

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*****28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil**

III- 089 – TRATAMENTO ANAERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM REATOR COMPARTIMENTADO

Maria Luciana Dias de Luna⁽¹⁾

Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Saneamento Ambiental pelo PRODEMA (Programa Regional de Pós – Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) UFPB / UEPB

Valderi Duarte Leite

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC / USP. Professor do Departamento de Química / Universidade Estadual da Paraíba

Shiva Prasad

Doutor em Química pela University of Rajasthan – Jaipur / Índia. Professor do Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal da Paraíba

José Vanderley do Nascimento Silva

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba

Sueli Farias de Souza

Graduanda do curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba

Endereço⁽¹⁾: Rua Gonçalves Dias, 373 – Monte Castelo – Campina Grande - PB - CEP: 58103-430 - Brasil - Tel: (83) 322-6507

mldluna@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho foi realizado em reator anaeróbico compartimentado com capacidade unitária de 2,2 m³ sendo 1,85 m³ destinados ao substrato afluente e o restante ao biogás produzido. O substrato foi preparado com concentração de sólidos totais contendo em média cerca de 5% (percentagem em peso), sendo constituído pela fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos e por lodo de esgoto sanitário nas proporções de 80/20% (percentagem em peso), respectivamente. Durante a realização do trabalho experimental foram aplicadas cargas orgânicas de 9,3 kg.m⁻³R.dia⁻¹ na primeira fase, 10,5 kg.m⁻³R.dia⁻¹ na segunda fase, 12 kg.m⁻³R.dia⁻¹ na terceira fase e 14 kg.m⁻³R.dia⁻¹ na quarta fase. A estabilidade do processo foi avaliada tomando-se como referencial o material afluente, efluente e acumulado no sistema operacional. O pH no material efluente após os 120 primeiros dias de monitoração do sistema permaneceu com valores superiores a 7,0 unidades de pH, favorecendo o desempenho do processo de digestão anaeróbia.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento anaeróbico, reator compartimentado, resíduos sólidos orgânicos, pH, alcalinidade total e ácidos graxos voláteis.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos urbanos vem aumentando constantemente em todo o mundo. No Brasil, o percentual de matéria orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos situa-se em torno de 55% (% em peso). Essa fração orgânica quando decomposta no meio ambiente contamina os corpos aquáticos e o solo através do percolado (líquido proveniente das reações de hidrólise ou qualquer outra fonte de água que atravesse a massa do resíduo produzido),

assim como o ar através do biogás (mistura de gases, em sua maioria composta por metano e dióxido de carbono, proveniente da decomposição da matéria orgânica sob condições anaeróbias).

A problemática dos resíduos sólidos tem sido amplamente discutida dentro do saneamento ambiental. Nos últimos tempos, observa-se que a grande geração de resíduos é impulsionada principalmente pelo crescimento populacional contínuo e desordenado, aliado ao modo consumista de viver da sociedade atual, bem como a falta de políticas de investimento e fiscalização para a coleta, disposição e tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Todos esses fatores têm contribuído para tornar esses resíduos em um grave problema social e ambiental.

A falta de disposição e tratamento adequado dos resíduos sólidos agrava ainda mais essa situação, uma vez que no Brasil são produzidos em média 125 mil toneladas de resíduos sólidos domiciliares por dia. Destas 125 mil toneladas, aproximadamente 20% não são coletados regularmente e dos 80% coletados que corresponde a 100 mil toneladas, apenas 28 mil toneladas são destinadas racionalmente, sendo a maior fração disposta em aterro sanitário e uma pequena parcela tratada em usina de compostagem. Das 72 mil toneladas de resíduos sólidos domiciliares lançados em lixões, logradouros públicos, canais, margens de rios, ou qualquer outro agente receptor, 50% em média (36 mil toneladas), corresponde à matéria orgânica putrescível (IBGE, 2000).

O aproveitamento da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos pode ocorrer através do processo aeróbio (compostagem) de modo a transformar a matéria orgânica em agente condicionador de solos ou através do processo anaeróbio que possibilita a produção de energia em forma de gás metano.

Durante o processo de bioestabilização anaeróbia da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos orgânicos, vários parâmetros podem ser monitorados para verificar a eficiência do processo em termos de produção de metano. Neste trabalho os parâmetros monitorados foram: pH, alcalinidade total (AT) e ácidos graxos voláteis (AGV).

O pH representa as condições de acidez ou alcalinidade de um meio, através da medida da concentração de íons H^+ .

Durante a decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos, o pH pode atingir valores que variam de 1,5 a 8,5 (Leite, 1997).

O pH está relacionado diretamente com a alcalinidade e com os ácidos voláteis no sistema. No biodigestor anaeróbio a alcalinidade pode ser definida como sendo a medida da capacidade de tamponamento dos componentes do biodigestor, controlando o pH, mesmo quando ocorre uma grande produção de ácidos. Em processos anaeróbios a presença de alcalinidade pode ser devido à presença do sistema carbono (alcalinidade a bicarbonato) ou a presença dos ácidos graxos voláteis. Só que apenas a alcalinidade a bicarbonatos atua como tampão durante o processo.

Valores de pH baixos podem significar uma concentração alta de ácidos graxos voláteis e conseqüentemente uma inibição da metanogênese. Alguns pesquisadores têm sugerido como faixa de pH ideal o que fica entre 6,5 a 7,5 (Brock, 1970). Mas, segundo Perreira (1984), já foram reportados valores entre 1,2 e 7,8 no tratamento de despejos complexos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado nas dependências da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitário (EXTRABES), localizada no Bairro do Tambor na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba no Nordeste do Brasil. O sistema experimental era constituído por dispositivo para preparação dos resíduos sólidos orgânicos, de uma caixa de alimentação e de um reator anaeróbio compartimentado.

O reator anaeróbio compartimentado foi construído de fibra de vidro e assentado em uma base metálica móvel. O reator possuía configuração geométrica retangular e era dividido internamente por três câmaras de iguais dimensões. Em cada câmara foi colocado um ponto de amostragem na base inferior e superior da lateral do reator, objetivando realizar o acompanhamento do perfil de distribuição do material sólido ao longo do sentido longitudinal do reator.

Na Figura 1 apresenta-se o esquema geral do reator anaeróbio compartimentado com os seguintes dispositivos instalados:

- Ponto 1 (dispositivo para alimentação do reator)
- Ponto 2 (dispositivo para coleta de biogás)
- Ponto 3 (dispositivo para coleta do material efluente do reator)
- Ponto 4 (dispositivos para coleta do material efluente das câmaras do reator)

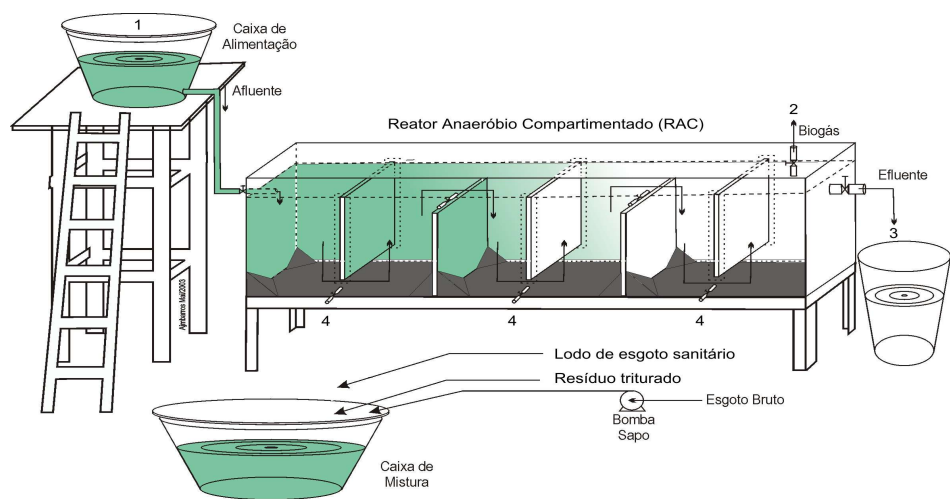


Figura 1 – Esquema geral do reator anaeróbio compartimentado

A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros operacionais aplicados ao reator anaeróbio compartimentado, durante o período de monitoração do sistema.

Tabela 1– Parâmetros operacionais aplicados ao reator.

Parâmetros Operacionais	
V olume do reator (L)	2200
Proporção RSU/Lodo (%)	80/20
Massa de RSU (kg)	1480,0
Massa de Lodo (kg)	370,0
Massa Total (kg)	1850,0
Teor de Umidade (%)	95
Carga Orgânica Aplicada (kg _{DQO} .m ⁻³)	841
Massa de DQO Aplicada (kg)	35,62
Tempo de Detenção (dias)	90

Inicialmente o reator foi alimentado com 1850,0 kg de substrato, correspondendo ao volume do reator destinado para tal. Como o reator era constituído por três câmaras de iguais dimensões, ficaram retidas em cada câmara aproximadamente 616,6 kg de substrato por um período de 90 dias.

Na Tabela 2 apresenta-se os principais valores dos dados médios referentes à caracterização física e química do substrato utilizado para a alimentação inicial do reator.

Tabela 2 – Dados da caracterização física e química do substrato afluente.

Parâmetros	Magnitude
TU (%)	95,0
ST (%)	5,0
STF (%)	24,0
STV (%)	76,0
COT (%)	42,2
NTK (%)	3,5
DQO (%)	38,5
Relação C/N	12,1
Alcalinidade Total (g CaCO ₃ .L ⁻¹)	6,6
Ácidos Graxos Voláteis (g H _{Ac} .L ⁻¹)	7,4
pH	5,6

Após o período de detenção de 90 dias, o reator anaeróbio compartimentado passou a receber cargas orgânicas distintas

conforme mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Cargas orgânicas aplicadas ao reator com seus respectivos tempos de detenção.

Tempo de Detenção	Carga Orgânica Aplicada
90 dias	9,3 kg m ⁻³ . dia ⁻¹
80 dias	10,5 kg m ⁻³ . dia ⁻¹
70 dias	12,0 kg m ⁻³ . dia ⁻¹
60 dias	14,0 kg m ⁻³ . dia ⁻¹

Os resíduos sólidos orgânicos utilizados para alimentação do reator eram constituídos de resíduos sólidos vegetais e de lodo de esgoto sanitário na proporção de 80 e 20% respectivamente. A mistura destes dois tipos de resíduos origina o substrato, o qual após a correção da umidade para 95% (percentagem em peso) era adicionado ao reator.

A monitoração do sistema experimental consistiu na coleta dos resíduos sólidos orgânicos, na preparação do substrato e alimentação do reator diariamente, além do acompanhamento sistemático do perfil da distribuição de resíduos nas câmaras internas do reator.

O processo de monitoração foi realizado nas frações sólidas, líquidas e gasosas. Na fração sólida, as análises foram realizadas nos resíduos sólidos vegetais, no lodo de esgoto sanitário e no substrato, sempre antes da alimentação do reator. Na fração líquida as amostras eram coletadas semanalmente e determinados os seguintes parâmetros: pH, ST e suas frações, alcalinidade total, ácidos graxos voláteis, DQO, NTK e nitrogênio amoniacal. Para realização das análises físicas e químicas da fração líquida se utilizou os métodos preconizados por APHA (1995). Na fração gasosa, a quantificação do biogás era realizada continuamente, sendo a caracterização qualitativa feita duas vezes por semana através de cromatografia gasosa.

Neste trabalho foram abordados apenas os parâmetros pH, alcalinidade total e ácidos graxos voláteis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados os dados advindos do processo de monitoração, especificamente em relação a pH, alcalinidade total e ácidos graxos voláteis.

Na Figura 2 apresenta-se o perfil do pH do substrato afluente e do material efluente do reator nas quatro fases de monitoração do reator.

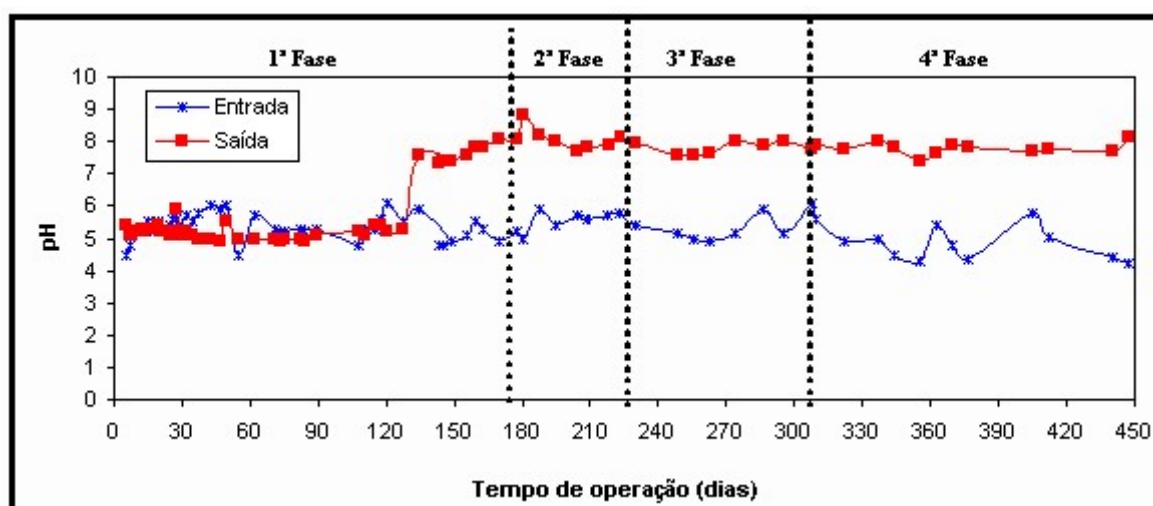


Figura 2 – Comportamento das evoluções temporais do pH no substrato afluente e no material efluente do reator nas quatro diferentes fases de monitoração do trabalho.

Analisando os perfis apresentados na Figura 2, observa-se que os valores de pH no substrato afluente apresentaram comportamentos similares, situando-se numa faixa de 4,0 a 6,1 unidades de pH, em todas as fases de monitoração do reator. Essa faixa de pH no substrato afluente está associada à composição do substrato, uma vez que os resíduos vegetais utilizados no trabalho apresentam pH em torno de 3,0 unidades de pH, enquanto que o lodo de esgoto sanitário apresentava pH de aproximadamente 7,0 unidades de pH. No material efluente do reator, até os 133 dias de

monitoração, o pH apresentou características ligeiramente ácidas decorrentes da adaptação do substrato à massa bacteriana existente no interior do reator. Após esse período, o pH do material efluente adquiriu características neutras com valores de pH superiores a 7,0 unidades de pH, mantendo-se assim até o final do tempo de monitoração, que aconteceu após o período de 447 dias com tempo de detenção de sólidos de 60 dias. É importante destacar que mesmo após as mudanças de cargas orgânicas aplicadas ao reator, não foram verificadas reduções significativas nos valores de pH, indicando a presença de mecanismos de tamponação do resíduo retido no interior do reator e a conseqüente capacidade de suporte de variação de carga orgânica pelo reator.

Na Figura 3 são apresentados os perfis referentes à alcalinidade total no substrato afluente e no material efluente do reator ao longo do período de monitoração do sistema experimental.

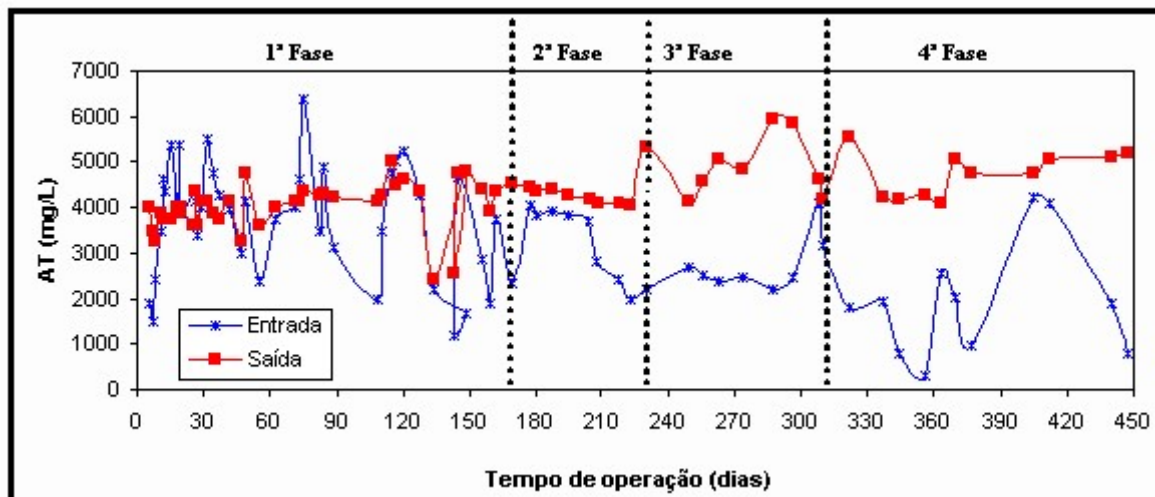


Figura 3 – Comportamento dos perfis referentes à alcalinidade total.

Analisando o comportamento da Figura 3, observa-se que a alcalinidade total no substrato afluente apresentou variações significativas nas quatro fases de monitoração. Essas variações podem ser explicadas pela heterogeneidade dos resíduos sólidos vegetais, pelo grau de trituração destes resíduos, como também pelos resíduos líquidos empregados para realização da preparação do substrato, uma vez que foi utilizado esgoto sanitário apresentando em sua composição uma alcalinidade alta, contribuindo para que o sistema seja tamponado com maior facilidade. No material efluente, a alcalinidade total apresentou variações de 2557 a 5546 mg de $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$. Este acréscimo demonstra que a alcalinidade gerada no reator foi suficiente para manter a estabilidade do processo, apesar das mudanças no tempo de detenção e na carga orgânica aplicada ao reator.

Na Figura 4 são apresentados os perfis dos ácidos voláteis nas quatro diferentes fases de monitoração do reator.

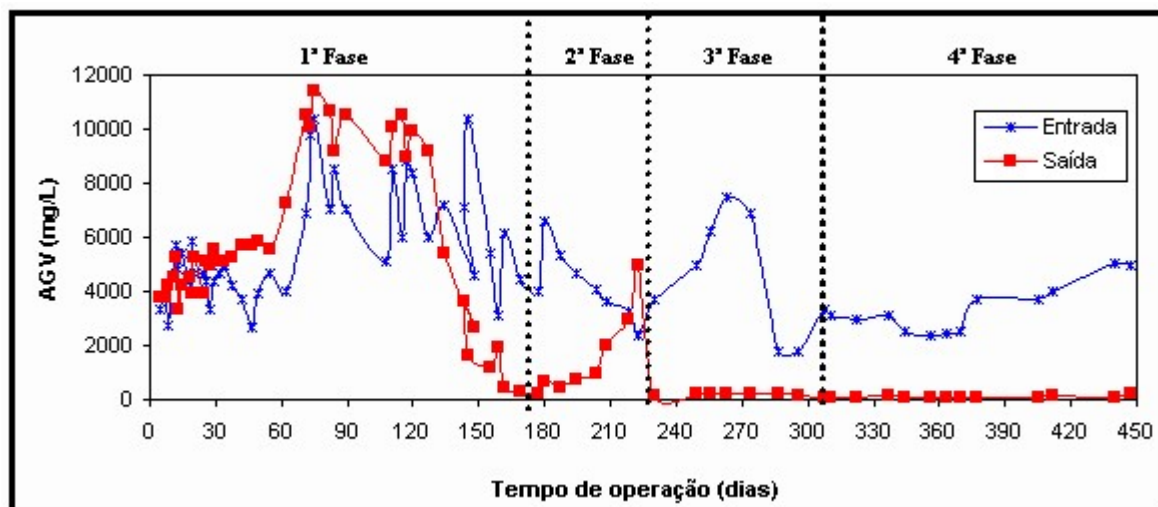


Figura 4 – Comportamento dos ácidos graxos voláteis.

A concentração de ácidos voláteis no substrato afluente apresentou valor médio de $5080 \text{ mgHAC}\cdot\text{L}^{-1}$ enquanto que no

material efluente a concentração média foi de $3668 \text{ mgHAC.L}^{-1}$, conforme mostrado na Figura 4.

Até os 127 dias de monitoração do reator, a concentração de ácidos voláteis no material efluente permaneceu superior a concentração do material afluente, indicando que nessa fase, o sistema ainda não apresentava capacidade de neutralizar os ácidos formados nessa etapa e, conseqüentemente houve o acúmulo de ácidos voláteis, mostrando que o sistema ainda não estava tamponado. Após esse período, a concentração de ácidos graxos decresceu até alcançar valores de $300 \text{ mg HAC.L}^{-1}$ no final da primeira fase. Na segunda fase, houve um acréscimo de ácidos no material efluente entre os dias 208 e 223, mas, como o sistema já estava tamponado, o desempenho do processo não foi alterado. Nas 3ª e 4ª fases, a concentração média de ácidos graxos voláteis foi de 185 e 112 mg HAC.L^{-1} , respectivamente. A redução de ácidos graxos no material efluente indica que os ácidos estão sendo consumidos na mesma proporção em que estão sendo produzidos. No processo de bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos, quando acontece a redução da concentração dos ácidos graxos voláteis, proporcionalmente ocorre um acréscimo acentuado do percentual de gás metano no biogás.

CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- O tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos em reator anaeróbio compartimentado apresenta-se como uma alternativa promissora para o aproveitamento da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos;
- O pH no material efluente permaneceu com valores superiores a 7,0 unidades de pH, após os 120 primeiros dias de monitoração, favorecendo o desempenho do processo anaeróbio;
- A redução de ácidos graxos no material efluente indica que os ácidos estão sendo consumidos na mesma proporção em que estão sendo produzidos. No processo de bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos, quando acontece a redução da concentração dos ácidos graxos voláteis, proporcionalmente ocorre um acréscimo acentuado do percentual de gás metano no biogás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 18 ed. Washington, 1995. 1134p
2. BROCK, T. D. **Biology of Microorganisms**. Prentice-Hall International, inc. New Jersey, 1970, 738 p.
3. IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – Censo Demográfico 2000.
4. PEREIRA, S. M. C. **Influência da Temperatura e da Superfície de Contato nos Processos de Estabilização Anaeróbia**. São Carlos, 1984. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 190 p.
5. LEITE, V. D. **Processo de Tratamento Anaeróbio de Resíduos Sólidos Urbanos Inoculados com Lodo de Esgoto Industrial**. São Carlos, 1997. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 190 p.