

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM COMPOSTAGEM DE FEZES HUMANAS PROVENIENTES DE BANHEIROS SECOS

TAMIRES CASTILHO DOS SANTOS¹, DANIELE SOUZA DE CARVALHO², CELSO DANIEL GALVANI JUNIOR³.

¹ Graduanda em Ciências Biológicas, IFSP, *Câmpus* Avaré, tamirescastilhos@gmail.com

² Docente efetiva EBTT, IFSP, *Câmpus* Avaré. danisc31@ifsp.edu.br

³ Docente efetivo EBTT, IFSP, *Câmpus* Avaré. celso.galvani@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.07.03.04-2 – Resíduos Sólidos, Domésticos e Industriais

RESUMO: O saneamento básico é um direito constitucional e indissociável na vida das pessoas. O presente estudo tem como enfoque o sistema de saneamento ecológico denominado Banheiro Seco, que é um sistema que não utiliza água para descarga de dejetos, as fezes são coletadas e armazenadas e passam por um processo de compostagem. O objetivo desse trabalho é avaliar a qualidade microbiológica do composto final obtido em três Banheiros Secos instalados no Estado de São Paulo. Realizaram-se a análise microbiológica de coliformes termotolerantes através da técnica de Número Mais Provável (NMP) que é um método de análise quantitativo que permite determinar o NMP do grupo ou microrganismo alvo na amostra. Sendo o resultado expressivo e satisfatório pois, duas das amostras apresentaram a contagem < 3,0 NMP/g de coliformes termotolerantes enquadrando-se dentro da legislação brasileira vigente. Conclui-se, a partir dos resultados alcançados, que os compostos obtidos pela técnica do Banheiro Seco, não apresentam riscos com relação ao grupo de coliformes termotolerantes fortalecendo-se assim seu potencial de utilização na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: banheiro compostável; saneamento ecológico; sanitário compostável; sanitário seco.

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF COLIFORMS THERMOTOLERANT IN COMPOSTING HUMAN FAECES FROM DRY TOILETS

ABSTRACT: Basic sanitation is a constitutional and inseparable right in people's lives. The present study focuses on the ecological sanitation system called Dry Toilet, which is a system that does not use water to discharge waste, the faeces are collected and stored separately and undergo a composting process. The objective of this work is to evaluate the microbiological quality of the final compost obtained in three Dry Toilets installed in the State of São Paulo. The microbiological analysis of thermotolerant coliforms was carried out using the Most Likely Number (NMP) technique, which is a quantitative analysis method that allows determining NMP of the target group or microorganism in the sample. The result being expressive and satisfactory since two of the samples had a count <3.0 NMP/g of thermotolerant coliforms within the current Brazilian legislation. It is concluded, from the results obtained that the composting obtained by the Dry Toilet technique, do not present risks in relation to the group of thermotolerant coliforms, thus ensuring its potential for use in agriculture.

KEYWORDS: composting toilet; ecological sanitation; dry bathroom; dry sanitation.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito sancionado na Constituição Federal de 1988, que determinam nos artigos 196º e 225º respectivamente, como direitos fundamentais a todos a saúde e o meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRASIL, 1998).

Apesar de ser um direito assegurado na Constituição, cerca de 5,8 milhões de brasileiros não possuem banheiro no próprio domicílio (IBGE, 2019) o que constitui uma desigualdade na

universalização do saneamento e um grande desafio para a sociedade (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

Em decorrência da indispensabilidade do saneamento, o Banheiro Seco se constitui como um sistema de saneamento ecológico, que difere dos sistemas convencionais de saneamento por não utilizar água para seu funcionamento. Trata-se de uma metodologia que basicamente não utiliza água para o transporte e remoção das fezes, sendo utilizado após o uso uma porção de aditivo rico em Carbono, como a serragem para a secagem e tratamento das fezes (necessária para equilibrar a relação Carbono/Nitrogênio), e posteriormente passar por um processo de compostagem, devolvendo-os à terra na forma de adubo (SÁ, 2011), sendo necessária a avaliação para garantir a utilização segura do ponto de vista sanitário.

A compostagem pode ser entendida como uma versão acelerada do processo natural de decomposição da matéria orgânica no solo pela ação de microrganismos aeróbicos, sendo alcançada através de condições favoráveis (temperatura, pH, aeração, umidade e relação Carbono/Nitrogênio) à atividade microbiana (KIEHL, 2012).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica de amostras de compostos provenientes de Banheiros Secos para que seu reuso possa ser concretizado.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas como objeto de estudo foram analisadas no Laboratório de Microbiologia do IFSP- *campus* Avaré, e são provenientes de três Banheiros Secos que estão localizados no Estado de São Paulo, nos municípios de Avaré, Campinas e Indaiatuba.

Idade dos compostos: Amostra 1 (7 meses), Amostra 2 (6 meses), Amostra 3 (9 meses).

A análise dos compostos foi realizada pelo método dos tubos múltiplos de acordo com Silva et al. (2010), empregando-se tubos múltiplos segundo o procedimento padrão de três alíquotas por diluição foram inoculadas numa série decimais sequenciais para cada amostra.

A técnica Número Mais Provável (NMP) foi realizada pelas etapas de fase presuntiva em meio líquido onde foi inoculada 25g de amostra do composto triturado em 225mL de solução de água peptonada (0,1%) e depois a inoculação, sendo uma série de 3 tubos em Caldo *Lauril Sulfato Tryptose* (LST). Em seguida foi enumerado uma série de 9 tubos (com tubo de Durhan invertido), sendo respectivamente: 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , os tubos continham 9mL de caldo LST, em concentração simples, sendo que estes tubos receberam sequencialmente, 1mL da diluição 10^{-1} para 10^{-2} e 1mL da amostra 10^{-2} para 10^{-3} .

Os tubos foram homogeneizados em vortex e incubados em estufa bacteriológica a temperatura de 35 °C por 24-48 horas, a cada 24 horas foi realizada a leitura, os tubos de Durhan que apresentaram gás em seu interior foram considerados positivos (presença de gás em caldo LST).

Na fase confirmativa, com auxílio de alça de platina flambada foram transferidas uma alíquota de cada tubo positivo no teste anterior, para os tubos de ensaio contendo caldo *Escherichia coli* (EC), os tubos foram homogeneizados suavemente e incubados em estufa bacteriológica a 44,5°C por 24 horas. A contagem de coliformes termotolerantes (NMP/g) foi realizada usando a tabela de NMP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados principais pode-se destacar que as triplicatas das amostras 1, 2 e 3 após a incubação em caldo LST (teste presuntivo) em temperatura de 35 °C/ 48 h observou-se crescimento com produção de gás, indicando ser positivas, ou seja, em todas as amostras houve presença de gás no interior dos tubos de Durhan devido à fermentação da lactose pelos microrganismos presentes na amostra (Figura 1). O caldo LST é o meio de enriquecimento seletivo de organismos fermentadores de lactose e de recuperação de células injuriadas (SILVA et al., 2010; CETESB, 2018).

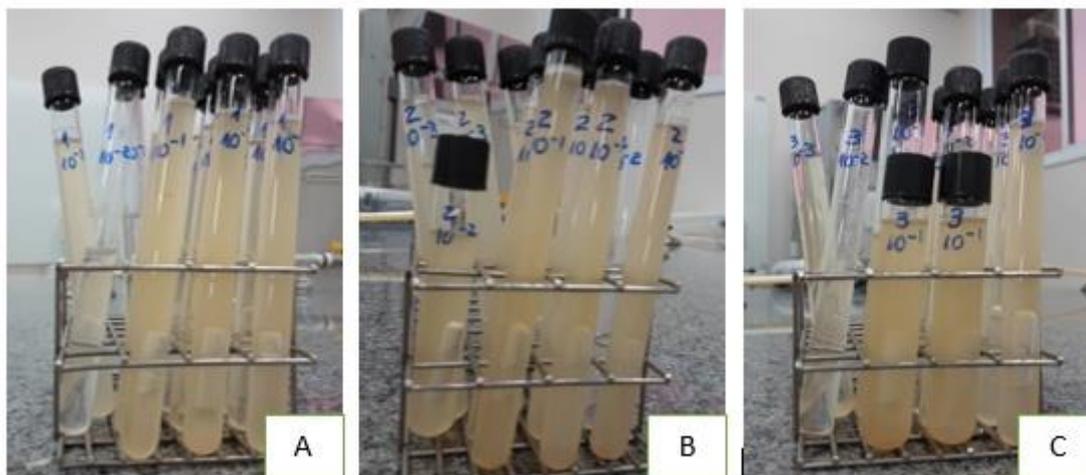


FIGURA 1. Tubos de ensaio contendo LST após incubação de 35°C/48 h; sendo, amostra 1 (A); amostra 2 (B); e amostra 3 (C).
 Fonte: Arquivo pessoal (2019).

A partir da confirmação de produção de gás na fase presuntiva, parte-se para o teste confirmativo de coliformes termotolerantes no qual o caldo E.C. é utilizado como meio seletivo devido à presença de sais biliare, e incubados a 44,5°C por 24 horas, no qual é possível constatar (Figura 2), a produção de gás devido à fermentação da lactose por organismos termotolerantes (MARQUEZI, 2010), sendo que o resultado para coliformes termotolerantes será positivo quando houver produção de gás a partir da fermentação da lactose contida no meio E.C. (CETESB, 2018).

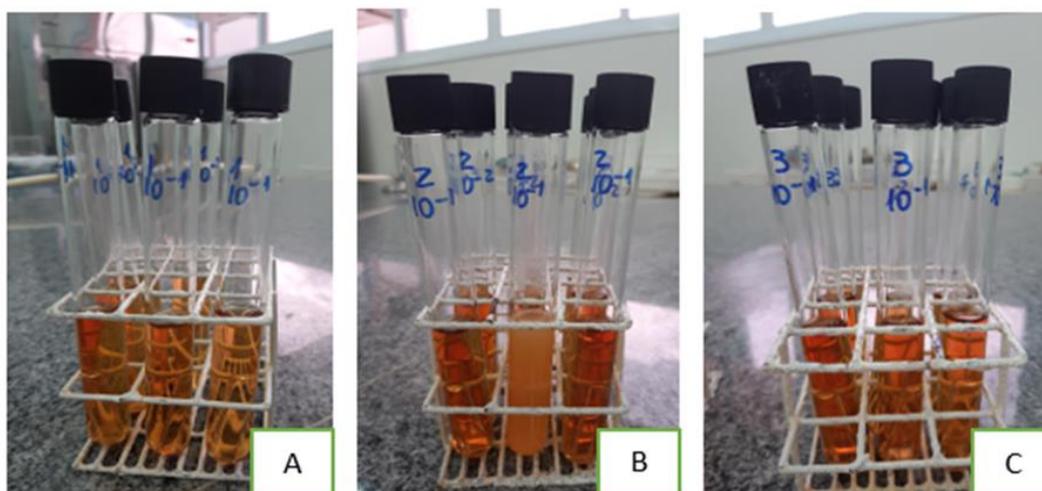


FIGURA 2. Tubos de ensaio contendo E.C após incubação de 44,5°C/24 h; sendo, amostra 1 (A); amostra 2 (B); e amostra 3 (C).
 Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1, comparando-se os valores encontrados nas análises realizadas a partir dos valores estabelecidos na tabela de NMP.

TABELA 1. Análise microbiológica da contagem de coliformes termotolerantes.

Amostra	Coliformes Termotolerantes (NMP/g)	Intervalo de confiança (95%)	
		mínimo	máximo
1	< 3,0	-	9,5
2	3,6	0,17	18
3	< 3,0	-	9,5

*NMP/g: Número Mais Provável/ grama.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020), de acordo com a Tabela NMP do *Bacteriological Analytical Manual* (BLODGETT, 2006).

De acordo com Kiehl (2012), a maturidade do composto é resultante de uma correta decomposição microbiológica da matéria orgânica. No processo de compostagem, a fase de cura, envelhecimento ou fase de maturação, é o estágio onde há também a redução de microrganismos patogênicos remanescentes e a produção de húmus (JENKINS, 2005).

A contagem de coliformes termotolerantes, das amostras 1 e 3, foram as mesmas sendo o valor tabelado < 3,0 NMP/g, exceto para a amostra 2 em que o composto possuía 6 meses de compostagem e que obteve 3,6 NMP/g. Entretanto, este valor encontra-se dentro do aceitável, ao comparar-se os resultados com os parâmetros exigidos pela Instrução Normativa n° 27, de 05 de junho de 2006 (MAPA, 2006) e pela Resolução CONAMA N° 375 de 29 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006) onde se estabelece como limite de concentração de coliformes termotolerantes o valor máximo de 1000,00 NMP/g.

Amostras analisadas, tanto para coliformes totais quanto para coliformes termotolerantes em outras pesquisas realizadas (SÁ, 2011), onde foi avaliada a qualidade microbiológica em compostos diferentes que também apresentaram resultados satisfatórios para coliformes termotolerantes, atendendo à legislação vigente. Um estudo de análise de coliformes fecais em compostos coletados de três banheiros compostáveis no Estado de Santa Catarina, também se mostrou de acordo com à legislação (ALVES, 2009). Os parâmetros microbiológicos de concentração de coliformes termotolerantes (BOTTO et al., 2010) tiveram resultante bastante semelhante ao obtido nessa presente pesquisa.

Dessa forma os resultados obtidos mostraram que as amostras coletas estão em condições sanitárias satisfatórias.

CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou contribuir para a discussão sobre a viabilidade da compostagem de fezes humanas e em concordância com os resultados, conclui-se à eficiência da compostagem das fezes humanas.

O Banheiro Seco além de proporcionar uma redução considerável e significativa na utilização de água para tratamento dos dejetos humanos, também viabiliza o fechamento do ciclo dos nutrientes, que retornam ao solo depois do processo de compostagem, possibilitando ao composto final aplicações e usos em atividades como: adubo e condicionador de solo no cultivo de culturas arbóreas como árvores frutíferas, jardinagem, paisagismo, reflorestamento, silvicultura, recuperação de áreas degradadas entre outras aplicações e podem auxiliar na melhoria da qualidade e fertilidade do solo e assim reduzir o uso de fertilizantes químicos.

Ressalta-se ainda a importância de ampliar a análise de outros parâmetros, como realizar a análise parasitológica e a análise físico-química para confirmação e seguridade do composto aliada à inativação de patógenos, afim de avaliar a qualidade e a aplicabilidade do composto estabilizado também na agricultura, sendo a próxima etapa dessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos doadores dos compostos analisados nessa pesquisa e ao IFSP pelo apoio e envolvimento de docentes e servidores do *campus* no desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B. S. Q. **Banheiro seco: análise da eficiência de protótipos em funcionamento.** (Monografia de conclusão de curso). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2009.
- BOTTO, M. P.; MOTA, F. S. B.; STEFANUTTI, R.; SANTOS, A. B. Estudo e Aplicação de Sanitários de Compostagem (Bason) em Comunidades Desprovidas de Saneamento Básico no Estado do Ceará. In: **X Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. SIBESA.** Maceió, 2010.
- BLODGETT, R. Most Probable Number From Serial Dilutions. In: US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Bacteriological Analytical Manual Online.** Revision February, 2006. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-appendix-2-most-probable-number-serial-dilutions#table1>> Acesso em: 17/01/2020.
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução Nº 375, de 29 de agosto de 2006.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, 1988.
- COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma Técnica L5.202: Coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* – Determinação pela técnica de tubos múltiplos.** 5ª ed. São Paulo: CETESB, 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira.** Estudos e pesquisas. Informação demográfica e socioeconômica. n. 4. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de água 2020 (SNIS 2018): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico.** São Paulo, junho de 2020.
- JENKINS, J. C. **The Humanure Handbook: a guide to composting human manure.** 3ª ed. United States: Jenkins Publishing. 2005.
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto.** 6ªed. Piracicaba, 2012.
- MARQUEZI, M. C. **Comparação de metodologias para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”: USP, 2010.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 27,** de 05 de junho de 2006.
- SÁ, M. C. **Avaliação da qualidade do composto e dos aspectos construtivos e operacionais de banheiros compostáveis.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia. Limeira, SP: 2011.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. TANIWAKI, M. H. SANTOS, R. F.S. GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** 4ªed. São Paulo: Livraria Varela, 2010.