



Co-digestão de resíduos de frutas e vegetais e resíduos de restaurante universitário para a produção de biogás

Jhenifer Aline Bastos¹, João Henrique Lima Alino², Thiago Edwiges³, Laercio Mantovani Frare⁴

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (jbastos.ea@gmail.com)

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (joaoalino94@gmail.com)

³Universidade Tecnológica Federal do Paraná (thiagoe@utfpr.edu.br)

⁴Universidade Tecnológica Federal do Paraná (laercio@utfpr.edu.br)

Resumo

O crescimento dos centros urbanos impulsionados pelas oportunidades econômicas tornou o escoamento da produção rural, principalmente de produtos hortigranjeiros, mais complexo e oneroso. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo identificar o incremento no potencial de produção de biogás em reator de fluxo semi-contínuo a partir da co-digestão da fração orgânica de resíduos de frutas e vegetais com resíduos provenientes do restaurante universitário. Durante o estudo ocorreu a variação na relação da alcalinidade intermediária e parcial, inferioridade nos valores de pH e remoção média de sólidos totais voláteis de 84%. Contudo, a produção de biogás foi maior quando a proporção dos substratos foi igual, o que indica a eficiência da degradabilidade da matéria orgânica dentro do reator.

Palavras-chave: Reator. Degradação. Substrato.

Área Temática: Energia e Energias Renováveis

Co-digestion of fruit and vegetable residues and university restaurant waste for the production of biogas

Abstract

The growth of urban centers boosted by economic opportunities has made rural production, especially horticultural products, more complex and burdensome. In this context, the present work had as objective to identify the increase in the biogas production potential in a semi-continuous flow reactor from the co-digestion of the organic fraction of fruit and vegetable residues with residues from the university restaurant. During the study the variation in the ratio of the intermediate and partial alkalinity, inferiority in the pH values and average removal of total volatile solids of 84% occurred. However, the biogas production was higher when the proportion of the substrates was the same, which indicates the efficiency of the organic matter degrading within the reactor.

Key words: Reactor. Degradation. Substrate.

Theme Area: Energy and Renewable Energies



1 Introdução

O crescimento dos centros urbanos impulsionados pelas oportunidades econômicas tornou o escoamento da produção rural, principalmente de produtos hortigranjeiros, mais complexo e oneroso. Este crescimento aumentou a necessidade de aperfeiçoamento das estruturas de comercialização dos produtos. Assim, a partir de 1970 a implantação de centrais de abastecimento de, principalmente, frutas e legumes nos principais centros urbanos do país foi estabelecida como prioridade, por meio do Programa Estratégico de Desenvolvimento (CEASA, 2015).

A natureza das atividades comerciais desenvolvidas nas centrais de abastecimento apresenta-se como grandes geradoras de resíduos sólidos. O alto nível de desperdício dos produtos comercializados ocorre devido à falta de cuidado com o manuseio ainda no campo e do transporte em caminhões sem sistema de refrigeração, danificando os produtos mesmo antes de chegarem ao destino final.

Os restaurantes universitários também apresentam elevada parcela no desperdício de comida, sendo estes descartados e acondicionados em aterros sanitários ou controlados. Segundo FAO (2017), mais de 127 milhões de toneladas de alimentos, o que equivale à 223 quilos *per capita*, são desperdiçados a cada ano. O Brasil está entre os dez países que mais desperdiçam comida no mundo, cerca de 35% de toda a produção agrícola.

Estes resíduos gerados apresentam elevado teor de matéria orgânica, indicando a viabilidade para tratamento biológico. Uma das possibilidades é a digestão anaeróbia, no qual pode ser definido como um processo de tecnologia bioquímica que envolve a degradação e estabilização de matéria orgânica complexa, como o esgoto e efluentes industriais, dejetos de animais e alguns substratos (resíduos de cultura agrícola e de alimentos), por uma gama de microrganismos, no qual resulta em biogás rico em energia e que pode ser usado como energia renovável (RAPOSO *et al.*, 2011). Outra possibilidade que surge para auxiliar no acréscimo da produção de biogás é a co-digestão, que é a mescla de diferentes substratos em diversas proporções, no qual são submetidos a digestão anaeróbia.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de produção de biogás em reator de mistura completa em regime semicontínuo a partir da co-digestão da fração orgânica de resíduos de frutas e vegetais (RFV) com resíduos provenientes do restaurante universitário (RRU).

2 Materiais e Métodos

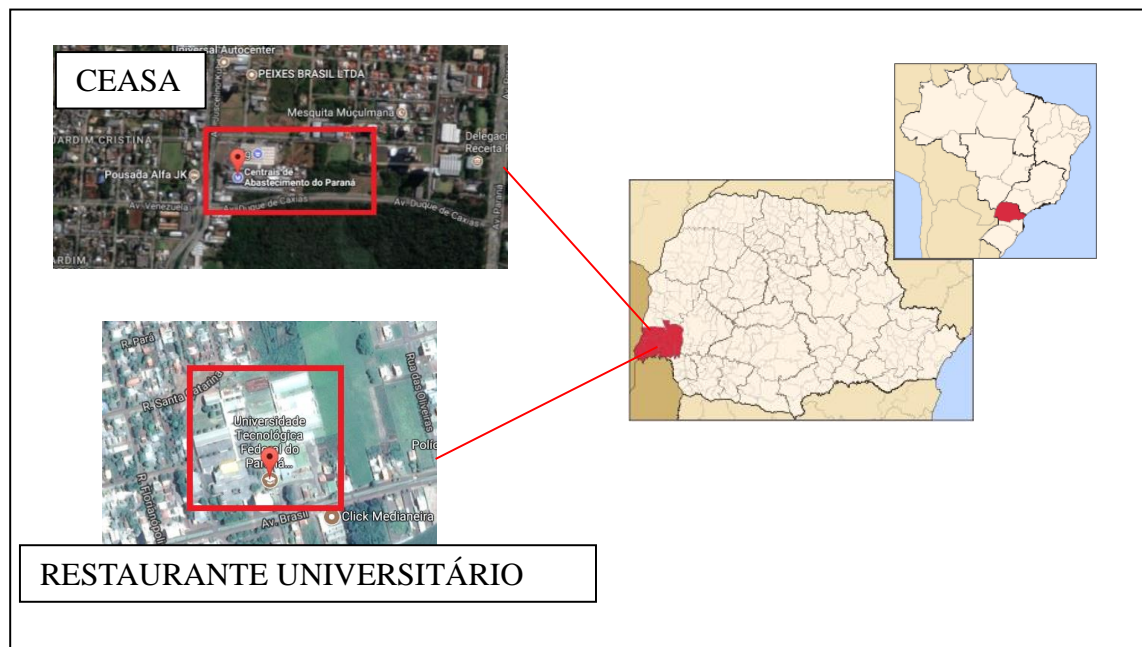
2.1 Caracterização da área de estudo

Os resíduos de frutas e vegetais (RFV) são provenientes da Central de Abastecimento do Paraná S.A (CEASA), localizada na Avenida Juscelino Kubitschek, nº 1.254, Foz do Iguaçu-PR (Figura 1). A unidade geradora foi implantada em 1978 e se constitui como um centro de comercialização de hortaliças, frutas, ovos e demais produtos. A estrutura é formada por loja de embalagens, lanchonetes, peixarias e boxes de vendas, sendo comercializado cerca de 70.500 toneladas de alimentos por ano (CEASA, 2014).

Já os resíduos de alimentos são provenientes do restaurante universitário (RRU) localizado nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, nº 4232, Medianeira-PR (Figura 1). O restaurante está em funcionamento desde 2014 e possui capacidade para atender 2.000 estudantes e produzir aproximadamente 2.500 refeições diárias.



Figura 1 – Localização do Centro de Abastecimento e Restaurante Universitário



Fonte: Adaptado de Google Earth (2017)

2.2 Configuração do reator e sistema de tratamento dos substratos

O ensaio de digestão anaeróbia foi realizado em um reator de mistura completa (*Continuous stirred tank reactor* - CSTR) com volume útil de 4 L. O inóculo utilizado foi preparado com três diferentes digestatos: lodo de biodigestor suíno, lodo biodigestor bovino e dejetos bovinos, na proporção 1:0,5:0,5, respectivamente. A aclimação do inóculo ocorreu durante 10 dias com substratos ricos em proteínas, carboidratos, lipídios e resíduos lignocelulósicos, com o propósito de adaptar o inóculo a degradar componentes presentes nas amostras.

A incubação no reator ocorreu na proporção de 75 % de inóculo aclimatado, 25% de água destilada com 0,85% de NaCl e 0,5 g SVL⁻¹ de RFV. O cloreto de sódio (NaCl) foi utilizado para garantir que a água não alterasse o metabolismo dos microrganismos dentro do reator. Na sequência, iniciou-se o processo de partida com a alimentação diária de RFV por um período de 30 dias. Tal procedimento tem como objetivo aclimatar os microrganismos a receber esse tipo de substrato.

A quantidade de RFV e RRU, em massa, foi calculada de forma que a carga orgânica máxima dentro do reator fosse de 3 g SV L⁻¹. Sendo assim, foi estabelecido três tipos de tratamentos variando proporção dos substratos (Tabela 1).

Tabela 1 – Frações correspondentes a cada tratamento

Tratamento	Massa (g)		Carga (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)		Proporção (%)	
	RFV	RRU	RFV	RRU	RFV	RRU
1	99,8	0	3	0	100	0
2	74,7	12	2,25	0,75	75	25
3	49,8	24	1,50	1,50	50	50



2.3 Caracterização do inóculo e substratos

Para a redução do diâmetro das partículas das amostras de substrato foi realizada a trituração por meio do processador industrial. Para a separação das amostras conforme as frações correspondentes a cada tratamento, foi realizada a caracterização físico-química das amostras de RFV e RRU, além da obtenção dos parâmetros de sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF) e sólidos voláteis (SV) do inóculo (Quadro 1).

Quadro 1 – Metodologia das análises físico-químicas

Parâmetros	Metodologia	Sigla
pH	Kiehl (1985)	pH
Alcalinidade Total	Ripley <i>et al.</i> (1986)	AT
Sólidos Totais	APHA (2005)	ST
Sólidos Totais Fixos	APHA (2005)	SF
Sólidos Totais Voláteis	APHA (2005)	SV

3 Resultados e Discussão

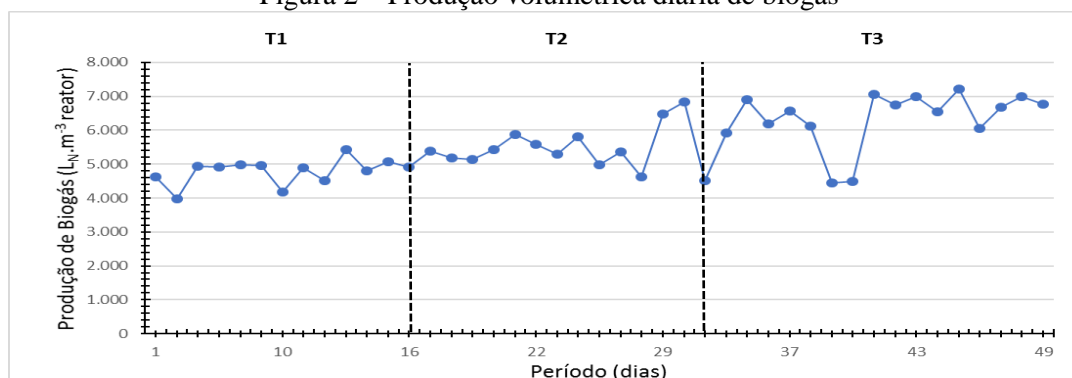
3.1 Produção de Biogás

Durante o período de incubação, foi possível perceber o acréscimo da produção de biogás a cada tratamento (Quadro 2). Esse aumento pode ser explicado devido à presença de resíduos com maior teor de carbono nos resíduos de restaurantes, como por exemplos resíduos ricos em lipídeos provenientes do descarte de carnes e sobras de alimentos temperados. Para Raposo *et al.* (2011) o acréscimo no teor de lipídeos influencia no incremento da produção de biogás, porém o aumento exacerbado acarreta na produção de ácidos graxos, consequentemente inibindo o processo de biodigestão com o decorrer do tempo. (Figura 2)

Quadro 2 – Média de produção volumétrica

Tratamento	Prod. Volumétrica (mL _N)			
	Média	DP	CV	Eficiência
1	4.749	392	8	-
2	5.466	637	12	15
3	6.356	833	13	16

Figura 2 – Produção volumétrica diária de biogás



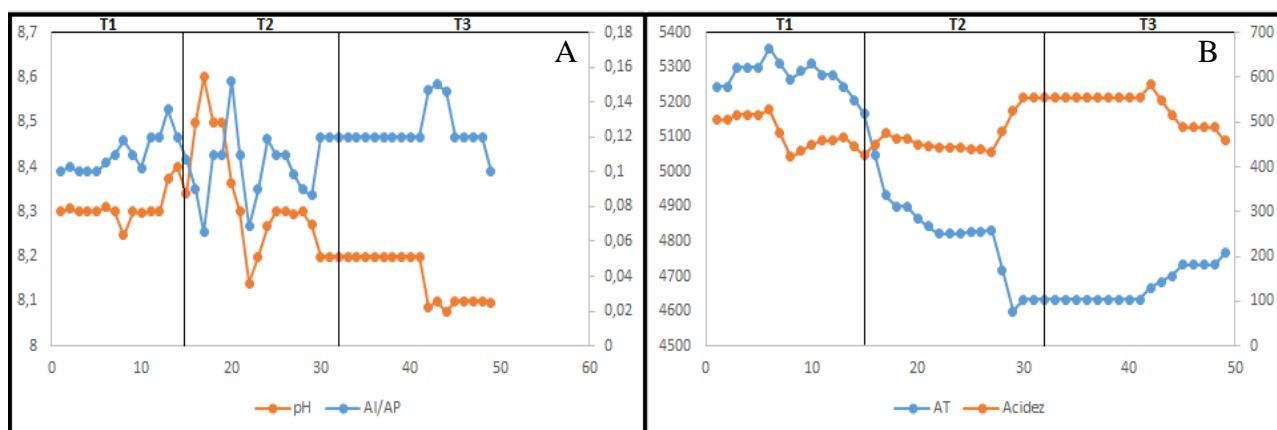


3.2 Caracterização do digestato

A relação entre alcalinidade intermediária e parcial (AI:AP), que avalia a qualidade do sistema para permitir um efeito tampão e resistir alterações bruscas de pH (Chernicharo, 1997) apresentou variação entre 15 e 30 dias de operação, indicando possível a instabilidade do processo de digestão durante todo o tratamento 2. Esta instabilidade pode ter sido causada pelo incremento de RRU e diminuição de RFV, devido ao elevado teor de lipídeos presente no RRU, quando comparado com RFV. Segundo Mézes *et al.* (2011), a relação AI:AP menor que 0,2, indica que a entrada de biomassa está abaixo do adequado, sendo necessário aumentar a carga até que esta relação atinja valores entre 0,3 e 0,4.

Com relação aos valores de pH, o aumento na carga de RRU proporcionou sua redução, indicando início do acúmulo de ácidos graxos. No entanto, durante o experimento o pH se manteve acima dos valores recomendados. Para Kunz, Amaral e Steinmetz (2016), os valores de pH ótimos são próximos a 8,0. (Figura 3A)

Figura 3 – Comportamento do pH e relação AI:AP durante os tratamentos (A) e relação da AT e acidez ao longo dos tratamentos (B)



A acidez apresentou baixa variabilidade quando comparado com a alcalinidade total (AT), aumentando quando o reator foi operado com o tratamento 2 e decaindo a partir do dia 42, quando o reator foi operado com o tratamento 3, Kunz, Amaral e Steinmetz (2016), afirmam que os ácidos produzidos durante o processo de biodigestão, tendem a reduzir a acidificar o meio, porém esta ação é combatida pelo metabolismo das *arqueas* metanogênicas, que produzem alcalinidade na forma de CO₂, amônia e bicarbonato. (Figura 3B).

3.3 Remoção de SV no reator

A eficiência da remoção de SV no reator indica a taxa de bioconversão da matéria orgânica em biogás. Neste contexto, os tratamentos aplicados aos substratos apresentaram em média 84% de eficiência na remoção de SV, sendo que o tratamento com 50% de cada substrato (T3) foi inferior aos demais devido a baixa concentração de materiais com maior biodegradabilidade, principalmente os carboidratos, lipídios e proteínas (Tabela 3).



Tabela 3 – Teores de sólidos no digestato e eficiência da remoção de SV dos tratamentos

Parâmetros	Tratamentos (%)		
	T1	T2	T3
ST	1,70	1,80	5,50
SV	96,90	97,10	97,40
Eficiência	85,00	85,00	83,38

3 Conclusão

O processo de co-digestão apresentou dados positivos com o incremento de RRU, expressando o aumento de produção de biogás a cada tratamento. Esse aumento é justificado pelo acréscimo no teor de lipídeos resultantes dos RRU, que auxiliam na transformação das gorduras em ácidos voláteis e posteriormente em biogás. A operação com carga orgânica de 3 g SV L⁻¹ d⁻¹ foi viável com maior produção de biogás para o tratamento 3, com produção média de biogás de 6.356 L_N m⁻³ reator.

Contudo, o aumento do teor de lipídeos resultou na desestabilização inicial do reator, por meio da sua acidificação e variação da relação AI:AP. Porém nos tratamentos posteriores houve a estabilização do meio, devido a aclimação das bactérias ocasionadas pela baixa carga orgânica dos tratamentos, auxiliando no aumento da AT e redução inicial da acidez.

Referências

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standart methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Washington: American Water Works Association, 1368 p. 2005.

CEASA. CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO PARANÁ S.A. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Institucional – Unidades Atacadistas – Foz do Iguaçu**. Disponível em: <<http://www.ceasa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=6>>. Acesso em: 20 de Nov. 2016.

CEASA. CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO PARANÁ S.A. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Institucional – Histórico**. Disponível em: <<http://www.ceasa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1>>. Acesso em: 20 de Nov. 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios**. ed. 6, vol. 5. Belo Horizonte – MG. 1997.

FAO, Reduzir o desperdício de alimentos na América Latina e Caribe será chave para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/407781/>>. Acesso em Outubro de 2017.



KUNZ, A., AMARAL, A. C., STEINMTEZ, R. L. R. **Curso de Operacionalização de biodigestores.** Cibiogás – Foz do Iguaçu; Embrapa – Concórdia – SC. 22 p. 2016.

RAPOSO, F.; DE LA RÚBIA, M. A.; FÉRNADEZ-CEGRÍ, V., BORJA, R. **Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures.** Revista Renewable and Sustainable Energy Reviews. Ed. 16. p. 861 – 877. 2011.