

III-188 - TRATAMENTO DE LIXIVIADOS PRODUZIDOS EM ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS POR MEIO DA EVAPORAÇÃO FORÇADA UTILIZANDO DIFERENTES TEMPERATURAS

Harley Alves da Mata Bacelar⁽¹⁾

M.Sc. em Engenharia Civil / Geotecnia Ambiental - COPPE/UFRJ, Engenheiro Civil da UFRJ.

Iene Christie Figueiredo

D.Sc. em Engenharia Ambiental, Profª. Assistente do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica – UFRJ.

Cláudio Fernando Mahler

Pos-doc FSP/USP e IER/University of Osnabrück and Dr. Habil, Prof. da COPPE/UFRJ.

Bernardo Ferreira Dias Tavares

Graduado em Engenharia Ambiental – UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente. Centro de Tecnologia, Bloco D – Sala 204, Cidade Universitária – Rio de Janeiro, RJ – CEP: 21.949-900 – Brasil - Tel.: +55 (21) 2562-7982 / +55 (21) 8168-7087 /Fax: +55 (21) 2562-7994 – e-mail: harleyalvesbacelar@ig.com.br.

RESUMO

Esta pesquisa aborda a evaporação forçada como tecnologia de tratamento de lixiviados a fim de avaliar as características dos vapores condensados e resíduos produzidos por este efluente. Os experimentos foram conduzidos em laboratório, utilizando diferentes amostras e variando a temperatura de aquecimento, de 100°C a 700°C, na evaporação do lixiviado proveniente do aterro metropolitano de Jardim Gramacho, localizado no Rio de Janeiro - Brasil. Os resultados obtidos para este tipo de tratamento permitem uma redução de 99% do seu volume, além da remoção de mais de 75% da concentração dos parâmetros encontrados no lixiviado bruto. Contudo existe a necessidade de tratamento do resíduo em forma de vapor que é emitido para atmosfera, já que os ensaios em laboratório identificaram quantidades acima do valor máximo estabelecido pelos órgãos ambientais para alguns parâmetros como: dioxinas, furanos, cloretos, amônia e alguns metais, em determinadas temperaturas de aquecimento estudadas. Nas análises microbiológicas verificou-se que nenhum grupo bacteriano existente no lixiviado bruto é carregado pelos vapores emitidos à atmosfera no processo da evaporação.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Evaporação Forçada, Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos, Temperaturas, Vapores.

INTRODUÇÃO

Independente da forma de manejo dos resíduos sólidos, destacando-se aqui aqueles de origem urbana, efluentes líquidos e gasosos são produzidos a partir da degradação da matéria orgânica e lixiviação de outros contaminantes presentes na massa de resíduo disposta. A gestão inadequada destes resíduos e de seus efluentes pode provocar a proliferação de vetores e agentes patogênicos, poluição do solo, do ar e de recursos hídricos.

Os lixiviados de aterros de resíduos sólidos têm como características a difícil tratabilidade devido a sua composição variável ao longo do tempo, a altos valores de DBO e DQO, além de componentes perigosos de difícil controle oriundos dos inúmeros resíduos dispostos de forma absolutamente aleatória e pouco controlada pela população. Sendo assim, as soluções tecnológicas indicadas para o seu tratamento devem ser avaliadas caso a caso. As técnicas comumente empregadas para tratamento de lixiviado são baseadas em processos biológicos e físico-químicos, utilizando como referência a operação de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. No entanto, observa-se a dificuldade dos microrganismos degradarem o lixiviado, limitando o desempenho de processos biológicos e, conseqüentemente, dificultando o enquadramento dos efluentes tratados aos padrões ambientais definidos pelos órgãos municipais, estaduais, e federais responsáveis.

Esta pesquisa avalia a partir de ensaios de laboratório, a aplicação da evaporação forçada como tecnologia de tratamento de lixiviados produzidos em aterros de resíduos sólidos urbanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor compreensão da pesquisa optou-se por apresentá-la segundo dois grandes temas: caracterização do lixiviado e caracterização dos resíduos da evaporação forçada.

Destaca-se que todas as etapas conduzidas utilizaram amostras coletadas no aterro metropolitano de Jardim Gramacho/RJ, unidade sob responsabilidade da COMLURB. Este aterro possui uma área de 1.300.000 m², iniciou sua operação em 1978 e tem previsão para encerramento das atividades em 2011.

1 - Caracterização do Lixiviado Gerado no Aterro

As amostras foram coletadas na entrada da lagoa de equalização, entre outubro de 2007 a dezembro de 2009, por onde afluí parte do lixiviado proveniente das células do aterro.

As amostras coletadas foram colocadas inicialmente em um recipiente de 50 litros. Após adequada homogeneização, a amostra foi transferida para frascos de vidros âmbar autoclavados, mais adequados para o armazenamento deste efluente. O lixiviado foi então preservado a uma temperatura de aproximadamente 10°C.

Para a caracterização do lixiviado bruto foram considerados os seguintes parâmetros: DQO, DBO, cloretos, alcalinidade, NH₄, SST (sólidos suspensos totais), pH, cor e turbidez.

Foram realizadas análises complementares de metais, semi-metais e não metal. Os elementos especificamente quantificados foram: alumínio, arsênio, prata, boro, bário, cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, chumbo, antimônio, selênio, vanádio e zinco.

Resultados da Atividade 1

Para caracterização do lixiviado bruto foram analisadas diversas amostras, e os resultados podem ser observados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Caracterização do lixiviado bruto do Aterro de Jardim Gramacho.

DADOS	DQO	DBO	Cloretos	Alcalinidade	NH ₄	SST	pH	Cor	Turbidez
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		PtCo	FAU
Média	2442	326	3925	5883	1850	69	7,8	5327	226
Mínimo	2015	151	3094	5300	1091	31	7,3	4160	170
Máximo	3160	591	4903	7000	2741	193	8,9	6950	371
D. Padrão	286	164	517	643	612	39	0,4	683	59
Coef. Var.	12%	50%	13%	11%	33%	57%	6%	13%	26%
Dados	23	6	23	23	23	23	23	23	23

É possível verificar que as amostras do lixiviado apresentaram elevados valores de desvio padrão e coeficiente de variação para a maior parte dos parâmetros analisados.

A média da relação DQO/DBO obtida é elevada (>7,0), o que indica uma alta presença de compostos orgânicos com baixa biodegradabilidade. Esta característica, associada a elevadas concentrações de cloretos (média de 3.925mg/l) e de nitrogênio amoniacal (média de 1.850mg/l para NH₄), implica na redução do desempenho de processos biológicos convencionais no tratamento deste efluente. Pode-se afirmar ainda que, tomando-se como referência a relação DBO/DQO média de 0,13, o lixiviado em questão é proveniente de um aterro de idade

avançada. Característica também apontada nos resultados do pH, que se manteve próximo à neutralidade nas análises realizadas.

De acordo com os resultados encontrados nas amostras de lixiviado bruto, no aterro de Gramacho, é possível encontrar semelhança com valores obtidos em outros aterros brasileiros, como o aterro de Gericinó, também localizado no Rio de Janeiro, e o aterro de Belo Horizonte – Minas Gerais (GOMES et al., 2009).

2 - Caracterização dos Resíduos da Evaporação Forçada

Os resíduos gerados no processo de evaporação do lixiviado podem ser identificados como: (a) vapor gerado que, neste caso, foi condensado para facilitar a análise laboratorial; (b) resíduo pastoso, que se trata do material concentrado que não é evaporado durante os experimentos, convencionado como Resíduo 1.

Nos ensaios de evaporação em bancada sob temperatura constante (Etapa 1) as amostras foram coletadas em campanhas diferentes, realizadas no período entre Abril/2007 e Outubro/2008. Já para os experimentos conduzidos sob diferentes temperaturas (Etapa 2), foi realizada a coleta de uma única alíquota no dia 01 de dezembro de 2009.

2.1 - Ensaios de Laboratório com Diferentes Lixiviados – Etapa 1

A etapa 1 se caracterizou pela evaporação sob temperatura constante do líquido (aproximadamente 100°C). Os experimentos desta etapa (Figura 1) foram conduzidos no Laboratório de Geotecnia (COPPE/UFRJ). No ensaio, 1 litro de lixiviado bruto foi colocado dentro de um balão de 3 litros juntamente com pérolas de vidro. O aquecimento foi viabilizado pelo emprego de uma manta elétrica, porém nesta etapa do experimento não foi monitorada a temperatura de aquecimento. Os vapores gerados foram conduzidos por uma coluna de vidro até alcançar o condensador, permitindo sua condensação e posterior coleta em erlenmeyer de 2 litros. Para garantir a preservação da amônia na amostra procedeu-se o resfriamento do recipiente de coleta com bolsas térmicas de propilenoglicol refrigeradas.

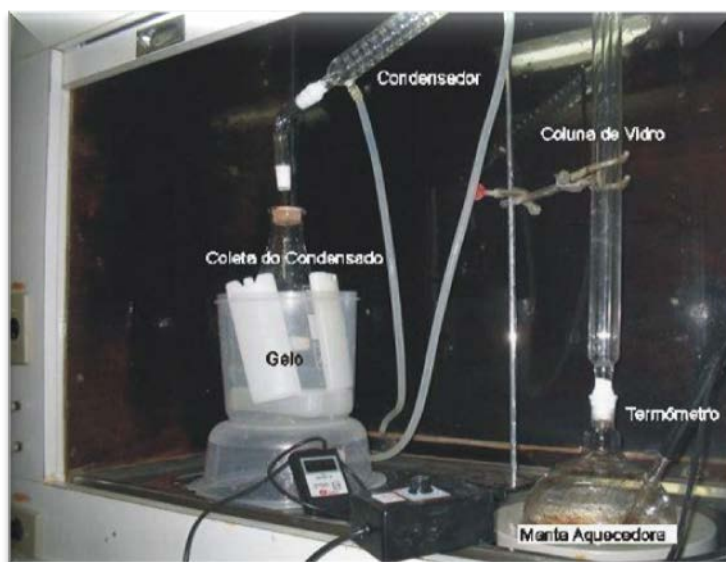


Figura 1: Equipamento de evaporação em bancada – temperatura constante.

As amostras do vapor condensado e do resíduo 01 da evaporação foram analisadas segundo os mesmos parâmetros apresentados na atividade 1.

Resultados da Atividade 2.1

A Tabela 2 apresenta os resultados analíticos das amostras de (a) Resíduo; e (b) Vapor Condensado.

Tabela 2 – Resultados das análises de evaporação em bancada da Etapa 1.

(a) Resíduo 1

DADOS	DQO mg/l	Cloretos mg/l	Alcalinidade mg/l	NH ₄ mg/l	SST mg/l	pH
Média	5285	53346	4333	2	1691	8,7
Dados	3	3	3	3	3	3

(b) Vapor Condensado

DADOS	DQO mg/l	Cloretos mg/l	Alcalinidade mg/l	NH ₄ mg/l	SST mg/l	pH
Média	31	376	2747	1617	9	8,5
Dados	3	3	3	3	3	3

Os ensaios apontaram para as seguintes conclusões: (a) elevação do pH nas amostras de Resíduo e de Condensado; (b) acúmulo de sólidos e de matéria orgânica no Resíduo 1 retido no balão após o ensaio de evaporação; (c) necessidade de refrigeração constante da amostra de condensado durante a coleta para minimizar a volatilização da amônia; (d) detecção de elevada concentração da amônia no vapor condensado.

2.2 - Ensaios de Laboratório com Diferentes Temperaturas – Etapa 2

Na etapa 2 os experimentos foram conduzidos sob diferentes temperaturas de aquecimento, utilizando uma única amostra de lixiviado.

Para a realização desta etapa um novo aparato experimental foi montado a fim de permitir o monitoramento das temperaturas, minimizar o efeito de refluxo de espuma gerada durante o ensaio e possibilitar a coleta das amostras de vapores condensados. Os equipamentos utilizados foram: forno composto de 02 resistências meia cana; controlador universal microprocessado; banho ultratermostato; 02 termopares; 02 saturadores (01 célula de vidro e 01 célula de quartzo); erlenmeyer de 2 litros; unha de destilação; condensador de vidro com tubo em espiral; suporte universal com garras; pérolas de vidro; balão Kitassato de 500 ml; mangueiras de silicone; fitas de teflon; caixa de isopor; almofadas térmicas de 100 g (propilenoglicol); proveta de 300 ml; 20 frascos de vidro âmbar de 500 ml; funis de plástico.

Os experimentos consistiram em evaporar amostras de 200 ml de lixiviado acondicionados em célula de quartzo, juntamente com pérolas de vidro, com auxílio de um forno para o aquecimento. Este equipamento é composto de duas resistências meia cana e está interligado a um controlador universal microprocessado que permite o monitoramento das temperaturas de dois termopares - um responsável por controlar a temperatura de aquecimento do forno e outro a temperatura do lixiviado dentro da célula. O condensador de vidro com tubo em espiral foi ligado ao erlenmeyer por uma unha de destilação, e a água existente no condensador foi refrigerada à 15°C com a ajuda de um banho Maria ultratermostato criostato com controlador microprocessado, o que permitiu a condensação dos vapores gerados. Este condensado foi então conduzido ao balão kitassato. Para garantir a preservação da amônia na amostra optou-se pelo resfriamento do kitassato com almofadas térmicas congeladas posicionadas dentro de uma caixa de isopor. O detalhamento do aparato experimental está ilustrado na Figura 2.

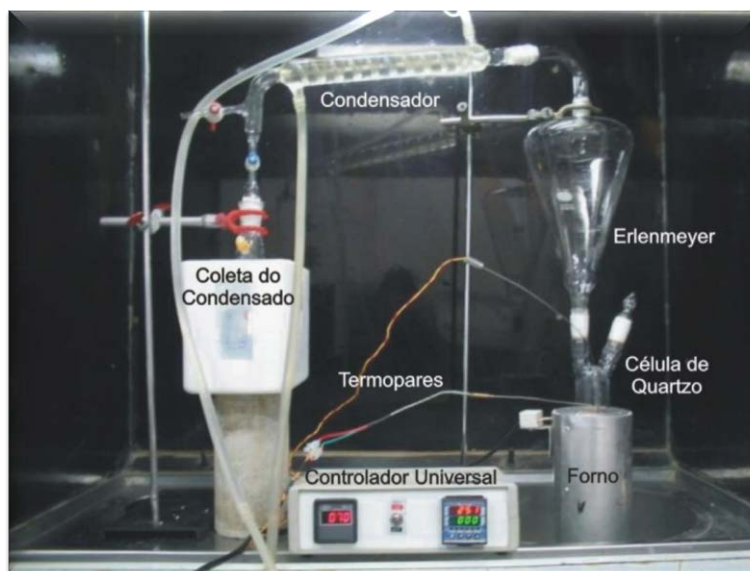


Figura 2: Equipamento de evaporação em bancada – temperatura variável.

A dificuldade de condução destes ensaios foi devida principalmente à formação de espuma e a ocorrência de refluxos e de saltos, mais evidentes sob temperaturas elevadas. De acordo com ATKINS e DE PAULA (2008), o superaquecimento de um líquido ocorre porque a pressão de vapor no interior de uma bolha é artificialmente baixa, de maneira que qualquer cavidade que se forme desapareça. Sendo assim, é comum ocorrer uma ebulição violenta e tumultuada quando a nucleação espontânea provoca a formação de bolhas. Para contornar este problema foi adaptado um erlenmeyer de 2 litros instalado na saída superior da célula, além das pérolas de vidro colocadas na célula de quartzo com o lixiviado bruto.

As temperaturas de evaporação (medidas no forno de aquecimento) tomadas como referência nos ensaios foram: 140°C, 300°C, 500°C e 700°C. Para cada temperatura testada foram registradas as seguintes informações: início do ensaio; início da evaporação; início da condensação; término do ensaio; volume de vapor condensado coletado; temperaturas do forno e do lixiviado. Com estes dados foi possível determinar o tempo de duração de cada ensaio, além do rendimento obtido para cada temperatura.

As amostras do vapor condensado foram analisadas segundo os seguintes parâmetros: DQO, cloretos, alcalinidade, NH_4 , NO_2 , NO_3 , NTK (nitrogênio total kjeldahl), Fósforo Total, Ortofosfato, SST (sólidos suspensos totais), SSF (sólidos suspensos fixos), SSV (sólidos suspensos voláteis), ST (sólidos totais), SV (sólidos voláteis), cor, turbidez e pH.

Resultados da Atividade 2.2

Nesta etapa foram caracterizadas amostras de lixiviado bruto e vapores condensados obtidos a partir da evaporação daquele efluente. Na Tabela 3 estão resumidos os resultados médios para os parâmetros físico-químicos e biológicos do lixiviado bruto e do vapor condensado.

Tabela 3 - Caracterização físico-química das amostras de lixiviado bruto e vapor condensado.

Amostras		Lixiviado Bruto	Vapor Condensado		
Temperatura do Forno		Ambiente	300° C	500° C	700° C
Parâmetros	Unidade				
DQO	mg/l	2325	55	67	68
Cloretos		6146	1680	1730	1237
Alcalinidade		5500	8050	8375	7775
NH ₄ (Amônio)		1420	1245	1190	1464
NO ₂ (Nitrito)		0,34	0,18	0,21	0,21
NO ₃ (Nitrato)		0,36	14,30	14,50	14,85
NTK		2296	2310	2219	2114
Fósforo Total		123	72	103	130
Ortofosfato		133	28	34	25
SST		92	20	13	7
SSF		21	7	6	2
SSV		42,5	5,0	7,5	5
ST		9100	75,0	50,7	26,6
SV		1600,0	13,4	15,8	- *
Cor	PtCo	5125	19,0	18,5	19,0
Turbidez	FAU	164	4	3	3
pH		8,50	9,67	9,42	9,20

* Não foram realizadas análises de SV para o vapor condensado à temperatura de 700° C.

Os resultados apresentados acima apontam para as seguintes observações:

- Sensível redução da concentração de matéria orgânica (máximo de 68 mg DQO/L) no condensado quando comparado ao lixiviado, independente da temperatura de ensaio;
- Elevada redução da concentração de cloretos nas amostras de condensado destacando-se, no entanto, valores inferiores a partir de 500°C de temperatura de ensaio;
- Redução da concentração dos compostos nitrogenados no condensado, menos sensível para o caso do íon amônio (NH₄). Para esta substância, observa-se ainda uma elevação da sua concentração para valores similares ao do lixiviado à temperatura de 700°C. Destacam-se ainda os resultados obtidos para NTK, em que as amostras de condensado apresentaram resultados bem maiores aos detectados no lixiviado. Ainda assim, pode-se verificar uma diminuição da sua concentração no condensado à medida que se aumenta a temperatura do ensaio;
- O condensado apresenta concentrações inferiores de fósforo comparado ao lixiviado. Todavia, a elevação da temperatura do experimento provoca o arraste de fósforo total para o condensado, igualando sua concentração à do lixiviado em 700°C, enquanto que as concentrações de ortofosfatos se mantêm constantes;
- Redução considerável na concentração de sólidos nas amostras de condensado, evoluindo juntamente com a temperatura. No caso da cor e da turbidez, estes se reduzem drasticamente já para a temperatura de 300°C;
- Concentração de alcalinidade na amostra de condensado constante e superior à do lixiviado. Dada a faixa de pH da amostra, esta alcalinidade é provavelmente devido aos carbonatos e bicarbonatos. Para essas condições, verificou-se uma redução do pH do condensado, ainda que superior ao do lixiviado, à medida que se elevou a temperatura do experimento.

Na Tabela 4 é possível observar os resultados de metais, semi-metais (As, B e Sb) e ametal (Se) determinados nas amostras de lixiviado e de vapor condensado. Devido ao número reduzido de amostras coletadas para esta análise, os valores apresentados referem-se aos máximos obtidos para cada parâmetro.

Tabela 4 – Resultados¹ encontrados nas análises de metais e semi-metais (mg/L).

Parâmetros Analisados	Lixiviado Bruto	Condensado 140°C	Condensado 300°C	Condensado 500°C	Condensado 700°C
Alumínio (Al)	0,40	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Arsênio (As)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Prata (Ag)	0,02	0,04	0,03	0,08	0,03
Boro (B)	2,69	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
Bário (Ba)	0,21	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Cádmio (Cd)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobalto (Co)	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo (Cr)	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre (Cu)	<0,01	<0,01	0,41	0,05	0,22
Ferro (Fe)	3,84	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Manganês (Mn)	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molibdênio (Mo)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel (Ni)	1,30	<0,01	<0,01	0,06	<0,01
Chumbo (Pb)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antimônio (Sb)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Selênio (Se)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Vanádio (V)	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zinco (Zn)	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

¹ Os resultados apresentados são os valores máximos obtidos para cada parâmetro.

Tomando-se como referência a Resolução CONAMA 316/2002, que dispõe sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, destacam-se as seguintes observações a partir dos resultados encontrados:

(a) Para os poluentes Classe 1, definidos pelas substâncias Cd, mercúrio (Hg) e tálio (Tl), limita-se a concentração de 0,028 mg/N.m³ para emissão atmosférica. Neste trabalho só foi analisado o cádmio, cuja concentração apresentou-se abaixo do limite de detecção do equipamento (< 0,01 mg/L) independente da temperatura do ensaio;

(b) O somatório dos poluentes Classe 2 (Ar+Co+Ni+Te+Se) não deve superar o valor de 1,4 mg/Nm³, segundo a normativa citada. Apesar de não se ter a determinação de Telúrio (Te), os demais compostos apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento (< 0,01 mg/L). Caso esta concentração fosse tomada como referência na avaliação, o somatório destes compostos seria menor que 0,04 mg/L (40 mg/m³), valor bem superior ao máximo permitido. Para estas substâncias não se verificou variação na sua concentração mesmo com o aumento da temperatura do ensaio, exceto para o Ni. Neste caso, detectou-se para a temperatura de 500°C uma concentração de 0,06 mg/L (60 mg/m³) que, sozinho, já supera o limite estipulado pela norma;

(c) São elementos Classe 3, cujo limite é 7,0 mg/Nm³: Sb, Pb, Cr, CN (cianetos), Cu, Sn (estanho), F (flúor), Mn, Pt (platina), Pd (paládio), Rh (ródio) e V. Destes foram analisados nesta pesquisa: Sb, Pb, Cr, Cu, Mn e V. Todas estas substâncias, exceto o cobre, apresentaram resultados abaixo do limite de detecção do equipamento (< 0,01 mg/L). No caso do Cu, esta verificação ocorreu apenas na temperatura de 140°C. Nas demais

temperaturas as concentrações variaram entre 0,05 mg/L (500°C) e 0,41 mg/L (300°C). Destaca-se que, neste caso, o comportamento do cobre não foi linear em relação à variação de temperatura.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Os estudos conduzidos nesta pesquisa apontam para as seguintes conclusões:

- Pela presença de alguns metais observados no vapor condensado, bem como outros parâmetros acima do limite máximo estabelecido pelas normas regulamentadoras, conclui-se que a evaporação não deve ser empregada em aterros de resíduos sólidos à céu aberto e sem processos de tratamento e lavagem das emissões.
- Dada a faixa de pH da amostra, o condensado mostrou-se alcalino, provavelmente fruto da presença de carbonatos e bicarbonatos. Verificou-se uma redução do pH do condensado à medida que se elevou a temperatura do experimento.
- As amostras de condensado apresentaram resultados percentuais de NTK bem maiores aos detectados no lixiviado bruto. Ainda assim, pode-se verificar uma diminuição da sua concentração no condensado à medida que se aumenta a temperatura do ensaio.

Para ampliar o conhecimento dentro desta linha de pesquisa, são apresentadas algumas recomendações:

- Devido a dificuldade encontrada para realização dos ensaios com temperaturas abaixo de 140°C e acima de 700°C, com o equipamento desenvolvido em laboratório, recomenda-se para trabalhos futuros adequações ao equipamento de evaporação, permitindo uma faixa maior de temperaturas a serem avaliadas, e possibilitando uma coleta de maior volume para análises das amostras obtidas no processo de condensação.
- Estudos de evaporação no campo em escala real utilizando equipamentos que possam confirmar a viabilidade técnica e econômica para esta opção de tratamento.
- Pesquisas utilizando lixiviados de outros aterros, com objetivo de estudar a evaporação para efluentes com características.
- Realização de novos ensaios e em maiores quantidades, no intuito de obter resultados mais consistentes, além de análises a 140°C para todos parâmetros.
- Estudos mais aprofundados para os vapores condensados e resíduos gerados no processo da evaporação forçada, buscando o seu reaproveitamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ATKINS, P. W. e DE PAULA, J. Físico-química, 8ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 2008.
2. BACELAR, H.A.M., CANTANHEDE, A.L.G., FIGUEIREDO, I.C., ALVES, L.V e GOPFERT, L. Avaliação dos Vapores Gerados a partir da Evaporação de Lixiviados de Aterros Sanitários. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife/PE, 2007.
3. BACELAR, H. A. M., Tratamento de Lixiviados Produzidos em Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos por Meio de Evaporação Forçada. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia Civil/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.
4. BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 316/2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.
5. GOMES, L. P. (coordenadora). Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. PROSAB – tema III, edital V. Rio de Janeiro, 2009.