

III-256 - GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA FRAÇÃO ORGÂNICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS CONSORCIADOS COM GLICERINA

Neuri Rempel ⁽¹⁾

Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Especialista em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Luis Alcides Schiavo Miranda

Pós-Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS. Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Luciana Paulo Gomes

Doutora em Eng. Civil pela EESC-USP. Professora Titular do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Francine Schulz

Bióloga, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Atualmente trabalha como técnica em química na Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN).

Marcelo Oliveira Caetano

Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Endereço⁽¹⁾: Unisinos, 950 Bairro: Cristo Rei – CEP: 93022-000 – São Leopoldo (RS), Brasil - e-mail: neurir@hotmail.com

RESUMO

O aproveitamento energético da fração biodegradável dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) na forma de biogás é uma das alternativas para minimizar os impactos sociais e ambientais causados pela disposição destes resíduos. A digestão anaeróbia sob condições controladas, objetivando o máximo de rendimento de biogás é uma alternativa promissora, principalmente quando for conduzida com o acréscimo de outros resíduos orgânicos de elevado potencial para geração de biogás, como a glicerina. A glicerina é um subproduto da produção de biodiesel e possui percentual de carbono acima de 90%, tornando-se um excelente cosubstrato para digestão anaeróbia. Este trabalho avaliou a geração de biogás em escala piloto, utilizando a fração orgânica do RSU pós-esteira de triagem da cidade de São Leopoldo/RS, com incremento de glicerina. Utilizou-se um reator de 50L com agitação intermitente e temperatura controlada (~35°C). O incremento de glicerina possibilitou aumento entre 30 – 40% no volume de biogás gerado, além de antecipar em até 10 dias a produção máxima de biogás, quando comparado com o processo somente com os RSU. O decréscimo gradativo do pH, a elevada relação C:N no material digerido e adição de NaOH para o controle do pH, indicam que o percentual de glicerina adicionado, nas condições desse estudo, pode ter sido elevado, necessitando maiores investigações para chegar no volume adequado. O volume médio de biogás produzido foi de 44m³/ton. de RSU, com valores mínimos e máximos de 30 m³/ton. e 60 m³/ton. de RSU, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Digestão Anaeróbia, Resíduos sólidos Urbanos, biodigestor, glicerina.

INTRODUÇÃO

A fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) assume um percentual superior a 50% da composição gravimétrica média do Brasil (SNIS, 2013). Esta proporção elevada de material orgânico na composição gravimétrica brasileira está associado, entre outros fatores, à falta de preparo prévio de frutas e vegetais e à falta de equipamentos domésticos adequados para o reaproveitamento dos alimentos (ALVES, 2008) e é uma característica típica de países em desenvolvimento (REICHERT, 2005).

A disposição final da fração orgânica dos resíduos causa efeitos ambientais desfavoráveis, dentre eles, o aumento nas emissões de gases do efeito estufa, aumento no volume e concentração de carga orgânica dos lixiviados gerados nos aterros sanitários dificultando o tratamento desse passivo ambiental e, devido a grande massa desse resíduo gerado diariamente, tem-se a diminuição da vida útil dos aterros sanitários. Portanto,

deve-se pensar em alternativas para o reaproveitamento da fração orgânica dos RSU, visto que, todo resíduo tem um conteúdo energético capaz de ser recuperado com o emprego de tecnologia adequada (CARNEIRO, 2005).

Diferentes tecnologias estão sendo empregadas para o reaproveitamento energético da fração facilmente biodegradável dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Dentre elas a Digestão Anaeróbia (DA) tem grande viabilidade técnica, pois tem como produtos o biogás e um biocomposto com aplicação agrônômica. O processo da DA é um processo bioquímico que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, onde diversas espécies de microorganismos convertem compostos orgânicos complexos em gases como CH_4 , CO_2 , nitrogênio (N_2), amônia (NH_3), ácido sulfídrico (H_2S) e traços de outros gases de baixo peso molecular (LEITE et al. 2009). As condições ambientais como temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes, além da ausência de contaminantes, são parâmetros que determinam o desempenho das comunidades bacterianas envolvidas na DA. O biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono, tem grande poder calorífico e pode ser empregado na geração de energia térmica e elétrica. O biogás gerado nos aterros sanitários ocorre de forma intrínseca ao meio, com pouca possibilidade de intervenção externa. No entanto, a geração de biogás em biodigestores pode ser otimizada, visto que neste ambiente, as variáveis envolvidas no processo da DA pode ser controladas.

Neste sentido, fatores como o tipo e a concentração do substrato, temperatura, umidade, pH, composição microbiana e percentual de inoculação, podem afetar o desempenho do processo de digestão anaeróbia no biorreator. Além disso, a escolha do tipo de digestor empregado é muito importante para o rendimento na geração de biogás.

A codigestão de outros resíduos como a glicerina vem sendo empregada como alternativa para o aumento na produção de biogás. A glicerina é um subproduto da produção de biodiesel e possui percentual de carbono acima de 90%, tornando-se um excelente cosubstrato para digestão anaeróbia. O favorecimento na geração de biogás pelo uso da glicerina como cosubstrato permite a interação de duas tecnologias distintas, porém com a mesma finalidade: geração de energia a partir de uma fonte renovável em alternativa à energia de origem fóssil, e o uso de um resíduo industrial com a mesma finalidade.

Assim, a presente pesquisa estudou o uso da biodigestão anaeróbia como opção para o tratamento da fração orgânica biodegradável dos RSU combinado com resíduo da produção de biodiesel (glicerina), visando à produção de biogás.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo investigativo, que buscou encontrar condições operacionais que se aproximam das condições reais observadas em plantas de aproveitamento energético a partir de RSU.

Inicialmente elaborou-se um estudo piloto, em que foram testados o funcionamento e adaptações do sistema de medição da temperatura, medição de biogás, agitação, aquecimento entre outros. Outro objetivo foi a adaptação e aclimatização do inóculo utilizado com o substrato em estudo, obtendo assim, uma biomassa adequada para as próximas bateladas.

A partir do estudo piloto foram realizados mais 5 bateladas sequenciais. A primeira e a segunda bateladas foram operadas sem adição de glicerina. Somente no final da segunda batelada, quando se percebeu a diminuição acentuada da geração de biogás é que foi adicionado 1% de glicerina bruta calculada sobre a massa inicial do resíduo (m/m). A quantidade de glicerina foi calculada sobre a massa bruta do resíduo sólido orgânico adicionado no digestor (15 kg).

Na terceira e quinta batelada foram adicionados 5% de glicerina (m/m) no início, juntamente com o resíduo bruto. Na quarta batelada a glicerina foi adicionada de forma gradativa, 1% a cada adição semanal, totalizando 5% (m/m) no final do processo.

O substrato orgânico utilizado na pesquisa foi coletado após a esteira de triagem do aterro de São Leopoldo. Foram descartados deste resíduo apenas os materiais considerados inertes grosseiros e, portanto, sem benefício

ao processo. Manteve-se pequena fração de resíduo sanitário, como fraldas e papel higiênico, além de fragmentos de plásticos e panos. A fração orgânica foi triturada em triturador mecânico do tipo TRAPP TR 200 e disposta no digestor.

A quantidade de resíduo adicionado no digestor foi fixada em 15 kg. Esse valor foi definido pela capacidade do espaço físico do digestor sem, no entanto, compactar o resíduo. Deve-se ressaltar que não houve ajustes na concentração do material a ser digerido.

O processo de biodigestão da fração orgânica foi operado em batelada, utilizando um reator anaeróbico com capacidade de 50L. O sistema operacional apresenta também um sistema interno de agitação, sistema de aquecimento, medidor de temperatura interna e controle de vazão de biogás, conforme ilustrado na figura 01.

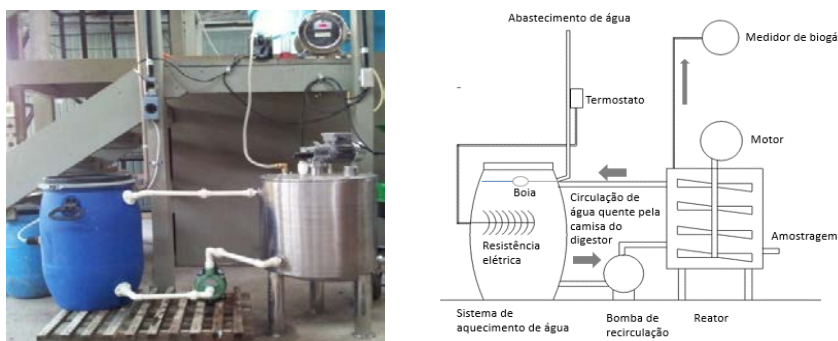


Figura 1 - Sistema Experimental da Digestão Anaeróbia

Informações técnica referente ao sistema operacional estão descritos na tabela 01.

Tabela 1- Dados técnicos do sistema operacional

Dados Técnicos	
Volume Total	50 L
Volume útil	40 L
Potência do sistema de agitação	1,0 CV
Volume reservatório de água quente	50 L
Potência da resistência de aquecimento	2000 watts
Bomba de recirculação de água quente	0,5 CV monofásica 220 V
Pressão de projeto do corpo do reator	-0,5 – 0,5 kg/cm ²
Diâmetro do corpo do reator	380 mm
Altura do corpo do reator	450 mm

Os resíduos foram misturados mecanicamente a 29 rpm de forma intermitente a cada 2 horas, com igual período tanto para agitação quanto para repouso. A temperatura foi mantida na faixa mesofílica (~35°C) com auxílio de recirculação de água aquecida em um tanque externo, constantemente recirculada pela camisa do reator. Para a medição do volume de biogás foi usado um medidor do tipo Hyde. Ressalta-se que por problemas no cromatógrafo, não foi possível quantificar a proporção de metano e dióxido de carbono no biogás gerado.

A primeira batelada foi inoculada com 30% em massa, com lodo anaeróbico proveniente de uma estação de tratamento de esgoto da região. Nas bateladas seguintes, foi mantido no digestor, aproximadamente 30% de material digerido (lodo) que servia de inóculo para a batelada subsequente.

Deve-se ressaltar que embora o sistema seja anaeróbico, não foi injetado nitrogênio gasoso no início de cada batelada para expulsar o oxigênio presente no sistema, visto que no processo em escala real este procedimento não

é observado. O reator utilizado demonstrou eficiência em termos de estanqueidade gasosa, não apresentando no decorrer do experimento vazamentos de gases gerados na digestão anaeróbia.

O resíduo bruto e o material digerido foram caracterizados com relação à fração de sólidos totais, fixos e voláteis, Carbono Orgânico Total (COT), Acidez total, Alcalinidade total, Nitrogênio Total, Fósforo Total e pH. Alguns parâmetros tiveram como referência o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Não foi possível estratificar os Ácidos Graxos Voláteis (AGV's), somente avaliou a acidez total. A digestão do material sólido seguiu a Instrução Normativa 28/2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A composição gravimétrica do substrato foi elaborada a partir dos estudos de Pessin (2002) e a granulometria seguindo a NBR 7181/84 (Solos – Análise de granulometria). As características físicas químicas da glicerina bruta foram obtidas por laudo técnico emitido pela empresa que forneceu o material. Para a correção do pH utilizou-se NaOH 6N.

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DOS RSU

O conhecimento das características físico-químicas dos resíduos a serem empregados na digestão anaeróbia é um dos principais parâmetros a serem antecipados para obter-se um melhor rendimento em relação a produtividade e qualidade do biogás gerado.

Com isso, possibilita a tomada de ações que visam contornar falhas mecânicas, inibição do sistema e deficiências de nutrientes. Além do mais, é possível obter melhor rentabilidade, utilizando diferentes substratos que visam à complementação das características apresentadas.

O resíduo orgânico bruto (R_B) foi coletado no final da esteira de triagem do município de São Leopoldo/RS. Coletou-se material orgânico como frutas, legumes, resíduo de jardinagem, resíduos de comida, etc. Incluíram-se também resíduos sanitários como papel higiênico e fraldas e um percentual entre 3-5% de inertes (diversos tipos de plásticos, pedras, tampinhas de garrafa, etc.) Buscou-se simular um perfil de material orgânico, proveniente de uma triagem com baixa eficiência, como é o caso do município de São Leopoldo (GHESLA e GOMES, 2011). Na figura 2 é apresentado a distribuição gravimétrica do RSU pós esteira de triagem.

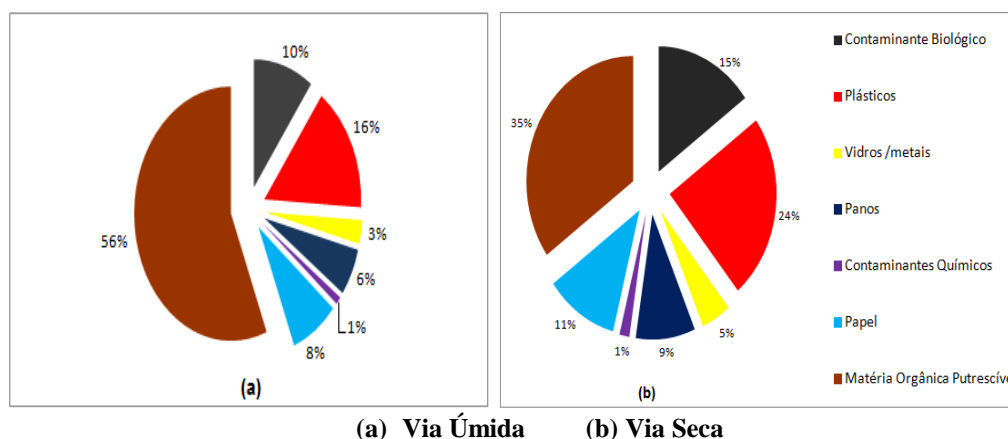


Figura 2 - Distribuição gravimétrica do RSU Pós esteira de triagem

Deve-se ressaltar que materiais recicláveis foram retirados ao longo da esteira o que refletiu no percentual da matéria orgânica acima da média nacional.

Aproximadamente 80% da granulometria do resíduo estudado compreenderam-se entre 2,0 e 19,0 mm, indicando que o substrato fracionado favorecia o ataque microbiano.

Em relação aos resíduos sólidos domésticos, a sazonalidade das características físicas e químicas carece de preocupações que supram tais flutuações. Variações da umidade, percentuais de sólidos voláteis, percentuais

de nitrogênio e relação C:N, acidez e alcalinidade, além do pH, são parâmetros importantes citados por Reichert (2005), para se obter um bom desempenho da DA de resíduos sólidos domésticos.

A tabela 02 apresenta as principais características físico-química do R_B estudado.

Tabela 2 - Características físico-química do R_B

Parâmetros	Ensaio Piloto	Bat. 01	Bat. 02	Bat. 03	Bat. 04	Bat. 05
pH	4,5	4,6	4,3	4,3	4,1	4,1
% Umidade	56,9	65,5	66,2	67,0	80,6	74,6
% ST	43,1	33,9	33,8	33,0	19,4	25,4
% SV	77,0	71,7	88,9	90,0	89,2	91,7
% COT	--	32,4	24,7	25,7	33,1	26,7
% N _{Total}	--	2,12	1,31	2,75	1,52	1,65
C:N	--	15	19	9	22	16
P ₂ O ₅ (mg/L)	--	--	13,0	13,2	8,5	8,7
Acidez Total (mgAcH/L)	--	1012	750	893	967	979
Densidade* (kg.m ⁻³)	790	674	735	642	814	771

*Densidade do resíduo bruto triturado.

Diante das variações de alguns parâmetros, destaca-se a homogeneidade do pH ácido do R_B em todas as bateladas. Uma particularidade observada na coleta do resíduo foi a presença de grande quantidade de cascas de frutas cítricas, principalmente no verão. Além disso, na maioria das bateladas, o resíduo já estava em processo de fermentação no momento da coleta e fracionamento do resíduo bruto.

A relação C:N do resíduo bruto ficou adequada somente na batelada 04, ou seja, entre 20-30. A relação C:N abaixo do ideal apresentado nas demais bateladas, estimula o uso da codigestão com outros resíduos que possam aumentar a demanda de carbono para o sistema. Deve-se destacar que a adição da glicerina nesse estudo, teve como consequência o aumento na relação C:N, mas seu principal objetivo é potencializar o volume de biogás devido o seu aporte de carbono facilmente biodegradável para o sistema.

O material digerido em todas as bateladas apresentou uma elevada relação C:N, não pela deficiência de nitrogênio, mas pelo aumento na carga orgânica pelo incremento da glicerina. A elevada relação de C:N no material digerido, pode ser um indicativo da baixa mineralização da matéria orgânica.

O volume ocupado pelo material digerido no final do estudo piloto reduziu-se à metade em relação ao volume inicial de resíduo carregado. Nas demais bateladas ocorreram à redução de aproximadamente 30% em relação ao volume carregado inicialmente. Essa é uma importante observação a ser considerada em escala real para otimizar o espaço físico do digestor.

VOLUME DE BIOGÁS ACUMULADO

A DA da fração facilmente biodegradável do RSU passa por uma forte acidificação do meio nas etapas iniciais do processo. Entretanto, para conseguir otimização do processo de DA foi necessário a intervenção com adição

de álcalis para estreitar a fase acidogênica inicial. Na figura 03 é possível verificar o comportamento da geração de biogás do ensaio piloto sem adição de NaOH. Na primeira batelada, o experimento foi levado até o 28º dia sem adição de álcali. A partir disso, o pH foi corrigido com adição de NaOH 6N e houve um aumento de aproximadamente 35 % no volume acumulado de biogás. Diante disso, as bateladas seguintes tiveram correção de pH desde o início do processo, mantendo o pH próximo de 7,0.

O aumento do pH provavelmente favoreceu o desenvolvimento de outros grupos de bactérias envolvidas na DA, que encontraram no meio, grande concentração de AGV e nutrientes gerados na fase inicial da batelada. Isso possivelmente refletiu no aumento significativo do volume de biogás. Diante disso, é interessante sugerir para os próximos estudo, que a fase fermentativa e acidogênica seja mantida por aproximadamente 10 dias e somente após esse período seja corrigido o pH com adição de álcalis. Dessa forma, a comunidade metanogênica será estimulada em um meio com elevada concentração de Ácidos Graxos Voláteis (AGV's), no entanto, com o pH em condições ideais para metanogênese.

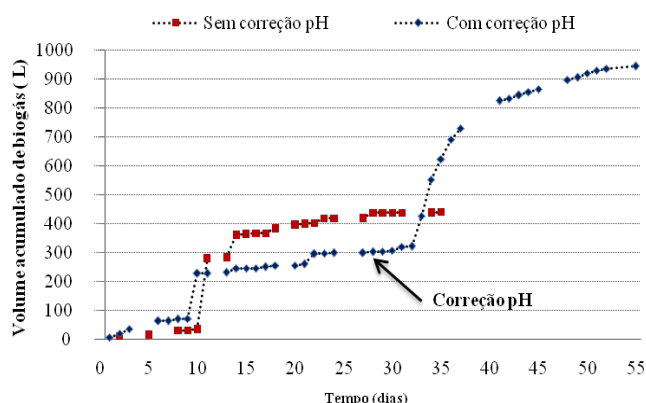


Figura 3 - Influência da correção de pH no volume acumulado de biogás (Bat. 01 e 02)

Conforme observado na figura 03, nos primeiros 10 dias predomina-se a fase de hidrólise e acidogênica em ambas as bateladas, representada pela formação de patamares. A partir desse período, se observa um comportamento menos definido como consequência da coexistência de todas as etapas do processo anaeróbio. Devido à presença no resíduo de frações com características biodegradáveis diferentes, observam-se em outros momentos do processo, pontos com novas evidências da atividade acidogênica, conforme verificado pelos patamares característicos da fase ácida ao longo das curvas.

A adição de NaOH desde o início do carregamento manteve a relação AT/Alc abaixo ou muito próximo de 1,0. A adição de álcali na etapa inicial impede o aumento da concentração de AGV's influenciando na rota microbiológica de formação do biogás. É importante ressaltar que a alcalinidade fornecida ao meio é diferente da alcalinidade gerada pelo meio, visto que essa última é proveniente principalmente do CO₂ gerado pelo processo da DA.

Outro fator importante que provavelmente favoreceu nas fases fermentativa e acidogênica, e como consequência aumentou a concentração de AGV's no meio, foi a agitação constante durante o processo da DA. Por problemas operacionais, a agitação manteve-se constante por aproximadamente 20 dias durante a avaliação da batelada 05. Conforme pode observar na figura 04, a produção acumulada de biogás estagnou-se e somente aumentou quando a agitação foi passada para intermitente. Para se comprovar o efeito da mistura não intermitente no processo de geração de biogás, foi executada outra batelada (batelada 06), mantendo-se a agitação constante por 20 dias consecutivos.

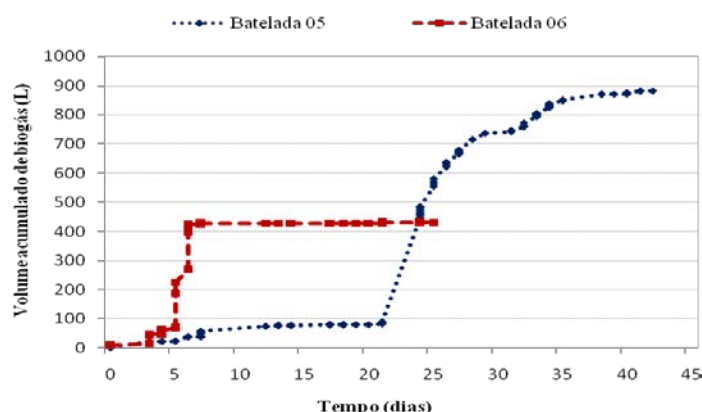


Figura 4 - Efeito da agitação constante na produção acumulada de biogás

A agitação constante influenciou negativamente na produção do biogás, diminuindo a produtividade. O comportamento observado na figura 04 indica que a agitação constante favoreceu a desintegração da matéria orgânica por cisalhamento, aumentando a disponibilidade de material orgânico a serem consumidos pelas acidogênicas, o que por consequência possivelmente levou a um aumento nas concentrações de AGV's no meio. Na batelada 05, o consumo de NaOH para manter o pH neutro foi elevado (ver tabela 03).

COMPORTAMENTO FRENTE À ADIÇÃO DE GLICERINA

A adição da glicerina favoreceu a produção de biogás. No entanto, foi necessário uma maior quantidade de NaOH para manter o pH em intervalos adequados.

A figura 05 mostra o comportamento na geração de biogás acumulado pela adição de glicerina em três situações: após 35 dias de operação (adição posterior de glicerina – batelada 02), no início da batelada, juntamente com o resíduo bruto (adição inicial de glicerina – batelada 03) e a adição gradativa de glicerina durante o processo da DA (batelada 04).

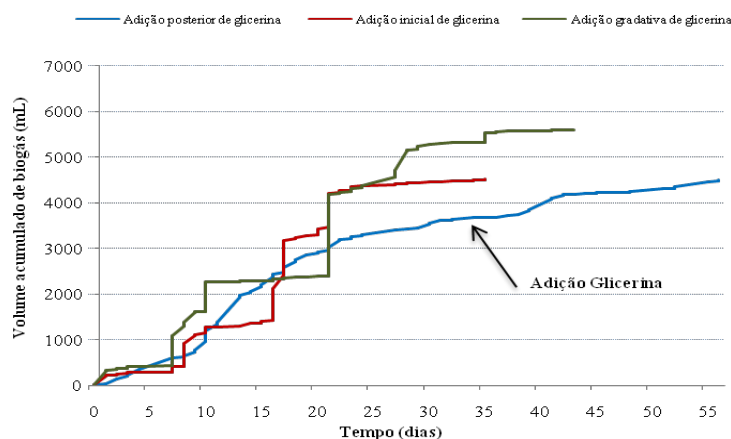


Figura 5 - Bateladas com adição de glicerina

Na batelada 02, onde adicionou 1% de glicerina bruta no final do processo, percebeu uma elevada atividade metanogênica presente no meio, visto que a produção de biogás que estava estagnada gerou aproximadamente 15% de biogás nos 10 dias subsequente.

Devido às diferenças nas cargas orgânicas aplicadas entre as bateladas, fez-se a comparação entre as bateladas cujas cargas orgânicas apresentaram valores semelhantes, o mesmo foi considerado quando da adição de glicerina. Desta forma, conforme a tabela 03, as bateladas 02 e 03 apresentaram uma carga orgânica expressa em sólidos voláteis (SV) semelhante, enquanto as bateladas 01 e 04 apresentaram uma carga orgânica

semelhante quando expressa em termos de COT. Essas comparações tiveram como referência o 25º dia de operação. Este tempo foi identificado como o TRS máximo, pois apresentou o melhor rendimento na produção de biogás.

A adição de 5% (m/m) de glicerina na batelada 03 conduziu a um aumento de aproximadamente 30% no volume de biogás em relação à batelada 02 (sem adição de glicerina nesse período). Deve-se considerar também, que o volume de biogás produzido e acumulado pela batelada 02 no 25º dia foi obtido com 10 dias de antecedência em relação à batelada 03. Portanto, a adição de 5% (m/m) de glicerina permitiu produzir um volume maior de biogás em um tempo menor de operação.

Em relação às bateladas 01 e 04, respectivamente, sem adição de glicerina e adição gradativa de 5% (m/m) de glicerina com correção pH, verificou-se que a batelada 04 produziu aproximadamente 42% a mais de biogás em relação à batelada 01 e teve o mesmo valor da produção da batelada 01 em 5 dias de antecedência.

Tabela 3 - Dados operacionais das bateladas estudadas

Dados Operacionais						
Parâmetros	Ensaio Piloto	Bat. 01	Bat. 02	Bat. 03	Bat. 04	Bat. 05
Taxa Orgânica Aplicada (kgVS.m ⁻³)	99,6	72,9	90,1	89,1	51,9	69,9
Taxa Orgânica Aplicada (kg COT.m ⁻³)	---	97,2	74,1	77,1	99,3	80,1
Tempo de Operação	35	54	58	37	41	42
Adição de NaOH (kg/kgVS)	---	0,070	0,092	0,135	0,139	0,213
Temperatura (°C)	33 – 42					

O aporte de carbono fornecido pela adição de glicerina exigiu um maior controle do pH, observado pelo aumento no volume de NaOH (expresso em Kg NaOH/KgSV), conforme tabela 03, adicionado para manter o pH próximo de 7,0. A adição de carbono facilmente disponível presente na glicerina, possivelmente teve preferência em termos de metabolização pela biomassa, provavelmente sendo consumido primeiro em relação ao carbono particulado presente na fração orgânica do RSU, prolongando a fase fermentativa e acidogênica. Na adição gradativa da glicerina foi observada uma redução na geração de biogás até praticamente dois dias após a adição da glicerina, isso possivelmente está relacionado com a adaptação da biomassa ao novo substrato adicionado. Nossos resultados indicam que a adição gradativa da glicerina possibilitou que a fração orgânica particulada do RSU fosse consumida paralelamente à fração solúvel da glicerina. Diante disso, recomenda-se a adição da glicerina de forma contínua, com auxílio de uma bomba peristáltica, para que a biomassa do meio mantenha-se adaptada ao longo do processo.

Portanto, deve-se considerar que a adição de glicerina aumenta a geração de biogás além de antecipar o tempo de produção. No entanto, tem como inconveniente um elevado consumo de álcali para manter o pH dentro da neutralidade. Todavia, deve-se estar atento para oportunizar o uso de outros resíduos que possam contribuir com o aumento do pH do meio, como por exemplos, resíduos da suinocultura que possuem pH elevado (pH ~ 8,0).

A tabela 04 sumariza os principais rendimentos da produção de metano a partir das bateladas estudadas.

Tabela 4 - Projeção da produção de biogás

Bateladas	Volume Biogás gerado (m ³)	m ³ biogás/ ton. SV	m ³ biogás/ ton.alimentada ⁽¹⁾	Quantidade NaOH (ton/mês)	Quantidade Glicerina (m ³ /mês) ⁽²⁾
01	0,944	240	60	39,0	
02	0,451	110	30	51,0	
03	0,451	110	30	74,0	2,7
04	0,561	140	40	77,0	
05	0,882	220	60	117,0	
Média	0,658	164	44	---	---
D.Padrão	0,238	61,8	15,2	---	---
C.V	36,0	38,0	36,0	---	---

1 – Considerando a partir de 15 kg de R_B no digestor.

2 – Densidade considerada: 1,26 ton/m³.

A produção média de produção de biogás, nas condições desse estudo, atingiu 44 m³ de biogás por tonelada de RSU alimentado. Um resultado muito inferior comparado com as tecnologias de geração de biogás a partir da fração orgânica dos RSU existentes no mercado (KOMPOGAS, BTA, VALORGA, DRANCO, SEBAC).

A quantidade elevada de álcali utilizado pode inviabilizar o processo. Deve-se, no entanto, estar atento ao uso da codigestão de outros resíduos com elevada alcalinidade, juntamente com a glicerina, para diminuir a necessidade de adição extra de álcalis.

CONCLUSÕES

A fração orgânica do RSU, coletado pós-esteira de triagem do município de São Leopoldo, apresentou características de biodegradabilidade, que permite afirmar que houve um bom desenvolvimento dos grupos bacterianos envolvidos na DA, indicado pelas etapas bem definidas nas curvas de produção acumulada de biogás.

A adição de glicerina possibilitou um aumento significativo no volume de biogás em um menor tempo de processo. No entanto, o percentual de 5% (m/m) utilizado nessa pesquisa, nas condições desse estudo, exige um eficiente controle de pH e alcalinidade para evitar a acidificação do meio ou uma alcalinização excessiva.

A sinergia do processo de digestão empregando codigestão de glicerina com substratos orgânicos do RSU parece exigir a adição de glicerina em um intervalo definido para adição, e que provavelmente não está relacionado com a maior quantidade possível de glicerina a ser adicionada.

O estudo indicou que a adição gradativa da glicerina favorece a produção de biogás, pois os microorganismos envolvidos na DA consomem paralelamente a fração orgânica particulada do RSU com a fração orgânica facilmente disponível pela glicerina.

Nas condições deste estudo, definiu-se o TRS máximo ideal para digestão do RSU em 25 dias, pois a partir deste tempo a produção de biogás decresce consideravelmente. Além disso, o controle no sistema de mistura (tempo de mistura/repouso) do reator mostrou-se fundamental para geração de biogás, mostrando a importância da mistura intermitente.

Este estudo apresentou um rendimento médio de 44m³/ton de RSU, com valores mínimos e máximos de 30 m³/ton. e 60 m³/ton de RSU, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
2. ALVES, I.R.F.S. Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos. Dissertação de mestrado. UFPE, Recife/PE, 2008.
3. APHA: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION (Ed.). Standard methods for examination of water and wastewater. 21. ed. Washington: APHA, 2005.
4. CARNEIRO, T.F. Digestão anaeróbia termofílica seca de resíduo sólido urbano: estudo das variáveis do processo de arranque e estabilização do bioreator. Tese de Doutorado, Universidade de Cádiz, Espanha, 2005.
5. GHESLA, P. L.; GOMES, L. P. Comparação entre a eficiência de gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios de São Leopoldo/RS e Zurique/CH. In. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES, Porto Alegre/RS, 2011.
6. LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUZA, J. T.; PRASAD, S.; SILVA, S.A. Tratamento anaeróbio de resíduo sólido orgânico com alta e baixa concentração de sólidos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.2, p. 190-196, Campina Grande/PB, 2009.
7. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa 28. 2007.
8. PESSIN, N.; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. Componentes potencialmente perigosos nos resíduos sólidos domésticos - estudo de caso de sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Caí/RS. In: Seminário Nacional de Resíduos Sólidos, 6., 2002, Gramado. Anais... Gramado: ABES, 2002. 1 CD-ROM.
9. REICHERT, G.A. Aplicação da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. In. 23º Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental -ABES, Campo grande/ MS, 2005.
10. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos e dos Serviços de Água e Esgoto para ano 2012. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>, acesso em maio, 2014.