

CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO E OXIGÊNIO ASSOCIADAS À QUANTIFICAÇÃO DE AERÓBIOS TOTAIS NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Kellianny Oliveira Aires (1); Márbara Vilar de Araújo Almeida (2); Naiara Ângelo Gomes (3); Veruschka Escarião Dessoles Monteiro (4); Márcio Camargo de Melo (5).

1 Universidade Estadual da Paraíba, kelliannyaires@hotmail.com

2 Universidade Federal de Campina Grande, marbara_vilar@hotmail.com

3 Universidade Federal de Campina Grande, naiaraangelocz@hotmail.com

4 Universidade Federal de Campina Grande, veruschkamonteiro@hotmail.com

5 Universidade Federal de Campina Grande, melomc90@gmail.com

Introdução

A biodegradação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ocorre pela ação conjunta de diferentes microrganismos que incluem bactérias fermentativas, hidrolíticas acidogênicas, acetogênicas e arqueas metanogênicas, além de bactérias redutoras de sulfato, fungos e protozoários (MATA-ALVAREZ, 2002). A biodegradação dos RSU produz o biogás que é uma mistura gasosa combustível, que contém em sua composição, metano (CH₄), dióxido de carbônico (CO₂), hidrogênio (H₂), nitrogênio (N₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S), monóxido de carbono (CO), amônia (NH₃), oxigênio (O₂) e aminas voláteis. A proporção desses gases, produzidos em aterros sanitários e células experimentais dependem das características dos resíduos, do equilíbrio das populações de microrganismos, da fase biodegradativa, da idade dos RSU, dos parâmetros físico-químicos e das oscilações climáticas da região.

Para Kjeldsen et al. (2002), os processos biodegradativos em aterros sanitários ocorrem em duas fases: aeróbia e anaeróbia. Nesse sentido, quando os RSU são aterrados, inicialmente há um período de aclimação, correspondendo à fase em que ocorre um acúmulo suficiente de umidade e oxigênio que sustentam a atividade microbiana. Durante esse primeiro estágio de decomposição, o oxigênio presente nos espaços entre os resíduos recém-aterrados é rapidamente consumido por microrganismos aeróbios, resultando na produção de dióxido de carbono, água e no aumento da temperatura. Uma fase de transição se instala, não há ainda a produção de metano, pela presença residual de oxigênio molecular, nitratos e sulfatos disponíveis como aceptores de elétrons. Essa fase é breve, em relação à decomposição anaeróbia, pois o oxigênio não é repostado, uma vez que o resíduo é coberto por camadas de solo (MCBEAN et al., 1995). Em seguida, inicia-se a fase ácida onde o CO₂ atinge o pico máximo, e posteriormente, inicia-se a fase metanogênica onde há a diminuição da presença de bactérias aeróbias ou facultativas e predominam os microrganismos estritamente anaeróbios, denominados arqueas metanogênicas. Nesta fase, a produção de CO₂ decai e tende a se estabilizar em valores entre 35% e 50% dos gases produzidos nos aterros.

Em cada fase, predomina determinado tipo de microrganismo, no entanto, essa prevalência não é absoluta, o que torna as inter-relações complexas entre os diversos grupos de microrganismos participantes da biodegradação, pois apresentam múltiplas variáveis, que vão desde a dependência comensal até variáveis externas como temperatura e pH do meio (AUDIBERT, 2011).

O objetivo deste trabalho é verificar as concentrações de CO₂, O₂ associada à quantificação de aeróbios totais na biodegradação dos RSU, para compreender o papel destes microrganismos

na degradação da fração orgânica, fornecer um indicativo no processo biodegradativo, podendo ainda otimizar esse processo ao longo do tempo.

Metodologia

A área de estudo refere-se a uma célula experimental construída nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus I. A pesquisa abrangeu as etapas de construção, coleta e enchimento da célula experimental com os RSU do município de Campina Grande-PB, Brasil. Para a realização da amostragem e coleta dos resíduos utilizou-se o procedimento recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.007 (ABNT, 2004) e um planejamento estatístico, com um nível de confiança de 95% e um erro máximo de 5%. A rota selecionada para a pesquisa compreendeu doze bairros de Campina Grande, totalizando aproximadamente 8,5 toneladas de RSU.

A célula experimental possui um formato circular com dimensões de 3,5 metros de altura, 2,0 metros de diâmetro interno e 11 m³ de volume, sendo dotada de 12 pontos de coleta de resíduos, denominados, superior, intermediário e inferior. Além disso, esta célula possui sistemas de drenagem de líquidos e gases, medidores de nível dos líquidos, de recalque superficial e profundo e de temperatura ao longo da profundidade. Nas camadas de base e de cobertura foi utilizado um solo com características de baixa permeabilidade (10⁻⁷m.s⁻¹) para evitar o fluxo excessivo de líquidos e gases.

O preenchimento da célula experimental com RSU foi realizado no ano de 2011 e, após 4 anos de monitoramento, apresentou uma redução de 50% devido aos recalques acentuados. Desta forma, no ano de 2015, foi verificada a necessidade de manutenção da célula experimental através de reparos construtivos, a inserção de nova instrumentação, além de uma outra camada de RSU, esse procedimento foi denominado retroalimentação. Assim, a célula experimental consiste de resíduos de 2011 a 2015. Vale ressaltar, que os resultados contemplados para essa pesquisa, representam o monitoramento após o processo de retroalimentação, no período de abril/2015 a março/2016, totalizando 336 dias.

A determinação das concentrações dos gases foi realizada mensalmente com um detector portátil com infravermelho, denominado Dräger X-am 7000, em termos de CO₂ e O₂. Para a quantificação de bactérias aeróbias totais, pesou-se 10 g das amostras coletadas de RSU nos 3 níveis da célula experimental e diluiu-se em 90 mL de água destilada, com diluições seriadas de 10⁻¹ a 10⁻⁵. O cultivo foi realizado com o meio de cultura Plate Count Ágar (PCA) onde foi inoculado 0,1 mL do resíduo diluído sobre o meio de cultura, posteriormente, as placas de Petri foram incubadas em estufa a 35 °C, durante 48 horas. Em seguida, foi realizada a contagem do número de colônias (Unidades Formadoras de Colônias).

Resultados e discussão

As concentrações dos gases monitorados na célula experimental variaram de 5,6% a 35%, com média de 24,8% para o dióxido de carbono e de 0,04% a 4,08%, com média de 1,3% para o oxigênio. Com relação a quantificação dos aeróbios totais observou-se que essas bactérias estiveram presentes ao longo de todo período de monitoramento em concentrações que variaram de 10⁶ a 10⁸ Unidades Formadoras de Colônias (UFC/mL).

O elevado percentual de CO₂ no início do monitoramento está associado à retroalimentação da célula experimental que favoreceu maior disponibilidade de nutrientes e umidade. Após 140 da inserção de novos RSU, intensificou-se a produção de CO₂, caracterizando a fase de transição do processo de biodegradação, uma vez que esse gás é produzido como um subproduto da fermentação da matéria orgânica.

De acordo com Tchobanoglous et al. (1993), em aterros sanitários, a fase metanogênica apresenta concentrações médias de 40% de CO₂, embora o processo de retroalimentação tenha melhorado o desempenho da célula experimental, não houve a predominância da fase metanogênica, que é caracterizada com concentrações elevadas de metano e dióxido de carbono que atingiu concentrações máximas de 35%.

Elevadas concentrações de O₂ podem ser prejudiciais ao sistema, contudo pequenas concentrações podem ser benéficas, desde que não afetem o metabolismo dos anaeróbios estritos, porque poderiam melhorar a taxa de hidrólise da celulose, nesses microambientes aeróbios (ALCÂNTARA, 2007). Segundo Aires (2013), os microrganismos aeróbios sofrem menos influência do meio, quando comparados aos microrganismos anaeróbios, uma vez que eles são menos sensíveis a mudanças ambientais, fato que permite pequenas variações na contagem de suas colônias ao longo do tempo.

Diferentemente do que se esperava em um ambiente de aterro sanitário, onde a maior parte dos processos de degradação ocorre em condições anaeróbias, à célula experimental apresentou características diferenciadas com presença de oxigênio em todos os níveis, indicando que provavelmente, exista um grande número de bactérias facultativas que sobrevivem tanto na presença como na ausência do oxigênio molecular.

Resultados semelhantes da quantificação de bactérias aeróbias totais foram obtidos por Leite (2008); Garcez (2009); Araújo (2011) e Aires (2013) que encontraram bactérias aeróbias totais, mesmo nas camadas mais profundas, onde teoricamente deveria haver uma menor quantidade de oxigênio. Monteiro et al. (2006) relataram a presença de bactérias aeróbias nos resíduos de células cobertas há 5 anos no Aterro da Muribeca, em Recife-PE, associando este fato à entrada de oxigênio pelos sistemas de cobertura e drenagem de gases.

O monitoramento das concentrações de CO₂ e O₂ na célula experimental mostrou que, embora outros gases estejam presentes neste ambiente, concentrações de oxigênio foram observadas ao longo de todo o período de monitoramento. Dentre os fatores que contribuíram podem ser citadas as aberturas existentes nas laterais da célula para coleta das amostras de resíduos, a grande quantidade de fissuras na camada de cobertura de solo compactado, além da percolação de águas pluviais que trazem consigo oxigênio dissolvido em sua composição.

Conclusões

- O CO₂ representou a maior parte do gás produzido, devido à inserção de novos RSU e aos processos acidogênicos e acetogênicos.
- As concentrações de O₂ estão associadas à presença de bactérias facultativas e a fatores externos, como de fissuras na camada de cobertura, abertura dos pontos de coleta de RSU e percolação de águas pluviais.
- Com relação às bactérias aeróbias totais foram observadas poucas variações em todas as profundidades da célula, não havendo diferenciação significativa em sua contagem, favorecendo o processo biodegradativo.
- As concentrações de CO₂ e O₂ encontradas na célula experimental de RSU foram propícias para a degradação da matéria orgânica estando compatível com a idade dos resíduos e não interferiram no crescimento das bactérias aeróbias.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Resíduos Sólidos – amostragem de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

- AIRES, K. O. **Monitoramento das concentrações de gases em uma célula experimental de resíduos sólidos urbanos na cidade de Campina Grande – PB.** 2013. 118p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba-PB.
- ALCÂNTARA, P. B. **Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados.** 2007. 366p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.
- ARAÚJO, E. P. **Estudo do Comportamento de Bactérias Aeróbias e Anaeróbias Totais na Biodegradabilidade de Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Campina Grande-PB.** 2011. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- AUDIBERT, J. L. **Avaliação qualitativa e quantitativa do biogás do aterro controlado de Londrina.** Universidade Estadual de Londrina. 2011. 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento). Universidade Estadual de Londrina, Paraná.
- GARCEZ, L, R. **Estudo dos componentes tóxicos em um biorreator de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB.** 2009. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- KJELDSSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T. H. Present and long-term composition of municipal solid leachate. *Critical Reviews. Environmental Science and Technology*. v. 32, n. 4, 2002. p. 297-336.
- LEITE, H. E. A. S. **Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande-PB.** 2008. 220p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- MATA-ALVAREZ, J. **Biomethanization of the organic fraction of municipal solid waste.** 2 ed. Iwa Publishing, 2002. 323p.
- MCBEAN, E. A.; F. A. ROVERS.; G. J. FARQUHAR. **Solid Waste Landfill Engineering and Design.** Editora: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.
- MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C.; ALCÂNTARA, P. B.; ARAÚJO, J. M.; ALVES, I. R. F. S.; JUCÁ, J. F. T. Estudo do comportamento de RSU em uma célula experimental e suas correlações com aspectos microbiológicos, físicos e químicos. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.11, n.3, p. 223-230, 2006.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management.** Engineering principles and management issues. New York, 1993.