



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

III-091- ESTUDO DA RECIRCULAÇÃO DE LIXIVIADO NO PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Valderi Duarte Leite (1)

Engenheiro Químico – DEQ/CCT/UFPB. Mestre em Engenharia Civil – DEC/CCT/UFPB. Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP. Prof do DQ/CCT/UEPB.

Wilton Silva Lopes

Químico Industrial – DQ/CCT/UEPB. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA UEPB/UFPB. Doutorando em Química – CCEN/UFPB.

Shiva Prasad

Bacharel em Química – University of Rajasthan, Japu/índia. Mestre em Química – University of Rajasthan, Japu/índia. Doutor em Química – university de Rajasthan . Prof. do DEQ/CCT/UFCG.

José Tavares de Sousa.

Engenheiro Químico – DEQ/CCT/UFPB. Mestre em Engenharia Civil – DEC/CCT/UFPB. Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP. Prof do DQ/CCT/UEPB.

Maria Luciana Dias de Luna.

Química Industrial – DQ/CCT/UEPB. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UEPB/UFPB.

Josiane Silva de Oliveira.

Estudante de Graduação do DQ/CCT/UEPB. Bolsista de IC do PIBIC/CNPq/UEPB

Endereço⁽¹⁾: Rua Vigário Calixto, 1475 - Catolé – Campina Grande - PB - CEP: 58104 480 - Brasil - Tel: (83) 337-3316

e-mail valderileited@uol.com.br

RESUMO

O processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos com baixa concentração de sólidos é realizado com substrato contendo em média cerca de 5% (percentagem em peso) de sólidos totais. Os problemas de ordem técnica associada a este tipo de tratamento, estão relacionados ao estudo das configurações de reatores que possa viabilizar uma boa eficiência de transformação do material carbonáceo em um período relativamente curto de tempo. Portanto, neste trabalho foi estudado o processo de recirculação de lixiviado na digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos com baixa concentração de sólidos em um reator anaeróbio compartimentado (RAC). O reator anaeróbio compartimentado tinha capacidade unitária de 2200 litros, sendo constituído por três câmaras de dimensões iguais e compartimento único para armazenamento do biogás. O reator era alimentado diariamente com resíduos sólidos orgânicos frescos e com tempo de retenção de sólidos de 55 e 50 dias. Em média a eficiência de bioestabilização de STV e de DQO foi 91 e 86% na 1ª fase e de 94 e 95% na 2ª fase respectivamente. O volume médio de biogás produzido foi de 215,3 litros na 1ª fase e de 244,3 litros na 2ª fase, com percentual médio de gás metano de 60% (percentagem em volume) em ambas as fases.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado; resíduos sólidos orgânicos; anaeróbio; concentração de sólidos; biogás

INTRODUÇÃO

No geral a produção e a composição dos resíduos sólidos é função das atividades humanas e industriais dentro de qualquer contextualização social. Os humanos sempre estiveram e continuam estando associados diretamente aos resíduos por eles produzidos, podendo o resultado desta interação ser responsável por diversificadas escalas de agressões ambientais.

Os problemas inerentes à taxa de produção per capita e a composição gravimétrica e químico dos resíduos sólidos, principalmente dos resíduos sólidos urbanos, envolvem questões de natureza social, econômica, política e cultural. Em países subdesenvolvidos ou em fase retardada de desenvolvimento, os resíduos sólidos urbanos têm se tornado um problema gravíssimo de saneamento básico e até mesmo de saúde pública.

O Brasil com uma população estima de 169.799.432 habitantes e ainda com 81,5% desta população residindo na zona urbana, o serviço de limpeza pública coleta diariamente em nível nacional cerca de 228.413 toneladas de resíduos sólidos predominantemente urbanos. Os dados oficiais do censo realizado pelo IBGE no ano de 2000 são apresentados ainda com a denominação etimológica de lixo, dificultando a realização de um estudo mais consistente no que concerne aos aspectos qualitativos e quantitativos dos resíduos sólidos produzidos, coletados e tratados e /ou destinados em todo território nacional. Neste trabalho serão tomados os dados oficiais do IBGE para efeito de estudo de determinação da taxa de produção per capita a nível nacional e nas diferentes cinco regiões que compõe o território nacional.

Na Tabela 1 são apresentados os dados quantitativos de resíduos sólidos urbanos coletados em nível nacional e nas cinco diferentes regiões e as respectivas populações domiciliadas e as respectivas taxas de produção per capita.

Tabela 1 – Dados quantitativos de resíduos sólidos urbanos coletados.

Regiões/ Parâmetros	Resíduos sólidos urbanos coletados (kg)	População (Habitantes)	Produção per capita. (kg.hab⁻¹. dia⁻¹)
Brasil	228.413.000,0	169.799.170,0	1,30
Nordeste	41.557.800,0	47.741.711,0	0,80
Norte	11.067.100,0	12.900.704,0	0,80
Sudeste	141.616.800,0	72.412.411,0	1,90
Centro Oeste	14.296.500,0	11.636.728,0	1,20
Sul	19.874.800,0	25.107.616,0	0,80

Fonte: Adaptado do IBGE (2000)

Os resíduos sólidos urbanos são constituídos basicamente por matéria orgânica putrescível, papel/papelão, plástico, vidro, material metálico ferroso e não ferroso, ossos e demais outros tipos de resíduos que muitas vezes são denominados de material inerte ou algo semelhante, dependendo do pesquisador que está realizando a caracterização física ou gravimétrica.

Segundo dados do IBGE (2000) do total de resíduos sólidos urbanos coletados, cerca de 21% (percentagem em peso) são destinados em vazadouros a céu aberto os denominados Lixões, aproximadamente 37% estão sendo lançados em aterro controlado, 36% estão tendo destinação final em aterro sanitário, enquanto apenas 2,8% da totalidade dos resíduos sólidos urbanos coletados estão sendo tratados em usina de compostagem. O restante dos 3,2% é tratado e/ou destinados em estação de triagem, incineração e determinados outros locais.

No geral os resíduos sólidos urbanos são constituídos em média por 50% (percentagem em peso) de matéria orgânica putrescível. Na Tabela 2 são apresentados os dados percentuais relativos a composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos de seis diferentes cidades brasileiras.

Tabela 2 – Dados da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos.

Cidade/Componente	Campina Grande (PB)	Caxias do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Ouro Preto (MG)	Vitória (ES)	Criciúma (SC)
Matéria orgânica Putrescível	56,8%	58,8%	41,9%	53,7%	53,1%	45,2%
Papel e papelão	13,6%	17,3%	20,8%	19,3%	19,1%	21,1%
Plástico	15,5%	6,6%	22,5%	9,2%	11,8%	17,1%
Metais	1,5%	2,9%	4,1%	4,2%	2,7%	2,1%
Vidro	1,1%	1,3%	2,1%	4,2%	2,7%	2,1%
Outros ⁸	11,5%	13,7%	8,6%	9,4%	10,0%	11,2%

Outros: couro+ borracha+ ossos+trapos+madeira+cerâmica+isopor.

Fonte: Adaptado de Lopes(2000).

OBJETIVOS

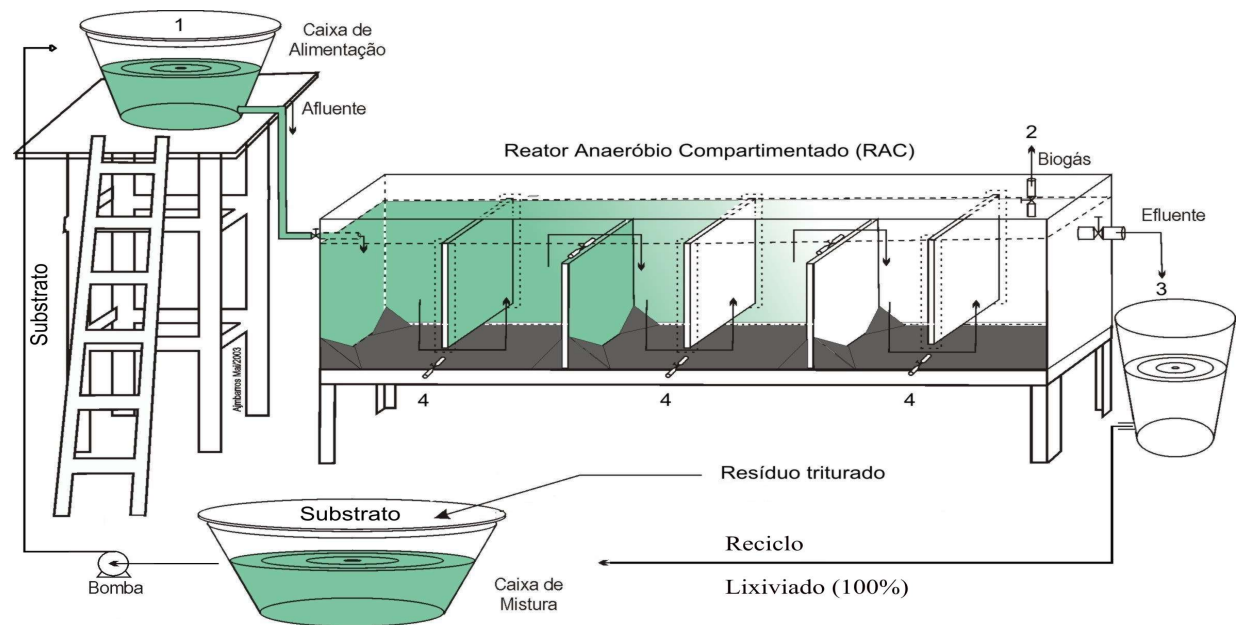
Objetivou-se neste trabalho estudar a influência da recirculação de lixiviado no processo de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com baixa concentração de sólidos, priorizando, por conseguinte a determinação do tempo mínimo necessário para que ocorra o processo de bioestabilização, a quantificação da taxa de produção de gás CH₄ e a distribuição do material sólido no interior das câmaras do reator.

METODOLOGIA

O trabalho está sendo realizado nas dependências do Laboratório da EXTRABES (Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário), localizado no bairro do Tambor na cidade de Campina Grande – PB.

O sistema experimental é constituído por um reator anaeróbio compartimentado (RAC) com capacidade unitária de 2200 litros. Do volume total de 2200 litros, 350 litros foram destinados para armazenamento do biogás, enquanto os 1850 litros foram distribuídos em três câmaras de iguais dimensões (616,6 litros). No reator foram instalados dispositivos para alimentação, coleta do efluente, coleta do biogás e acompanhamento do perfil de material sólido nas câmaras do reator. O reator foi construído a base de fibra de vidro, apresentando geometria retangular. Além do reator, estão presentes no sistema experimental triturador de resíduos sólidos orgânicos, caixa para preparação do substrato, balança, caixa para coleta do material efluente e medidor de fluxo de biogás. Na Figura 1 apresenta-se o esquema geral do reator e de outros elementos constituintes do sistema experimental.

Figura 1. Esquema geral do reator anaeróbio compartimentado.



- 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)

O monitoramento do reator anaeróbio de compartimentado teve início no mês de janeiro do ano de 2003. Inicialmente o reator anaeróbio compartimentado foi descarregado e retirado de operação. Em seguida a massa de resíduo contida no interior do reator foi quantificada e caracterizada seqüencialmente por câmara.

Na Tabela 6 são apresentados os parâmetros operacionais aplicados ao reator.

Tabela 6. Parâmetros operacionais aplicados ao reator.

Parâmetros/ Fases	1ª fase	2ª fase
Volume total do reator (L)	2200,0	2200,0
Volume de resíduo (L)	1850,0	1850,0
Volume do gasômetro (L)	350,0	350,0
Concentração de sólidos (%)	5,0	5,0
Teor de umidade (%)	95,0	95,0
Tempo de retenção (dias)	55,0	50,0
Carga orgânica aplicada (kgRSO. m ⁻³ . dia ⁻¹)	17,7	20,0

A fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos que está sendo utilizada no trabalho é proveniente da EMPASA (Empresa Paraibana de Alimentos e Serviços Agrícolas), localizada na cidade de Campina Grande – PB, sendo estes resíduos constituídos basicamente por restos de frutas e verduras resultantes das atividades do local. Os resíduos coletados são submetidos à trituração, caracterização física e química e ajustamento do teor de umidade.

Nesta nova etapa do trabalho o substrato está sendo constituído por resíduos sólidos vegetais "*in natura*" mais resíduos sólidos parcialmente bioestabilizado advindo da 3ª câmara do reator (anteriormente monitorado) mais o material efluente (lixiviado) do reator.

A caracterização química do substrato é realizada diariamente, o mesmo acontecendo com o material efluente do reator. A análise do material coletado nas câmaras do reator é feita com frequência semanal. Quanto à fração gasosa, o volume do biogás produzido é quantificado continuamente, enquanto a caracterização qualitativa está sendo realizada duas vezes por semana. No substrato e no material efluente do reator são determinados os seguintes parâmetros: pH, AT, AV, DQO, NTK, N-NH₄, ST e suas frações.

RESULTADOS

Na 1ª fase do trabalho o reator foi monitorado por um período de 70 dias, tendo sido aplicado uma carga orgânica volumétrica de 17,7kgRSO.m⁻³. dia⁻¹. Na Tabela 7 são apresentados dados estatísticos em relação à média, ao desvio padrão e ao coeficiente de variação dos parâmetros químicos utilizados para caracterização do material afluente e efluente do reator anaeróbio compartimentado.

Tabela 7. Dados estatísticos dos parâmetros químicos do material afluente e efluente do reator na primeira fase.

	n		x		s		Cv	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
pH	9	9	6,3	7,7	1,15	0,22	18,25	2,8
AT (gCaCO ₃ .L ⁻¹)	10	7	3,23	3,25	1,36	0,53	42,10	16,30
AV (gH. L ⁻¹)	10	9	1,46	0,24	0,41	0,22	28,08	91,66
ST (g.L ⁻¹)	18	14	45,91	7,12	6,76	2,06	14,72	28,93
STV (g.L ⁻¹)	18	18	33,72	2,86	6,88	2,42	20,40	84,61
DQO (g.L ⁻¹)	14	14	22,83	3,26	9,68	1,48	42,40	45,39
NTK (g.L ⁻¹)	12	112	1,21	0,75	0,21	0,06	17,35	9,3
N-NH ₄ ⁺ (g. L ⁻¹)	12	12	0,50	0,64	0,18	0,08	36,0	12,5

n: número de análises; x: valor médio; s: desvio padrão; cv: coeficiente de variação.

O pH do material afluente (substrato) variou de 3,9 a 7,8 mesmo realizando-se o ajuste de umidade dos resíduos sólidos orgânicos com lixiviado que apresentou valores de pH sempre superior a 7,5. Neste caso específico, a recirculação do lixiviado contribuiu inicialmente para elevar o pH do substrato, propiciando melhores condições operacionais ao processo de bioestabilização anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos.

Quanto ao material carbonáceo, observa-se que a DQO do material afluente variou de 2,12 a 33,74g.L⁻¹, enquanto os STV variaram de 20,6 a 45,5g.L⁻¹, indicando o expressivo grau de heterogeneidade que apresentava na época os resíduos sólidos orgânicos coletados e utilizados para preparação do substrato. Na 1ª fase a eficiência média de acumulação de DQO foi de 85,8%, enquanto a de STV foi de 91,5%.

Na 2ª fase do trabalho que teve duração também de 70 dias, foi aplicada ao reator uma carga orgânica volumétrica de 20kgRSO.m⁻³. dia⁻¹. Na Tabela 8 são apresentados dados estatísticos em relação à média, ao desvio padrão e ao coeficiente de variação dos parâmetros químicos utilizados para caracterização do material afluente e efluente do reator anaeróbio compartimentado.

Tabela 8. Dados estatísticos dos parâmetros químicos do material afluente e efluente do reator na segunda fase.

	n		X		s		Cv	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
pH	9	9	7,25	7,75	0,51	0,59	7,03	7,61
AT (gCaCO ₃ .L ⁻¹)	9	7	4,86	5,72	1,31	1,03	26,95	18,0
AV (gH. L ⁻¹)	4	4	2,26	0,12	1,75	0,05	77,4	41,66
ST (g.L ⁻¹)	13	13	49,80	8,57	13,81	3,70	28,03	43,17
STV (g.L ⁻¹)	15	15	37,75	2,27	13,48	2,44	35,70	107,48
DQO (g.L ⁻¹)	13	13	27,68	1,34	11,98	0,54	43,28	40,29
NTK (g.L ⁻¹)	10	10	1,41	0,86	0,24	0,32	17,02	40,0
N-NH ₄ ⁺ (g. L ⁻¹)	10	10	0,6	0,80	0,17	0,22	28,33	27,5

Na 2ª fase o substrato utilizado para alimentação do reator apresentou valores de pH variando de 6,7 a 8, 0, propiciando condições favoráveis para o bom desempenho do processo de bioestabilização anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos. Quanto ao material carbonáceo, expresso neste trabalho pela concentração de DQO e dos STV a variação foi de 13,50g.L⁻¹ a 46,03g.L⁻¹ para DQO e de 19,4 a 76,4g.L⁻¹ para os STV. Portanto, na 2ª fase a eficiência

de média de acumulação de massa de DQO foi de 95,1%, enquanto a eficiência média de acumulação de massa de STV foi de 94,0%

Na Tabela 9 são apresentados os resultados quantitativos da massa afluyente em relação aos parâmetros: massa de resíduos sólidos orgânicos (M_{RSO}), massa de STV (M_{STV}) e massa de DQO (M_{DQO}) para a 1ª e 2ª fases do trabalho experimental.

Tabela 9. Dados das diversas frações de massa afluyente.

Parâmetros	Fases	
	1ª	2ª
M_{RSO} (kg)	2.351,1	2.590,0
M_{STV} (kg)	79,4	97,7
M_{DQO} (kg)	53,7	71,9

Na 1ª fase, da massa de DQO alimentada ao reator, em média 85,8% , ou seja, 46,0 kg ficou acumulada no interior do reator, sendo parte dessa massa de DQO biotransformada para biogás. Na 2ª fase a massa de DQO acumulada no interior do reator foi de aproximadamente 68,0 kg, propiciando uma eficiência de acumulação de massa de DQO de 95,1%.

CONCLUSÃO

Analizando os dados deste trabalho ficou constatado que o limite de carga orgânica aplicada no processo de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com baixa concentração de sólidos foi de $17,7 \text{ kgRSO.m}^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$. Salienta-se que a elevação da carga orgânica aplicada e a conseqüente redução no tempo de retenção do material sólido nas câmaras do reator foram influenciado positivamente pela utilização do lixiviado no processo de ajustamento da umidade do substrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. APHA, AWWA, WPCF, Standard methods for examination of water and wastewater. 18th ed. Washington, 1995, p. 1134.
2. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2000. Rio de Janeiro.
3. LOPES, W. S. Biodigestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos inoculados com rúmen bovino. Campina Grande-PB. PRODEMA/UFPB/UEPB. Dissertação de Mestrado, 2000.