

## MONITORAMENTO DE CÉLULAS EXPERIMENTAIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB

Elaine Patrícia Araújo<sup>1</sup> (elainepatriciaaraujo@yahoo.com.br), Amanda Gariela Freitas Santos<sup>2</sup> (amanda33gabriela@hotmail.com), Jadeilda Marques França<sup>3</sup> (jadeildapb@hotmail.com), Edcleide Maria Araújo<sup>4</sup> (edcleidemaria@yahoo.com.br)  
1, 4 Universidade Federal de Campina Grande  
2, 3 Universidade Estadual Vale do Acaraú

### RESUMO

O consumo cotidiano de produtos industrializados é responsável pela produção de resíduos sólidos urbanos. Nas cidades esta produção é tão intensa que não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática dos resíduos, isto é, desde a etapa de geração até a sua disposição final. Estudar células experimentais que simulem aterros sanitários em escala real é importante para conhecer a eficiência dos processos de biodegradação dos resíduos. O entendimento das variações no monitoramento ao longo do tempo é importante, pois através do conhecimento dos processos que ocorrem durante a decomposição dos resíduos aterrados será possível sugerir mudanças para melhorar a eficiência dos processos de degradação de resíduos de aterros sanitários. Os resultados obtidos através do monitoramento dessas células experimentais de resíduos sólidos urbanos nessa pesquisa possibilitaram verificar a representatividade quanto ao comportamento degradativo dos resíduos sólidos urbanos submetidos a diferentes condições: tempo de aterramento e condições ambientais. Os dados obtidos nas células experimentais I e II mostraram que os resíduos sólidos urbanos apresentaram uma degradação satisfatória no decorrer do tempo de monitoramento nas condições de clima e aterramento locais no município de Campina Grande-PB.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos, Biodegradação, Meio ambiente.

## MONITORING OF EXPERIMENTAL CELLS OF SOLID URBAN WASTE IN CAMPINA GRANDE-PB CITY

### ABSTRACT

The daily consumption of industrialized products is responsible for the production of municipal solid waste. In the cities, this production is so intense that it is not possible to understand a city without considering the problem of waste, that is, from the generation stage to its final disposal. Studying experimental cells that simulate landfills in real scale is important to know the efficiency of waste biodegradation processes. The understanding of variations in monitoring over time is important because, through the knowledge of the processes that occur during the decomposition of the landfill, it will be possible to suggest changes to improve the degradation processes efficiency. The results obtained through the monitoring of these experimental solid urban waste cells in this research made it possible to verify the representativeness regarding the degradation behavior of urban solid wastes submitted to different conditions: ground time and environmental conditions. The data obtained in the experimental cells I and II showed that the solid urban waste presented a satisfactory degradation during the monitoring time in the local climate and ground conditions in Campina Grande-PB city.

**Keywords:** Solid wastes, Biodegradation, Environment.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, o crescimento da população, o processo de urbanização e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por mudanças no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da sociedade. Como consequência desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. Além do acréscimo na quantidade, os resíduos produzidos atualmente passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos ecossistemas e à saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano (GOUVEIA, 2012).

O consumo cotidiano de produtos industrializados é responsável pela contínua produção de resíduos sólidos. Nas cidades esta produção é tão intensa que não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática dos resíduos, isto é, desde a etapa de geração até a sua disposição final (MUCELIM; BELLINI, 2012).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015) os números referentes à geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) revelam um total anual de 79,9 milhões de toneladas no país, configurando um crescimento a um índice inferior ao registrado em anos anterior. A comparação entre a quantidade de RSU gerada e o montante coletado em 2015, que foi de 72,5 milhões de toneladas, resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta no país e, conseqüentemente, com destino impróprio. Quanto a disposição final, houve aumento em números absolutos e no índice de disposição adequada em 2015: cerca de 42,6 milhões de toneladas de RSU, ou 58,7% do coletado, seguiram para aterros sanitários. Por outro lado, registrou-se aumento também no volume de resíduos enviados para destinação inadequada, com quase 30 milhões de toneladas de resíduos dispostas em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. A disposição final inadequada de RSU ocorre em todas as regiões e estados brasileiros, e 3.326 municípios ainda fazem uso desses locais impróprios.

Uma das maneiras de minimizar esses problemas é dispor os resíduos em aterros sanitários, no entanto, essa é uma forma de disposição relativamente criteriosa no que se refere ao aspecto técnico de sua instalação, sendo por isso, sua implantação dificultada na maioria das cidades brasileiras (CONTRERA et al., 2014).

Estudar a degradação dos resíduos em células experimentais que simulam aterros sanitários em escala real representa uma técnica importante, pois permite obter parâmetros para projetos, dimensionamento, construção e monitoramento de aterros sob condições conhecidas e controladas, podendo ser aplicada com as devidas adaptações. Estas células são planejadas com a finalidade de avaliar o processo biodegradativo dos resíduos que são depositados, correlacionando diferentes parâmetros como recalque, temperatura e quantificação de microrganismos.

Monitorar células experimentais são importantes, pois podem servir de justificativas para o melhor entendimento do comportamento de aterros sanitários devido à facilidade de conhecimento e das condições internas e externas. A decomposição dos resíduos no interior das células experimentais ocorre pela ação de diferentes grupos de microrganismos, sejam eles aeróbios ou anaeróbios. A atividade destes microrganismos contribui para acelerar os processos de biodegradação, visto que nestes ambientes encontram condições adequadas para o seu desenvolvimento.

## 2. OBJETIVO

Avaliar o monitoramento de células experimentais de Resíduos Sólidos Urbanos com o intuito de estudar a eficiência dos processos degradativos.

### 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida na cidade de Campina Grande-PB que é considerada um dos principais polos industriais da Região Nordeste e também um dos maiores polos tecnológicos da América Latina.

De acordo com estimativas do IBGE (2014), sua população é de 402.912 habitantes, sendo a segunda cidade mais populosa da Paraíba. A cidade localiza-se no interior do estado da Paraíba, no agreste paraibano, na parte oriental do Planalto da Borborema, na serra do Boturité/Bacamarte, que estende-se do Piauí até a Bahia. Está a uma altitude média de 555 m acima do nível do mar e possui uma área que abrange 594,2 Km<sup>2</sup>.

A cidade de Campina Grande não dispõe de uma área de disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos. Os serviços de coleta de resíduos domiciliares, hospitalares e industriais além de outros são terceirizados pela prefeitura municipal.

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde foram construídas duas células experimentais, uma em 2009 e a segunda célula em 2011 que simulam aterros sanitários.

Os ensaios de campo, como coleta das amostras, análises físico-químicas e microbiológicas foram realizados nos Laboratórios de Geotecnia Ambiental da referida instituição, no laboratório da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários- Núcleo de Pesquisa da Universidade Federal de Campina Grande-PB e Universidade Estadual da Paraíba-PB (EXTRABES) e no Laboratório de Antibióticos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (Figura 1).

Figura 1. Célula experimental de resíduos sólidos urbanos e seus pontos de coleta, 2011.



Para as análises microbiológicas foram retiradas 10 g de resíduos sólidos urbanos de cada camada (superior, intermediária e inferior) da célula experimental. Cada amostra foi diluída em 90 mL de água destilada (que foi previamente autoclavada). As amostras foram agitadas manualmente com o auxílio de um bastão durante 5 minutos. Logo em seguida, a porção líquida foi separada da porção sólida através de uma peneira de plástico e foram realizadas diluições de 10<sup>-3</sup> até 10<sup>-6</sup>. Este procedimento foi utilizado para o inóculo das amostras de bactérias aeróbias totais e fungos. Das diluições 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-6</sup> foram retiradas 0,1 mL de cada amostra e com o auxílio de uma alça de Drigalski esta amostra foi espalhada em toda a superfície da placa de Petri (3 repetições para cada diluição selecionada).

O meio usado para o crescimento das bactérias foi o Plate Count Agar (PCA). Após este procedimento as placas foram colocadas em estufa a 36,5°C, durante 48 horas. Em seguida foi realizada a contagem do número de colônias (Unidade Formadora de Colônia-UFC) (AWWA/APHA/WEF, 2012).

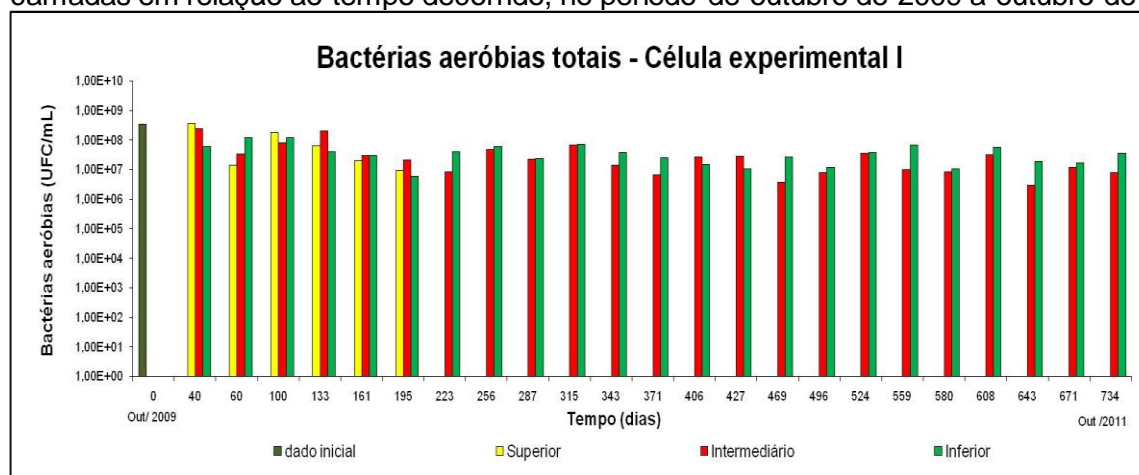
A determinação da percentagem de sólidos voláteis presentes nos resíduos sólidos foi realizada segundo (WHO, 1979). Depois do processo de teor de umidade, o material foi levado a mufla até

atingir gradativamente 550° C pelo período de duas horas, e em seguida foi resfriada, para encontrar o peso seco do material. O teor de sólidos voláteis da amostra foi determinado de acordo com a equação 4. Segundo Lima (2004) a fração de matéria que se volatiliza no processo é definida como Sólidos Voláteis (SV). Podem-se considerar como Sólidos Voláteis o total de matéria orgânica contida nos resíduos sólidos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

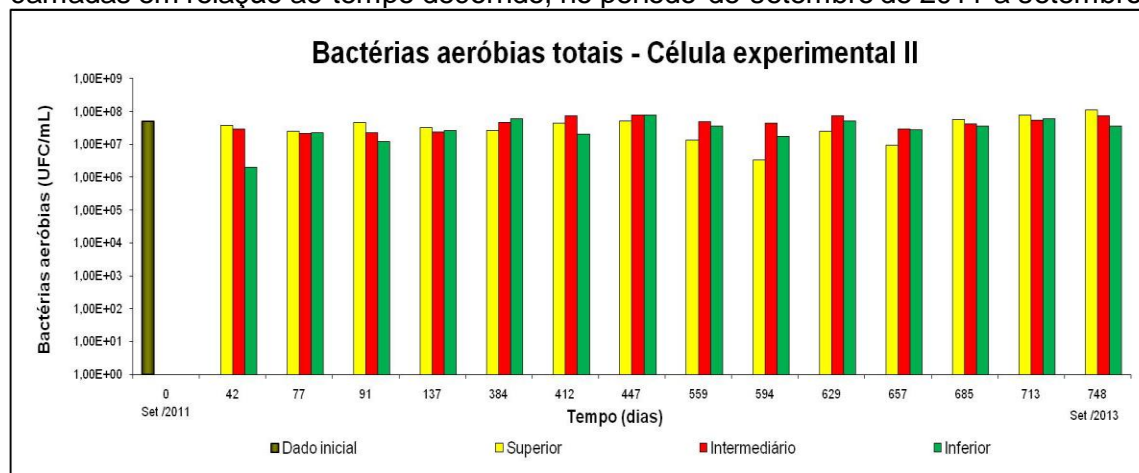
As figuras 2 e 3 mostram os comportamentos de bactérias aeróbias totais no decorrer do tempo de monitoramento.

Figura 2. Comportamento de bactérias aeróbias totais na célula experimental I nas diferentes camadas em relação ao tempo decorrido, no período de outubro de 2009 a outubro de 2011.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Figura 3. Comportamento de bactérias aeróbias totais na célula experimental I nas diferentes camadas em relação ao tempo decorrido, no período de setembro de 2011 a setembro de 2013.



Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Analisando as Figuras 2 e 3 pode-se observar que não houve variação significativa no comportamento das bactérias aeróbias totais durante todo o processo de monitoramento nas células experimentais I e II.

Durante os primeiros 40 dias de monitoramento das células experimentais, observou-se decaimento, em ordem de grandeza, de 10<sup>8</sup> para 10<sup>7</sup> nos diferentes níveis de profundidade. Esse



fato pode está relacionado à redução da quantidade de matéria orgânica, decorrente da biodegradação, uma vez que, as bactérias aeróbias dependem de fontes nutricionais para se desenvolverem, e também ao processo de cobertura e compactação dos resíduos que promoveu a redução das concentrações de oxigênio no meio. A presença dessas bactérias está intimamente relacionada com a quantidade de matéria orgânica, pois com a diminuição da matéria orgânica nos resíduos sólidos ocorre a redução deste grupo de bactérias (LEITE, 2008).

A variação discreta dessas bactérias, nas células experimentais, provavelmente ocorreu pelo fato desses microrganismos sofrerem menos influência do meio, uma vez que são menos sensíveis a mudanças ambientais que outros grupos de bactérias a exemplo das anaeróbias (ARAÚJO, 2011).

De acordo com Alves (2012), as bactérias aeróbias podem sofrer interferência das condições meteorológicas, como trocas gasosas e energéticas com o meio externo da célula, através dos pontos de coleta e fissuras na camada de solo de cobertura. A umidade do ar, a temperatura ambiente, a infiltração de água, nos períodos chuvosos, que transporta para seu interior oxigênio dissolvido, contribuiu para a pouca variação do comportamento dessas bactérias no período monitorado.

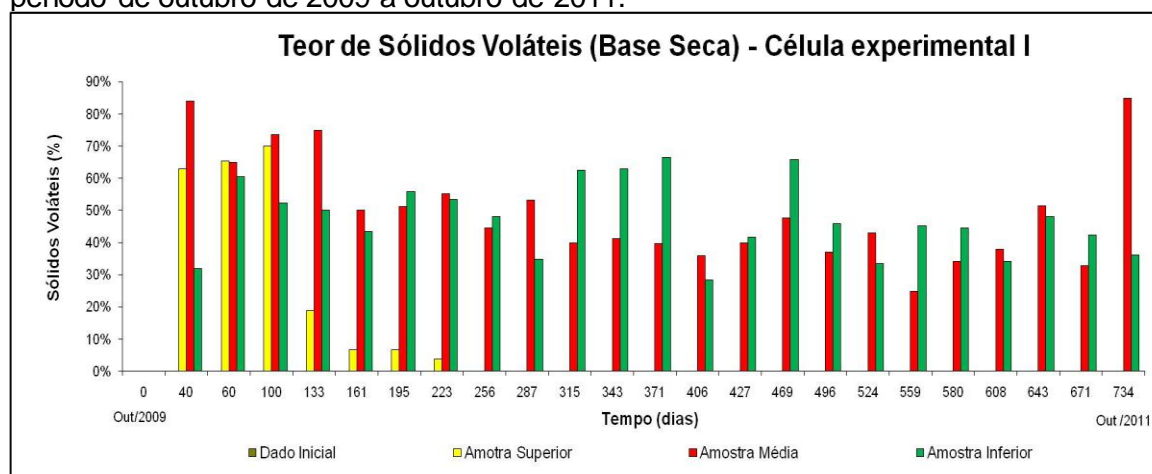
Na camada superior da célula experimental I, a partir dos 223 dias de monitoramento não foi possível realizar as coletas das amostras, impossibilitando a realização das análises de bactérias aeróbias totais e demais parâmetros físico-químicos, devido ao processo de biodegradação.

Nas camadas intermediárias e inferiores das células experimentais I e II foram observadas elevadas quantidades desses grupos de microrganismos. Resultados semelhantes foram obtidos por Leite (2008) e Garcez (2009) que também realizaram estudos em células experimentais de RSU, observando a presença deste grupo de bactérias nos níveis inferiores das células. Fato que pode estar associado ao processo de lixiviação, que permite que nutrientes presentes nos níveis mais superiores das células sejam carregados para as camadas mais inferiores.

O teor de sólidos voláteis determina de forma indireta a quantidade de matéria orgânica a ser degradada nos resíduos sólidos, o que indica que quanto maior for o teor de sólidos voláteis maior é a quantidade de matéria orgânica a ser degradada.

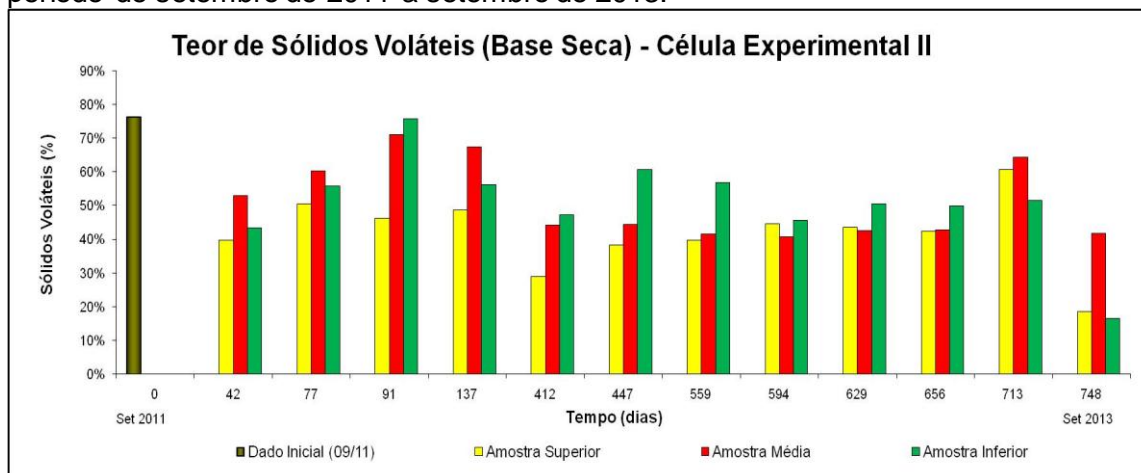
As figuras 4 e 5 ilustram os teores de sólidos voláteis nas duas células monitoradas.

Figura 4: Teor de sólidos voláteis nas diferentes camadas em relação ao tempo decorrido, no período de outubro de 2009 a outubro de 2011.



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Figura 5: Teor de sólidos voláteis nas diferentes camadas em relação ao tempo decorrido, no período de setembro de 2011 a setembro de 2013.



Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

As Figuras 4 e 5 das células experimentais I e II ilustram que os valores de sólidos voláteis decaíram significativamente ao longo do tempo principalmente na camada superior da célula experimental I que correspondeu a parcelas maiores de 95%. Este alto valor pode estar relacionado com a presença de grande quantidade de solo e pouca matéria orgânica coletados principalmente nos últimos dias de monitoramento desta camada. Enquanto que nas camadas intermediária e inferior houve uma diminuição de cerca de 60%.

O dado inicial ( $t=0$ ) para este parâmetro na célula experimental I não pode ser calculado, em decorrência de problemas operacionais e ajustes de metodologias.

Observou-se elevados índices de sólidos voláteis na fase inicial de monitoramento das células, o que pode estar associado a grande quantidade de matéria orgânica disponível. O elevado teor de sólidos voláteis confirma a fase inicial de decomposição dos resíduos e aponta para uma grande quantidade de matéria orgânica a ser degradada e que ao longo do tempo o teor destes sólidos tende a reduzir (ALCÂNTARA, 2007).

Pode-se observar nas Figuras 4 e 5 que existem uma variabilidade no teor de sólidos voláteis, que pode ter ocorrido em função da grande heterogeneidade dos resíduos, fato que dificulta a obtenção de uma amostra mais representativa, principalmente, no caso das células experimentais, em que as amostras coletadas eram relativamente pequenas. Segundo Alcântara (2007) em seu trabalho com células experimentais diz que mesmo que o teor de sólidos voláteis tenha diminuído ao longo do tempo de monitoramento, estes sólidos apresentam grande variabilidade.

Os teores de sólidos voláteis e de matéria orgânica podem indicar a degradabilidade dos resíduos sólidos urbanos ao longo do tempo, pois um alto percentual de matéria orgânica indica a presença de matéria a ser degradada e baixos valores indicam que o resíduo já passou por um processo de degradação (GARCEZ, 2009). Pode-se observar nas células experimentais I e II que houve um decréscimo nos valores percentuais dos teores de sólidos voláteis durante o período de monitoramento, o que pode indicar que a degradação dos RSU está ocorrendo de maneira satisfatória.

## 5. CONCLUSÃO

- As bactérias aeróbias totais apresentaram comportamentos semelhantes ao longo do tempo de monitoramento nas diferentes células experimentais de resíduos sólidos.

- A redução nos teores de sólidos voláteis, em todas as camadas monitoradas, indicou que a matéria orgânica foi degradada de maneira satisfatória ao longo do tempo de monitoramento nas células experimentais I e II.
- As fases de degradação nas células experimentais I e II ocorreram de maneira mais rápida quando comparadas a aterros sanitários em decorrência da área/superfície ser maior que o volume dos resíduos, o que facilitou a interação do meio ambiente com atividade enzimática dos diferentes grupos de bactérias.
- Os dados obtidos nas células experimentais I e II mostraram que os resíduos sólidos urbanos apresentaram uma boa degradação no decorrer do tempo de monitoramento nas condições de clima e aterramento locais no município de Campina Grande-PB.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2015). Disponível em: <http://www.abrelpe.com.br>. Acesso em: 23/05/2017.

ALCÂNTARA, P.B. Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. 366p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

ALVES, F. S. Influência das condições meteorológicas na biodegradação dos resíduos sólidos urbanos em Campina Grande-PB. 146p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 th edition. Washington: APHA, 2012. 1203p.

ARAÚJO, E. P. Estudo do Comportamento de Bactérias Aeróbias e Anaeróbias Totais na Biodegradabilidade de Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Campina Grande-PB. 116p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

CONTRERA, R. C.; ZAIAT, SCHALCH, V. Tratamento biológico de lixiviados de aterros sanitários utilizando reator anaeróbio horizontal de leito fixo (rahlf). Disponível em: [www.periodicosapes.com.br](http://www.periodicosapes.com.br). Acesso em: 20 de novembro de 2014.

GARCEZ, L, R. Estudo dos Componentes Tóxicos em um Biorreator de Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de Campina Grande- PB. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva. p 1503-15010, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem Populacional. 2014.

LEITE, H. E. A. S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande-PB. 220p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

MUCELIM, C.; BELLINI, M. Garbage and perceptible environmental impacts in urban ecosystem. Disponível em: [www.scielo.br/scielo](http://www.scielo.br/scielo). Acesso em: 30 de outubro de 2012.

WHO. International Reference Center for Wastes Disposal. Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost. Switzerland. 1979.