



ANÁLISE DE PARÂMETROS EM CÉLULA EXPERIMENTAL PARA RSU

Larissa Santana Batista, Benedita Caroline dos Santos Dantas, Darah Angelo Araujo, Lis Marinho de Moraes, Maria Celina Silva Diniz

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG, larisantaanabatista@gmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são o resultado das atividades humanas, domésticas e industriais. A principal destinação final desses resíduos são os aterros sanitários, pois, além de otimizar o espaço, podem utilizar mantas para impermeabilizar o solo e tratar o gás gerado sem causar danos ou colocar em risco a saúde pública. Os fatores que serão utilizados para analisar a biodegradação da matéria orgânica, em amostras derivadas de resíduos urbanos, são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Composição Gravimétrica. Utilizando células experimentais, foi possível obter os parâmetros utilizados para analisar as reações dos aterros de RSU. Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de coletas realizadas mensalmente na célula experimental construída e, para essas análises, foram realizados procedimentos segundo LIPOR (2000), adaptado por LEITE (2008), Pereira et al (2010) e Standard Methods (APHA, 1998). Com os dados obtidos, encontrou-se a rapidez da estabilidade biológica dos RSU, o teor de matéria orgânica, a biodegradação no aterro e as concentrações de DQO E DBO.

PALAVRAS-CHAVE: Biodegradação, RSU, DBO, DQO e Aterro sanitário.

ABSTRACT

Urban solid waste (MSW) is the result of human activities, domestic and industrial. The main final destination of this waste is landfills, because, besides optimizing space, they can use blankets to waterproof the soil and treat the gas generated without causing damage or endangering public health. The factors that will be used to analyze the biodegradation of organic matter in samples derived from urban waste are: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) and the Gravimetric Composition. Using experimental cells, it was possible to obtain the parameters used to analyze the reactions of MSW landfills. This research was developed from collections made monthly in the experimental cell built and, for these analyses, procedures were performed according to LIPOR (2000), adapted by LEITE (2008), Pereira et al (2010) and Standard Methods (APHA, 1998). With the data obtained, the speed of the biological stability of MSW, the organic matter content, the biodegradation in the landfill and the concentrations of COD AND BOD were found.

KEY WORDS: Biodegradation, MSW, BOD, COD and Landfills.

INTRODUÇÃO

Devido ao aumento exacerbado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sua destinação final adequada é de suma importância para o meio ambiente. A eliminação ou depósito dos resíduos de forma inadequada traz grandes prejuízos, contaminando o solo, a água e o ar, o que acaba afetando a qualidade de vida, tornando-se necessária a busca de soluções para o problema. Desta maneira, aterros sanitários representam uma técnica bastante adequada, pois dispõe de métodos de impermeabilização do solo e cobertura dos resíduos, diminuindo os impactos ambientais.

De acordo com CAMPOS, 2010, não se pode considerar o aterro sanitário como um simples local de armazenamento. Deve-se projetar e aplicar métodos operacionais que permitam a ocorrência dos processos de degradação e estabilidade geotécnica do aterro com segurança. Portanto, o aterro deve ser um local onde os resíduos são depositados de forma controlada no solo. Uma vez depositados, os resíduos degradam naturalmente por via biológica até a mineralização da matéria biodegradável, em condições principalmente anaeróbias.

A decomposição dos resíduos, do ponto de vista geotécnico, faz-se fundamental para o aterro sanitário, devido ao comportamento dos maciços, em razão da diminuição da compressibilidade e da permeabilidade do RSU ao longo do tempo, como resultado da contínua perda de massa e aumento da densidade.

De modo geral, em relação à degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, à redução de volume dos resíduos, os aterros de RSU possuem um bom comportamento, tendo como consequência os recalques, que podem ser quantificados através da instrumentação geotécnica. Os parâmetros geotécnicos, como a camada de base e cobertura, instrumentação e



recalques estão interligados, podendo ocorrer fissuras na camada de cobertura caso haja uma deficiência em se prever recalques, principalmente os diferenciais (Moreda, 2000).

Dentre vários fatores que contribuem para essa biodegradação, destacam-se a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A DQO indica a carga de matéria orgânica transportada na amostra e a medida de oxigênio requerida para a estabilização dessa matéria, através de processos químicos. A DBO se refere à quantidade de oxigênio para estabilizar, através da ação de microrganismos, a matéria orgânica da amostra.

A DQO e DBO em resíduos de aterros podem variar de acordo com o tempo de disposição, ou seja, a matéria orgânica tende a diminuir quanto maior for o tempo de disposição.

TCHOBANOGLIOUS et al, 1993 relata que, a relação DBO/DQO é um parâmetro importante, pois retrata a biodegradabilidade da matéria orgânica presente na massa de RSU, que varia com a idade do aterro.

Outro fator que influencia a biodegradação dos RSU é a composição gravimétrica, que expressa percentualmente o peso de cada tipo de resíduo em relação ao peso total da amostra. De acordo com Melo (2011), a composição gravimétrica apresenta a análise real do comportamento físico, físico-químico e microbiológico da massa como um todo durante o período de monitoramento. Estes parâmetros influenciam na compressibilidade e na resistência do aterro, podendo ser observado que, quanto maior a quantidade da matéria biodegradável, maior será a compressibilidade e menor será a resistência.

O conhecimento da composição gravimétrica permite uma avaliação preliminar da degradabilidade, do poder de contaminação ambiental, e das possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização energética e orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Torna-se importante nas escolhas mais adequadas do tratamento e destino final dos resíduos (ALCANTARA, 2007).

Células experimentais (lisímetros) podem ser utilizadas para obter esses parâmetros e entender o comportamento de aterros de RSU através de seu monitoramento, sendo de fundamental relevância para aplicação em aterros em escala real (LEITE, 2008).

O lisímetro é dotado de um sistema de drenagem de líquidos e gases, medição de nível dos líquidos, medidores de recalques, temperatura, concentração e fluxo de gases, proporcionando o conhecimento de diversos parâmetros sob condições controladas (MONTEIRO, 2003). Essa célula proporciona resultados aproximados do real, já que eles estão ligados à influência das condições ambientais e dos componentes e resíduos nele existentes.

OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo observar a relação da demanda química e bioquímica de oxigênio, e a composição gravimétrica presente na decomposição dos resíduos, a fim de verificar o desempenho e a funcionalidade do aterro sanitário.

METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu a partir da construção e monitoramento da célula experimental (lisímetro) (Figura 1), no campus Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em parceria com a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).



Figura 1 - Foto da Célula Experimental (Lisímetro). Fonte: Autor do Trabalho

Após a conclusão da parte inicial do projeto, que consiste na construção, instrumentação e preenchimento do lisímetro, iniciou-se a fase de monitoramento, com o objetivo de analisar os parâmetros físico-químicos, especificadamente a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio e da Demanda Química de Oxigênio. Os dados foram obtidos através da instrumentação instalada e da coleta de amostras sólidas, onde o monitoramento se deu através da coleta de resíduos para análises em laboratório. As coletas foram realizadas mensalmente, na parte da manhã, na célula experimental, onde tais amostras eram encaminhadas ao laboratório da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES).

As amostras foram retiradas, a partir das aberturas laterais da célula experimental, em diferentes níveis, com o auxílio de um amostrador em aço galvanizado de cravação manual de 1,5m de altura e uma hélice de 120mm de diâmetro. (Figura 2 e 3).



Figura 2 - Amostrador para retirada das amostras. Fonte: Autor do Trabalho



Figura 3 - Retirada das amostras. Fonte: Autor do Trabalho

As amostras contidas na célula experimental foram retiradas a partir das aberturas laterais, em 3 diferentes níveis. Mas, após 223 dias de monitoramento, notou-se a presença de solo de cobertura no nível superior, inviabilizando as coletas neste ponto.

Para cada altura, superior, intermediária e inferior, eram coletados aproximadamente 600g de resíduos. Após coletados, esses resíduos eram armazenados em sacos plásticos, conforme técnicas de coleta e conservação. Ao chegar no



laboratório, tais resíduos eram picotados em tamanho de aproximadamente 30mm a 50mm, e imersos em água destilada por um período de 30 minutos, no intuito de se obter um extrato líquido para a realização das análises (Figura 4).

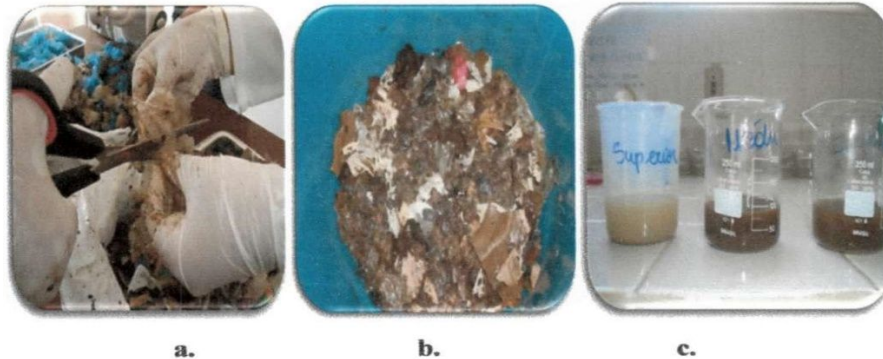


Figura 4 - a. Picotagem dos resíduos; b. Amostra com água destilada; c. Extrato dos resíduos identificados por camada. Fonte: Autor do Trabalho

A análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) foi regida pelo método sem sementeira da Standard Methods (APHA, 1998). A partir das amostras de resíduos sólidos, foi preparada a diluição na proporção de 1:10. Em seguida, colocou-se 5mL da diluição em dois frascos apropriados e adicionou-se a água de diluição, previamente preparada, até completar o volume do frasco.

Para a preparação da água de diluição, foi adicionado 1mL de tampão fosfato, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico para cada litro de água destilada, sendo acondicionados a 20 °C em uma incubadora. No primeiro frasco de cada amostra, o nível de oxigênio inicial foi medido com o auxílio do oxímetro, previamente calibrado. O segundo frasco foi selado hidricamente e acondicionado na incubadora durante 5 dias. Para cada dia, completou-se o selo (feixe) hídrico e, no quinto dia, aferiu-se novamente o nível de oxigênio (figura 5).



Figura 5 - Determinação da DBO. Fonte: Autor do Trabalho

Assim, a DBO_5 foi calculada a partir da diferença da leitura inicial e final do oxigênio dissolvido, dada pela seguinte equação:

$$DBO_5 \left(\frac{mgO_2}{L} \right) = (OD_i - OD_5) \times \frac{VF}{VA} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

DBO_5 = demanda bioquímica de oxigênio (mgO₂/l);

OD_i = oxigênio dissolvido inicial;

OD_5 = oxigênio dissolvido após 5 dias;

VF = volume do frasco;

VA = volume da amostra.

O ensaio da Demanda Química de Oxigênio (DQO) também foi realizado com base no Standard Methods (APHA, 1998). Assim, em tubos de digestão foram adicionados 1,5mL de solução digestora, 2,5ml do extrato, sendo para prova em branco 2,5mL de água destilada, e 3,5mL de solução catalizadora. Em seguida, os tubos foram homogeneizados com auxílio de um misturador vibratório e movidos para o bloco digestor a 150°C por 2 horas. Após este período, os tubos são levados e submetidos ao resfriamento.



Em seguida, a mistura foi transferida para um Erlenmeyer de 100mL e, logo após, foi realizada uma lavagem com água destilada nos tubos, até obter um volume de 25mL. Daí, adicionou-se o indicador de ferroína e inicializou-se a titulação propriamente dita, com o titulante Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA). Durante a titulação, observou-se a mudança da cor azul pálida para castanho, indicando o fim do processo.

Em um Erlenmeyer de 100mL, foi adicionado 1,5 ml da solução digestora, 15 ml de água destilada e 3,5 ml de ácido sulfúrico PA com agitação contínua. Deste modo, obteve-se a prova em branco padrão. Ressalta-se que, esta amostra não precisa ser submetida ao processo de digestão no bloco, porém, como as reações são exotérmicas, precisaram ser resfriadas. Em seguida, adicionou-se uma gota de solução indicadora de ferroína e, com o titulante de Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA) em solução, iniciou-se a titulação até observar a mudança de coloração, sinalizando o final do processo (figura 6).



Figura 6 - Determinação da DQO. Fonte: Autor do Trabalho

Logo, a DQO foi calculada usando a diferença do volume gasto da solução titulante, pela seguinte equação:

$$DQO\left(\frac{\text{mgO}_2}{L}\right) = \frac{(VPB - VPA) \times 10000}{VP} \quad \text{equação (2)}$$

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).

RESULTADOS

Primeiramente, foi realizada a caracterização da composição gravimétrica antes do preenchimento do lisímetro, onde, de acordo com a Figura 7, percebe-se que a maior parte dos resíduos coletados são matéria orgânica putrescível, representando 66% do peso total.

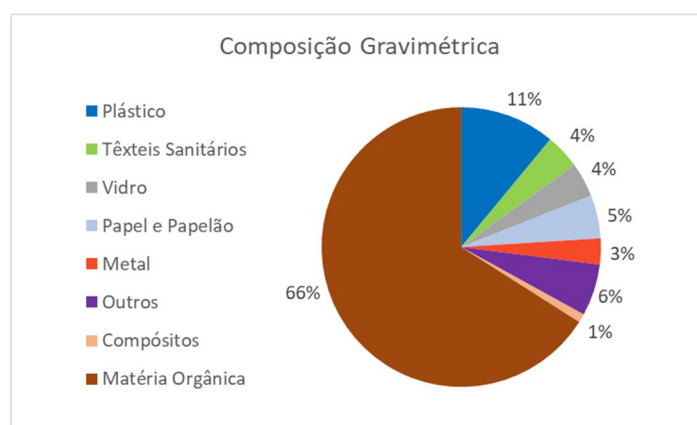


Figura 7: Composição Gravimétrica. Fonte: Autor do Trabalho.



Segundo Pereira (2010), percentuais maiores de matéria orgânica podem indicar um menor desenvolvimento econômico do município, pois cidades mais desenvolvidas são caracterizadas pelo consumo excessivo de produtos industrializados, de forma que o percentual de matéria orgânica é substituído por materiais como enlatados, vidros e embalagens plásticas. Exemplificando, o Brasil, considerado como país emergente, produz em torno de 58% de matéria orgânica em seus resíduos sólidos, enquanto que Estados Unidos, país tido como desenvolvido, produz cerca de 23,8% de matéria orgânica.

Esta composição de matéria orgânica elevada favorece o desenvolvimento de microrganismos, acelerando a biodegradação dos resíduos sólidos (OLIVEIRA, 1999). Assim, favorece a produção de biogás e lixiviado, além da maior ocorrência de recalques, e, conseqüentemente, maior redução de volume dos resíduos, levando em consideração a eficiência da degradabilidade.

No tocante ao baixo percentual de 11% de plásticos, é justificado pela sua baixa massa específica, a qual contribui para um menor valor em seu peso. Logo, mesmo diante uma presença elevada no seu volume, o mesmo não terá uma maior representatividade na composição gravimétrica.

O estudo de monitoramento do lisímetro consiste na interpretação dos parâmetros que exercem influência no comportamento dos resíduos no interior da célula que, através do estudo da magnitude e velocidade do recalque, verifica-se a condição de degradação e estabilização da massa de resíduos. Para as análises laboratoriais, a célula experimental foi dividida em camada superior, média e inferior, de acordo com os orifícios de coleta e inspeção previamente instalados.

Dessa forma, a evolução das concentrações da Demanda Química de Oxigênio e Demanda Bioquímica de Oxigênio foi analisada por camadas ao longo dos anos. No caso da DQO, apresentada na figura 8, observa-se que ocorreu decréscimo na concentração, o valor inicial é de 27.309 mgO₂/l para todas as camadas, e ocorreram as seguintes variações: aos 223 dias de monitoramento no nível superior variou para 32.222 mgO₂/l, e no nível intermediário para 6.299 mgO₂/l, aos 734 dias de monitoramento no nível inferior variou para 11.811 mgO₂/l.

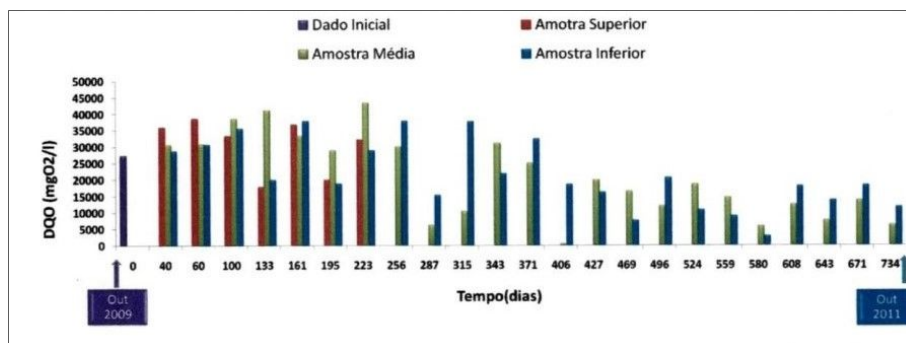


Figura 8: Evolução da DQO por camada ao longo do tempo. Fonte: Autor do Trabalho

De acordo com a figura 9, percebe-se que para a DBO o valor inicial é de 3.000 mgO₂/l, e ocorreram as seguintes variações: aos 223 dias de monitoramento no nível superior variou para 840 mgO₂/l, no nível intermediário para 895 mgO₂/l, aos 734 dias de monitoramento no nível inferior variou para 895 mgO₂/l. Assim, com o passar do tempo de monitoramento, os valores de DBO também foram decaindo com o tempo, como já esperado.

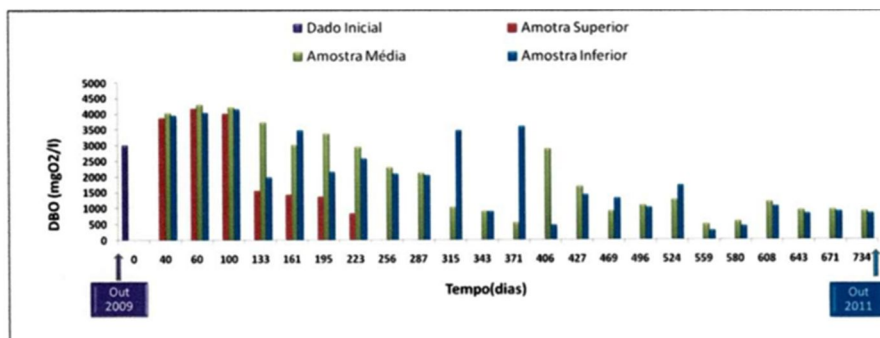


Figura 9: Evolução da DBO por camada ao longo do tempo. Fonte: Autor do Trabalho

Alguns picos são observados nesta análise, os quais, segundo Ribeiro (2012), podem estar relacionados tanto com a heterogeneidade dos resíduos, como também com a lixiviação existente no interior do lisímetro. Os valores altos de DQO e DBO inicialmente eram esperados, já que é uma característica da degradação dos resíduos depositados recentemente em aterros,



onde há grande disponibilidade de matéria orgânica facilmente degradável, relacionado diretamente com a alta concentração da mesma na composição gravimétrica.

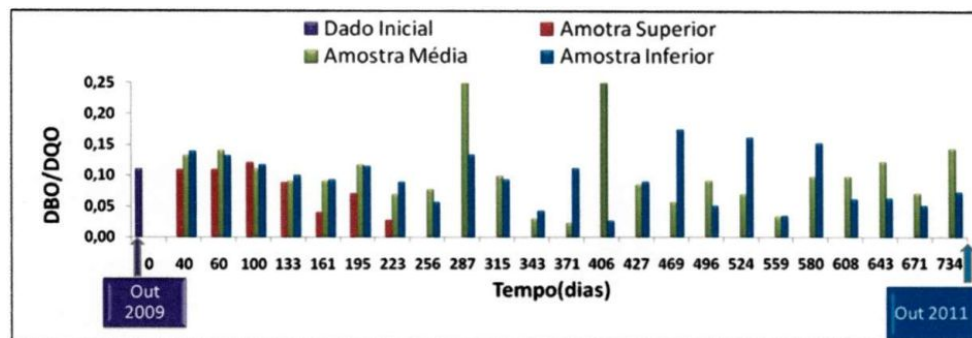


Figura 10: Relação DBO/DQO por camada ao longo do tempo. Fonte: Autor do Trabalho

A figura 10 mostra a evolução da relação DBO/DQO dos resíduos aterrados no lisímetro durante o período de monitoramento. No nível superior, observa-se um decréscimo de 0,1 para 0,026, variação esta constatada aos 223 dias. No nível intermediário e no nível inferior, o fim do monitoramento foi aos 734 dias, com variações de 0,1 para 0,142 e 0,1 para 0,071, respectivamente.

Os valores máximos encontrados foram de 0,16. Estes valores encontrados na célula experimental são típicos de fermentação metanogênica e indicam dificuldades para continuar a degradação. Segundo vários autores, valores próximos a 0,1 para razão entre DBO e DQO, indicam que as substâncias possuem dificuldades para continuar a degradação. Entretanto, os valores observados da relação DBO/DQO, encontrados para o lisímetro, podem indicar a rápida bioestabilização dos RSU dispostos.

A relação DBO/DQO é utilizada para classificar o estágio em que um determinado aterro se encontra. De acordo com Tchobanoglous et al., (1993), inicialmente, durante a decomposição dos resíduos aterrados, as taxas estarão na faixa de 0,5 ou maiores, sugerindo que grande parte da matéria orgânica pode ser rapidamente biodegradável, enquanto que, ao longo do tempo, a relação DBO/DQO varia entre 0,05 a 0,2, ou seja, indicando que os resíduos se encontram na fase metanogênica, devido a presença de matéria orgânica não facilmente biodegradável.

CONCLUSÕES

Com a realização da análise, verificou-se que a degradação dos resíduos sólidos urbanos, depositados na unidade experimental, é satisfatória, visto que, de acordo com a relação DBO / DQO encontrada pelo lisímetro, pode indicar uma rápida estabilidade biológica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) dispostos.

Concluiu-se também que, devido ao alto teor de matéria orgânica (66%), a biodegradação no interior do aterro é mais rápida, gerando mais biogás e lixiviado.

Além disso, notou-se que, com o tempo, acontecerá a diminuição nas concentrações da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sendo uma consequência da quantidade de matéria orgânica presente na célula experimental, que tende a diminuir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): NBR 8.149. **Apresentação de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1992.
2. ALCANTARA, P.B. **Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados**. Tese de Doutorado. UFPE. 2007.
3. APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 th edition. Washington: APHA, 1998. 1203p.
4. BATISTA, L. S. **Estudo De Parâmetros Geotécnicos E Suas Interações Em Uma Célula Experimental De Resíduos Sólidos Urbanos**. Tese de Mestrado. UFCG. 2012.
5. LEITE, H.E.A.S. **Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – PB**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2008.



6. MELO, M. C. **Influência da Matéria Orgânica nos Recalques de Resíduos Sólidos Urbanos Aterrados**. 148p. Tese (Tese de doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais), Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
7. MONTEIRO, V.E.D. **Interações físicas, químicas e biológicas na análise do comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife - PE. 2003
8. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S.A. (1993) **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. McGraw-Hill.
9. ZIYANG, L.; YOUCAI, Z.; TAO, Y.; YU, S.; HUILI, C.; NANWEN, Z.; RENHUA, H. (2009) **Natural attenuation and characterization of contaminants composition in landfill leachate under different disposing ages**. Science of Total Environment. vol. 407, pp. 3385-3391.