

DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E VERDURAS: ESTRATÉGIAS PARA MINIMIZAR EFEITOS NA FASE DE HIDRÓLISE

MARIANNA CÂMARA GOMES¹, ISADORA EMANUELI DA ROSA BERNARDI²,
LUIZ F. SAROLLI S DE M COSTA³, MÔNICA SAROLLI SILVA DE MENDONÇA
COSTA⁴

¹ Eng. Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel – PR, marianncg@yahoo.com.br.

² Graduanda em Eng. Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR.

³ Graduando em Agronomia, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Adj. dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Os resíduos de frutas e vegetais (RFV) apresentam alto teor de umidade e biodegradabilidade, o que pode ocasionar o aumento na emissão de gases de efeito estufa e do volume do lixiviado produzido no aterro. Diante disso, os processos biológicos, como a digestão anaeróbia (DA), se apresentam como uma alternativa promissora para a recuperação energética e de nutrientes dos RFV. No entanto, a DA de RFV possui ponto crítico na fase de hidrólise, ocasionando queda no pH e inibição do processo. Com isso, esse estudo tem o intuito de avaliar o potencial de produção de biogás e a estabilização dos RFV, por meio de reatores anaeróbios operados em regime batelada. Foram avaliados quatro tratamentos com relação ao pré-tratamento mecânico (PTM), com granulometria de resíduo em até 0,5 (T₄), 1 (T₁), 2 (T₂) e 3 cm (T₃), observando a influência desse parâmetro na DA. O experimento foi acompanhado por meio de amostras destrutivas em garrafas pet com as mesmas proporções e características dos reatores. O T₄ com granulometria de até 0,5 cm obteve cerca de 31,6% de produção de biohidrogênio (BH), equivalente a 32,9 L H₂ kg SV⁻¹. Conclui-se que os RFV por possuírem alto teor de açúcares facilmente hidrolisáveis e pH baixo, apresentam alto potencial de produção de BH.

PALAVRAS-CHAVE: granulometria, ensaio batelada, biohidrogênio.

ANAEROBIC DIGESTION OF FRUITS AND VEGETABLES: STRATEGIES TO MINIMIZE EFFECTS IN THE HIDROLYSIS PHASE

ABSTRACT: The waste of fruits and vegetables (WFV) present high humidity and biodegradability, which can cause the increase of greenhouse gases and leached volume in landfills. That been said, the biological processes, as such as anaerobic digestion (AD), are promising alternatives to an energetic and nutrients recovery of WFV. However, AD of WFV has critical points in the hydrolysis phase, causing the falling of pH levels and the inhibition of the process. Therefore, this study aimed to evaluate the potential of WFV biogas production and its stabilization through anaerobic reactors operated in batch feeding. Were evaluated four treatments in relation to mechanical pretreatment (MPT), with waste granulometry up to 0,5 (T₄), 1 (T₁), 2 (T₂) and 3 cm (T₃), observing the influence of these parameter in AD. The experiment was followed by means in destructive samples in pet bottles with the same proportions and characteristics of the reactors. T₄ with granulometry up to 0,5 cm got about 31.6% of biohydrogen production (BH), equivalent to 32.9 L H₂ kg SV⁻¹. Therefore, as the WFV have high sugar percentages easily hydrolysable and low pH, have high BH production potential.

KEYWORDS: granulometry, batch feeding, biohydrogen.

INTRODUÇÃO: Dentre a fração orgânica dos resíduos urbanos, contém os RFV. O aproveitamento energético dos RFV, por meio de reatores anaeróbios tem sido cada vez mais estudado, uma vez que possibilita a destinação final ambientalmente correta dos resíduos, produz biogás e biofertilizante como subprodutos, bem como atenua a problemática dos odores, proliferação de moscas e demais vetores indesejados, proporcionando uma fonte de energia renovável. A DA promove a degradação e estabilização de materiais orgânicos, por meio de microrganismos, sob condições anaeróbias, produzindo metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e demais subprodutos como o BH (H_2) (KELLEHER et al., 2002). Contudo, a DA tem alta tendência a acidificar o meio em virtude da alta quantidade de carboidratos de fácil degradação, que favorece a rapidez da fase de hidrólise e com isso, a concentração de ácidos no meio aumenta, não sendo consumidos na mesma velocidade na fase acidogênica, causando a inibição do processo e queda na produção de biogás (GOMES, 2022). Com o intuito de minimizar essa limitação da DA causada pelos RFV, é avaliada a granulometria como estratégia. Estudos mostraram que a redução do tamanho da partícula do substrato contribuiu com o aumento da área superficial, facilitando a degradação dos resíduos pelos microrganismos, no entanto a redução excessiva destas partículas pode resultar na acidificação do meio, inibindo o processo de DA (IZUMI et al., 2010).

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no anexo do Laboratório de Análises de Resíduos Agroindustriais (LARA), anexo de reatores pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Cascavel – PR. Os RFV utilizados foram provenientes da central de abastecimento (CEASA) de Cascavel – PR. O inóculo usado foi uma composição de biofertilizantes oriundos de dois reatores anaeróbios do LARA, abastecidos com resíduos de alimentos e dejetos suínos, operados em condição mesofílica (37°C) e regime semicontínuo de alimentação. Ainda foi utilizado o inóculo proveniente do Centro Internacional de Energia Renovável – CIBiogás, composto por efluente de biodigestor alimentado com dejetos suínos e efluente de biodigestor alimentado com dejetos bovinos, e dejetos bovinos brutos. A proporção entre os biofertilizantes foi de 7:21:1. Foram utilizados 16 reatores anaeróbios com volume útil de 6L, foram operados em regime batelada, por 200 dias e em temperatura ambiente ($23,65^\circ\text{C} \pm 2,8^\circ\text{C}$). Para os sólidos totais (ST) foi adotado 4,5% ST. Os RFV analisados (21% tomate, 20% manga, 13,5% mamão, 10,5% banana, 9,5% batata e melancia, 8% cebola, 3% cenoura e chuchu e 2% beterraba) possuem 10,32% ST, desse modo a quantidade de água e substrato para cada reator foi, respectivamente, 2184 mL e 2616 kg. O inóculo foi 20% do volume (1200 mL). Foram instalados quatro tratamentos, com quatro repetições cada, variando a granulometria do resíduo. Os tratamentos T_1 , T_2 e T_3 foram processados manualmente em 1, 2 e 3 cm, respectivamente. O T_4 foi processado em triturador da marca TRAP, modelo TR-200, com partícula máxima de 0,5 cm. O volume de biogás foi mensurado sempre que havia produção de biogás, não deixando a régua ultrapassar 25 cm, para que não ocorresse a perda de biogás pelo selo de água. Os teores de BH no biogás foram analisados semanalmente para o T_4 e posteriormente, assim como para os outros tratamentos, sempre que havia produção de biogás (GOMES, 2022). Semanalmente era coletada amostra de biogás com uma seringa (10 mL) específica para coleta de gás para análise da composição do biogás (H_2 , CH_4 e CO_2), após 60 dias coletava-se quando havia produção de biogás, a composição do biogás foi determinada por meio de cromatógrafo gasoso GC Shimadzu® 2014. As leituras de pH foram realizadas com peagâmetro de bancada. A alcalinidade parcial (AP), intermediária (AI), total (AT) e acidez volátil (AV) foram determinadas pelo método titulométrico, segundo Ripley, Boyle e Converse (1986). Os ST e sólidos voláteis (SV) foram analisados conforme metodologia da APHA (2005). As concentrações dos ácidos graxos voláteis (AGV) foram determinadas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência

(Shimadzu® 2010) e os açúcares filtrados (AF), consoante o método proposto por Dubois et al. (1956).

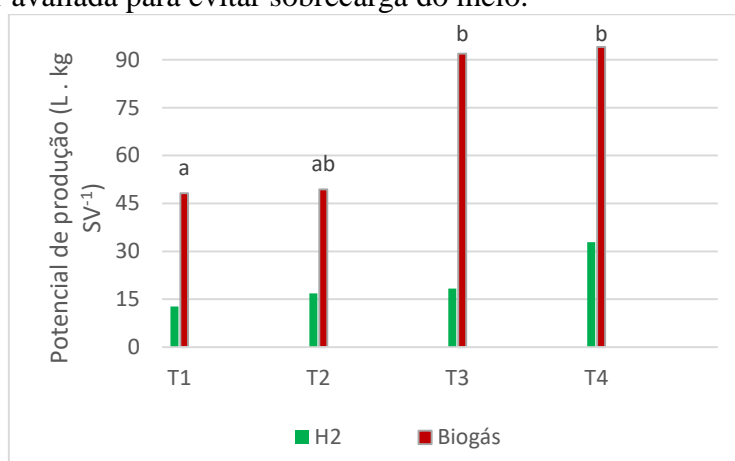
RESULTADOS E DISCUSSÃO: A caracterização dos RFV (Tabela 1) demonstra que são resíduos com alto teor de açúcares, que associados a presença de nutrientes, torna os RFV uma fonte promissora de produção de BH (DINESH; CHAUHAN; CHAKMA, 2018).

TABELA 1. Caracterização dos resíduos de frutas e verduras e do inóculo utilizado

Substrato	pH	AI	AP	AT	AV	AGV	AF	ST	SV
								mg/L	
RFV	4,48	2591	N.D.	N.D.	1808	2284,06	99.400,40	10,32	92,92
Inóculo	8,35	9450	7850	7850	72	0	N.D.	1,8	64,93

N.D. – não detectado.

Em função de baixo pH dos resíduos, estima-se a AT menor que 20 mg CaCO₃ L⁻¹, ou seja, abaixo dos valores recomendados entre 2.500 - 5.000 mg CaCO₃ L⁻¹ para permitir a adequada capacidade tampão durante o tratamento. Desse modo, foi observado nos tratamentos o consumo total da AP (eliminação dos carbonatos e bicarbonatos), destruindo completamente a capacidade de neutralizar os ácidos formados no meio reacional (GOMES, 2022; EDWIGES, 2017; DAMACENO, 2018), levando a inibição da metanogênese e produção do BH. Conforme os dados do Gráfico 1, o T4 foi o tratamento que mais produziu BH, cerca de 31,6% no 37º dia, equivalente a 32,9 L H₂ kg SV⁻¹ e 94 L kg SV⁻¹ uma vez que os resíduos destes reatores foram completamente triturados, aumentando a área superficial disponível para os microrganismos, acelerando a DA e com isso, melhorando a produção de biogás. No entanto, com o PTM intensivo a produção de biogás esgotou rapidamente e não houve produção de metano. Izumi et al. (2010) avaliaram a influência do PTM de resíduos de alimentos na DA. Observaram que, ocorreu sobrecarga orgânica no meio para a amostra com maior redução de partículas, 0,393 mm, com acúmulo da concentração de AGVs em 5600 mg L⁻¹. Diante disso, houve diminuição no pH inibindo o aumento da produção de metano. Portanto, a redução das partículas do substrato deve ser avaliada para evitar sobrecarga do meio.



Letras diferentes representam tratamentos estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey com 5% de significância.

Figura 1. Potencial de produção.

Em seguida, o T3 obteve média de produção de biogás de 91,9 L kg SV⁻¹, sendo 23,8% de BH. Os resíduos do T3 possuem granulometria maior, o que pode ter contribuído na velocidade da taxa de hidrólise, deixando-a mais lenta e equilibrando o pH do meio. O T2 produziu cerca de 49,39 L kg SV⁻¹ de biogás e 30,3% de BH, apresentou ainda cerca de 0,03 L CH₄ kg SV⁻¹ de metano. O T1 apresentou a menor produção de biogás, com média de 48,22 L kg SV⁻¹, sendo

25,9% de BH e leve produção de metano de 0,450 L CH₄ kg SV⁻¹. A estabilização dos resíduos no T1 e T2 tiveram respostas de produção de biogás mais lentas, porém apresentaram melhor teor de alcalinidade, maior capacidade tampão do meio quando estabilizaram, uma vez que começou a produzir metano. Os reatores apresentaram baixa produção de metano ou nenhuma produção, em consequência da rápida conversão dos açúcares das frutas e verduras em ácidos intermediários, que acumularam nos reatores, promovendo um ambiente inibitório aos microrganismos metanogênicos. Entretanto, o ambiente ácido foi favorável para a produção de BH (GOMES, 2022).

CONCLUSÕES: Em ensaio batelada, o PTM favorece e acelera a produção de BH dos RFV. Contudo, deve-se avaliar o tamanho de partícula do substrato para não ocorrer sobrecarga no meio.

AGRADECIMENTOS: A CAPES e ao CNPq pelas bolsas concedidas, ao PGEAGRI, ao LARA, à UNIOESTE ao Banco de Alimentos de Cascavel pela cessão dos resíduos.

REFERÊNCIAS:

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 18a. ed., Washington, 2005.

DAMACENO, F. M. **Codigestão anaeróbia do lodo obtido em abatedouros de frango e batata-doce: valorização energética e agrônômica**. 2018, 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel, 2018.

DINESH G. K.; CHAUHAN, R.; CHAKMA, S.; Influence and strategies for enhanced biohydrogen production from food waste. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 92, p. 807-822, 2018.

DUBOIS, M; GILLES, K. A; HAMILTON, J. K.; REBERS, P, A; SMITH, F. Colorimetric method for determination sugars and related substance. *Analytical Chemistry*, v. 28, n. 3, p.350-356, 1956.

EDWIGES, T. **Biodigestão anaeróbia de resíduos vegetais provenientes de central de abastecimento**. 2017, 81 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel, 2017.

GOMES, M. C. **Digestão anaeróbia de resíduos de frutas e verduras: estratégias para minimizar efeitos na fase de hidrólise**. 2022, 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel, 2022.

IZUMI, K.; OKISHIO, Y.; NAGAO, N.; NIWA, C.; YAMAMOTO, S.; TODA, T. Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. **International biodeterioration & biodegradation**, v. 64, n. 7, p. 601-608, 2010.

KELLEHER, B. P.; LEAHY, J. J.; HENIHAN, A. M.; O'DWYER, T. F.; SUTTON, D.; LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology—a review. **Bioresource technology**, v. 83, n. 1, p. 27-36, 2002.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digester of High-Strength Waste., **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 58, n. 5, p.406-411, 1986.