

III-134 – ESTUDO DA TEMPERATURA NA DEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ESCALA EXPERIMENTAL

Lilyanne Rocha Garcez Pereira⁽¹⁾

Professora Assistente da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Hosana Emília Abrantes

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Márcio Camargo de Melo

Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro

Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Coordenadora do grupo de pesquisa em Geotecnia Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Rua Vígilio Ramos, 108, São Raimundo. Manaus - AM. CEP: 69.027-060. Endereço eletrônico: lrgarcez@hotmail.com

RESUMO

A falta de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem causado problemas ao meio ambiente e ao homem. Em países em desenvolvimento, os depósitos de RSU são comumente lixões e em decorrência dessa problemática torna-se necessário o monitoramento dos locais de despejos dos resíduos tendo como principal função a eficiência do sistema e contenção de contaminantes. Células experimentais (lisímetros) podem ser utilizadas para obter parâmetros e entender o comportamento de aterros de RSU através de seu monitoramento. Esta pesquisa teve como objetivo estudar a variação da temperatura na evolução do processo de biodegradação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da cidade de Campina Grande-PB, em escala experimental. Foi obtido como principal resultado para a temperatura interna no lisímetro uma variação dentro da faixa mesofílica, sendo esse um valor próximo ao que a literatura técnica internacional considera como faixa ótima de operação de aterros de RSU

PALAVRAS-CHAVE: Lisímetro, Resíduos Sólidos Urbanos, Temperatura.

INTRODUÇÃO

A falta de gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem causado problemas ao meio ambiente e ao homem. Levando em conta que ocorrem variações nas características dos resíduos de localidade para localidade dependendo da situação econômica, cultural e social da área estudada, bem como influência da sazonalidade e do clima da região, os dados encontrados na literatura a respeito do assunto em uma determinada localidade não podem ser generalizados para qualquer região, necessitando-se do desenvolvimento de estudos específicos para cada local. Células experimentais (lisímetros) possibilitam entender o comportamento de aterros de RSU e representam uma técnica bastante interessante para obter parâmetros de projetos, dimensionamento e construção de aterros, além do mais pode fornecer contribuições na área de saneamento através de monitoramento de processos.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo estudar a variação da temperatura na evolução do processo de biodegradação dos RSU da cidade de Campina Grande-PB, em escala experimental.

O monitoramento do lisímetro envolveu medições e coletas periódicas de amostras sólidas para análises laboratoriais. A proposta para a avaliação dos resíduos através do lisímetro pode sugerir os possíveis ajustes que poderão ser aplicados em escala real, pois por intermédio dele foram monitoradas variáveis físicas, químicas, físico-químicas e microbiológicas para entender o comportamento desses resíduos ao longo do tempo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Campo experimental: A pesquisa foi desenvolvida através da construção e monitoramento de uma célula experimental (lisímetro), simulando uma célula de aterro sanitário. O lisímetro foi construído no campo experimental EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários), um núcleo de pesquisa pertencente à Universidade Federal de Campina Grande e Universidade Estadual da Paraíba, localizado em um terreno pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA.

Construção do biorreator (lisímetro): O lisímetro foi construído a partir da adaptação de duas manilhas em concreto armado com as seguintes dimensões: altura de 2,15m, diâmetro interno de 1,00m e volume aproximado de 1,70m³ (Figura 1). A estrutura foi apoiada sobre uma base de concreto, fixada com auxílio de argamassa. Em suas camadas de base e cobertura foi empregado um solo que imprimisse características de impermeabilidade. A estrutura do lisímetro foi constituída de um sistema de drenagem que constou de um tubo de PVC apoiado sobre o solo compactado e sobre uma camada de pedra britada utilizada para promover a drenagem de toda a célula experimental. Foi dotado de uma instrumentação como sistema de drenagem de líquidos e gases, piezômetro para medição do nível de líquidos, placas circulares para medição de recalques superficiais e em profundidade e termopares para medição de temperatura em profundidade.

Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU): Objetivando uma amostra representativa dos RSU da cidade de Campina Grande, foram utilizados para o preenchimento do lisímetro resíduos provenientes de três bairros de classes sociais distintas. Esses resíduos foram devidamente homogeneizados e após a pesagem, lançados no lisímetro em camadas de 0,10m e compactado manualmente. Juntamente com a colocação do lixo foi instalada a instrumentação necessária ao monitoramento do lisímetro. O período de monitoramento do lisímetro através das amostras coletadas foi de outubro de 2007 a outubro de 2008.

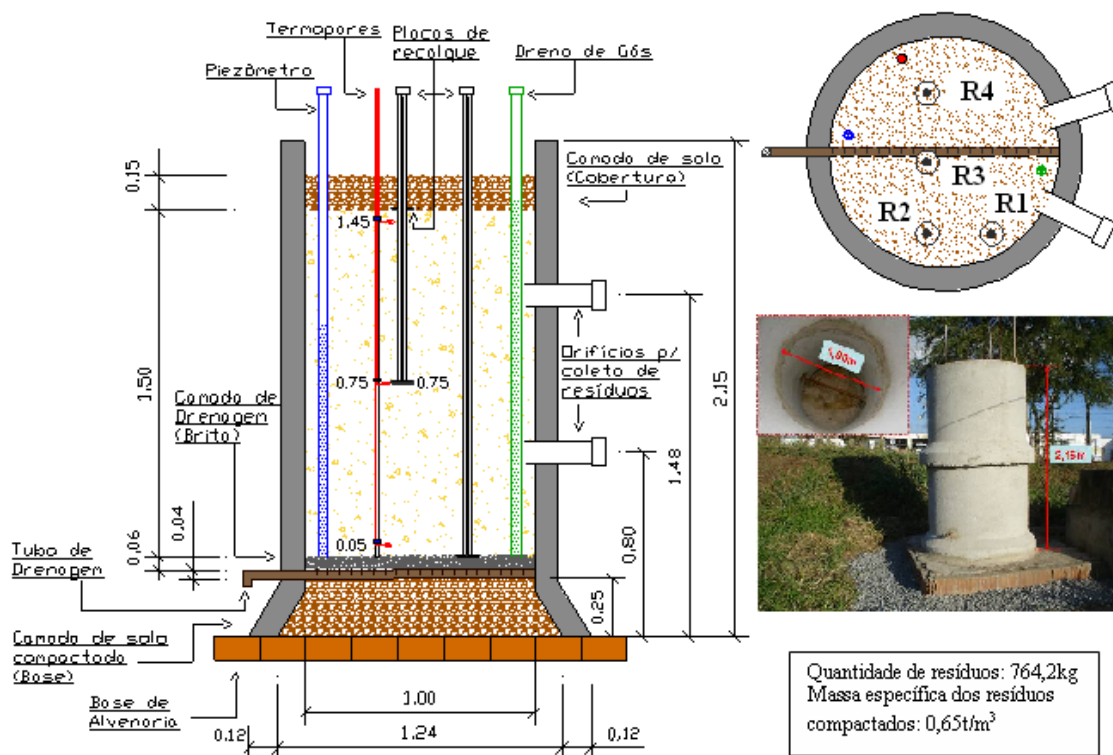


Figura 1: Desenho esquemático do lisímetro. Fonte: Leite (2008).

Análises da Temperatura: A medição de temperatura da massa de lixo foi feita *in situ* com o auxílio de um termômetro conectado aos termopares instalados em três profundidades diferentes desde a camada de cobertura até a base do lisímetro. A temperatura ambiente foi monitorada com termômetro comum de coluna de mercúrio e a temperatura ambiente média foi determinada através dos dados diários obtidos pelo INEMET (Estação Climatológica Principal do Centro de Pesquisa do Algodão da EMBRAPA em Campina Grande).

RESULTADOS

Condições climáticas

Inicialmente serão apresentadas as condições climáticas da cidade de Campina Grande, pois, de acordo com Monteiro (2003), as condições climáticas influenciam nas reações de um depósito de resíduos sólidos urbanos, devido a sua interferência nas propriedades físicas, físico-químicas, químicas e biológicas que regem seu comportamento. Ferreira (2006) cita como exemplo o volume do lixiviado que é alterado pelas condições climáticas (precipitação, temperatura, evaporação, umidade relativa do ar etc.), pelas características dos resíduos, forma de disposição e desenvolvimento de um aterro de RSU.

A Figura 2 mostra os dados de precipitação e evaporação da Cidade de Campina Grande no período de monitoramento do lisímetro.

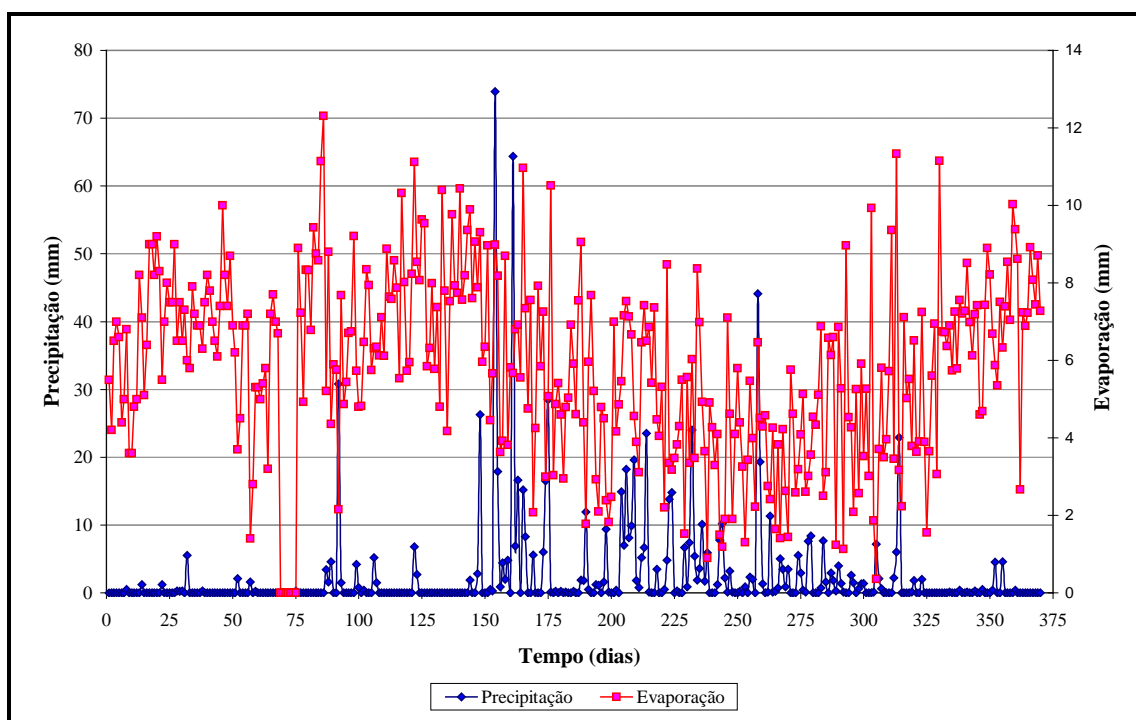


Figura 2. Curvas de precipitação e evaporação na cidade de Campina Grande – PB

De uma maneira geral, observa-se na Figura 2 um índice inicial baixo para os valores de precipitações com alguns valores mais altos registrados aos 92 dias (chegando a 31mm) e tendência à elevação a partir dos 148 dias, sendo as maiores precipitações registradas entre 150 e 279 dias, como era esperado, pois o período de chuvas da cidade sempre inicia no mês de março e tem duração até o mês de agosto, que são os meses equivalentes ao período de 130 dias a 300 dias de monitoramento.

Segundo Galvêncio & Ribeiro (2005) a região onde está localizada a Cidade de Campina Grande apresenta baixo índice de precipitação no estado da Paraíba, com valores médios anuais de 760mm. Almeida *et al.* (2005) *apud* Henrique (2006) verificaram que a média aritmética da precipitação pluvial em Campina Grande é de 758mm. Os valores de evaporação se mantiveram na faixa de 0mm a 13mm com as maiores concentrações na faixa de 4mm a 6mm, sendo os menores valores registrados nos meses de junho e julho, onde a umidade relativa do ar, segundo Henrique (2006), alcança os maiores valores registrados durante o ano. A influência das condições climáticas será descrita no decorrer das discussões das variáveis monitoradas, sendo os dados climáticos uma ferramenta complementar para a análise do comportamento da massa de resíduos no lisímetro.

Variáveis físicas

Serão analisados os valores da temperatura que, segundo Lima (1988), tem importância significativa no processo de degradação dos resíduos, pois influencia na produção de gás e na eficiência da atividade microbiana; e o teor de umidade que, segundo Mitchell *et al.* (1995) *apud* Lima *et al.* (2002), está fortemente

ligado a vários fatores, dentre eles a composição inicial dos resíduos, as condições climáticas e a quantidade de umidade gerada no processo biológico.

Temperatura

De acordo com Junqueira (2000), as temperaturas no interior da massa de lixo são de grande importância, principalmente no que se refere à atividade de microrganismos que promovem a degradação dos diversos componentes do lixo. Segundo o mesmo autor, as temperaturas em aterros geralmente não ultrapassam 50°C, com valores mais elevados na fase inicial aeróbia, devido à atividade exotérmica das bactérias aeróbias que se utilizam do grau de oxigênio disponível no início do processo de aterramento, liberando calor durante a degradação da matéria orgânica. Com o avanço da atividade aeróbia, a falta de contato do lixo com a atmosfera faz com que o nível de oxigênio decaia propiciando o desenvolvimento de bactérias anaeróbias e conseqüentemente, queda nas temperaturas.

A Figura 3 mostra a variação da temperatura registrada nos três termopares no interior do lisímetro, monitoradas *in situ*, no decorrer do período de monitoramento.

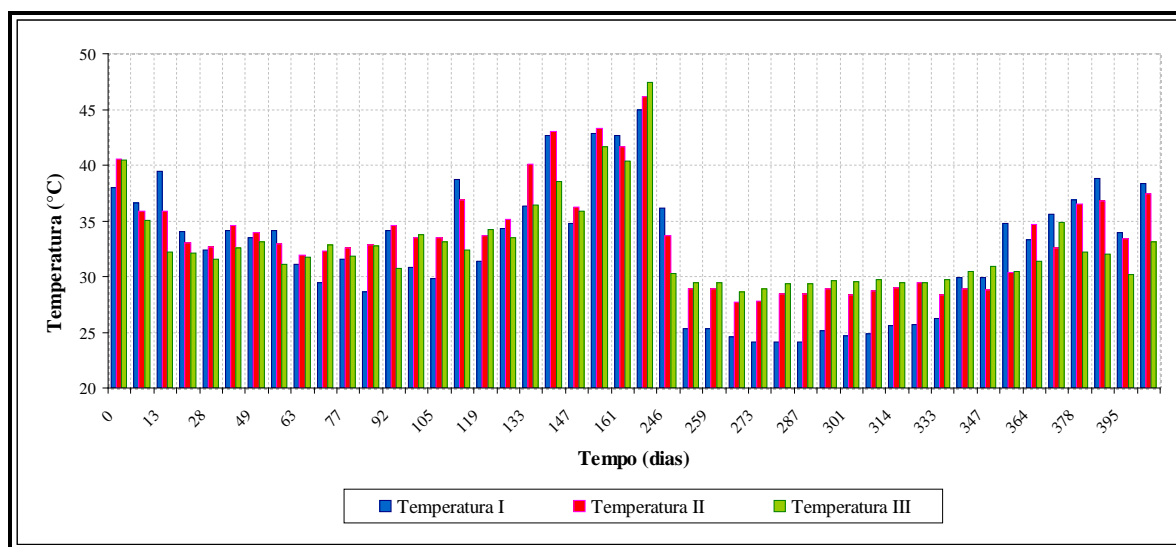


Figura 3. Variação da temperatura no interior do lisímetro

Conforme a Figura 3 a temperatura inicial no interior do lisímetro foi de aproximadamente 40°C registrada nos três termopares instalados, identificando uma faixa mesofílica, sendo esse um valor próximo ao que a literatura técnica internacional considera como faixa ótima de operação de aterros de RSU que varia de 36°C a 38°C. Lima (1988) em estudos com aterro sanitário na cidade de Campinas (SP) relatou a presença de temperatura nas fases iniciais em torno de 45°C. Alcântara (2007), nos seus estudos com lisímetros, registrou temperaturas iniciais em torno de 39°C e 45°C.

Para os 100 primeiros dias, a temperatura no interior do lisímetro teve uma variação pequena estando entre 30°C e 35°C e a TA, demonstrada por meio da Figura 4, teve como maior valor em torno de 36°C.

No período de 100 a 250 dias após o enchimento do lisímetro, os valores de temperatura oscilaram entre 30,3°C e 47,4°C sendo esses os maiores valores registrados durante o período de monitoramento. Nesse período a TA também apresentou o seu maior valor, mas não ultrapassou 38°C.

A partir do 250º dia de monitoramento os valores da temperatura I foram registrados em torno de 25°C e os das temperaturas II e III foram bastante similares sendo os valores registrados em torno de 28°C. A temperatura I, por ser medida através do termopar instalado próximo à camada de cobertura, pode ter sofrido maior influência da TA, pois de acordo com a Figura 2, os valores de precipitação entre 150 e 279 dias foram os mais altos durante o período de monitoramento devido a estação chuvosa da cidade de Campina Grande o que acarretou na diminuição da TA e TAM e, segundo Junqueira (2000), as variações de temperatura durante os períodos chuvosos podem desequilibrar o ambiente em que se desenvolvem as bactérias responsáveis pela degradação do lixo.

A Figura 4 mostra a variação da temperatura ambiente (TA) medida “in situ” e a variação da temperatura ambiente média diária (TAM) na cidade de Campina Grande fornecida pelo INEMET.

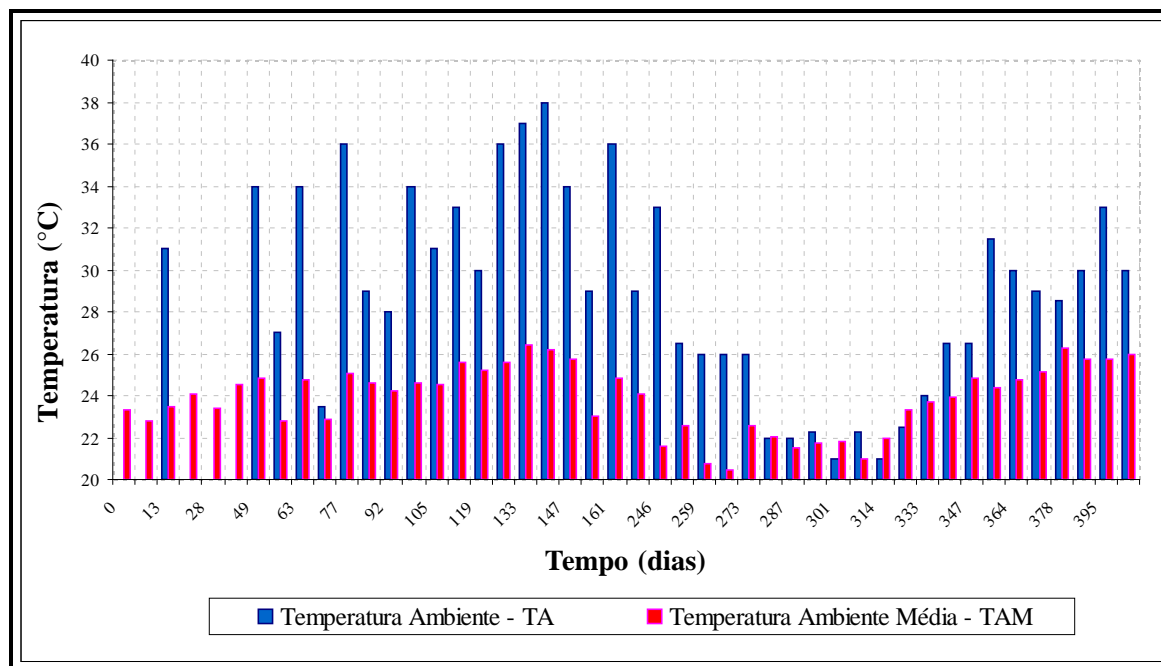


Figura 4. Variação da temperatura ambiente durante o monitoramento do lisímetro

Após os 350 dias de monitoramento observou-se uma alteração no valor da temperatura, visto que também houve uma diminuição no valor da precipitação (Figura 2). A TA foi registrada em torno de 28°C a 30°C. Esses valores podem ser justificados, pela influência da TA dentro do lisímetro devido às condições de construção do biorreator, pois se observa que de maneira geral, a temperatura no interior do lisímetro (Figura 3) tem variações semelhantes ao que ocorre com a temperatura ambiente (Figura 4).

Vale salientar que a TAM é baixa ao ser comparada com a TA devido ao clima da cidade de Campina Grande ser do tipo equatorial semi-árido, com temperaturas médias bastante amenas, sofrendo relativamente pequenas variações no decorrer do ano, com máximas de 27 graus e mínimas de 16 graus. Então as temperaturas médias compensadas são sempre inferiores aos 25°C devido as baixas temperaturas que são registradas durante a noite (MUNICÍPIOS PARAIBANOS, 2008).

Deve-se ressaltar que as temperaturas medidas pelos termopares no lisímetro podem ter sofrido variações com possíveis trocas de calor do meio interno com o externo, devido a parede do lisímetro ser de espessura pequena. Lopes & Gomes (2000) citam que temperaturas em aterros com grandes profundidades são mais elevadas que em lisímetros.

Em seus estudos com aterros em escala experimental, Junqueira (2000) registrou valores máximos em torno de 46°C e mínimos em torno de 23°C, sendo a média das temperaturas registradas em torno de 30°C. Também foram observados picos elevados no valor da temperatura após vários meses de aterramento dos resíduos, sendo esses picos relacionados a épocas chuvosas verificando uma forte correlação entre a temperatura e a precipitação/infiltração. O autor também cita que a ocorrência de precipitações permite a entrada de oxigênio dissolvido nas chuvas e, essa entrada de oxigênio extra faz com que haja uma desestabilização do meio, permitindo o aumento de organismos aeróbios no meio interno e diminuindo o número de organismos anaeróbios. Essa entrada de oxigênio pode justificar valores elevados de temperaturas.

Diferente do que aconteceu no lisímetro em estudo, os valores mais altos de temperatura foram registrados durante os períodos secos (maior evaporação e menor precipitação), percebendo que pode ter existido a interferência da temperatura ambiente no interior do lisímetro. Também pôde ser verificado por meio das quantificações dos microrganismos aeróbios, descritos em Leite (2008), que essa quantificação decresceu no decorrer do tempo não apresentando valores excessivos no período de maiores precipitações.

Alcântara (2007) em sua pesquisa com lisímetros registrou temperaturas estabilizadas em torno de 30°C durante a maior parte do tempo de monitoramento. Brummeler (1993), em seus estudos, observou que o melhor desempenho das bactérias metanogênicas atingiu os valores mais altos com a massa de resíduos submetida a temperaturas entre 40°C e 55°C e que, entre 14°C e 20°C a taxa de digestão foi muito baixa com a produção de gases atingindo apenas 20% do potencial do experimento. O autor cita que a taxa de formação do metano é mais afetada pela temperatura que as de ácidos e de hidrogênio, devido à alta sensibilidade dos organismos metanogênicos às mudanças de temperatura.

Segundo Tchobanoglous *et al.* (1993), para uma maior eficiência do processo de digestão anaeróbia, os níveis de temperatura ótima são os mesofílicos e termofílicos, ressaltando que a temperatura pode possibilitar o desenvolvimento dos microrganismos, pois, de acordo com Machado (2004) os microrganismos que atuam na degradação de resíduos têm capacidade de suportar maiores faixas de variação da temperatura comparando com as faixas encontradas através do monitoramento.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A média dos valores de temperatura apresentou-se, de acordo com a literatura técnica, dentro de uma faixa de limites aceitáveis para que a degradação microbiana dos resíduos ocorra normalmente, ficando a maioria dos valores dentro da faixa mesofílica e em alguns pontos dentro da faixa termofílica.

A temperatura interna no lisímetro oscilou dentro da faixa mesofílica, ressaltando que, estes valores estão dentro da variação considerada ótima para o processo de degradação em aterros, pois possibilita o desenvolvimento dos microrganismos;

Os valores registrados para a temperatura no interior do lisímetro foram semelhantes aos valores registrados para a temperatura ambiente, havendo provavelmente interferência da temperatura externa em relação à interna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcântara, P.B. Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. Tese de Doutorado. UFPE. 2007.
2. Brummeler, E.T. Dry anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste. Tese de doutorado. Wageningen Agricultural University – Wageningen, the Netherlands. 1993.
3. Ferreira, M. A. da S. Aplicação de modelos de avaliação qualitativa e quantitativa dos percolados gerados em um aterro sanitário. Dissertação de mestrado. UFRJ. 2006.
4. Galvêncio, J.D. & Ribeiro, J.G. Precipitação média anual e a captação de água de chuva no Estado da Paraíba. 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva. Teresina – PI. 2005.
5. Henrique, F.A.N. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande-PB. Dissertação de Mestrado. UFCG. 2006.
6. Junqueira, F.F. Análise do Comportamento de Resíduos Urbanos e Sistemas Dreno Filtrantes em Diferentes Escalas, com Referência ao Aterro do Jôquei Clube – DF. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. 2000.
7. Leite, H.E.A.S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande - Paraíba. Dissertação de Mestrado. UFCG. 2008.
8. Lima, A.L.; Jucá, J.F.T.; Brito, A.R.; Melo, M.C. Estudos comparativos de diferentes metodologias para determinação de umidade e sólidos voláteis aplicadas em resíduos sólidos urbanos. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002.
9. Lima, L.M.Q. Estudo da influência de reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário. Tese de doutorado. EESC/USP. 1988.
10. Lopes, M.L. & Gomes, C.C. Problemas relativos a estabilidade de aterros de resíduos. Seminário sobre aspectos geotécnicos do projeto e construção de aterros de resíduos. LNEC. Sociedade Portuguesa de Geotecnia. 2000.
11. Machado, C.F. Avaliação da presença de microrganismos indicadores de contaminação e patogênicos em líquidos lixiviados do aterro sanitário de Belo Horizonte. Dissertação de mestrado. UFMG. 2004.

12. Monteiro, V.E.D. Análises Físicas, Químicas e Biológicas no Estudo do Comportamento de Aterro da Muribeca. Tese de doutorado. UFPE. 2003.
13. Municípios Paraibanos. Campina Grande. Acessado em 05/2008. Disponível em: <http://www.paraiba.org.br/artesanato/campina.htm>.
14. Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; Vinil, S. Integrated solid waste management. Engineering principles and management issues. New York. 1993.