

## Avaliação da produção de biogás a partir de resíduos de serragem

## Evaluation of biogas production from sawdust residues

### RESUMO

**Guilherme Campos Carvalho**  
[guicampos96@gmail.com](mailto:guicampos96@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

**Viviane Teleginski Mazur**  
[vivianemazur@utfpr.edu.br](mailto:vivianemazur@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

**Samantha de Paula Batista**  
[sasah\\_batista@hotmail.com](mailto:sasah_batista@hotmail.com)  
Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil

Materiais lignocelulósicos como a serragem de madeira são amplamente utilizados em processos industriais, no entanto esse recurso ainda é pouco explorado para geração de biogás. Nesse sentido o presente trabalho pretende avaliar o potencial de geração de biogás da serragem proveniente de processos industriais da região de Guarapuava. Para isso, foi necessária a construção de biodigestores de bancada e manômetros. A medição de biogás gerado baseou-se na pressão atmosférica local, pressão interna e temperatura de cada biodigestor durante 15 dias. Foram preparados biodigestores contendo apenas inóculo, contendo inóculo e serragem, e contendo inóculo e serragem pré-tratada em NaOH. Como resultado, a produção acumulada em cada biodigestor foi de 9,96 mL, 10,97 mL e 17,95 mL, respectivamente. Os teores de celulose, hemicelulose e lignina se encontraram próximos a valores de referência para a madeira *Pinus elliottii*. A taxa de geração de biogás foi afetada pela realização de pré-tratamento com NaOH. Conclui-se que houve produção de biogás com utilização de serragem e que o pré-tratamento possibilitou um aumento de 63% de volume de biogás gerado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocombustíveis. Biodigestores. *Pinus elliottii*.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

Lignocellulosic materials such as sawdust are widely used in industrial processes, however this feature is still little explored for biogas generation. In this sense the present work intends to evaluate the biogas generation potential of sawdust from industrial processes of Guarapuava region. This required the construction of bench top digesters and pressure gauges. The measurement of biogas generated was based on the local atmospheric pressure, internal pressure and temperature of each biodigester for 15 days. Biodigesters containing inoculum only, inoculum and sawdust, and inoculum and sawdust pretreated with NaOH were prepared. As a result, the accumulated production in each biodigester was 9.96 mL, 10.97 mL and 17.95 mL, respectively. Cellulose, hemicellose and lignin contents were close to reference values for *Pinus elliottii* wood. The biogas generation rate was affected by NaOH pretreatment. It was concluded that there was biogas production with sawdust utilization and that the pretreatment allowed a 63% increase in the volume of biogas generated.

**KEYWORDS:** Biofuels. Biodigesters. *Pinus elliottii*.

## INTRODUÇÃO

Materiais lignocelulósicos, como a madeira, constituem a maior parte dos recursos renováveis do planeta e apesar de sua grande utilização, em geral, apenas 50% de uma árvore é convertida em produto final através dos processos convencionais da indústria. O material orgânico remanescente desses processos se torna um passivo ambiental e muitas vezes é descartado em aterros ou simplesmente queimado [1, 2]. Um método alternativo de reaproveitamento para geração de energia desse descarte orgânico é a produção de biogás através da digestão anaeróbica [3]. Durante esse processo, existe interação entre diferentes tipos de microrganismos, que promovem a transformação dos carboidratos, proteínas e lipídeos contidos na matéria prima na forma de metano e dióxido de carbono [4]. No entanto, para a melhor eficácia do processo em materiais lignocelulósicos, se faz necessário pré-tratamentos. De acordo com Costa e colaboradores [5] os pré-tratamentos físico-químicos removem barreiras que dificultam o processo de metanogênese, aumentando assim a produção final de biogás.

Nesse contexto o presente trabalho objetiva avaliar a geração de biogás de resíduos de madeira originados por processos industriais da região de Guarapuava. Foram realizadas caracterizações das amostras coletadas através de análises de celulose, hemicelulose e lignina, bem como a confecção de biodigestores de bancada para a medição do biogás gerado no processo de digestão anaeróbica desse tipo de material. Além disso, esse trabalho pretende oferecer um embasamento experimental para estudos futuros com intuito de melhorar o aproveitamento energético desses resíduos e aumentar o valor agregado desse passivo ambiental, relacionando parâmetros e pré-tratamentos com a produção total de biogás.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria prima utilizada é a serragem proveniente da empresa Porterit, que fabrica compensados e portas com madeira *Pinus elliottii*, popularmente chamada de Pinus. A indústria se localiza no distrito de Palmeirinha, próximo à cidade de Guarapuava, Paraná.

A metodologia para medir a produção de biogás do experimento foi uma adaptação do teste de Potencial Bioquímico de Metano, utilizado por [6] elaborada com o intuito de medir a influência do pré-tratamento alcalino escolhido e a quantidade total de biogás gerada pelos resíduos no período de 15 dias, de maneira a simular condições ideais para o desenvolvimento de bactérias anaeróbicas em biodigestores de bancada. O ensaio foi realizado medindo a pressão atmosférica local, pressão e temperatura interna de cada biodigestor.

Os biodigestores foram construídos em duplicata utilizando seis frascos de 250 mL de rosca GL45, cujas tampas de polipropileno foram perfuradas para encaixar os elementos de ligação do tipo engate rápido 6 mm. Para abertura e fechamento do sistema utilizou-se mangueiras de PU de 6 mm, válvulas de fluxo e a conexões do tipo T. Os sistemas de medição da pressão (manômetros) deste

trabalho foram confeccionados através de três placas de MDF com aproximadamente 40 x 20 cm perfuradas para a inserção de braçadeiras de plástico permitindo e fixação das mangueiras, juntas e servindo de suporte para os biodigestores e para as escalas de medição milimétrica.

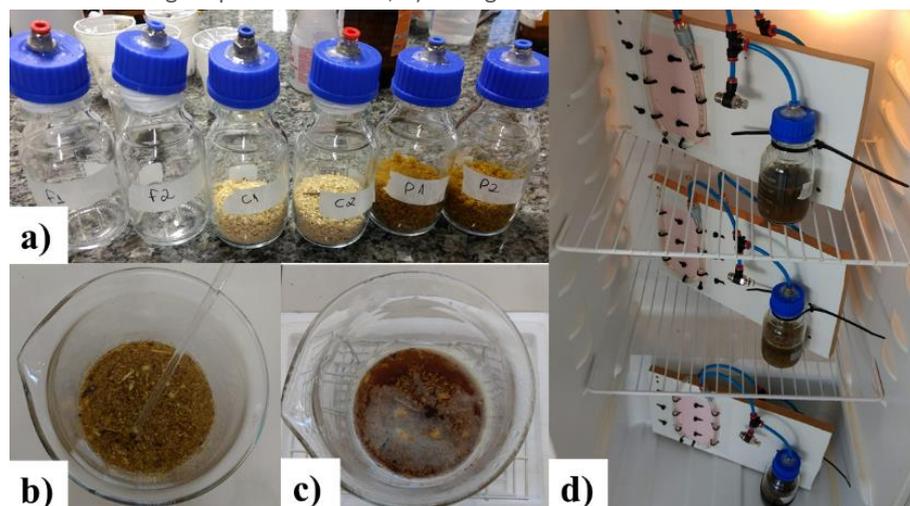
Foram preparados três tipos de biodigestores, cada com uma combinação diferente de substrato. Biodigestores do tipo F continham apenas inóculo (fezes bovinas), biodigestores do tipo C possuíam inóculo e serragem, e os biodigestores do tipo P possuíam inóculo e serragem pré-tratada (Figura 1.a).

Para a preparação dos biodigestores F, foram pesadas 15 g de fezes frescas e diluída em 15 mL de uma solução de sais preparadas segundo [6], o qual utilizou 1,0 litro de água destilada para diluir 2,0 g de fosfato dibásico de potássio ( $K_2H_2PO_4$ ), 20 g de fosfato monobásico de potássio ( $KH_2PO_4$ ) e 3,5 g de uréia ( $(NH_2)_2CO$ ). Em seguida verificou-se o pH da mistura e completou-se o frasco até a marca de 150 mL com água destilada e deionizada.

Para a preparação dos biodigestores C, o mesmo procedimento dos biodigestores tipo F, porém com a adição de 10 g de serragem (Figura 1.b). Para a preparação dos biodigestores P, o mesmo procedimento como descrito para os biodigestores tipo F, porém com a adição de 10 g de serragem tratada. O tratamento consistiu na diluição da amostra em NaOH (Hidróxido de sódio) a uma proporção de 8 % (p / p) a 100 °C por 10 minutos (Figura 1.c). Em seguida centrifugado a 5000 rpm por 15 minutos e filtrado à vácuo até atingir o pH de 7.

Após a preparação de todos os biodigestores, os mesmos foram ligados ao manômetro de coluna de água e os sistemas foram deixados em uma Incubadora B.O.D à 37°C, conforme pode ser visto na Figura 1.d.

Figura 1 – a) Tipos de substratos por biodigestor; b) Amostra de serragem; c) Amostra de serragem pós tratamento; d) Biodigestores na incubadora B.O.D.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a coleta dos dados do gerados pelo experimento calculou-se o volume de biogás gerado para cada um dos tipos de biodigestores seguindo parâmetros de Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP) onde  $P_{CNTP} = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T_{CNTP} = 273,15 \text{ K}$ . Tomando  $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0,980665 \text{ mbar}$ ,  $T_F = 37^\circ \text{ C} = 310,15 \text{ K}$ ;  $C = 22,41 \text{ L. mol}^{-1}$ ;  $R = 83,14 \text{ L. mbar. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

O cálculo da pressão acumulada no dia ( $P_F$ ), volume de biogás gerado por dia ( $V_g$ ), volume de biogás gerado por dia nas CNTP ( $V_{CNTP}$ ) e volume de biogás acumulado ( $V_a$ ), é indicado respectivamente pelas equações 1, 2, 3 e 4.

$$P_F = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1)$$

$$V_g = \frac{P_F * V_{UF} * C}{R * T_F} * 1000 \quad (2)$$

$$V_{CNTP} = \frac{V_g * T_{CNTP} * P_{atm}}{P_{CNTP} * T_F} \quad (3)$$

$$V_a = \sum_{d=1}^{15} V_d = V_1 + V_2 + \dots + V_{15} \quad (4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 o desvio padrão é indicado ao lado dos valores das médias e MS refere-se a Matéria Seca.

Tabela 1- Médias de parâmetros físico-químicos da serragem.

Parâmetro	Serragem	Valores referência para <i>Pinus elliottii</i> [5]
Celulose (% MS)	48,18 ±0,28	40 – 45
Hemicelulose (% MS)	14,61 ±0,36	10 – 13
Teor de Lignina (% MS)	27,82 ±0,36	26 – 34

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo esses dados as amostras de serragem apresentam teor de lignina de 27,82%, consistente com os valores de referência, o que indica que a escolha do pré-tratamento alcalino para o experimento é a mais indicada segundo a literatura. Parâmetros como celulose, hemicelulose e teor de lignina se encontram em faixas próximas a madeira mole de *Pinus elliottii*, considerando-se os valores de referência.

A taxa produção de biogás em L/kg.dia por tipo de amostra pode ser conferida na Tabela 2.

Tabela 2 – Taxa de produção de biogás por tipo de substrato nas CNTP

Tipo	Taxa de geração [L/kg.dia]	Valores de referência [L/kg.dia]	Autor da referência
F	0,0464	0,0623	[6]
C	0,0732	2,5	[3]
P	0,1196	5	[3]

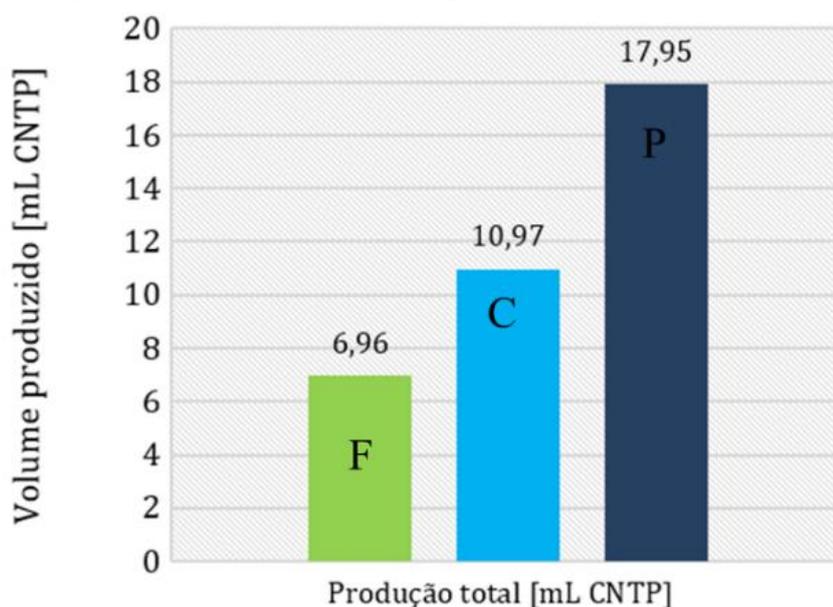
Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados para a serragem pré-tratada podem ser considerados baixos quando comparados com resultados obtidos por [3], que realizou o mesmo pré-tratamento alcalino em seu trabalho. Porém, o fator predominante para essa diferença de valores é o fato de que a serragem utilizada no presente experimento não passou por nenhum processo de moagem após seu recolhimento na indústria. Neste caso a celulose e os açúcares contidos no substrato se tornam menos acessíveis às bactérias, dificultando a proliferação das mesmas e a produção de metano [5]. Além disso outros parâmetros podem ter influenciado o resultado final dos testes como vazamentos e/ou degradação da celulose devido ao pré-

tratamento. Nesse sentido é válido ressaltar que as amostras deste trabalho continham 24% de teor de lignina, sendo menor do que a de [3], autor usado como referência, o qual obteve em suas amostras um teor de 34%.

O resultado do valor acumulado de biogás ao final do experimento pode ser visto pela Figura 2. A produção acumulada ao final do 15º dia para os biodigestores tipo C foi de 10,97 mL. Esse valor foi 57,7% maior do que a produção do tipo F, que ficou em 6,96 mL. Como os biodigestores tipo F continham apenas o inoculante, esse resultado indica que a serragem, mesmo em sua forma natural, ou seja, sem pré-tratamento, pode ser utilizada como substrato para produção de biogás. Comparando a produção do tipo C (serragem sem pré tratamento) com o tipo P (serragem pré-tratada), é possível constatar um aumento de 63,5% de produção. Esse resultado já era esperado, pois de acordo com a literatura, o material pré-tratado sofre quebra da lignina e um inchaço das fibras da madeira, aumentando a superfície de contato com as bactérias anaeróbicas que produzem o biogás.

Figura 2 - Volume acumulado de biogás em ao final do experimento.



Fonte: Autoria própria (2019).

## CONCLUSÕES

Os experimentos realizados demonstraram que é possível produzir biogás a partir de materiais lignocelulósicos, como a serragem da madeira de Pinus, mesmo em seu estado natural. Esta utilização para a serragem ainda é pouco explorada e documentada. Entretanto, a utilização de um pré-tratamento na serragem com NaOH possibilitou um aumento de produção de mais de 63%. Parâmetros como vazamentos de biogás nos biodigestores e a degradação da celulose pelo pré-tratamento devem ser levados em consideração em trabalhos futuros para melhor aferir a produção volumétrica do biogás.

## AGRADECIMENTOS

À empresa Porterit pela doação dos materiais utilizados e mentorias. À UNICENTRO pela disponibilização de laboratórios e equipamentos de análise.

## REFERÊNCIAS

- [1] MACFARLANE, D. W. Potential availability of urban wood biomass in Michigan: Implications for energy production, carbon sequestration and sustainable forest management in the U.S.A. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 4, p. 628–634, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.004> . Acesso em: 19 jul. 2019.
- [2] TURLEY, D. B.; CHAUDHRY, Q.; WATKINS, R. W.; CLARK, J. H.; DESWARTE, F. E. I. Chemical products from temperate forest tree species: developing strategies for exploitation. **Industrial Crops and Products**, v. 24, n. 3, p. 238–243, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.06.016> . Acesso em: 19 jul. 2019.
- [3] SALEHIAN, P.; KARIMI, K.; ZILOUEI, H.; JEIHANIPOUR, A. Improvement of biogas production from pine wood by alkali pretreatment. **Fuel**, v. 106, p. 484–489, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2012.12.092> . Acesso em: 20 jul. 2019.
- [4] YONG, Z.; DONG, Y.; ZHANG, X.; TAN, T. Anaerobic co-digestion of food waste and straw for biogas production. **Renewable Energy**, v. 78, p. 527–530, 2015. Elsevier Ltd. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.033> . Acesso em: 18 jul. 2019.
- [5] COSTA, A. G.; PINHEIRO, F. G. C.; PINHEIRO, G. C.; et al. Geração de metano a partir de resíduos lignocelulósicos oriundos da produção do biocombustível: revisão. **Revista DAE**, v. 62, n. 194, p. 36–51, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.003> . Acesso em: 15 jul. 2019.
- [6] BATISTA, S. D. P.; GUERRA, E. P.; RESENDE, J. T. V. DE; et al. Potential for biogas generation from sweet potato genotypes. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 14, n. 2, p. 1, 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2019000200309&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2019000200309&lng=en&nrm=iso&tlng=en) . Acesso em: 10 jul. 2019.