

### III-606 – INFLUÊNCIA DO pH NO DESENVOLVIMENTO DE COLIFORMES TOTAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**Cláudio Luis de Araújo Neto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Licenciado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Paraíba. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

**Libânia da Silva Ribeiro**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutoranda em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande.

**Juciélio Calado Alves**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

**William de Paiva**

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande, Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba.

**Veruschka Escario Dessoles Monteiro**

Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário – Campina Grande - PB - CEP: 58429-900 - Brasil - Tel: (83) 2101-1000- e-mail: [claudioluisneto@gmail.com](mailto:claudioluisneto@gmail.com)

#### RESUMO

Os coliformes totais contribuem significativamente para a degradação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), por isso monitorar o seu desenvolvimento é importante para avaliar o nível de degradabilidade dos RSU, porém suas atividades podem ser influenciadas por diversos fatores, entre eles o pH, que pode exercer uma desestabilização do meio inibindo assim, o seu crescimento. Por isso, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da variação do pH no desenvolvimento dos coliformes totais dos resíduos sólidos urbanos. Esta pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Campina Grande, através do monitoramento de um biorreator que simula o comportamento de um aterro sanitário. Pôde-se observar que até os 233 dias de monitoramento o pH não influenciou o comportamento dos coliformes totais, mesmo apresentando variações de 5,34 a 8,42, porém quando o pH apresentou valores superiores a 8 observou-se que houve uma desestabilização no seu desenvolvimento. Os parâmetros estudados, de forma geral, não apresentaram uma correlação satisfatória, mas quando avaliados em níveis de profundidade, observou-se que o pH da camada superior se correlacionou fortemente com os coliformes totais em todos os níveis de profundidade. Concluiu-se que o pH, para os resíduos monitorados, não é uma variável determinante no desenvolvimento dos coliformes totais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos urbanos, biorreatores, coliformes totais, pH.

#### INTRODUÇÃO

São diversos os micro-organismo que podem ser encontrados em Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Para que ocorra um crescimento bacteriano satisfatório são necessárias condições mínimas para a sua sobrevivência e posterior reprodução. Por tanto, é necessário que as concentrações de oxigênio, pH, umidade, nutrientes e temperatura estejam em condições ideais para seu desenvolvimento.

Os coliformes totais desempenham importante papel na degradação dos RSU, contribuindo para a redução do seu volume quando dispostos, principalmente, em aterros sanitários, conseqüentemente, aumentando a vida útil

destes aterros. Eles também podem ser utilizados com indicador de poluição ambiental, pois algumas dessas bactérias são originárias do trato intestinal de animais de sangue quente e pode estar associada a uma grande variedade de agentes patogênicos (ARAÚJO NETO, et. al., 2013).

Com base na ABNT (1989), Madigan et. al. (2002) e APHA (1998), os coliformes são bactérias, na forma de bacilos, não esporuladas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, que fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás, em 48 horas, a uma temperatura de 35°C. São normais do trato intestinal de qualquer animal, mas, também, são encontradas nos solos e vegetações. Indicam a presença de bactérias do gênero *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *klebsiella* (MONTEIRO, 2003).

Por sua vez, o potencial hidrogeniônico (pH), que expressa a concentração do íon de hidrogênio, é usado universalmente para determinar o grau de acidez ou basicidade de uma solução. Esse parâmetro influencia em diversas reações bioquímicas dos coliformes, portanto, é utilizado para monitoramento indireto em diversos ambientes.

O pH, que é um parâmetro químico, pode ser determinante no nível de desenvolvimento da atividade microbiana (EMCON, 1986). De acordo com Alexopoulos (1996), as bactérias podem ser classificadas conforme o pH do substrato, as acidófilas, são aquelas que se desenvolvem em ambiente com pH abaixo de 5,4, já as alcalinófilas, desenvolvem-se em faixas de pH acima de 8,5 e as neutrófilas, são aquelas que apresentam um melhor crescimento numa faixa de pH de 5,4 a 8,5.

Porém, as bactérias, na maioria das vezes, são capazes de manter o pH próximo de sua faixa de crescimento, pois possuem tampões naturais e efetuam trocas de íons de hidrogênio com o meio externo (BIDONE, 2001). Entretanto, quando os valores de pH do substrato estão em faixas extremas da normalidade do desenvolvimento das bactérias, o tampão natural, talvez não seja suficiente para manter a estabilidade do seu crescimento.

Os coliformes apresentam um pH ótimo de crescimento próximo da neutralidade que é praticamente o mesmo intervalo de pH (6,7 a 7,5 – CHRISTENSEN & KJELDSEN, 1989 - ou de 6,6 a 7,6 - McCARTY, 1964) que os processos de digestão anaeróbia se desenvolvem melhor. Valores na faixa de 4,5 a 5,0 afetam as bactérias fermentativas (ALCÂNTARA, 2007), assim como os valores de 8,0 a 8,5 (McCARTY, 1964a e 1964b).

Este trabalho tem como objetivo analisar se a variação do pH dos resíduos sólidos urbanos influenciam no comportamento dos coliformes totais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida através da construção e monitoramento de uma biorreator (biorreator ou bioreator) que simula um aterro sanitário. O biorreator foi construído na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em alvenaria de tijolos manuais, com diâmetro interno de 2,0m e altura de 3,0m com volume aproximadamente de 9m<sup>3</sup>, apresentando nove pontos de coletas distribuídos em três níveis de profundidade denominados de superior, intermediário e inferior (Figura 1). Com um formato de estrutura cilíndrica rígida e seção circular que visa facilitar a distribuição e a compactação dos resíduos no seu interior, uniformizar a distribuição das pressões laterais na parede interna do biorreator, evitar caminhos preferenciais de percolação do lixiviado e reduzir a área de superfície lateral interna, diminuindo, o contato entre os resíduos e a parede interna. 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 com características de impermeabilidade.



**Figura 1: Biorreator**

O biorreator possui um sistema de drenagem 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 biorreator. Além disso, foi dotado de uma instrumentação constituída de 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.

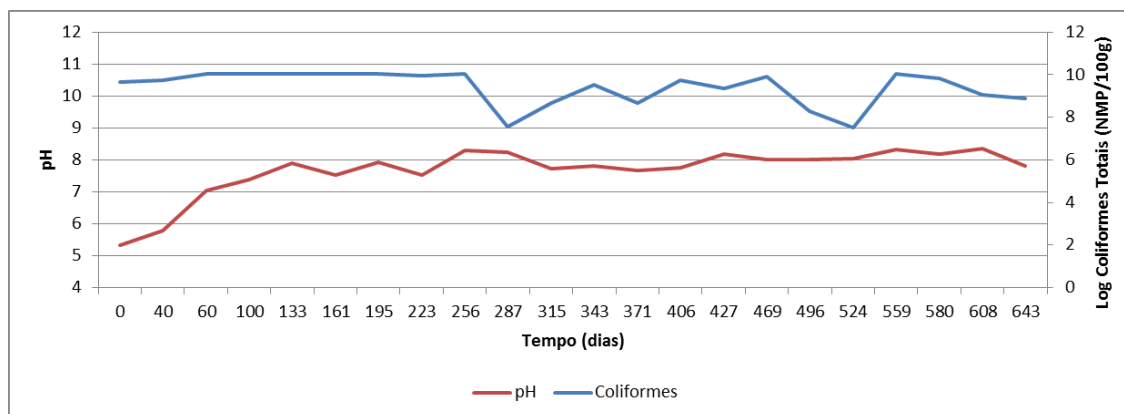
Para o preenchimento da biorreator foram utilizados resíduos provenientes de três bairros de classes sociais distintas da cidade de Campina Grande- PB, objetivando uma amostra representativa dos RSU. Para isso, contou-se com o apoio da Diretoria de Limpeza Urbana do município, que após definida a rota de coleta, o caminhão com os resíduos dos três bairros foi despejado em um local previamente determinado na Universidade Federal de Campina Grande. Esses resíduos foram devidamente homogeneizados e após pesagem e caracterização físico-química e microbiológica foram lançados no interior do biorreator em camadas de 0,10m e compactados manualmente. Juntamente com o preenchimento dos resíduos no interior do lísímetro foi instalada a instrumentação necessária para o seu monitoramento. As amostras foram retiradas utilizando um amostrador confeccionado pelo grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

As amostras de RSU coletadas do biorreator foram destinadas à Estação de Tratamento Biológico de Esgoto (EXTRABES) a fim de realizar o monitoramento físico-químico e microbiológico dos resíduos ao longo do tempo. Para as análises microbiológicas foram utilizados 10g de resíduos, o qual foi diluído em um béquer estéril com capacidade de 200 ml, dotado de 90 ml de água destilada. Em seguida, foi agitada manualmente com auxílio de um bastão de vidro, a porção líquida foi separada da sólida através de uma peneira plástica e diluída em tubos de ensaio sucessivamente, obtendo-se diluições de  $10^{-1}$  até  $10^{-8}$ . Selecionou a melhor diluição para determinação dos coliformes, seguindo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,1998), sendo o método utilizado a técnica dos tubos múltiplos.

O pH foi determinado eletrometricamente com auxílio de um potenciômetro e eletrodos. Para a realização desta análise adicionou em um béquer 25 ml do extrato, obtido das amostras de resíduos, promovendo uma leve agitação, com auxílio de um agitador magnético, em seguida foi introduzido no extrato o eletrodo do pHmetro e fez-se a leitura do pH, seguindo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,1998).

## RESULTADOS

De forma análoga, pode-se observar, na Figura 2, que os coliformes totais apresentam uma maior concentração quando o pH encontra-se próximo de sua faixa ótima de crescimento, porém quando o pH ultrapassa os valores considerados ótimos para seu desenvolvimento, eles ainda conseguem manter um desenvolvimento satisfatório, por determinado tempo, pois seus tampões naturais proporcionam a estabilidade dessas bactérias. Quando os valores do pH ficam acentuados, esta estabilização não se mantém, isto pode estar associado à alta concentração de hidroxilas (OH<sup>-</sup>), sendo assim, os tampões naturais produzidos pelas bactérias não são suficientes para estabilizar o meio. Resultados semelhantes podem ser observados nos estudos realizados por McCARTY (1964a e 1964b).



**Figura 2: Relação do pH com os coliformes totais**

De acordo com a Figura 2, observa-se que após os 256 dias de monitoramento, quando o pH fica acima de 8, há uma desestabilização dos coliformes totais, fazendo com que haja uma redução do seu Número Mais Provável (NMP). Este mesmo comportamento pode ser observado quando o pH atinge os mesmos valores ao longo do monitoramento, porém quando a concentração do pH aproxima-se da neutralidade estas bactérias tendem a se desenvolverem satisfatoriamente.

Para verificar a influência do pH no desenvolvimento dos coliformes totais realizou-se uma análise descritiva dos parâmetros, verificando a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores máximos e mínimos de cada parâmetro, tanto de forma geral com nos níveis de amostragem (superior, intermediário e inferior), conforme Tabela 1. Para os coliformes totais, os valores foram obtidos em escala logarítmica.

**Tabela 1: Análise descritiva**

Variável	Nível	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Log Coliformes totais (NMP/100g)	Geral	9,39	0,8	0,64	10,04	7,52
	Superior	9,99	0,13	0,02	10,04	9,66
	Intermediário	9,16	0,96	0,92	10,04	7,18
	Inferior	9,44	0,77	0,59	10,4	7,56
pH	Geral	7,7	0,76	0,58	8,4	5,3
	Superior	7,1	1,15	1,33	8,4	5,3
	Intermediário	7,9	0,84	0,70	8,8	5,3
	Inferior	7,5	0,96	0,92	8,4	5,3

Ao longo do monitoramento (643 dias), os coliformes totais apresentaram uma variação de  $1,5 \times 10^7$  a  $1,1 \times 10^{10}$  NMP/100g, valores estes elevados, quando comparados com outras formas de tratamento, porém, considerados normais para resíduos sólidos urbanos depositados em aterros sanitários, conforme Araújo Neto et. al. (2013). Já o pH dos resíduos variou significativamente, abrangendo as fases ácida, neutra e alcalina que correspondem

a degradação dos resíduos (RIBEIRO, 2012), podendo ter contribuições expressivas da atividade metabólica dos coliformes totais.

Observa-se através da análise descritiva que os dados em sua maioria apresentam altas dispersões isto acontece quando, segundo Paiva (2009), o coeficiente de variação for maior que 30%, este autor indica ainda que coeficientes de variação abaixo de 15% a dispersão dos valores são consideradas baixas e coeficientes entre 15 e 30% são consideradas de média dispersão.

Para determinar o nível de influência dos parâmetros estudados realizou-se um estudo estatístico multivariado. As matrizes de correlação (Tabela 2 e 3) apresentam a interação entre a influência do pH no desenvolvimento dos coliformes totais.

**Tabela 2: Matriz de correlação dos parâmetros monitorados.**

<i>Variáveis</i>	<i>Dias</i>	<i>Coliformes</i>	<i>pH</i>
<b>Dias</b>	1		
<b>Coliformes</b>	-0,48	1	
<b>pH</b>	0,69	-0,08	1

Verifica-se que, de modo geral, os coliformes totais tem um baixo grau de dependência com o pH, isso porque o desenvolvimento dos coliformes também são influenciados por outros fatores e segundo Borges (2003) a medida que existirem outras variáveis que interferem na relação das variáveis em estudo, a correlação vai diminuindo, podendo até deixar de existir, isto explica o fato do pH apresentar uma correlação de -0,08, sendo considerada por Martins & Domingues (2011) uma péssima correlação.

Ao analisar a correlação das variáveis por níveis de amostragem (Tabela3), verifica-se que o pH da camada superior apresenta uma correlação forte com todos os níveis de monitoramento dos coliformes, por isso, acredita-se que o pH da camada superior influencia no desenvolvimento dos coliformes em toda as camadas através, principalmente, do processo de lixiviação dos resíduos.

**Tabela 3: Matriz de correlação dos níveis de amostragem dos parâmetros monitorados.**

<b>Variáveis</b>		<b>Coliformes Totais</b>		
		<b>Superior</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Inferior</b>
<b>pH</b>	<b>Superior</b>	0,6	0,6	0,8
	<b>Intermediário</b>	0,7	-0,2	-0,3
	<b>Inferior</b>	0,5	0,0	0,1

Observa-se também que o pH da camada intermediária tem uma forte correlação com os coliformes da camada superior e o pH da camada inferior apresenta uma boa correlação com os coliformes da camada superior. As demais correlações são consideradas conforme Borges (2003) muito fracas (de 0,39 a 0,20), sem valor (de 0,19 a 0,01) e nula (quando igual a 0).

## CONCLUSÕES

O pH não apresenta uma correlação forte com o desenvolvimento dos coliformes totais, provavelmente, seus tampões favoreceram a estabilidade do meio por um determinado tempo, pois quando as concentrações do pH foram elevadas houve influência no crescimento dos coliformes totais, esta influência pode está associada a outros fatores, dentre eles a concentração de matéria orgânica, a temperatura e a umidade.

Como o pH, para os resíduos monitorados, não é uma variável determinante no desenvolvimento dos coliformes totais, existindo, então outras variáveis que apresentam maiores influência no seu crescimento, faz-se necessário um estudo com outros parâmetros para verificar o principal agente inibidor e/ou estimulador dessas bactérias.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCANTARA, P.B. Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. UFPE. Recife. 2007.
2. ALEXOPOULOS, C.J.; Mims, C.W.; Blackwell, M. Introductory mycology. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. 869p.
3. APHA, AWWA and WEF Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20 th Edition, 1998.
4. ARAUJO NETO, C. L.; Silva, A. S., Paiva, W.; Melo, M. C. . Determinação do Índice Colimétrico em Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Campina Grande PB. In: Giovanni Seabra. (Org.). Terra: [livro eletrônico]: Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades. 1ed. João Pessoa, 2013, v. 5, p. 284-293
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 11259: coliformes totais e termolerantes: determinação do número mais provável pela técnica dos tubos múltiplos. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
6. BORGES, B. L. M. Simplificando a estatística: coletânea de textos e exercícios didáticos. Campina Grande: EDUEP, 2003.
7. BIDONE, F. R. A. Resíduos Sólidos Provenientes de Coleta Especiais: Eliminação e Valorização, Projeto PROSAB 2 – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, ABES Rio de Janeiro, 2001.
8. CHRISTENSEN, T.H.; Kjeldsen, P. Basic biochemical process in landfills. In: CHRISTENSEN, T.H., COSSU, R.; STEGMANN, R (eds.) Sanitary Landfilling: process. technology and environmental impact. London : Academic Press, 1989.
9. EMCON Associates. Controlled Landfill Project. First, Second, Third, Fourth, and Fifth Annual Report: Project 343-3.1. San Jose, California, USA, 1986.
10. MADIGAN, M.T.; Martinko, J. M.; Parker, J. Brock biology of microorganisms. 10. ed. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 2002. p. 1088.
11. Martins, G. A.; Domingues, O. Estatística Geral e Aplicada, 4ª ed. Rev e ampl. São Paulo: Atlas, 2011.
12. McCARTY, P.L. Anaerobic waste treatment fundamentals II. Environmental requeriments and control. Public Works, v. 95, p.123, 1964.
13. \_\_\_\_\_. The methane fermentation. In: HENKELEKIAN, H.; DONDERO, N.C. (ed). Principles and applications in aquetin microbiology. New York :John Wiley and Sons, 1964.
14. MONTEIRO, V. E. D. Análises Físicas, Químicas e Biológicas no Estudo do Comportamento de Aterro da Muribeca. Tese de Doutorado. UFPE. 2003.
15. RIBEIRO, L. S. Estudo da Biodegradabilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Campina Grande- PB. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2012.