

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA CASCA DE CACAU NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOMETANO

Maira Post Müller (*), Júlia Fraporti Cornelli, Munique Marder, Eugênia Vargas Hickmann, Odorico Konrad.

*Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. E-mail: maira.muller@universo.univates.br.

RESUMO

A qualidade ambiental e a saúde humana são associadas ao consumo de recursos naturais, e relacionados a exploração dos combustíveis fósseis, que são finitos. Com isso, têm-se utilizado o reaproveitamento de biomassas para atender à crescente demanda de energia. Uma alternativa de energia renovável e controle de gerenciamento destes materiais, é a obtenção de biogás e biometano pela digestão anaeróbia de diferentes resíduos orgânicos. O biogás é composto majoritariamente por metano (50-70%), seguido de dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, vapor d'água, dentre outros componentes. O cacau, principal matéria-prima do chocolate, leva como preocupação a quantidade de resíduos gerados pelo seu cultivo. Normalmente, seu descarte ocorre no meio ambiente, como cobertura agrícola. A destinação correta desta biomassa além de promover sua valorização, garante a qualidade do meio ambiente. Com isso, o objetivo do trabalho é avaliar o potencial da casca de cacau quanto a sua produção de biogás e biometano em ambiente de temperatura controlada a 37 °C. O estudo foi conduzido no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis - CPETS, vinculado ao Parque Científico e Tecnológico da UNIVATES (TECNOVATES). Os testes experimentais foram realizados em escala laboratorial, sendo os ensaios de digestão anaeróbia conduzidos em regime de batelada, empregando a normativa alemã VDI 4630 (2006), em reatores de 1L com 500g de amostra. O Potencial Bioquímico de Biogás e Metano da casca de cacau foi de 745,21 mL_{Biogás} g_{SV}⁻¹ e 424,62 mL_{Metano} g_{SV}⁻¹. O substrato teve um rendimento de biogás e metano de 84,56 m³_{Biogás} ton_{SV}⁻¹ e 48,18 m³_{Metano} ton_{SV}⁻¹, respectivamente. Com isso, pode-se concluir que a casca de cacau apresentou um potencial energético satisfatório, sendo uma boa alternativa para a geração de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Biometano, Digestão Anaeróbia, Casca de Cacau, Biomassa.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da humanidade atualmente é o aquecimento global, onde um dos principais motivos para isso ocorrer é a queima de combustíveis fósseis, acarretando a poluição (DAHUNSI et al., 2019). Grande parte dos países desenvolvidos tem sua economia baseada em fontes de energia de origem não renovável, como predominante matéria prima o petróleo. Porém, com o crescimento populacional e o aumento do consumo energético, busca-se cada vez mais, novas fontes de energia (SILVA, 2019).

Um meio sustentável de reduzir o uso de energias fósseis é a conversão de biomassa em biocombustíveis, pois garante a recuperação de recursos além de fazer corretamente a gestão de resíduos (UGWU, BISCOFF, ENWEREMADU, 2020). A digestão anaeróbia (DA) é capaz de degradar e converter matéria orgânica em biogás utilizando microrganismos em condição anaeróbia (DAHUNSI et al., 2019). Seu principal produto é o biogás, que contém na sua composição o metano (ACOSTA et al., 2018).

Quando se busca fontes renováveis de energia, os resíduos do cacau devem ser considerados, pois o fruto é utilizado na indústria alimentícia e na confeitaria mundial, gerando uma quantidade expressiva de resíduos na sua produção (ANTWI et al., 2019). Seu plantio ocorre majoritariamente em três regiões tropicais: América Latina, Sudeste Asiático e África Ocidental (DAHUNSI et al., 2019), sendo o Brasil o 5º maior produtor do mundo (FRANCK et al., 2016). Na última década, a produção de grãos da fruta foi de 4,6.106 ton.ano⁻¹ (mundial), sendo a casca o seu maior resíduo, (ANTWI et al., 2019) que é comumente descartado diretamente no local da colheita (ACOSTA et al., 2018).

OBJETIVO

O presente trabalho objetiva avaliar o potencial da casca de cacau quanto a sua produção de biogás e biometano em ambiente de temperatura controlada a 37 °C.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis - CPETS, vinculado ao Parque Científico e Tecnológico da UNIVATES (TECNOVATES). A casca do cacau foi triturada em liquidificador para facilitar o processo de digestão. Os testes experimentais foram realizados em escala laboratorial, sendo os ensaios de digestão anaeróbia conduzidos em regime de batelada, empregando a normativa alemã VDI 4630 - Fermentation of organic materials: Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data and fermentation tests (2006). Essa norma estabelece que a relação de sólidos voláteis da amostra e do inóculo seja de 2:1 e o teor de sólidos totais da mistura não deve ser maior que 10%. As análises de sólidos totais e voláteis foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). Os experimentos de digestão

anaeróbia foram concluídos quando o volume diário de biogás produzido pela triplicata apresentou-se menor que 1% do volume total acumulado, por no mínimo três dias consecutivos (VDI 4630, 2006). Para concretização do estudo, utilizaram-se reatores de 1 L com 500 g de mistura (inóculo + substrato) para cada experimento, conforme Figura 1. A temperatura de incubação foi de 37 °C.

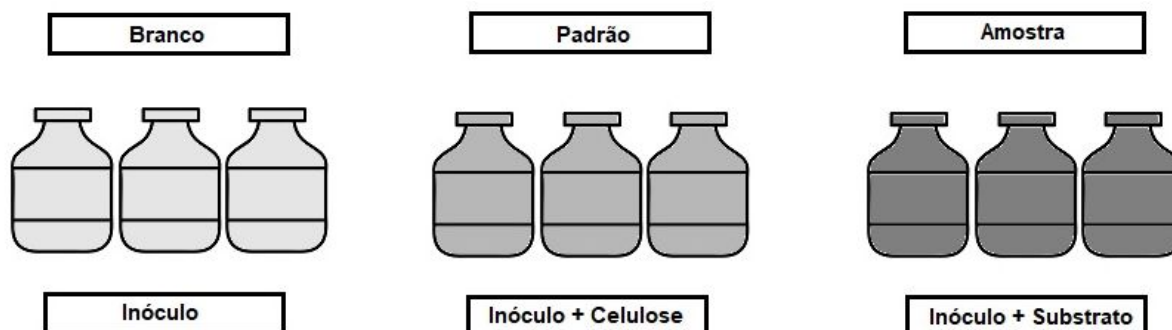


Figura 1- Composição das triplicatas em um ensaio de digestão anaeróbia. Fonte: da Autora.

A leitura do volume de biogás foi realizado pelo sistema automatizado de medição de vazão (SAMB), onde o biogás gerado durante a degradação da matéria orgânica é naturalmente guiado por mangueiras flexíveis que conectam os reatores de vidro aos medidores de vazão, compostos por tubos em formato de U preenchidos por um fluido (Figura 2). O fluido é deslocado à medida que ocorre a entrada de biogás nos tubos, e esse movimento é detectado através de um sensor fotoelétrico, conforme descrito por Konrad et al. (2016). Os registros, captados pelo sistema, são acondicionados em um banco de dados com acesso remoto e são exportados para planilhas de controle.



Figura 2- Incubadora bacteriológica e Sistema Automatizado de Medição de Biogás - SAMB. Fonte: CPETS - Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis.

A avaliação do metano em cada reator foi diariamente realizada durante o período do experimento por meio de um sensor específico (Advanced Gasmeter - PRONOVA) que identifica a molécula de CH₄ presente no volume de biogás inserido, expressando o resultado em percentual (%). Este percentual, quando combinado com o volume de biogás monitorado pelo SAMB, possibilita a identificação do volume de metano produzido pelos substratos.

O Potencial Bioquímico do Biogás (PBB) e Metano (PBM) foi estimado como a produção total de biogás dividido pela amostra sólida volátil. Os resultados foram normalizados para a produção total de biogás - a Celulose Microcristalina foi utilizada como controle interno positivo e os reatores que continham apenas o inóculo, foram utilizados como controles negativos de acordo com as recomendações da VDI 4630.:

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Sólidos Totais (ST) e os Sólidos Voláteis (SV) garantem a qualidade da digestão anaeróbia. Os SV indicam a estabilidade do substrato, assim como a constância do processo (OPPONG et al., 2012), quanto maior a quantidade de SV na biomassa maior será a capacidade de produção de biogás, pois a matéria volátil é a fração orgânica que será convertida em gás (HASAN et al., 2019).

Na Tabela 1 é possível observar os valores de ST, SV e pH do substrato avaliado. O pH da amostra estava em faixa neutra, ideal para digestão anaeróbia. Antwi et al. (2019) encontrou valores de ST (20,30%) e SV (92,60%) no cacau sem os grãos.

Tabela 1 – Caracterização da amostra.

Amostra	ST (%)	SV (%)	pH
Casca de Cacau	12,67 ± 0,41	89,54 ± 0,67	7,87

O gás responsável pela capacidade calorífica do biogás é o metano. Esse gás é gerado na decomposição da matéria orgânica, e seu volume depende do tratamento biológico utilizado (BILOTTA, ROSS, 2016). Assim, os testes de Potencial Bioquímico de Biogás (PBB) e Metano (PBM) avaliam o potencial de degradação da biomassa a ser analisada (PENTEADO et al., 2018). O PBM e PBB do cacau encontrado neste estudo foi de 424,62 mL_{Metano.gSV⁻¹} e 745,21 mL_{Bio.gSV⁻¹}, estes valores foram superiores aos encontrados por Antwi et al. (2019), que foram de 237 mL_{Metano.gSV⁻¹} e 432 mL_{Bio.gSV⁻¹} para PBM e PBM, mostrando que o estudo aqui realizado teve um resultado consideravelmente maior.

Tabela 2 - Valores de PBB, PBM, rendimento e metano na Casca de Cacau.

Amostra	PBB ¹ (mL _{Bio.gSV⁻¹})	PBM ² (mL _{Metano.gSV⁻¹})	RB ³ (m ³ _{Bio.gás.tonSV⁻¹})	RM ⁴ (m ³ _{Metano.tonSV⁻¹})	CH ₄ (% Máximo)
Inóculo	267,12 ± 37,60	178,04 ± 23,01	5,43 ± 0,63	3,00 ± 0,39	73,99
CM ⁵	950,61 ± 108,97	522,17 ± 72,30	924,64 ± 106,00	507,91 ± 70,33	70,58
Casca de Cacau	745,21 ± 70,99	424,62 ± 33,19	84,56 ± 8,06	48,18 ± 3,77	74,72

¹Potencial Bioquímico de Biogás; ²Potencial Bioquímico de Metano; ³Rendimento de Biogás; ⁴Rendimento de Metano; ⁵Celulose Microcristalina.

O rendimento de biogás obtido em laboratório mostra que a uma tonelada de Casca de Cacau pode produzir 84,56 m³ de biogás, podendo atingir um percentual de metano de 74,72%.

CONCLUSÃO

O resultado deste estudo mostra que a Casca de Cacau tem características positivas para a produção de biogás e biometano quando analisados os ST, SV e o seu pH. Quando analisados o PBB e o PBM se obtiveram resultados satisfatórios com um potencial considerável para a produção de biogás, estes refletindo uma produção significativa de biogás e biometano por tonelada de substrato avaliado (casca de cacau).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, N.; DE VRIEZE, J.; SANDOVAL, V.; SINCHÉ, D.; WIERINCK, I.; RABAEY, K. Cocoa residues as viable biomass for renewable energy production through anaerobic digestion., **Bioresource Technology**, v. 265, p. 268 - 272. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418307685?via%3Dihub>> Acesso em: 20 set. 2020.
- ANTWI, E.; ENGLER, N.; NELLES, M.; SCHÜCH, A. Anaerobic digestion and the effect of hydrothermal pretreatment on the biogas yield of cocoa pods residues. **Waste Management**, v. 88, pag. 131–140, 2019.

- Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918306677>> Acesso em: 21 set. 2020.
3. APHA, AWWA, WEF, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. Washington DC, USA.
 4. AZIZ, N. I. H.; HANAFIAH, M. M.; GHEEWALA, S. H. A review on life cycle assessment of biogas production: Challenges and future perspectives in Malaysia. **Biomass and Bioenergy**, v. 122, p. 361-374, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096195341930056X>> Acesso em: 5 out. 2020.
 5. BILOTTA, P.; ROSS, B. Z. L. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Eng. Sanit. Ambient**, v. 21, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522016005001112&script=sci_arttext&tlng=pt> Acesso em 22 set. 2020.
 6. DAHUNSI, S. O.; ADESULU-DAHUNSI, A. T.; IZEBERE, J. O. Cleaner energy through liquefaction of Cocoa (Theobroma cacao) pod husk: Pretreatment and process optimization, **Journal of Cleaner Production**, v. 226, p. 578-588, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619311916>> Acesso em 05 out. 2020.
 7. DAHUNSI, S. O.; OSUEKE, C. O.; OLAYANJU, T. M. A.; LAWAL, A. I.; Co-digestion of Theobroma cacao (Cocoa) pod husk and poultry manure for energy generation: Effects of pretreatment methods. **Bioresource Technology**, v. 283, p. 229 - 241, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419304523>> Acesso em 20 set. 2020.
 8. FRANCK, A. G. S.; EBERT, C. D.; SILVA, R. A.; CORONEL, D. A.; SILVA, M. L.; SCHUH, A. B. Análise da Competitividade do Mercado Exportador Brasileiro de Cacau para Argentina e Estados Unidos. **Revista de Administração**, v. 14, n. 25, 2016. Disponível em: <<http://revistas.fv.uri.br/index.php/revistadeadm/article/view/2238>> Acesso em: 20 set. 2020.
 9. HASAN, C.; FEITOSA, A. K.; SILVA, M. C. A.; MARDER, M.; KONRAD, O. Produção de Biogás a partir de Resíduos Agroindustriais: análise dos teores de sólidos totais, voláteis e fixos em amostras pré e pós Digestão Anaeróbia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, p. 257-273, 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/56321/pdf>> Acesso em 20 set. 2020.
 10. KONRAD, O.; AKWA, J. V.; KOCH, F. F.; LUMI, M.; TONETTO, J. F. Quantification and characterization of the production of biogas from blends of agro industrial wastes in a large scale demonstration plant. **Acta Scientiarum Technology**. V. 38, p. 415-421, 2016.
 11. OPPONG, G.; O'BRIEN, M.; MCEWAN, M.; MARTIN, E. B.; MONTAGUE, G. A. Advanced Control for Anaerobic Digestion Processes. **22nd European Symposium on Computer Aided Process Engineering**, p. 967-971. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044459520150052X>> Acesso em: 20 set. 2020.
 12. PENTEADO, M. C.; SCHIRMER, W. N.; DOURADO, D. C.; GUERI, M. V. D. Análise do potencial de geração de Biogás a partir da Biodigestão Anaeróbia da Vinhaça e Bagaço de Cana. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, p. 26 - 33, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/56013/34297>> Acesso em: 21 set. 2020.
 13. SILVA, W. G. Produção de biogás e biofertilizante a partir da digestão anaeróbia de cama de frango. Dissertação (**Mestrado em Engenharia Ambiental**). Palmas - Tocantins. Disponível em: <<http://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/1448/1/Wanderson%20Gomes%20da%20Silva%20-%20Disserta%20a7%20a3o.pdf>> Acesso em: 22 set. 2020.
 14. UGWU, S. N.; BISCOFF, R. K.; ENWEREMADU, C.C. A meta-analysis of iron-based additives on enhancements of biogas yields during anaerobic digestion of organic wastes. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620324963>> Acesso em: 20 set. 2020.
 15. VELOSO, M. C. R. A.; PIRES, M. R.; VILLELA, L. S.; SCATOLINO, M. V.; PROTÁSIO, T. P.; MENDES, L. M.; JÚNIOR, J. B. G. Potential destination of Brazilian cocoa agro-industrial wastes for production of materials with high added value. **Waste Management**, v. 118, p. 36 - 44, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X20304591>> Acesso em: 06 out. 2020.