

## **XI-037 - VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS DE KIWI POR MEIO DA DIGESTÃO ANAERÓBIA**

**Matheus Maranhão Baumguertner<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Química na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Ponta Grossa) e Mestrando em Engenharia Química no Instituto Politécnico de Bragança (IPB/Portugal) por meio do programa de Dupla Diplomação.

**Cristiane Kreutz<sup>(2)</sup>**

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - Medianeira). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE - Cascavel). Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE - Cascavel). Pós-doutorado em andamento pelo Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Portugal.

**Ramiro José Espinheira Martins<sup>(3)</sup>**

Doutorado em Engenharia Química pela FEUP. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Departamento de Tecnologia Química e Biológica, Portugal. Universidade do Porto, Laboratory of Separation and Reaction Engineering (LSRE-LCM), Faculdade de Engenharia.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dom Aguirre, 797 - Centro - Itaporanga - SP - CEP: 18480-000 - Brasil - Tel: +55 (15) 3565-3642 - e-mail: [baumguertner@alunos.utfpr.edu.br](mailto:baumguertner@alunos.utfpr.edu.br)

### **RESUMO**

As fontes alternativas de geração de energia elétrica têm aumentado sua importância na matriz energética mundial recentemente. Nesta categoria de fontes alternativas encontram-se as fontes renováveis que por sua vez engloba a geração de energia elétrica a partir da queima do biogás, produzido no processo de digestão anaeróbia (DA) de resíduos orgânicos. Uma das grandes fontes geradoras de resíduos orgânicos é a comercialização de frutas, que são alimentos perecíveis e que dependem em grande parte de sua aparência para sua venda. A destinação correta destes resíduos gera custos aos envolvidos na cadeia de produção e comercialização. Uma das frutas que é cultivada em grande escala ao redor do mundo todo é o kiwi, tendo Portugal entre os maiores produtores. Estima-se que cerca de 25% da produção de kiwi seja convertida em resíduo ao longo da cadeia produtiva. Esta situação criou uma oportunidade, pelo que este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de geração de biogás utilizando kiwi como substrato no processo de DA, bem como explorar condições que favorecem o processo. Os ensaios foram realizados em um reator do tipo batch de mistura completa, com volume de 200 mL, tendo sido testadas diferentes proporções de substrato/inóculo (massa de substrato de 2 a 40 g e volume de inóculo de 160 a 196 mL), adições de  $\text{NaHCO}_3$  e como ou sem adições de nutrientes ( $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Os melhores resultados foram obtidos no ensaio 3.2, quem continha 8,4 g de resíduo de kiwi, 192 mL de lama de digestor anaeróbio, 500 mg de  $\text{NaHCO}_3$  e adições de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , que obteve a produção de 401 mL de  $\text{CH}_4/\text{g}$  de sólidos voláteis, e concentração de metano de 77%. Face aos resultados obtidos, o kiwi demonstrou bom potencial na produção de biogás pelo processo de DA, porém ainda são necessários estudos para definir os parâmetros ideais para uma escala industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás, Digestão Anaeróbia, Kiwi, Metano, Valorização Energética.

### **INTRODUÇÃO**

O kiwi (*Actinidia deliciosa*) é um fruto de origem chinesa que foi introduzido na agricultura ocidental no século XIX, tendo seu cultivo comercial iniciado na Nova Zelândia. Em 1973 iniciou-se o seu cultivo em Portugal e atualmente o país é o 11º maior produtor mundial (FAO, 2013; FRANCO, 2008; SILVEIRA et al., 2012).

As frutas, como o kiwi, são materiais perecíveis e por este motivo são consideradas como grande fonte de geração de resíduo orgânico. Estima-se que, aproximadamente, 25% dos frutos produzidos na cadeia produtiva do kiwi são perdidos, de acordo com Coelho (2015). O destino mais comum para estes resíduos é a deposição

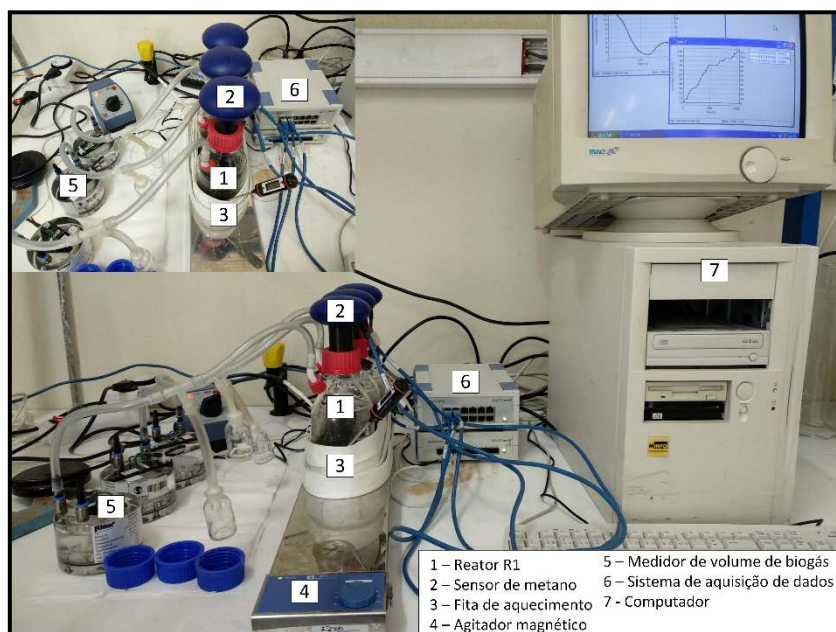
em aterros, que é uma opção barata, mas que pode acarretar uma série de problemas ambientais (Sanjaya, Cahyanto, e Millati, 2016).

Uma das formas de aproveitamento deste resíduo orgânico é a sua utilização como substrato no processo de digestão anaeróbia (DA), onde será convertido em biogás. Considerando que a geração de energia no mundo passou de 6131 TWh em 1973 para 24255 TWh em 2015 e a participação das energias renováveis, excluindo-se a hídrica, aumentou de 0,6% para 7,1% no mesmo período, o aproveitamento do kiwi torna-se uma alternativa viável e de interesse para a sociedade.

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o potencial de geração de biogás utilizando kiwi como substrato, utilizando o processo de digestão anaeróbia.

## METODOLOGIA

Para avaliar o potencial de geração de biogás, o processo de DA foi realizado num sistema composto por um reator de volume total de 500 mL (reator R1), sensor de metano, medidor de volume de biogás (fluxímetro), fita de aquecimento, agitador magnético, sistema de aquisição de dados dos sensores e *software* para interpretação dos dados, conforme layout experimental (Figura 1).



**Figura 1: Layout experimental dos ensaios de digestão anaeróbia.**

O substrato utilizado no processo de DA foi resíduos de kiwi, recolhidos de uma unidade de distribuição alimentar da cidade de Bragança, Portugal. Foram cortados e triturados com a utilização de um liquidificador, para diminuição do tamanho de partícula, até adquirir aspecto pastoso. Como inóculo foi utilizada lama dos digestores anaeróbios da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Bragança – Portugal.

Foram realizadas 3 séries distintas, com ensaios em triplicado em cada uma. Foram variados a massa de substrato e volume de inóculo. Na última série foi testada a adição de sais fornecedores de nutrientes (nitrogénio e fósforo). Em todos os ensaios foi adicionado bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) para controlo da alcalinidade do meio.

As condições operacionais e a duração dos ensaios são apresentadas na Tabela 1. A temperatura dos ensaios foi mantida na gama mesofílica, por volta dos 35-40°C e a agitação utilizado foi intermitente, com períodos de 15 minutos de agitação e o mesmo tempo sem agitação.

**Tabela 1: Condições operacionais e duração dos ensaios experimentais.**

Ensaio	Substrato (g)	Inóculo (mL)	NaHCO <sub>3</sub> (mg)	NH <sub>3</sub> Cl (mg)	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (mg)	Duração (dia)
1.1	2,3	198	310,2	—	—	23
1.2	2,0	198	304,3	—	—	
1.3	2,1	198	305,2	—	—	
2.1	2,2	198	301,9	—	—	27
2.2	2,0	198	301,0	—	—	
2.3	2,1	198	302,3	—	—	
3.1	4,2	196	501,5	226,0	52,9	26
3.2	8,4	192	500,4	453,0	106,0	
3.3	20,3	180	503,0	1130,2	260,0	

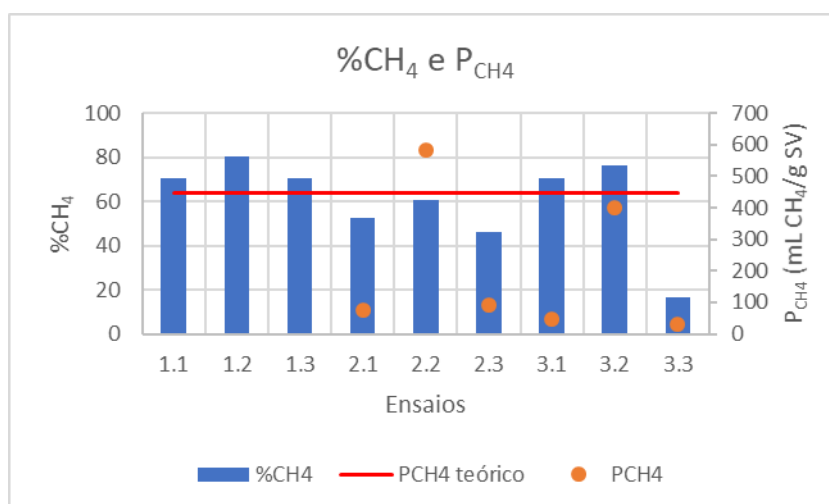
Ao longo do período de realização dos ensaios foram recolhidos os dados de percentagem de metano presente no biogás produzido (%CH<sub>4</sub>) e volume de biogás produzido; e foi possível calcular a produtividade de metano (P<sub>CH<sub>4</sub></sub>) alcançada em cada um dos ensaios (mL CH<sub>4</sub>/g SV).

Para o cálculo do potencial teórico de produção de metano (P<sub>CH<sub>4</sub></sub> teórico) do kiwi foi utilizada a equação apresentada por Raposo et al. (2011), que permite calcular o volume de metano (mL CH<sub>4</sub>) produzido por cada grama de sólido volátil (g SV) do substrato. Os dados necessários para a realização dos cálculos foram obtidos na base de dados da USDA (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado do cálculo do potencial teórico de produção de metano do kiwi foi obtido o valor de 448 mL CH<sub>4</sub>/g SV. De realçar que este resultado foi obtido utilizando-se dados de composição da fração comestível do kiwi e os cálculos consideram a conversão completa dos componentes, sem ter em conta efeitos inibitórios e reações concorrentes. Por estas razões, o valor calculado de P<sub>CH<sub>4</sub></sub> teórico dificilmente é alcançado em ensaios laboratoriais.

Os valores de %CH<sub>4</sub> e P<sub>CH<sub>4</sub></sub> obtidos para cada um dos ensaios, no final do período experimental, e também o valor de P<sub>CH<sub>4</sub></sub> teórico obtido por meio de cálculo são apresentados na Figura 2.



**Figura 2: Valores de %CH<sub>4</sub> e P<sub>CH<sub>4</sub></sub> obtidos nos ensaios.**

Os maiores valores de %CH<sub>4</sub> foram obtidos nos ensaios 1.2 (80,5) e 3.2 (76,6) e os maiores valores de P<sub>CH<sub>4</sub></sub> foram obtidos nos ensaios 2.2 e 3.2 com valores de 584 e 401 mL CH<sub>4</sub>/g SV, respectivamente. Levando em consideração que o valor de P<sub>CH<sub>4</sub></sub> teórico obtido foi de 448 mL CH<sub>4</sub>/g SV, o ensaio 2.2 obteve um desempenho acima do esperado e o ensaio 3.2 obteve resultados próximos do teórico calculado.

Quando se analisa os ensaios de melhor desempenho, considerando as duas variáveis de análise em conjunto, observa-se que o ensaio 3.2 foi o que obteve melhor rendimento, apesar de valores de  $P_{CH_4}$  menores, apresenta maiores valores de %CH<sub>4</sub>. Este ensaio também se destaca por utilizar maior quantidade de substrato (8,4 g) em relação ao ensaio 1.2 (2 g) e esta diferença torna-se importante uma vez que o objetivo é a digestão dos resíduos utilizados como substrato, e quanto maior a massa de substrato se conseguir colocar em um mesmo volume de reator, mais eficiente e econômico se torna o processo.

Tomando os valores obtidos no ensaio 3.2 como base para comparação com estudos recentemente publicados, nos quais outros tipos de matéria orgânica são utilizados para a produção de biogás com o processo de DA, pode-se observar que a utilização do kiwi é uma opção viável em termos de produção de metano, uma vez que os valores obtidos foram superiores, por exemplo, aos obtidos por (MENARDO; BALSARI, 2012) quando utilizando milho, palha de arroz, palha de trigo, cebola, pão seco e o próprio kiwi; e Ayala-Parra et al. (2017) que utilizaram biomassa de algas como substrato na DA.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que o resíduo de kiwi tem potencial para ser utilizado como substrato no processo de DA, apresentando valores próximos aos já reportados em outros estudos que utilizam outros resíduos agroindustriais como substratos para o mesmo fim.

Foi possível observar que a razão substrato/inóculo tem influência na eficiência do processo, em termos de rendimento de %CH<sub>4</sub> produzido, sendo que proporções mais elevadas de substrato influencia negativamente a produção de biogás.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AYALA-PARRA, P. et al. Nutrient recovery and biogas generation from the anaerobic digestion of waste biomass from algal biofuel production. **Renewable Energy**, v. 108, p. 410–416, ago. 2017.
2. COELHO, R. A. **Obtenção de óleo de sementes de quiuí (Actinidia deliciosa) utilizando extração com solvente pressurizado e extração assistida com ultrassom**. [s.l.] (Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná), 2015.
3. FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <[http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)>.
4. FRANCO, J. História E Desenvolvimento Comercial. In: ANTUNES, M. D. (Ed.). **Kiwi, Da produção à comercialização**. [s.l.] Ciências da Terra - Universidade do Algarve, 2008.
5. MENARDO, S.; BALSARI, P. An Analysis of the Energy Potential of Anaerobic Digestion of Agricultural By-Products and Organic Waste. **BioEnergy Research**, v. 5, n. 3, p. 759–767, 2012.
6. RAPOSO, F. et al. Biochemical methane potential (BMP) of solid organic substrates: Evaluation of anaerobic biodegradability using data from an international interlaboratory study. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 86, n. 8, p. 1088–1098, 2011.
7. SANJAYA, A. P.; CAHYANTO, M. N.; MILLATI, R. Mesophilic batch anaerobic digestion from fruit fragments. **Renewable Energy**, v. 98, p. 135–141, 2016.
8. SILVEIRA, S. V. DA et al. **Aspectos Técnicos da Produção de Quiwi** Bento Gonçalves Embrapa Uva e Vinho, , 2012.
9. USDA. **National Nutrient Database for Standard Reference Release Legacy April , 2018 Full Report (All Nutrients) 09148, Kiwifruit, green, raw**.