



III-196 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS LÍQUIDOS LIXIVIADOS GERADOS EM UM ATERRO SANITÁRIO EXPERIMENTAL

Cícero Antonio Antunes Catapreta

Eng. Civil, Mestre e Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG, Engenheiro Sanitarista da Secretaria Municipal de Limpeza Urbana de Belo Horizonte

Gustavo Ferreira Simões⁽¹⁾

Eng. Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Engenharia Civil (PUC-Rio), Professor Associado do Depto. de Engenharia de Transportes e Geotecnia da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Lisete Celina Lange

Química, Doutora em Tecnologia Ambiental (University of London), Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, MG, Brasil

Endereço⁽¹⁾: Escola de Engenharia da UFMG. Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia. Av. do Contorno, 842 – 6º andar – Sala 608 – Centro – Belo Horizonte – Minas Gerais – CEP: 30.110-060 – Brasil – Tel: +55 (31) 3409-1792 – Fax: +55 (31) 3409-1793 – e-mail: gustavo@etg.ufmg.br

RESUMO

O monitoramento da evolução dos parâmetros físico-químicos e da vazão dos líquidos lixiviados em um aterro sanitário é importante, pois pode indicar a sua condição operacional e representar um indicador do potencial poluidor desse líquido, que representa um risco para o meio ambiente, devido às suas altas concentrações de matéria orgânica e quantidades consideráveis de metais pesados. Devido a essa importância, torna-se necessário conhecer as características dos líquidos lixiviados torna-se necessário, uma vez pode ser um fator balizador de ações operacionais e ambientais em um aterro sanitário. O presente trabalho apresenta os resultados de três anos de monitoramento das características dos líquidos lixiviados gerados em aterro sanitário experimental implantado em Belo Horizonte, MG. São apresentados e discutidos os resultados de pH, N, DBO, DQO, DBO/DQO, AGVT, Alcalinidade, precipitação e vazão de líquidos. Os resultados indicaram alta carga orgânica inicial, comum em aterros novos, e relação entre os parâmetros monitorados e as condições climáticas. Os resultados também permitiram identificar a ocorrência da fase metanogênica do processo de digestão anaeróbia dos resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Líquidos Lixiviados, Chorume, Aterro Sanitário.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a maioria das cidades não possuem um sistema de disposição final e tratamento adequado para os resíduos gerados pelas populações locais, demonstrando assim um quadro de poluição ambiental perigoso, já que essa disposição de forma inadequada pode contaminar o solo, o ar e as águas, subterrâneas ou superficiais, por meio dos efluentes que são emanados por esses locais.

Dentre estes efluentes, destacam-se os líquidos lixiviados, mais conhecido como chorume, que podem escoar de forma descontrolada e atingir cursos d'água, além de contaminar os solos. Desta maneira, caracterizar estes líquidos é importante, já que conhecendo as suas características, pode-se prever sistema de tratamento adequado e, muitas vezes, menos dispendiosos para os municípios.

As características dos líquidos lixiviados dependem de diversos fatores, dentre eles o tipo de resíduo aterrado, do grau de decomposição, clima, estação do ano, idade do aterro, profundidade do resíduo aterrado e tipo de operação do aterro, das condições internas do aterro como temperatura, conteúdo de umidade, entre outros.

Os líquidos lixiviados apresentam, geralmente, altas cargas de contaminantes orgânicos e inorgânicos, além de sais diversos, formas nitrogenadas a protéica e a amoniacal. A composição orgânica é muito variada, pois contém substâncias originadas das composições dos resíduos e também de produtos da biodegradação dentro do próprio aterro. Logo, devido às suas características, estes líquidos representam uma fonte de poluição significativa.

Dentro deste contexto, considerando a importância de se conhecer as características desses líquidos lixiviados,

o presente trabalho apresenta os resultados da caracterização dos líquidos lixiviados que foram gerados em um aterro sanitário experimental operando em escala real, por meio da avaliação da evolução temporal de alguns parâmetros físico-químicos.

MATERIAL E MÉTODOS

• Aterro Sanitário Experimental

O aterro sanitário experimental está localizado na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos da BR 040, em Belo Horizonte, Minas Gerais, e ocupa uma área de aproximadamente 5.262 m². Esse aterro possui 3,8 m de altura e 71,50 m x 73,60 m de dimensões externas, enquanto que as internas são 51,80 m x 52,80 m. Foram dispostas aproximadamente 8.597 t (11.546 m³) de resíduos sólidos urbanos (RSU). Detalhes sobre a construção, instrumentação e monitoramento do aterro sanitário experimental encontram-se descritas em Catapreta (2008). A Figura 1 apresenta uma vista geral do aterro experimental.



Figura 1 - Vista geral do Aterro Experimental

• Amostragem e Análises Físico-Químicas

A caracterização dos líquidos lixiviados gerados foi realizada por meio da avaliação da evolução temporal de alguns parâmetros físico-químicos, a partir de campanhas de amostragem no aterro sanitário experimental, as quais se iniciaram em 30/06/2005, logo após o encerramento das atividades de disposição de RSU no aterro. São apresentados neste trabalho os resultados obtidos em três anos de monitoramento. As coletas e análises físico-químicas das amostras de líquidos lixiviados seguiram os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, (APHA/AWWA/WEF, 1998). A amostragem teve frequência quinzenal, e foram realizadas 56 campanhas, por um período de 36 meses tendo sido avaliados os parâmetros descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros avaliados e respectivas metodologias de análise

Parâmetros	Metodologia de Análise	Parâmetros	Metodologia de Análise
pH			
Ácidos Graxos Voláteis Totais	SMEWW 5560 C	Potencial Hidrogeniônico	SMEWW 4500-pH VALUE B
Demanda Química de Oxigênio	SMEWW 5220 D	Sulfatos	SMEWW 4500 - SO ₄ E
Demanda Bioquímica de Oxigênio	SMEWW 5210	Sólidos em suspensão	SME 2540 D
Sólidos Voláteis			
Nitrogênio Amoniacal	SMEWW 4500-F - D	Sólidos Voláteis	SMEWW 2540 E
Nitratos	SMEWW 4500-NH ₃ - C	Sólidos sedimentares	SMEWW 2540 F

*SM – *Standard Methods* (APHA/AWWA/WEF, 1998).

• Determinação da Vazão de Líquidos Lixiviados

A determinação da vazão dos líquidos lixiviados foi realizada de forma sistemática, por meio de medições diárias, a partir do encerramento das atividades de enchimento do aterro, e o método empregado foi o da descarga livre.



• Controle Pluviométrico e Dados Climatológicos

O registro das precipitações foi realizado diariamente em um pluviômetro e um pluviógrafo, instalados na área do aterro sanitário de Belo Horizonte, assim como outros dados climatológicos de interesse para o estudo foram fornecidos por outra Estação Climatológica da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, e envolveram: temperatura mínima, média e máxima do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, pressão atmosférica e radiação solar.

RESULTADOS

• Líquidos Lixiviados

As Figuras 1 a 8 apresentam a evolução temporal dos parâmetros físico-químicos dos líquidos lixiviados gerados no aterro sanitário experimental.

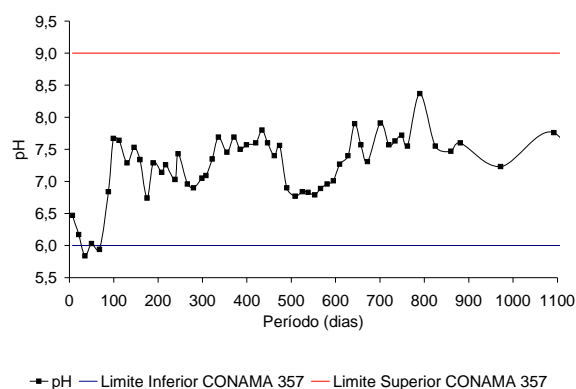


Figura 1 – Evolução do comportamento do pH

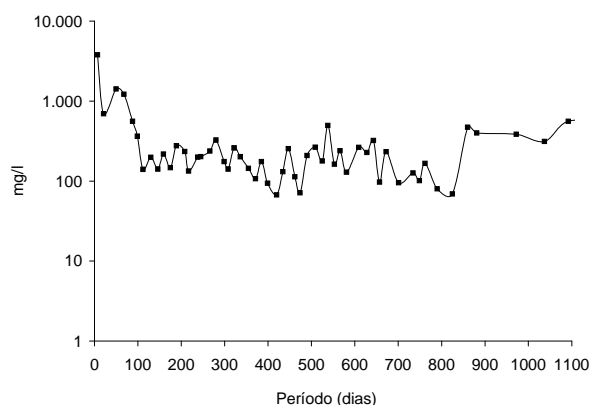


Figura 2 – Evolução do comportamento dos AVG

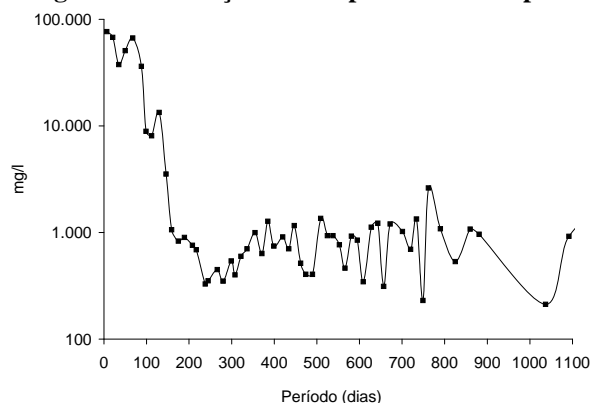


Figura 3 – Evolução do comportamento da DQO

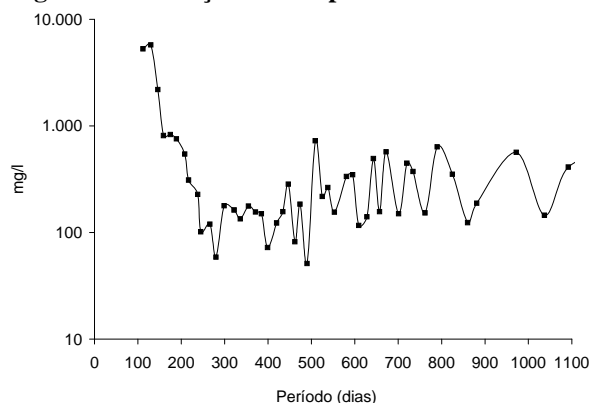


Figura 4 – Evolução do comportamento da DBO

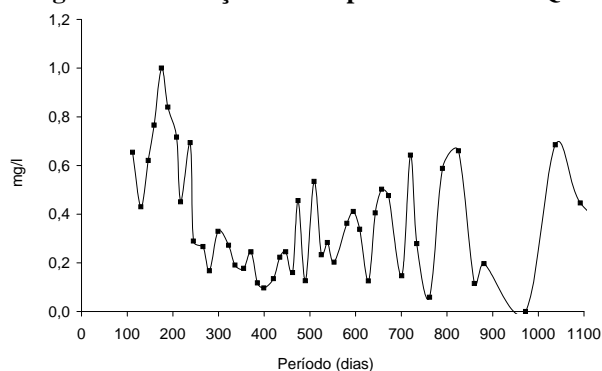


Figura 5 – Evolução da relação DBO/DQO

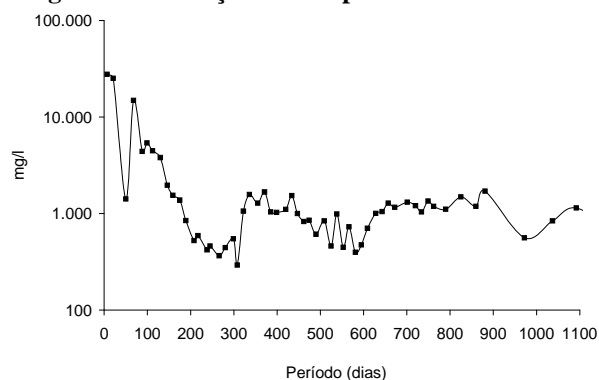


Figura 6 – Evolução do comportamento dos Sólidos

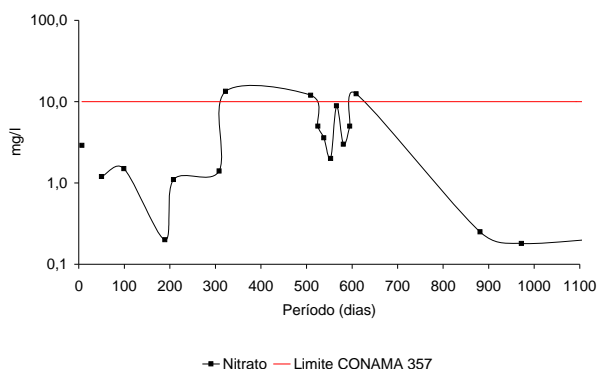


Figura 7 – Evolução do comportamento do Nitrato Total

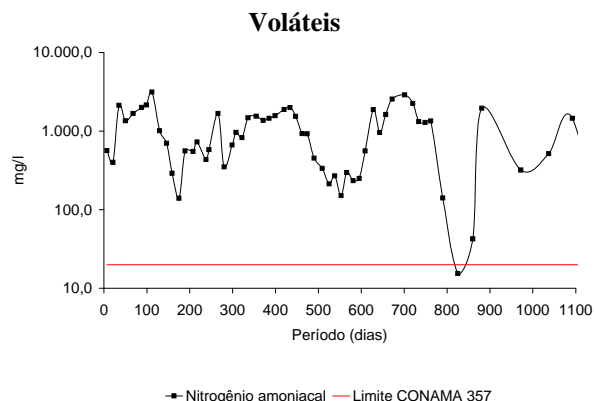


Figura 8 – Evolução do comportamento do Nitrogênio Amoniacal

• Precipitação

Nas Figuras 9 e 10 pode ser observada a variação da precipitação para o período de maio de 2005 a junho de 2008, onde foi observada uma precipitação acumulada de 4.213,07 mm.

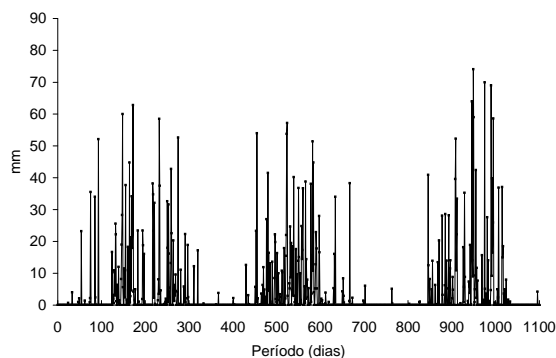


Figura 9 – Precipitação observada

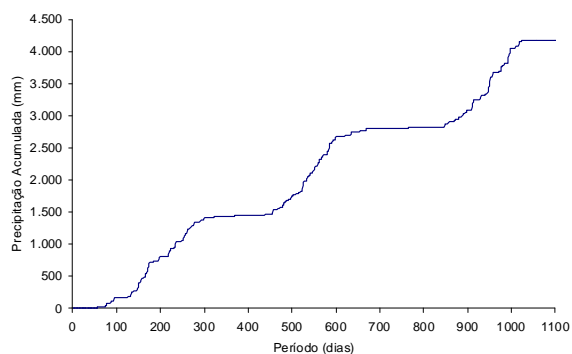


Figura 10 – Precipitação observada acumulada

• Vazão de Líquidos Lixiviados

Na Figura 11 podem ser observadas as vazões diárias de líquidos lixiviados ao longo do tempo. A Figura 12 apresenta a evolução temporal da precipitação média mensal e da vazão média mensal de líquidos lixiviados.

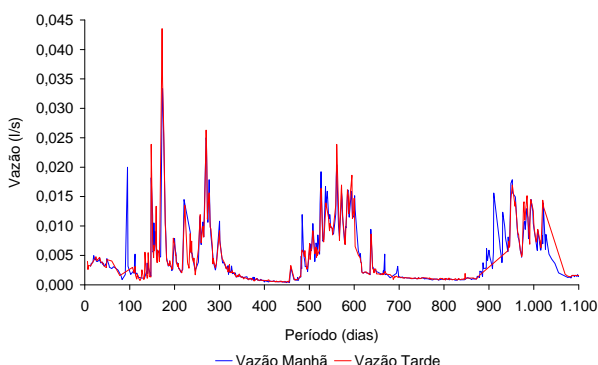


Figura 11 – Vazões diárias de líquidos lixiviados

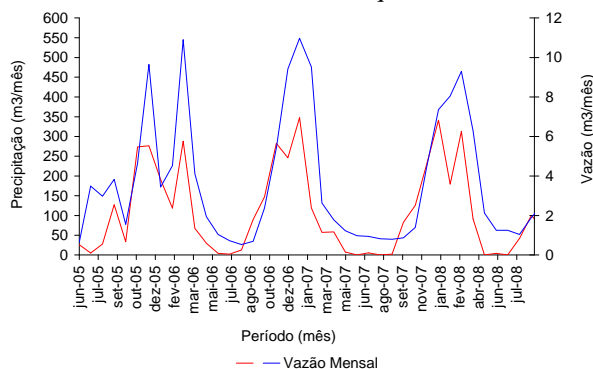


Figura 12 – Vazão média mensal de líquidos lixiviados versus precipitação média mensal

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados, pode-se observar que o pH apresentou uma evolução típica do processo de digestão anaeróbia em aterros sanitários, onde inicialmente o pH apresenta valores abaixo da neutralidade



(pH = 7), caracterizando um ambiente ácido no interior da massa de resíduos. Isto se deve, provavelmente em função do acúmulo de ácidos voláteis, devido à fase acidogênica. Posteriormente, verificaram-se valores mais elevados, acima de pH = 7, caracterizando um ambiente alcalino e indicando a transição da fase ácida para a fase metanogênica. Alguns valores inferiores a 7 ainda foram observados, mas pode ser atribuído a erros de leituras.

Esta evolução do comportamento do pH e a elevação do mesmo com o tempo, sugerem também que há a decomposição do nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, pois o nitrogênio presente está predominantemente na forma amoniacal.

A primeira análise indicou uma elevadíssima concentração de ácidos voláteis, provavelmente em função da idade do aterro, cuja característica do meio tende a ser ácida quando novo. Os resultados de AVGT, quando comparados com os de pH parecem estar coerentes, podendo ser observada uma alta concentração de ácidos no início do processo, seguido de uma queda acentuada.

Como o pH do meio pode ser afetado pela produção de ácidos voláteis, nota-se que com a evolução do tempo houve uma redução da concentração de desses ácidos e aumento de pH, o que pode estar indicando que estas variações estão relacionadas com o processo de digestão anaeróbia, assim como sugerem indicar que a produção de ácidos foi reduzida no interior do Aterro Experimental. Nota-se que os valores dos ácidos voláteis são mais elevados nos períodos secos e mais baixos nos períodos chuvosos, possivelmente em função da diluição dos líquidos lixiviados pelas águas de chuva que adentram as células do aterro.

Os altos valores de alcalinidade bicarbonato no início de operação de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos podem estar associados, provavelmente, à elevada concentração de nitrogênio amoniacal, apesar da concentração de AVGT ser elevada.

Deve-se considerar que a alcalinidade total é função da alcalinidade devido a bicarbonato e a ácidos voláteis. No caso do lixiviado e no início do processo de bioestabilização, os resíduos orgânicos produzem lixiviados com baixa alcalinidade a bicarbonato e elevada alcalinidade, devido a ácidos voláteis. À proporção que o processo entra na fase de equilíbrio dinâmico, a alcalinidade a bicarbonato passa a ser mais representativa quantitativamente. Apesar das poucas análises realizadas, os resultados sugerem que este comportamento foi observado no aterro sanitário experimental, já que no início do monitoramento a concentração de AVGT e a alcalinidade bicarbonato foram elevadas. Posteriormente as concentrações de AVGT reduziram consideravelmente enquanto que a alcalinidade manteve-se, de certa forma, elevada.

Por fim, destaca-se que o pH alcalino e alguns tipos de resíduos contendo teores mais elevados de gesso, cimento e cal, como os de construção civil, e que provavelmente foram dispostos no aterro experimental, são fonte de alcalinidade.

Os valores iniciais da DQO apresentaram-se elevados, variando de 36.144 mg/L a 76.536 mg/L, que é uma característica desses líquidos em aterros novos, onde há grande disponibilidade de matéria orgânica facilmente degradável. Valores elevados também foram observados por El-Fadel *et al.* (2002). Estes autores verificaram variação de DQO variando entre 45.000 mg/L e 120.000 mg/L até o 160º dia após a aterragem de resíduos. Valores elevados também foram verificados para o aterro sanitário de Belo Horizonte, onde os resultados do monitoramento de uma célula de aterramento contendo resíduos novos indicam valores superiores a 40.000 mg/L (Catapreta *et al.*, 2007).

Verificou-se, assim como o pH, que a partir do 110º dia, os valores observados passaram a apresentar um decréscimo na concentração em relação aos valores iniciais, o que pode estar relacionado à evolução do processo de digestão anaeróbia.

Em relação à DBO, os resultados sugerem haver uma relação de suas concentrações com os períodos de estiagem e chuvoso na região do aterro sanitário experimental.

A análise da relação DBO/DQO é realizada geralmente para auxiliar na avaliação do processo de digestão anaeróbia e, por conseguinte, de suas etapas. A relação DBO/DQO também é utilizada como indicador da biodegradabilidade da fração orgânica. Nesse estudo, os maiores valores da razão DBO/DQO foram observados em períodos de chuva na região onde se encontra instalado o aterro sanitário experimental, sugerindo haver uma relação entre o regime de chuvas e esta razão. A relação apresentou valores bastante



dispersos e foi prejudicada pela não obtenção dos valores de DBO no início das análises. No entanto, os valores mais elevados dessa relação, em torno de 0,70, são característicos de aterros novos, enquanto que para aterros mais antigos, os valores devem situar-se em torno de 0,2. Dessa forma, pode-se observar que os valores da relação, mesmo apresentando variações, mostraram-se próximo destes valores (0,65 até o 220º dia e, após este, 0,32), que pode ser um indicativo que a fase metanogênica está de fato ocorrendo e a estabilização dos resíduos vem ocorrendo.

Conforme Figuras 7 e 8, não há como estabelecer uma relação entre o teor de nitrogênio amoniacal e nitrato. A partir do 129º dia, percebe-se uma redução nos valores de nitrogênio amoniacal, sendo que após o 300º dia, aproximadamente, verifica-se uma elevação da concentração deste parâmetro, seguida de nova redução após o dia 450º de monitoramento.

A análise destes parâmetros foi, de certa maneira, prejudicada por não se monitorar o nitrogênio total, assim como para os nitratos, em muitos momentos não foi possível obter os resultados das análises, em função do limite de detecção do aparelho. Verifica-se que o nitrogênio amoniacal corresponde a um percentual bem mais elevado que o nitrato.

Foi observada pouca, e em relação a alguns parâmetros, nenhuma influência do regime de chuvas e vazões de líquidos lixiviados sobre a concentração dos parâmetros físico-químicos. No entanto, entre os parâmetros físico-químicos, foram observadas correlações acima de 0,80, demonstrando que mesmo com as variações de análises observadas, os resultados indicam uma boa relação entre os dados, de maneira geral. Os dados mostram uma correlação positiva de 0,74 entre a vazão e a precipitação, indicando haver uma correspondência direta entre estas variáveis.

Os resultados das análises de líquidos lixiviados gerados no aterro sanitário experimental permitiram avaliar a sua evolução ao longo de um período de 3 anos de monitoramento, sugerindo que os métodos construtivos proporcionaram condições que podem ter levado as características desses líquidos serem influenciadas pelas condições climáticas na região onde o aterro foi implantado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte pelo apoio na realização desse estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WPCF. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19ª ed.
2. Catapreta, C. A. A. (2008). *Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da Influência do Projeto, Construção e Operação*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, 316p.
3. Catapreta, C. A. A.; Batista, H. P.; Simões, G. F. (2007) Caracterização dos líquidos lixiviados gerados em uma das células do aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... Rio de Janeiro: ABES.
4. El-Fadel, M.; Bou-Zeid, E.; Chahine, W.; Alayli, B. (2002) Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. In: *Waste Management*, v.22, n. 3, pp.269-282.