



ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE UM BIOREATOR DE RSU ATRAVÉS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB.

João de Mélo Vieira Neto¹, Veruschka Escarião Dessoles Monteiro².

RESUMO

No mundo inteiro, com algumas poucas exceções, os aterros representam a principal destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Um aterro sanitário é adequado para a recepção de resíduos de origem doméstica, varrição de vias públicas e comércios. Uma maneira de monitorar o comportamento desses aterros é utilizar lisímetros que são células experimentais de resíduos em escala experimental, dotados de sistemas de drenagem de líquidos e gases, proporcionando o conhecimento de diversos parâmetros sob condições conhecidas e/ou controladas. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de resíduos sólidos urbanos depositados em células experimentais (lisímetro) através das inter-relações físicas, químicas e biológicas que ocorrem durante o processo de biodegradação. Como etapas iniciais da pesquisa, foram realizadas ensaios de determinação e classificação dos solos com o objetivo de utilizar o solo analisado como camada de base e cobertura do lisímetro e na segunda etapa estão sendo realizadas análises físico-químicas para quantificar e comparar os parâmetros obtidos com os dados existentes em escala real. E estes parâmetros poderão servir de base para projetos adaptados às condições regionais, sendo ainda, utilizadas na elaboração e/ou aplicações de modelos matemáticos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Lisímetro, Parâmetros Físico-químicos.

ABSTRACT

All over the world, with a few exceptions, the final destination of urban solid waste are landfills (Urban Solid Waste - USW). A dump is suitable for receiving waste from domestic origin, what's swept from public roads and commercial areas. A way to monitor the behavior of these landfills is using lysimeters, which are cells for experimental amount of waste. With liquid and gas drainage systems, the lysimeter provides information of different parameters under known and/or controlled conditions. In this context, this assignment evaluates the behavior of urban solid waste deposited in experimental cells (lysimeter). This all happens throughout an interrelationship of physical, chemical and biological events that occur during the process of biodegradation. In the early stages of research, tests were performed for the determination and classification of soil in order to use the layers as a basic coverage. During the second stage, physical and chemical analyses are being done to quantify and compare the parameters obtained with existing records. These parameters can serve as a basis for projects adapted to regional conditions and is also used for the development and/or application of mathematical models.

Keywords: Urban Solid Residues, Lysimeter, Physical and Chemical Parameters.

¹ Aluno do Curso de Engenharia Civil, Unidade Acadêmica de Eng. Civil, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: joaomvneto25@hotmail.com

² Engenheira Civil, Profa. Dra., Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: veruschkamonteiro@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A NBR 10004 (ABNT, 2004) define: “resíduos sólidos podem estar nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. São incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem com determinados líquidos cujas particularidades, tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou que exijam soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível”.

Bidone & Povinelli (1999), classificam os resíduos sólidos de acordo com a origem em: urbanos, industriais, serviços de saúde, radioativos e agrícolas. Os autores afirmam também que a classificação dos resíduos pode ser feita de acordo com o grau de degradabilidade, conforme apresentada a seguir:

- **Facilmente degradáveis:** a matéria orgânica presente nos resíduos sólidos de origem urbana;
- **Moderadamente degradáveis:** são os papéis, papelão e material celulósico;
- **Difícilmente degradáveis:** pedaços de pano, retalhos, aparas e serragens de couro, borracha e madeira;
- **Não degradáveis:** entram os vidros, metais, plásticos, pedras, terra, entre outros.

Com isso, esse estudo busca avaliar o comportamento de resíduos sólidos urbanos depositados em uma célula experimental (lisímetro) através das inter-relações físicas, químicas e biológicas que ocorrem durante o processo de biodegradação.

De maneira geral a produção e a composição dos resíduos sólidos é função das atividades humanas e industriais dentro de qualquer contextualização social. Os problemas inerentes à taxa de produção per capita e a composição gravimétrica e química dos resíduos sólidos, principalmente dos resíduos sólidos urbanos (RSU), envolvem questões de natureza social, econômica, política e cultural. Em países subdesenvolvidos os RSU têm se tornado um problema gravíssimo de saneamento básico e até mesmo de saúde pública (Leite, 2008).

Na literatura técnica existem diversas abordagens no sentido de descrever aspectos físicos, químicos e biológicos que regem o comportamento ou a dinâmica de aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Junqueira (2000) analisou o comportamento de RSU e sistemas dreno-filtrantes em diferentes escalas. McDougall & Philp (2001) e Espinace & Sánchez-Alciturri (1999), têm estudado aspectos relativos à perda de massa, temperatura e outras variáveis para o desenvolvendo de modelos matemáticos, visando entender os recalques em aterros sanitários. Entretanto, ainda não há uma boa compreensão das inter-relações que envolvem diversos aspectos da geotecnia ambiental, química, microbiologia e biotecnologia. Recentemente, estudos vêm sendo desenvolvidos para entender o comportamento do lixo depositado em aterros e estabelecer relações físicas, químicas e biológicas presentes no processo de degradação do lixo (MONTEIRO, 2003; MELO, 2003; JUCÁ, 2003 e ALCÂNTARA, et al., 2005).

Vários parâmetros podem ser analisados através dos lisímetros e a influência da água na degradação do lixo é um deles, como também a influência da recirculação do lixiviado e a produção de biogás (Meira, 2009).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento dos RSU em um bioreator (lisímetro) em escala experimental através do monitoramento de parâmetros físico-químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi desenvolvida a partir do projeto, construção e monitoramento de uma célula experimental (bioreator ou lisímetro), através do monitoramento dos parâmetros físico-químicos.

BIOREATOR

O bioreator foi construído no campo experimental de pesquisas da Universidade Federal de Campina Grande – PB – EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgoto Sanitário), localizada num terreno pertencente à CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto da Paraíba), situado na meso-região do agreste do Estado da Paraíba, no município de Campina Grande. Foram realizadas,

periodicamente, análises de pH, alcalinidade total, ácidos voláteis, cloretos, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Para a construção do bioreator foram utilizadas duas manilhas de concreto armado seladas com argamassa, possuindo uma altura total de 2,15m e diâmetro interno de 1,00m, com volume aproximado de 1,73m³. O lisímetro foi fixado com argamassa sobre uma base de alvenaria (Figura 1). Como sistema de impermeabilização de base e cobertura do lisímetro foi utilizado uma camada de solo impermeável com espessura de 0,25m e 0,15m respectivamente. O bioreator possui uma altura útil de massa de resíduo de aproximadamente 1,50m (LEITE, 2008).

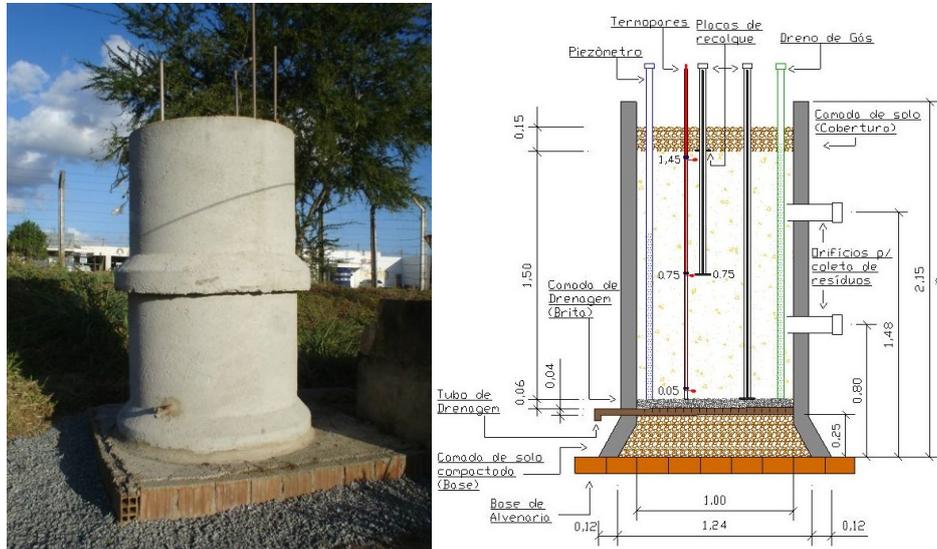


Figura 1: Célula Experimental e Desenho Esquemático (Lisímetro).

Estão sendo obtidos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para entender o comportamento dos resíduos durante o seu processo degradativo. Estes dados poderão ser confrontados com dados em escala real de aterros de resíduos sólidos urbanos e de outros lisímetros podendo servir de base para dimensionamentos de reatores e aterros sanitários.

Neste lisímetro foram acondicionados resíduos sólidos provenientes de diferentes áreas da cidade de Campina Grande. Analisando o roteiro do sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares e comerciais da cidade, foi previamente escolhida a rota composta dos bairros Sandra Cavalcante, parte do Catolé, Conjunto Argemiro Figueiredo e Mirante, representando bairros de diversas classes sociais, obtendo assim uma amostra representativa dos resíduos produzidos na cidade.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A célula experimental foi preenchida com RSU provenientes de 3 bairros da cidade de Campina Grande-PB: Mirante, Catolé e Sandra Cavalcanti, representando bairros de classe econômica alta, média e baixa respectivamente, obtendo assim uma amostra representativa dos resíduos produzidos na cidade. Foi estabelecido um plano de amostragem com o auxílio da prefeitura da cidade de Campina Grande – PB. A coleta das amostras dos referidos bairros, foi realizada por um caminhão compactador, a homogeneização desses resíduos foi feita com o auxílio de uma enchedeira, com isso a amostra foi quarteada, utilizando-se aleatoriamente apenas duas partes do quadrante, formando assim uma única pilha resultante. Após o processo de homogeneização e quarteamento dos RSU provenientes da rota selecionada para este trabalho, foi obtido a amostra final com aproximadamente 4,5 toneladas de resíduos, de onde foram retiradas as parcelas para preenchimento do lisímetro e caracterização física, química e microbiológica dos resíduos (Meira, 2009).

AMOSTRAGEM

Coletas de amostras sólidas foram realizadas mensalmente, para o monitoramento dos parâmetros físico-químicos dos resíduos por meio de análises laboratoriais. Foram coletados 500g de resíduo aproximadamente, através dos orifícios apresentados na Figura 1 para as amostras superiores e inferiores. Essas amostras foram picotadas e depois, imersas em 1 litro de água destilada por aproximadamente 30

minutos, por fim passadas por uma peneira com malha de aproximadamente 1,2mm, obtendo assim o extrato líquido utilizado nas determinações físico-químicas de acordo com a Figura 2.



Figura 2 – Amostra e o Extrato.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas (pH, alcalinidade total, ácidos voláteis, cloretos, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)) foram realizadas de acordo com o Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1998).

pH

A determinação do pH foi feita eletrometricamente com a utilização de um pHmetro e eletrodos de acordo com a Figura 3. O princípio da medição eletrométrica do pH é a determinação da atividade iônica do hidrogênio, utilizando o eletrodo padrão de hidrogênio, que consiste de uma haste de platina sobre o qual o gás hidrogênio flui a uma pressão de 101kPa. Em um béquer foram adicionados 25 ml de amostra, agitando-a levemente com o auxílio de um agitador magnético. Em seguida introduziu-se o eletrodo na amostra e, quando estabelecido o equilíbrio, fez-se a leitura do pH.



Figura 3 – Determinação do pH.

Alcalinidade Total

Anotado o valor do pH foi adicionado à amostra, ácido sulfúrico (H_2SO_4) de normalidade 0,1N (diluição de 2,8 ml de ácido sulfúrico para 1 litro de água destilada) à amostra sob discreta agitação até atingir pH = 4,0, depois de estabilizado anotou-se o volume de ácido gasto na titulação de acordo com a Figura 4. A Equação (1) foi utilizada para o cálculo da alcalinidade total.

$$AT = \frac{(N \times V_{\text{ácido}} \times 50000)}{V_A} \quad (1)$$

Onde:

AT = alcalinidade total (mgCa CO₃/l);
V_{ácido} = volume de H₂SO₄ gasto na titulação (ml);
V_A = volume da amostra (ml);
N = normalidade do H₂SO₄ (N).



Figura 4 – Determinação da Alcalinidade Total.

Ácidos graxos voláteis

Depois de baixar o pH até 4,0 na determinação de alcalinidade total, adiciona-se ácido sulfúrico até o pH se estabilizar em 3,0. Em seguida levou-se à amostra a fervera para reduzir o seu volume à metade. Após resfriar, novamente sobre agitação, elevou-se o pH para 4,0 com solução de NaOH (hidróxido de sódio) à 0,1N (diluição de 4g de NaOH para 1 litro de água destilada). Por fim, mediu-se o volume de hidróxido de sódio necessário para calibrar o pH para 7,0 de acordo com a Figura 5. Os ácidos voláteis foram quantificados a partir da Equação (2):

$$AV = \frac{(N \times VT \times 60000)}{V_A} \quad (2)$$

Onde:

AV = ácidos voláteis (mgH_{Ac}/l);
VT = volume de NaOH gasto na titulação (ml);
V_A = volume da amostra (ml);
N = normalidade do NaOH (N) .



Figura 5 – Determinação dos Ácidos graxos voláteis.

Cloretos

Em um erlenmeyer foram colocados 100 ml da amostra, sendo ajustado o pH entre 7 e 10, utilizando solução de NaOH ou H₂SO₄. Em seguida, a amostra foi titulada com uma solução padrão de AgNO₃ (nitrato de prata) com uma normalidade de 0,0141N (diluição de 2,395 de nitrato de prata para 1 litro de água destilada), com uma solução indicadora de K₂CrO₄ (cromato de potássio), até a cor apresentar-se amarelo avermelhado. O volume gasto de nitrato de prata é denominado A. Uma prova em branco foi preparada da mesma maneira, com água destilada no lugar da amostra. O volume gasto, nesse caso, de nitrato de prata é denominado B de acordo com a Figura 6. A concentração de cloreto numa determinada amostra é calculada por meio de titulação, de acordo com a Equação (3).

$$Cl^{-}(mg/l) = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{VA} \quad (3)$$

Onde:

Cl⁻ = quantidade de íons de cloreto (mg/l);
A = volume gasto para titular a prova que contém a amostra (ml);
B = volume gasto para titular a prova em branco (ml);
N = normalidade AgNO₃ (N);
VA = volume da amostra (ml).



Figura 6 – Determinação de Cloretos.

Demanda Química de Oxigênio

Em tubos digestores foram colocados 2,5 ml da amostra, 1,5 ml da solução digestora e 3,5 ml da solução catalisadora. A mistura foi levada a 150°C por 2 horas em um bloco de digestão, e por fim foi esfriada. Em seguida, a mistura foi transferida para um erlenmeyer de 100 ml e titulada com sulfato ferroso amoniacal em solução, utilizando-se uma solução indicadora de ferroína, até que seja percebida uma cor castanha. O volume de solução ferrosa gasto é denominado VPA. Uma prova em branco foi preparada utilizando-se 2,5 ml de água destilada no lugar da amostra. E nesse caso, o volume de solução ferrosa gasto é denominado VPB. A prova padrão foi preparada utilizando-se 3,5 ml de ácido sulfúrico PA, com agitação contínua, até esfriar. Em seguida, a prova padrão foi titulada com a solução de sulfato ferroso amoniacal. O volume de solução gasto é denominado VP de acordo com a Figura 7. A demanda química de oxigênio é determinada de acordo com a Equação (4).

$$DQO(mgO_2/l) = \frac{(VPB - VPA) \times 1000}{VP} \quad (4)$$

Onde:

DQO = demanda química de oxigênio (mgO₂/l);
VPB = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto para titular a prova em branco (ml);
VPA = volume de solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na amostra (ml);
VP = volume de solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na prova padrão (ml).



Figura 7 – Determinação da Demanda Química de Oxigênio.

Demanda Bioquímica de Oxigênio

Inicialmente diluiu-se a amostra em uma proporção de 1:10. Disponha-se de dois frascos apropriados para cada amostra e em cada um foram colocados 5 ml da amostra diluída. Adicionou-se a água de diluição até completar o volume do frasco. A água de diluição foi preparada adicionando 1ml de tampão fosfato, sulfato de magnésio ($MgSO_4 \times 7H_2O$), cloreto de cálcio ($CaCl_2$) e cloreto férrico ($FeCl_3 \times 6H_2O$) para cada litro de água destilada armazenada a 20 °C em incubadora. Com o oximêtro, devidamente calibrado, mediu-se o nível de oxigênio inicial em um dos frascos de cada amostra. O outro frasco foi selado hidricamente e levado a incubadora por 5 dias. A cada dia completou-se o selo hídrico e ao quinto dia o processo de aferição do oxigênio dissolvido foi repetido, medindo-se o oxigênio dissolvido após os 5 dias de incubação de acordo com a Figura 8. A DBO foi calculada através da Equação (5).

$$DBO_5 = (OD_i - OD_5) \times \left(\frac{VF}{VA} \right) \quad (5)$$

Onde:

- DBO₅ = demanda bioquímica de oxigênio (mgO₂/l);
- OD_i = oxigênio dissolvido inicial;
- OD₅ = oxigênio dissolvido após 5 dias;
- VF = volume do frasco;
- VA = volume da amostra.



Figura 8 – Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

pH

O pH tem importância fundamental na digestão dos resíduos, pois suas variações podem acelerar ou inibir o processo de biodegradação do lixo (Monteiro, 2003). O seu comportamento no interior da massa do resíduo está diretamente relacionado aos produtos formados a partir das várias fases de degradação da matéria orgânica pelo processo de digestão anaeróbia.

O pH do meio anaeróbio, segundo Pinto (2000), está diretamente com as concentrações de álcalis e dos ácidos no sistema e bruscas alterações do pH afetam consideravelmente a atividade dos organismos metanogênicos.

Os valores de pH do lisímetro variou 6,5 a 8,0, identificando que o reator encontra-se em estágio de degradação, ou seja, fase de maturação, como está mostrado na Figura 9.

Logo, os dados sugerem que o lisímetro está na fase metanogênica, onde o pH tende a aumentar de acordo com o passar do tempo, mostrando que o lisímetro encontra-se em um estágio de degradação microbiana. Nesta fase metanogênica os compostos que eram formados nas fases anteriores, onde o pH é geralmente ácido, começam a ser metabolizados garantindo a manutenção de baixas concentrações de ácidos orgânicos, tornando o pH sempre de neutro a alcalino.

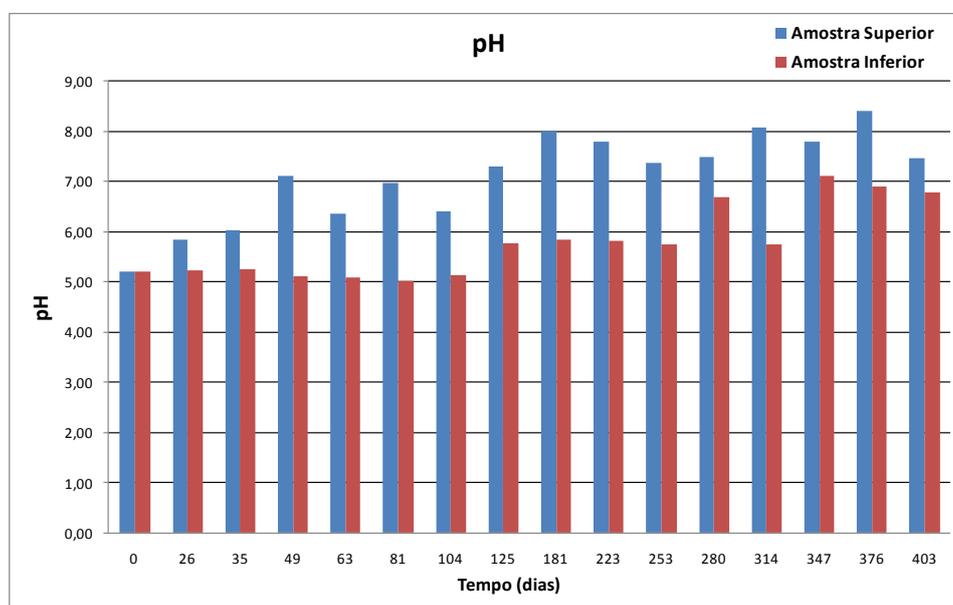


Figura 9: Evolução do pH com o tempo.

ALCALINIDADE TOTAL

De acordo com Lima & Nunes (1994) a alcalinidade está relacionada a sais alcalinos de sódio, cálcio e magnésio e mede a capacidade de a água neutralizar ácidos. Quando o pH é maior que 9,4 a alcalinidade é devido a hidróxidos e carbonatos, entretanto, quando o pH está entre 8,3 e 9,4, a alcalinidade a carbonatos e bicarbonatos.

Estudos realizados por Barlaz et. al. (1989), mostraram que as concentrações variando de 6.900mg/l a 8.000mg/l não provocaram inibição no sistema anaeróbio, desde que a concentração de sódio aumentassem lentamente existissem outros cátions presentes.

Os resultados do lisímetro mostraram que a concentração de sódio na massa do resíduo nos últimos dias, ficaram em torno de 1000 a 2000 mg/l (Figura 10), onde se verifica um baixa produção de amônia, que está diretamente relacionado com a redução da alcalinidade. Portanto, espera-se que o meio não passe a

ser tóxico para os microorganismos anaeróbios, que estão se adaptando, sugerindo que o lisímetro encontra-se na fase metanogênica.

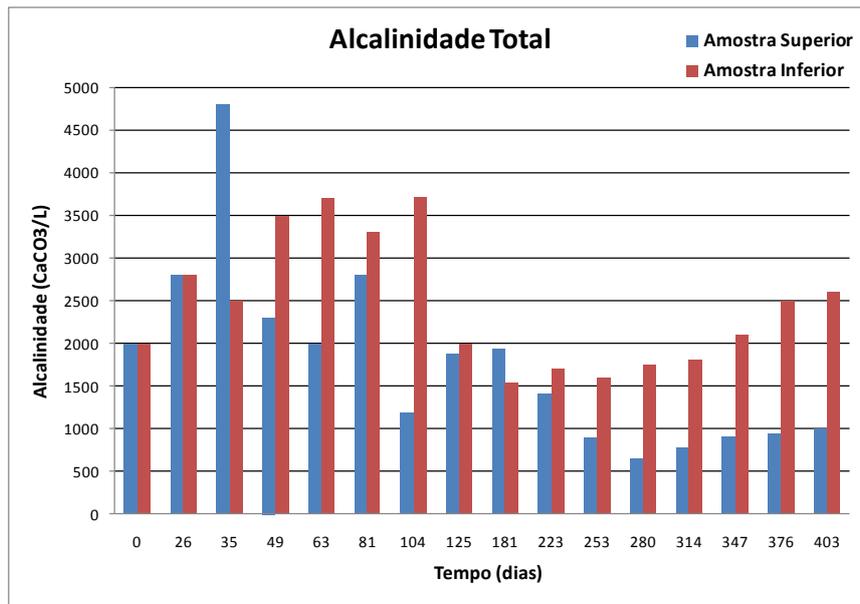


Figura 10: Evolução da Alcalinidade com o tempo.

ÁCIDOS VOLÁTEIS

Os ácidos voláteis advêm da solubilização do material particulado e passam a ser substratos ou material tóxico para determinadas espécies bacterianas responsáveis pela bioestabilização do material orgânico. Segundo Kroecker (1979) os ácidos voláteis são tóxicos para as bactérias metanogênicas a concentração em torno de 2000 mgHAC/L.

Os resultados obtidos, na Figura 11, mostram um aumento de ácidos voláteis na amostra inferior e um decréscimo na amostra superior, isto está ocorrendo devido ao processo de degradação e lixiviação da massa do resíduo ao longo do tempo.

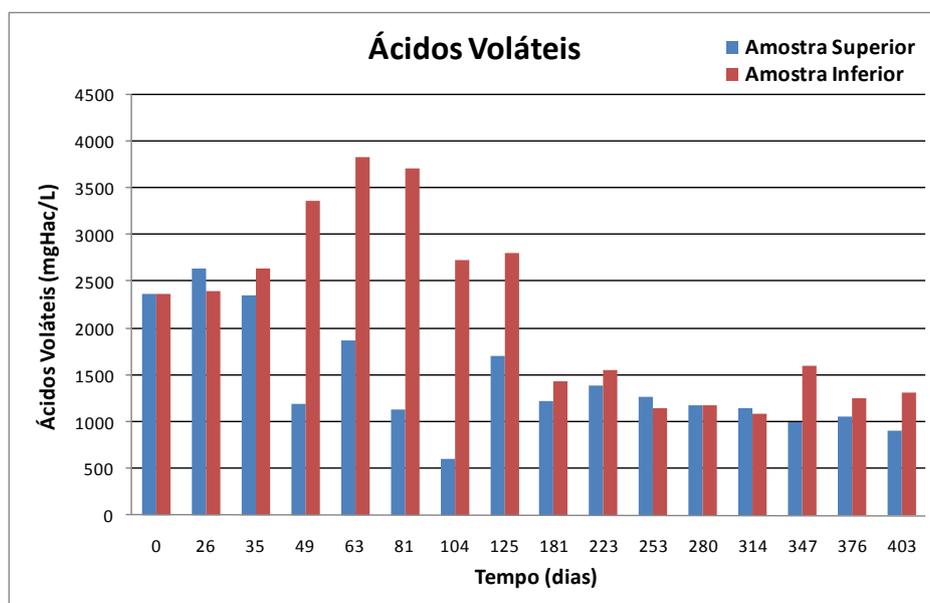


Figura 11: Evolução dos Ácidos Voláteis com o tempo.

CLORETOS

Segundo Junqueira (2000) o cloro é o principal ânion inorgânico que ocorre em concentrações variáveis em águas naturais. Contudo, não há efeitos adversos à saúde humana resultantes da presença de grandes quantidades de cloretos. A maioria dos usos domésticos, agrícolas e industriais requer concentrações de cloreto inferiores a 250 mg/l.

De acordo com a Figura 12, observa-se que na concentração de cloretos da amostra inferior do lisímetro houve um aumento considerável, podendo ser justificado pela sua facilidade de lixiviação e por possuir alta solubilidade.

Embora as concentrações de cloretos não afetem a biota microbiana no interior da massa do resíduo, se consideradas altas em contatos com rios podem causar uma alteração na biótica (Monteiro, 2003).

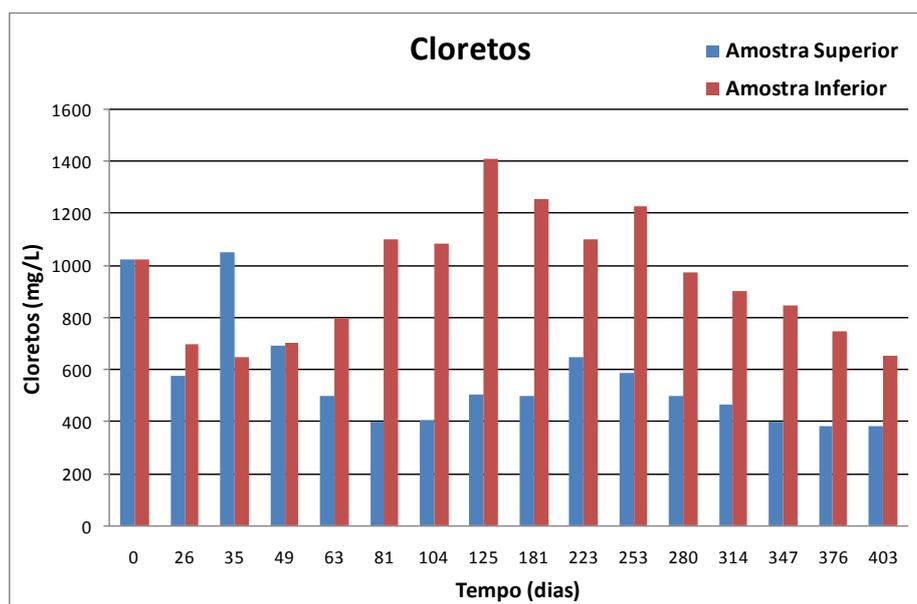


Figura 12: Evolução dos Cloretos com o tempo.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A Demanda Química de Oxigênio é uma medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica, ela é uma estimativa da quantidade material orgânico e redutor presente em meio líquido. Segundo Lima & Nunes (1994) a variação da DQO em função do tempo de aterramento expressa, de forma indireta, o rendimento da atividade microbiana ativa. Assim, medir a DQO ao longo do tempo significa aferir, indiretamente, a atividade microbiana.

Os valores obtidos na Figura 13 mostram um aumento na atividade microbiana, o que é justificado pelo fato resíduo está recém depositado, mostrando que o oxigênio começa a se desenvolver em condições anaeróbias. Esta fase é conhecida como hidrólise, porque os componentes complexos dos resíduos começaram a se transformar em ácidos graxos voláteis e alcoóis.

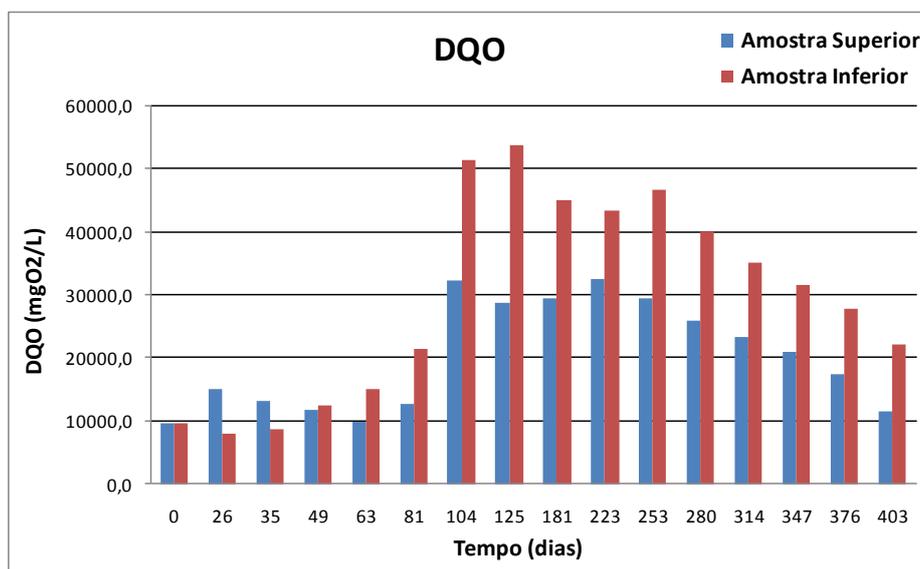


Figura 13: Evolução da DQO com o tempo.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio em solução aquosa é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar matéria orgânica pela decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente referida como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo, a uma temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias, numa temperatura de incubação de 20 °C, é freqüentemente utilizado e referido como DBO5 (Monteiro, 2003).

A DBO mede a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado. E este teste não mostra a presença de matéria não biodegradável nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

De acordo com Fernández-Viña (2000) apoud. Monteiro (2003) as concentrações médias de DBO para aterros novos são em torno de 10.000 mg/l e para aterros velhos (> 10 anos) os valores de concentração ficam numa faixa de 100mg/l a 2.000 mg/l. Segundo Pfeffer et al. (1986) apoud. Monteiro (2003), mostra concentrações em torno de 4.000 mg/l para aterros com até 5 anos e 80 mg/l para aterros com 16 anos.

Os resultados da DBO apresentados, na Figura 14, comparado com os resultados obtidos por estes autores, mostram que o lisímetro apresenta os resultados dentro da faixa de variação encontrados em aterros semelhantes e que o mesmo encontra-se em na fase metanogênica de decomposição. Verificam-se valores de DBO maior na amostra inferior, caracterizando um processo de lixiviação.

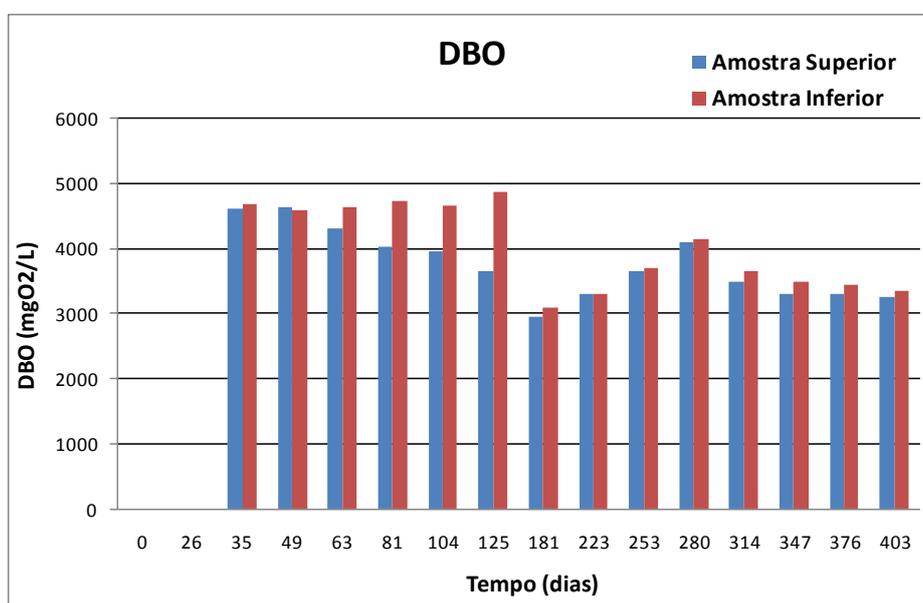


Figura 14: Evolução da DBO com o tempo.

CONCLUSÕES

As condições climáticas não favoreceram para o processo de degradação da matéria orgânica, fazendo com que a degradação dos resíduos ocorresse de maneira lenta.

A entrada extra de oxigênio ocasionou o retardamento do processo anaeróbio, impedindo a ação das bactérias metanogênicas e desestabilizando o meio, permitindo o aumento de organismo aeróbios no meio interno e diminuindo o número de organismos anaeróbios.

A avaliação mostra uma discreta diferenciação da porção superior e inferior dos resíduos do lisímetro. A degradação na porção superior foi ligeiramente observada nos resultados devido provavelmente à influência externa do ar que penetra através da camada de cobertura por caminhos preferenciais, tornando-a mais aeróbia em relação à amostra inferior que é mais anaeróbia.

Os parâmetros monitorados servirão de base para entender como ocorre a sucessão da biota microbiana durante as diferentes fases de degradação da matéria orgânica bem como compreender como fatores ambientais que interferem na biodegradação dos RSU.

De modo geral, os resultados obtidos em escala experimental serviram para comparar com os dados existentes em escala real, servindo de base para projetos adaptados às condições regionais, sendo ainda, utilizadas na elaboração e/ou aplicações de modelos matemáticos, com os quais poderão contribuir para instalação de um aterro sanitário na cidade de Campina Grande, Paraíba.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

A EXTRABES pela contribuição com o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, P.B., Monteiro, V.E. D, Palha, M.L.A. P, Araújo, J.M., Jucá, J.F.T. **“Construção e Monitoramento de uma Célula Experimental de RSU em Escala Reduzida”**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande-MS, 2005.

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Arnold E. Greenberg et al., 18 ed. Supplement. p. 70, Washington, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos – Classificação: NBR 10004**, p.71. Rio de Janeiro, 2004.

BARLAZ M.A., SCHAEFER D.M., HAM R.K. **“Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill”**. Applied Environmental Microbiology. London, v.55, p. 55-65, 1989.

BIDONE, F. R. A. & POVINELLI, J. **“Conceitos Básicos de resíduos Sólidos”**. São Carlos – São Paulo, p. 120. EESC/USP, 1999.

ESPINACE, R., Palma J.& Sánchez-Alciturri J.M. **“Experiencias de Aplicación de Modelos para la Determinación de los Asentamientos de Rellenos Sanitarios”**, XI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Foz de Iguaçu, Brasil, 1999.

JUCÁ, J.F.T. **“Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil”**.5o Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO'2003, Porto Alegre, RS, 2003.

JUNQUEIRA, F.F, **“Análise do Comportamento de Resíduos Urbanos e Sistemas Dreno Filtrantes em Diferentes Escalas, com Referência ao Aterro do Jóquei Clube – Df. Tese de Doutorado”**, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2000.

KROEKER, E.J. **“Anaerobic treatment process stability”**. Journal WPCF, London, v.51, n.4, 718p, 1979.

LEITE, H. E. A. S. **“Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – PB”**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2008.

LIMA, L.M.Q. & NUNES, C.R. **“Aterro Sanitário Celular”**. 1994.

MCDUGALL J.R. & PHILP J.C. **“Parametric Study of Landfill Biodegradation Modelling: Methanogenesis & Initial Conditions”**. In Proc. Sardinia 2001, 8th Intl. Waste, 2001.

MELO, M.C. **“Uma Análise de Recalques Associada a Biodegradação no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca”**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife/PE, 2003.

MONTEIRO, V.E.D. **“Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca”**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2003.

MCDUGALL J.R. & PHILP J.C. **“Parametric Study of Landfill Biodegradation Modelling: Methanogenesis & Initial Conditions”**. In Proc. Sardinia 2001, 8th Intl. Waste, 2001.

MEIRA, R. C. **“Estudo biodegradativo dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB em escala experimental”**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2009.

PINTO, D. M. L. **“Avaliação da Biodegradabilidade da Fração Orgânica dos Resíduos Domésticos”**. Tese (Doutorado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2000