose, por definição, não possui DQO inerte.

$$DQO_{Rglu} = DQO_{Pres} \quad \text{equação (2)}$$

Por fim a DQO inerte é calculada, subtraindo-se o valor da DQO residual da amostra (DQO_{Ramost}) da DQO residual da glucose (DQO_{Rglu}).

$$DQO_{Inert} = DQO_{Ramost} - DQO_{Rglu} \quad \text{equação (3)}$$

O aparato experimental no âmbito deste estudo foi composto de ensaios de tratabilidade em escala de bancada, utilizando-se, para tanto, reatores de 500 mL (frascos em vidro de borosilicato) com sistema de agitação mecânica. Os reatores aeróbios foram dotados de sistema de aeração composto por um compressor, mangueiras de silicone e pedra porosa de sílica.

Nos ensaios anaeróbios, todos os reatores foram inoculados com 100 mL de lodo anaeróbio enquanto os reatores aeróbios foram inoculados com a mesma quantidade de lodo aeróbio. As amostras ensaiadas

receberam soluções de macro e micronutrientes conforme descrito em Lange e Amaral (2009). Os volumes das amostras ensaiadas de lixiviados e glucose foram de 300 mL.

Os experimentos foram realizados sob condições de reprodutibilidade e repetibilidade, considerando-se para tanto: amostras de lixiviados e glucose em triplicatas, e amostragens para realização das análises de DQO solúvel também em triplicata, totalizando 677 determinações deste parâmetro.

As análises de DQO foram realizadas de acordo com o método APHA (2012). Para determinação da DQO solúvel foi utilizado filtro de seringa de 0,22 μm , e as amostras processadas em bloco digestor COD reactor Hach para posterior leitura em espectrofotômetro.

Para o cálculo da DQO residual foram utilizados os valores das três últimas leituras estabilizadas de cada experimento. Para este conjunto de dados foram calculados os valores médios e as respectivas incertezas-padrão do tipo A (JCGM, 2008). Os percentuais de DQO inerte solúvel foram calculados em relação ao valor inicial de DQO das amostras, considerando a propagação das incertezas padrão destas variáveis no cálculo percentual.

CARACTERÍSTICAS DOS LIXIVIADOS ENSAIADOS

O lixiviado utilizado nos experimentos foi proveniente de aterro sanitário de resíduos não perigosos (classe II-A) o qual encontra-se em operação desde 2002. O aterro sanitário recebe por ano cerca de 21.000 toneladas de RSU e conta com sistema de drenagem e tratamento de lixiviados o qual é composto por três lagoas em série (lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de polimento).

As amostras de lixiviados utilizadas nos ensaios de tratabilidade foram coletadas no mês de janeiro de 2015 na entrada e saída do sistema de tratamento existente no local. Estas amostras, no âmbito deste trabalho, foram denominadas respectivamente de lixiviado bruto – P01 (entrada da lagoa anaeróbia) e lixiviado tratado – P02 (saída da lagoa facultativa).

Tabela 1 – Características físico-químicas dos lixiviados do aterro sanitário objeto de estudo.

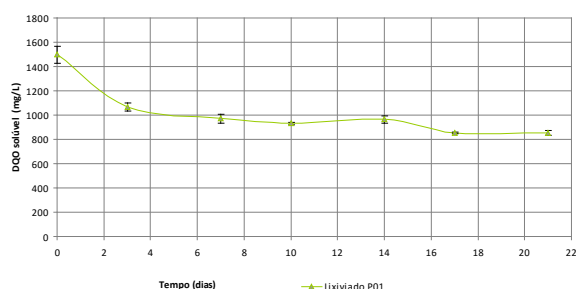
Parâmetro	Lixiviado bruto (P01)		Lixiviado tratado (P02)	
	Média	Intervalo de valor	Média	Intervalo de valor
DBO (mg L^{-1})	1.388	4.164 – 188	157	398 – 10
DBO solúvel (mg L^{-1})	1.024	3.023 – 234	115	313 – 6
DQO (mg L^{-1})	3.243	7.986 – 1.125	1.008	1.738 – 279
DQO solúvel (mg L^{-1})	2.964	7.421 – 800	732	1.410 – 277
DBO/DQO	0,40	0,84 – 0,10	0,16	0,35 – 0,05
pH	8,41	9,13 – 7,69	9,35	10,51 – 8,19
Sólidos Totais (mg L^{-1})	8.324	14.539 – 2.108	4.225	6.259 – 2.191
Sólidos dissolvidos totais (mg L^{-1})	7.986	13.956 – 2.015	3.932	5.815 – 2.050

Intervalo de valor: (valor médio \pm 2 desvios-padrão) baseado em 21 amostragens realizadas no período de Fevereiro de 2011 a Janeiro de 2015.

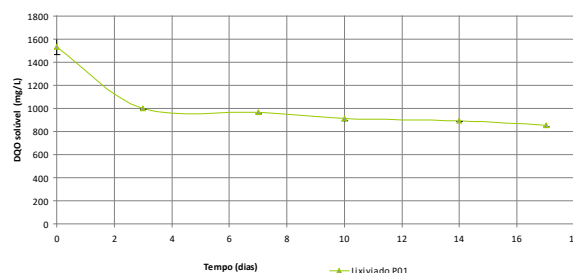
RESULTADOS OBTIDOS

LIXIVIADO BRUTO (P01) – ENTRADA DA LAGOA ANAERÓBIA

A figura 1 e a tabela 2 e apresentam os resultados dos ensaios de tratabilidade com amostras de lixiviado bruto.



(a) Ensaio anaeróbico



(b) Ensaio aeróbico

Figura 1: Monitoramento dos ensaios de tratabilidade realizados com amostras de lixiviado bruto (P01), sendo (a) ensaio anaeróbico e (b) ensaio aeróbico.

Tabela 2: Resumo dos resultados dos ensaios com lixiviado bruto ao longo de 21 e 17 dias de experimento.

DQO solúvel:	Lixiviado bruto (P01)	
	Anaeróbico (21 dias)	Aeróbico (17 dias)
Inicial lixiviado (mg L ⁻¹)	1.498 ± 71	1.530 ± 63
Final lixiviado (mg L ⁻¹)	853 ± 17	854 ± 16
Inerte (%)	52 ± 3	51 ± 2

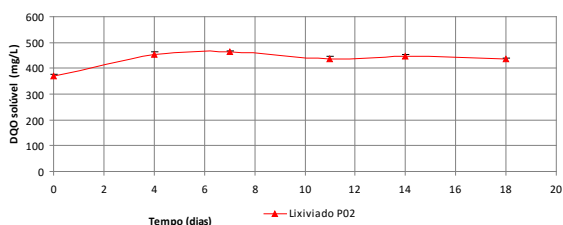
Com base nos ensaios realizados verificou-se que $52 \pm 3\%$ da DQO solúvel do lixiviado bruto foi caracterizada como inerte ao metabolismo anaeróbico, e $51 \pm 2\%$ inerte ao metabolismo aeróbico. Estes valores foram calculados com base nas determinações de DQO do 21º e 17º dia de experimento, períodos nos quais não foram verificadas reduções significativas nas concentrações deste parâmetro.

De maneira geral, cerca de 50% da DQO solúvel do lixiviado bruto não apresentou biodegradabilidade nos ensaios realizados. Este parâmetro reforça a efetividade limitada da utilização de processos biológicos para remoção da matéria orgânica recalcitrante presente em lixiviados.

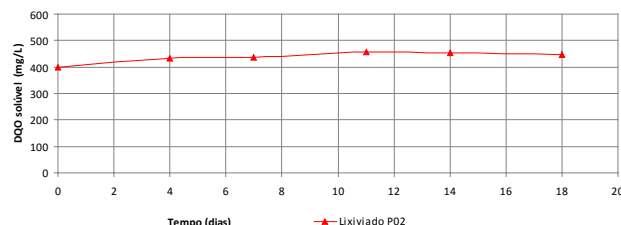
Os resultados estão de acordo com Abbas *et al.* (2009) e Renou *et al.* (2008) cujos estudos apontam a limitação dos sistemas biológicos, sejam eles anaeróbios ou aeróbios, para tratamento de lixiviados de aterros antigos (com tempo de implantação superior a 10 anos).

LIXIVIADO TRATADO (P02) – SAÍDA DA LAGOA DE POLIMENTO

A figura 2 e a tabela 3 apresentam os resultados dos ensaios de tratabilidade com amostras de lixiviado tratado.



(a) Ensaio anaeróbico.



(b) Ensaio aeróbico.

Figura 2: Monitoramento dos ensaios de tratabilidade realizados com amostras do lixiviado tratado (P02), sendo (a) ensaio anaeróbico e (b) ensaio aeróbico.

Tabela 3: Resumo dos resultados dos ensaios com lixiviado tratado ao longo de 18 dias de experimento.

DQO solúvel	Lixiviado tratado (P02)	
	Anaeróbico (18 dias)	Aeróbico (18 dias)
Inicial lixiviado (mg L ⁻¹)	371 ± 5	397 ± 6
Final lixiviado (mg L ⁻¹)	437 ± 2	448 ± 8
Inerte (%)	98 ± 2	96 ± 3

As frações de DQO inerte solúvel das amostras de lixiviado tratado foram estimadas respectivamente em 98 ± 2% para condições anaeróbicas e 96 ± 3% para condições aeróbicas. Os valores indicam a predominância de matéria orgânica resistente a degradação biológica nos efluentes do sistema de tratamento.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados dos experimentos e características dos lixiviados estudados, verificou-se que:

- A metodologia utilizada permitiu caracterizar a tratabilidade biológica dos lixiviados amostrados. Informações sobre o percentual biodegradável e os respectivos tempos necessários para remoção desta parcela foram geradas no âmbito do presente trabalho.
- No que se refere ao lixiviado bruto, cerca de 50% da DQO solúvel deste efluente foi caracterizada como inerte ao metabolismo microbiano. Este parâmetro reforça a efetividade limitada da utilização de processos biológicos para remoção da matéria orgânica recalcitrante presente em lixiviados antigos.
- Os processos biológicos, aeróbios ou anaeróbios, demonstraram-se ineficazes para redução da concentração de DQO das amostras de lixiviados tratados. As frações elevadas de DQO inerte indicam a predominância de compostos orgânicos refratários nestas amostras e a demanda por processos complementares de tratamento.
- Para redução das concentrações de DQO inerte identificadas nos lixiviados recomenda-se a avaliação de processos físico-químicos como pós-tratamento destes efluentes.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22.th. Edition. APHA, Washington, DC, 2012.
2. ABBAS, A. A.; JINGSONG, G.; PING, L. Z; YA, P. Y.; AL-REKABI, W. S. Review on Landfill Leachate Treatment. Journal of Applied Sciences Research, vol. 5, 2009. p. 534-545.
3. AMARAL, M. C. S. ; FERREIRA, C. F. A. ; LANGE, Lisete Celina . Avaliação da DQO solúvel inerte a processos aeróbio e anaeróbio presente em lixiviados de aterro sanitário. In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte-MG. 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro : ABES, 2007. v. 1. p. 1-10.
4. Barker, D. J.; Stuckey, D. C. A review of soluble microbial products (SMP) in wastewater treatment systems. Water Research, n. 33(14), 1999. p. 3063 – 3082.
5. JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY (JCGM). Evaluation of measurement data: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). 1 ed. Sèvres: BIPM, 2008. 120 p. Disponível em <www.bipm.org/en/publications/guides>. Acesso em 08 abr. 2016.
6. LANGE, L.C.; AMARAL, M.C.S. Geração e Características do Lixiviado. In: GOMES, L. P. (coord.) Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. São Leopoldo, RS: Editora ABES, 2009. p. 26 – 59.
7. RENOU, S.; GIVAUDAN, J-G.; POULAIN, S.; DIRASSOURYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. Journal of Hazardous Materials, v. 150, n. 3, 2008. p. 468 – 493.