



## II-189 - CARACTERIZAÇÃO DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CABANGA/COMPESA PARA RECICLAGEM AGRÍCOLA

**Edyjane Cavalcanti Ramos** <sup>(1)</sup>

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP. Técnica Operacional da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA.

**Julietta Maria Bezerra Figueroa** <sup>(2)</sup>

Aluna de especialização em Educação, Gestão e Política Ambiental da UFRPE. Bióloga.

**Maria de Fátima Barbosa da Silva** <sup>(3)</sup>

Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Coordenadora de Tratamento de Efluentes da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA.

**Endereço** <sup>(1) (3)</sup>: Av. Comandante Antonio Manhães de Matos, s/n - Cabanga - Recife - PE - Brasil - CEP.: 50090-430 Tel: (81) 3419-8782 - Fax: (81) 3419-8783 - e-mail: edyjaneramos@gmail.com

### RESUMO

O lodo de esgoto é o principal resíduo produzido pela Estação de Tratamento de Esgotos (ETE's), cujo destino tem despertado a atenção de diversos órgãos governamentais. Atualmente existe uma tendência em se priorizar as alternativas que promovam a reciclagem do lodo. A disposição adequada do lodo de esgoto é fundamental, a fim de se evitar potenciais prejuízos ambientais. Os tratamentos para higienização são necessários quando se trata de utilização do lodo produzido por digestão anaeróbia na reciclagem em agricultura, visando reduzir o risco para saúde humana e animal. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo: avaliar o efeito da compostagem na viabilização do uso do lodo de esgoto como componente de substrato para uso agrícola. A técnica de compostagem aplicada foi a de leiras revolvidas, empregando-se além do lodo, resíduos provenientes da poda de árvores. A higienização por compostagem se mostrou eficiente, pois se constatou no teste de germinação, que as sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.) responderam de maneira distinta a algumas doses de lodo. A reciclagem do lodo de esgoto na exploração agrícola é uma técnica viável, desde que precedida de planejamentos e também, dos cuidados recomendados pela Resolução nº 375/2006 do CONAMA.

**PALAVRAS-CHAVE:** digestão anaeróbia, lodo de esgoto, compostagem, ETE, reciclagem agrícola.

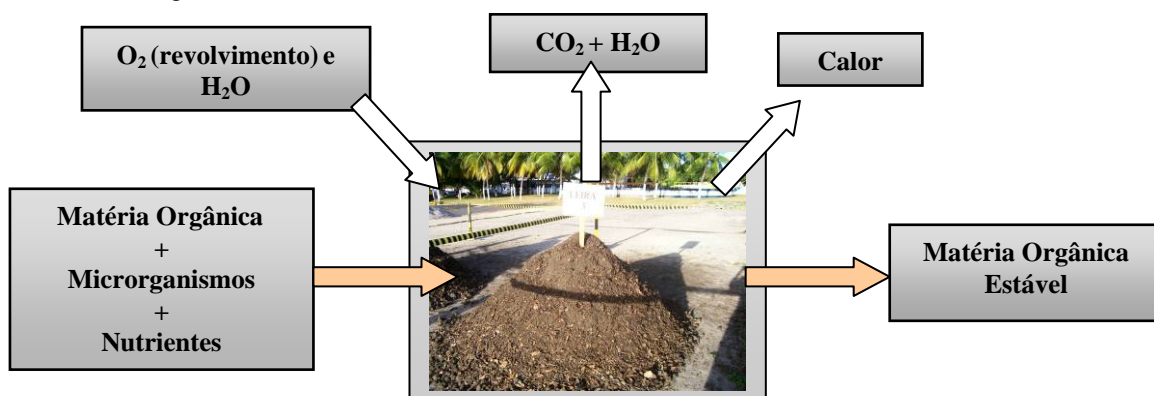
### INTRODUÇÃO

O tratamento e a disposição final do lodo produzido em ETE's constituem-se num problema, face ao grande volume gerado, às dificuldades em encontrar locais adequados e seguros, à distância do transporte, aos impactos ambientais, ao custo e às características da operação e processo. Entretanto, as características físico-químicas e biológicas do lodo o tornam um excelente condicionador do solo, podendo auxiliar na melhoria de algumas das práticas agrícolas atualmente em uso no nosso país. A transformação do lodo em adubo orgânico é uma inovação que consiste no uso combinado de técnicas de compostagem e de maturação do lodo associados aos resíduos vegetais, de forma que o produto final apresente uma excelente qualidade fertilizante sem causar impactos negativos ao meio ambiente, obedecendo às recomendações da Resolução nº 375/2006 do CONAMA. A Estação de Tratamento de Esgotos Cabanga está localizada no bairro do Cabanga-Recife/PE e é operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). A capacidade nominal de tratamento da ETE é de 80.000m<sup>3</sup>/dia e possui uma área de atendimento que inclui os bairros de Setúbal, Boa Viagem, Pina, Cabanga, Afogados, Jiquiá, Torre, Graças, Benfica, Derby, Rio Branco, Boa Vista, Santo Amaro e Espinheiro, pertencentes a Região Metropolitana do Recife (RMR). A ETE Cabanga consiste num processo primário de tratamento de esgotos domésticos, visando à remoção de sólidos sedimentáveis por decantação e de parte da matéria orgânica em suspensão. As partículas que possuem uma densidade maior comparadas ao líquido circundante sedimentam gradualmente. Essa massa de sólidos é denominada lodo primário bruto. As unidades operacionais da ETE são: gradeamento, calha Parshall, caixas de areia mecanizadas, caixa de distribuição, decantadores primários, caixa de reunião de lodo cru, digestores anaeróbios de lodo e leitos de secagem. Na Figura 01, tem-se uma vista aérea da estação localizada no bairro do Cabanga, em Recife-PE/Brasil. O processamento do lodo na ETE Cabanga é por digestão anaeróbia que ocorre em dois tanques em série, seguida de desidratação através de exposição solar em leitos de secagem.



**Figura 01: Estação de Tratamento de Esgotos, situada no bairro do Cabanga em Recife-PE (Brasil).**

As três etapas de processamento do lodo ocorridas na ETE são: adensamento (sedimentação por gravidade das partículas mais densas nos decantadores primários), estabilização (remoção de matéria orgânica pela redução de sólidos voláteis durante a digestão anaeróbia) e desidratação (remoção da umidade pelos leitos de secagem). O processo da compostagem é desenvolvido pela bioxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável, conforme a representação simplificada do esquema mostrado na Figura 02.



**Figura 02: Esquema simplificado do processo de compostagem.**

A partir de resíduos orgânicos com características desagradáveis (odor, aspecto, contaminação por microorganismos patogênicos, etc.), o processo transforma estes resíduos em compostos, que é insumo agrícola, de odor agradável, fácil de manipular e livre de microorganismos patogênicos. Os componentes orgânicos biodegradáveis passam por etapas sucessivas de transformação sob ação de diversos grupos de microorganismos. Os fatores mais importantes que influem na degradação da matéria orgânica são a aeração, os nutrientes e a umidade. A temperatura é um fator importante no que diz respeito à rapidez do processo de biodegradação e à eliminação de patógenos, porém é resultado da atividade biológica. Os nutrientes, principalmente carbono e nitrogênio, são fundamentais ao crescimento bacteriano, onde o primeiro é a principal fonte de energia e o segundo é necessário para a síntese celular.

A aeração tem por finalidade suprir a demanda de oxigênio da população microbiana e atuar como agente de controle de temperatura. A circulação de ar acelera a decomposição e dar condições de melhor condução de processo, não ocorrendo mau cheiro, nem atraindo insetos.

O método de compostagem por leiras revolvidas trata-se da disposição da mistura de resíduos em leiras (ou pilhas), sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos materiais e pela passagem do ar na massa do composto.

O presente trabalho consistiu em avaliar o efeito da compostagem através do sistema de leiras revolvidas na viabilização do uso do lodo da ETE como componente de substrato para uso agrícola. Esse processo tem a vantagem de ser de baixo custo e alta eficiência, constituindo-se em uma técnica economicamente viável de redução e maturação de patógenos. Além de diminuir o volume, o processo apresenta como produto final um composto que pode ser utilizado na fertilização do solo.



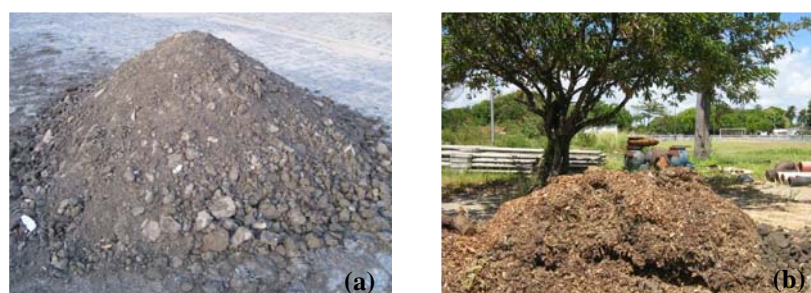
## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de lodo estabilizado dos digestores anaeróbios da ETE Cabanga (Recife-PE) foram coletadas no momento de descarga nos leitos de secagem para as análises dos seguintes parâmetros: pH, temperatura, umidade, sólidos totais e voláteis. Na Figura 03, observa-se o processo de desidratação do lodo nos leitos de secagem.



**Figura 03: processo de desidratação por exposição solar do lodo em leito de secagem na ETE Cabanga.**

Após 15 dias de exposição solar nos leitos de secagem, foram coletadas as amostras do lodo seco e também do material carbonáceo oriundo da poda de árvores, doado pela Diretoria de Limpeza Urbana (EMLURB) da Prefeitura do Recife, o qual foi triturado e estocado no pátio da ETE. Foram coletadas amostras simples e compostas com lodo misturado ao material carbonáceo. Todos os procedimentos de coleta foram efetuados segundo a norma NBR 10.007, sobre amostragem de resíduos sólidos. Na Figura 04, verifica-se o lodo seco e o resíduo de poda, aplicados no processo.



**Figura 04: lodo seco (a) e resíduo de poda de árvores (b) que foram aplicados no processo de compostagem.**

As análises preliminares foram realizadas para determinar as características do potencial agrônomo do lodo de esgoto antes da compostagem, avaliando-se os seguintes parâmetros: sólidos totais e voláteis, pH, umidade, temperatura, Carbono (C), Nitrogênio (N), Carbono/ Nitrogênio (C/N) e metais pesados, segundo as exigências da Resolução do CONAMA nº 375/2006. Nessa Resolução apresentam-se os indicadores da qualidade sanitária do lodo higienizado, por números de ovos de helmintos viáveis, bem como os limites das concentrações de metais pesados. O sistema de compostagem foi realizado por leiras, com a mistura de resíduos disposta em pilhas montadas com 1,50m de largura, 1,80m de comprimento e 1,20m de altura, onde a aeração foi fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão do ar na massa do composto. O experimento contou com três pilhas, nas quais foram misturados os resíduos nas proporções: Leira nº1- 1:2 (lodo peneirado e poda de árvore), Leira nº2- 1:2 (lodo sem peneirar e poda de árvore), Leira nº3 – 1:1 (lodo sem peneirar e poda de árvore). A compostagem foi monitorada pela umidade e pela temperatura média determinada diariamente (Figura 05). Após 30 dias de monitoramento, realizou-se o teste de germinação que consistiu no plantio de sementes de pepino (*Cucumis sativus*), visando prever a eficácia do material higienizado. Foi utilizada uma bandeja contendo 36 tubetes com diferentes proporções, partindo da testemunha composta por tropstrato (substrato comercial adequado para as condições tropicais) e no restante do experimento foi coletado e peneirado o composto das leiras.



**Figura 05: monitoramento e revolvimento das leiras no processo de compostagem.**

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O lodo de esgoto contém matéria orgânica, macro e micronutrientes, que exercem um importante papel na produção agrícola e manutenção na fertilidade do solo. Na Tabela 01 são apresentados os parâmetros de valor agrônômico do bio sólido produzido pela ETE Cabanga, exigidos segundo a Resolução nº 375/2006 do CONAMA, cujas determinações foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade-LEAQ/UFPE.

**Tabela 01: Valores obtidos na caracterização do lodo da ETE Cabanga quanto aos parâmetros macro/micronutrientes e metais pesados.**

	Parâmetros	Concentração
<b>Macronutrientes</b>	Umidade	51,8 %
	Sólidos Totais	475,2 g/kg
	Sólidos Voláteis	242,9 g/kg
	Carbono Orgânico Total	394,0 g/kg
	Nitrogênio NTK	4,54 g/kg
	Nitrogênio (Nítrito/ Nitrato)	17,3 g/kg
	Nitrogênio Amoniacal	1,07 g/kg
	Fósforo Total	1,23 g/kg
	Magnésio Total	4025,9 g/kg
<b>Micronutrientes ou Metais pesados</b>	Chumbo	79,38 mg/kg
	Zinco	652,2 mg/kg
	Cromo	384,0 mg/kg
	Cobre	152,7 mg/kg
	Níquel	75,8 mg/kg
	Cádmio	4,57 mg/kg
	Mercurio	Não detectado em ppb

Dentre todos os micronutrientes avaliados que ficaram abaixo do limite estabelecido, os elementos de maior importância são Cádmio, Níquel e Zinco, os quais apresentaram concentrações extremamente pequenas, segundo os critérios exigidos no CONAMA. Para os demais macronutrientes não foi observada uma faixa de concentração expressa pela Resolução.

A relação C/N apresentou-se muito elevada, no valor de 87. Teoricamente, a relação ideal do substrato deve se situar em torno de 30. Dessa maneira os microrganismos não encontram Nitrogênio suficiente para a síntese de proteína, tendo o seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem seria mais





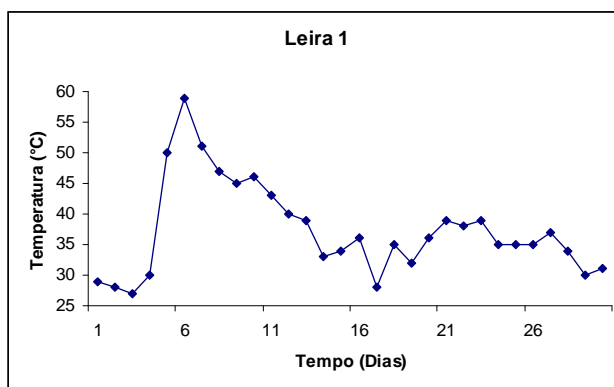
lento. Para isso, o lodo necessita de um resíduo complementar rico em Carbono e pobre em Nitrogênio, por isso, nesse caso, foi usada a poda de árvore que equilibrou esta relação acelerando a higienização.

É válido salientar que a compostagem é caracterizada por 3 fases: criófila (temperatura do composto igual ou inferior a temperatura ambiente), mesófila e termófila, como descritas na Tabela 02.

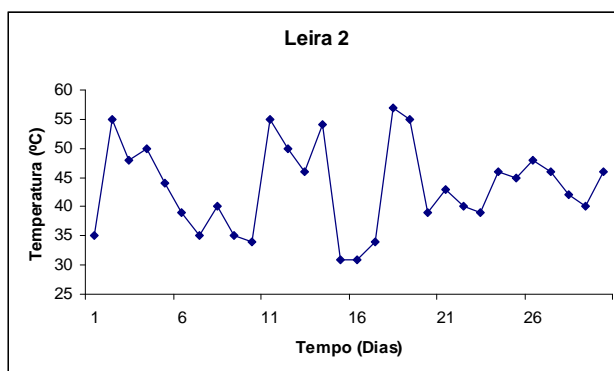
**Tabela 2: Temperaturas consideradas mínimas, ótimas e máximas para as fases da compostagem.**

Fases	Mínima	Ótima	Máxima
Mesófila	15 a 25°C	25 a 40 °C	43 °C
Termófila	25 a 45 °C	50 a 55 °C	85 °C

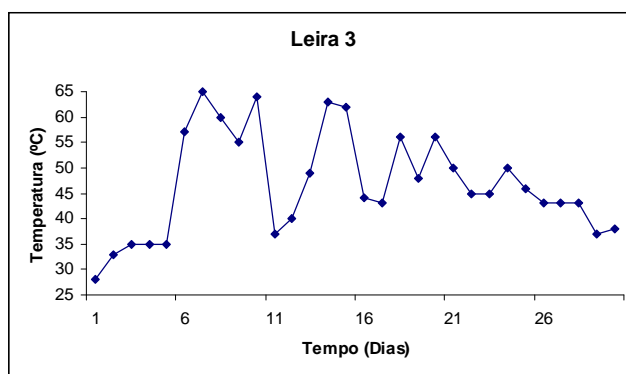
A temperatura inicial de cada leira – L1, L2 e L3, foram respectivamente, 29°C, 35°C e 27°C. Podendo-se afirmar que as leiras 2 e 3 levaram menos de um dia para passar da fase mesófila e entrar na termófila. Com o início da fase termófila, ocorreram temperaturas superiores a 55°C (fase ótima) durante 10 dias. Ver nas Figuras 06, 07 e 08. Durante o processo, podem-se notar algumas variações bruscas na temperatura termofílica controlada na fase de degradação ativa, uma vez que somente por meio desse controle é que se pode conseguir um aumento da velocidade de degradação e a eliminação de microrganismos patogênicos.



**Figura 06: Variação da temperatura da leira 01.**



**Figura 07: Variação da temperatura da leira 02.**



**Figura 08: Variação da temperatura da leira 03**

O valor do pH também reflete a eficácia da desinfecção do material, pois organismos patogênicos expostos a níveis extremos de pH demandam menos tempo de contato. Para tanto, observou-se que no momento da descarga o pH foi de 7,2 e decaiu para 6,6 após a secagem, no entanto, durante a compostagem aproximou-se de 5,7, permitindo a produção de ácidos orgânicos. A passagem da fase termófila foi acompanhada por uma rápida elevação do pH, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Portanto ocorreu um aumento do nível de nitrogênio, diminuição da atividade microbiana e queda da temperatura. Um dos principais indicadores para qualidade sanitária do lodo de esgoto é a quantidade de ovos de helmintos viáveis presente no composto.

Durante os 30 dias de compostagem, foi observado a redução de ovos de helmintos nas leiras L1, L2 e L3, apresentando respectivamente, 24%, 70% e 30% de inviabilidade. Acredita-se que a baixa redução dos patógenos, aconteceu pela lenta estabilização da temperatura. Após um período de 90 dias, foram novamente coletadas amostras das leiras, com a eficiência no controle dos ovos, totalizando em 0% de patógenos.

A utilização do lodo de esgoto higienizado como insumo na produção de mudas de pepino (*Cucumis sativus* L.), mostrou-se então viável, quanto a critérios de germinação para garantia de seus nutrientes, no entanto não é recomendado no uso de cultivo de olerícolas, cuja parte comestível entra em contato com o solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Norma Brasileira 10.007, **Amostragem de Resíduos Sólidos**. 2004
2. ANDREOLI, C. V. **Disposição Final do Lodo de Esgoto da ETE Belém**. Curitiba: Sanepar, 1998. 90p.
3. CARVALHO, P.C.T. Compostagem. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPAHOL, I.; CARVALHO, P. C. DE MELFI, J. A; MELO, W. J. MARQUES, M. O. (Eds). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, USP, ESALQ, UNESP, 2001. p. 133-180.
4. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375 de 29 de Agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodo de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, 2006.
5. FAUSTINO, F.; KATO, M. T.; SANTOS, M. L.; **Compostagem e Solarização para Higienização do Lodo de Esgoto e Uso no Cultivo de *Cassia amarela***. (Tese de Doutorado) Recife, 2007.
6. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.
7. KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**, maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998. 171 p.
8. SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Minas Gerais, 2004. p 269-270 p 357-391.
9. PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.
10. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – **Manual Prático para a compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro, 1999. 84p