

# Produção de biogás a partir de biomassas lignocelulósicas sorgo e capim-elefante

Rossano Gambetta<sup>1</sup>, Rafael Moreira Marques<sup>2</sup>, Rafael Augusto da Costa Parrella<sup>3</sup>, Anderson Carlos Marafon<sup>4</sup>, Jhenifer Bastos<sup>5</sup>, Felipe Orcelli Wojciechowski<sup>6</sup>

## Resumo

O Brasil se destaca como um grande produtor agropecuário no cenário mundial. O setor do agro tem como contribuir muito com o desenvolvimento social e econômico, com um grande desafio de alcançar excelência no que se refere ao meio ambiente. O processo de biodigestão é uma forma de dar uma destinação adequada aos resíduos gerados na agropecuária ou na agroindústria, dando origem ao biogás, um biocombustível, e ao digestato, onde os nutrientes presentes nos resíduos são concentrados, podendo ter uso como biofertilizante. No entanto, há uma vertente em que a biomassa é cultivada de forma dedicada para uso na biodigestão, alternativamente ou complementar ao uso de biomassa residual. O objetivo do trabalho foi avaliar os potenciais de produção de biogás/biometano do sorgo e do capim-elefante (variedades Madeira e BRS Capiapu). Os resultados obtidos mostram que o capim-madeira cortado com 90 dias foi o que mais produziu biogás, chegando em 279 NL de biogás/Kg de SV com cerca de 57% de biometano, em pequena escala. Porém o capim-madeira cortado com 120 dias foi o maior produtor em larga escala, totalizando 6.421,62 Nm<sup>3</sup> de biometano/ha.

**Termos para indexação:** sorgo, capim-elefante, capiaçu, capim-madeira, biodigestão.

## Introdução

Dentre os diferentes aspectos da gestão agropecuária, um dos mais cruciais é a alimentação. Por essa razão, a escolha da alimentação é feita levando em conta questões estratégicas, como custo, valor nutricional, versatilidade, dentre outras. Nesse cenário, tem-se o uso de plantas como o sorgo, que apresenta resistência ao estresse hídrico; versatilidade, por possuir diferentes espécies; e baixo custo de produção (Duarte, 2023); e como o capim-elefante, que tem um grande potencial produtivo e adaptação às variadas condições encontradas em território nacional (Moraes et al., 2009).

Nota-se que são biomassas atrativas para serem utilizadas na alimentação de animais, mas também podem ser utilizadas como substratos para sistemas de biodigestão. O processo de biodigestão ou digestão anaeróbia gera o biogás como produto principal, que pode ser convertido em energia térmica, elétrica ou até mesmo em combustível veicular (biometano).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de metano de três tipos de biomassas lignocelulósicas (capim-madeira, BRS Capiapu e sorgo), sendo o capim-madeira e o BRS Capiapu colhidos em dois tempos diferentes (90 dias e 120 dias).

<sup>1</sup> Engenheiro químico, doutor em Ciência em Engenharia Química, Embrapa Agroenergia, rossano.gambetta@embrapa.br

<sup>2</sup> Graduado em Química Tecnológica, Universidade de Brasília, rafael.marques@colaborador.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em genética e melhoramento de plantas, Embrapa Milho e Sorgo, rafael.parrella@embrapa.br

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, Embrapa Tabuleiros Costeiros, anderson.marafon@embrapa.br

<sup>5</sup> Engenheira ambiental, doutoranda em Sustentabilidade Ambiental Urbana, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, jhenifer.bastos@colaborador.embrapa.br

<sup>6</sup> Graduado em Química Tecnológica, Universidade de Brasília, felipe.orcelli@colaborador.embrapa.br

## Materiais e métodos

As biomassas utilizadas no presente estudo foram o sorgo híbrido BRS 716 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cedido pela Embrapa Milho e Sorgo, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. sinônimo de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone) das variedades madeira e BRS Capiáçu colhidos, com 90 dias e 120 dias de idade cada um e pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite. O sorgo foi colhido na maturidade fisiológica do grão (150 dias–160 dias após o semeio) e seco em estufa por 72 horas a 60 °C. Já os capins foram colhidos e triturados em moinho de facas e armazenados em minissilos por 30 dias.

Foram avaliadas as produções de biogás e metano (PBM) das biomassas por meio de ensaios em batelada, conforme o método descrito por Bastos et al. (2016). Neste ensaio, é utilizado inóculo proveniente do reator de biodigestão da Embrapa Agroenergia, iniciado com 80% de digestato oriundo de biodigestor utilizado no tratamento de resíduos da suinocultura e 20% de resíduos bruto de bovino, que está em operação há 284 dias. Como amostra padrão, foi utilizada celulose microcristalina (Verein Deutscher Ingenieure, 2006) para verificar a qualidade do inóculo quanto à degradação do material de referência.

Para o ensaio de PBM, foram utilizados frascos com volume total de 100 mL, sendo 50% destinados ao *headspace* (reserva do gás). O ensaio foi feito em triplicata para cada amostra, sendo considerada a relação inóculo/substrato de 3:1 (v/v). As análises de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) foram realizadas utilizando-se a metodologia de American Public Health Association (2005) para caracterizar as biomassas (substrato).

Por fim, para avaliar a concentração de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do biogás, utilizou-se um cromatógrafo gasoso (marca Shimadzu GC-2014), que opera por meio de uma injeção manual de 1 mL de amostra com loop a 150 °C e duas linhas TCD a 180 °C. A primeira linha possui uma coluna Porapak N 2 m x 3 mm com fluxo de 35 mL/min e gás hélio como gás de arraste. Já a segunda linha opera com uma coluna Carboxen 1000 4,6 m x 2,1 mm, fluxo de 45 mL/min e gás nitrogênio como gás de arraste.

## Resultados e discussão

Para a validação do ensaio, é necessário atingir pelo menos 85% do valor de referência para a produção de biogás utilizando a celulose microcristalina (750 NL biogás/Kg SV). No presente estudo, esse valor foi atingido ao final do ensaio (total de 53 dias) com produção acumulada de biogás de 643 NL biogás/Kg SV.

O maior valor de produção acumulada de biogás foi do capim-madeira colhido com 90 dias (436±16,0 NL biogás/Kg SV), seguido do capim-madeira colhido com 120 dias (389±9,0 NL biogás/Kg SV) (Figura 1A). Essa diferença pode ser explicada pela perda de matéria orgânica de fácil degradação pelos microrganismos anaeróbios durante o período de maturação das plantas. Quanto ao sorgo e ao BRS Capiáçu, observaram-se valores de produção de biogás próximos, sendo de 376±25,0 NL biogás/Kg SV para o BRS de 90 dias, 350±4,3 NL biogás/Kg SV para o BRS de 120 dias e 345±6,3 NL biogás/Kg SV para o sorgo.

Quanto ao comportamento das curvas de produção de biogás, nota-se que há um atraso para o BRS Capiáçu (120 dias) e o sorgo, sendo necessários cerca de 15 dias a 19 dias para chegar a 200 NL biogás/kg SV (Figura 1). Em contrapartida, o capim-madeira (90 dias) ultrapassou esse valor com apenas sete dias de ensaio, enquanto o capim-madeira (120 dias) e o BRS Capiáçu (90 dias) levaram por volta de 10 dias. Essa diferença dos valores de produção de biogás nos dez primeiros dias

de ensaio pode estar atrelada à diferença da composição da biomassa, como celulose, hemicelulose e lignina, que pode dificultar o acesso dos microrganismos ao material de fácil degradação nos primeiros dias de ensaio.

Ao se observar a produção acumulada de metano, notou-se que o valor obtido para o capim-madeira com idade de corte de 90 dias foi maior ( $279 \pm 9,6$  NL CH<sub>4</sub>/Kg de SV), seguido do capim-madeira de 120 dias ( $234 \pm 5,4$  NL CH<sub>4</sub>/Kg de SV) e do BRS Capiáçu de 90 dias ( $233 \pm 15,5$  NL CH<sub>4</sub>/Kg de SV) (Figura 1B). Já os valores obtidos pelo BRS Capiáçu 190 dias e pelo sorgo foram de  $212 \pm 2,6$  NL CH<sub>4</sub>/Kg de SV e  $200 \pm 4,0$  NL CH<sub>4</sub>/Kg de SV, respectivamente.

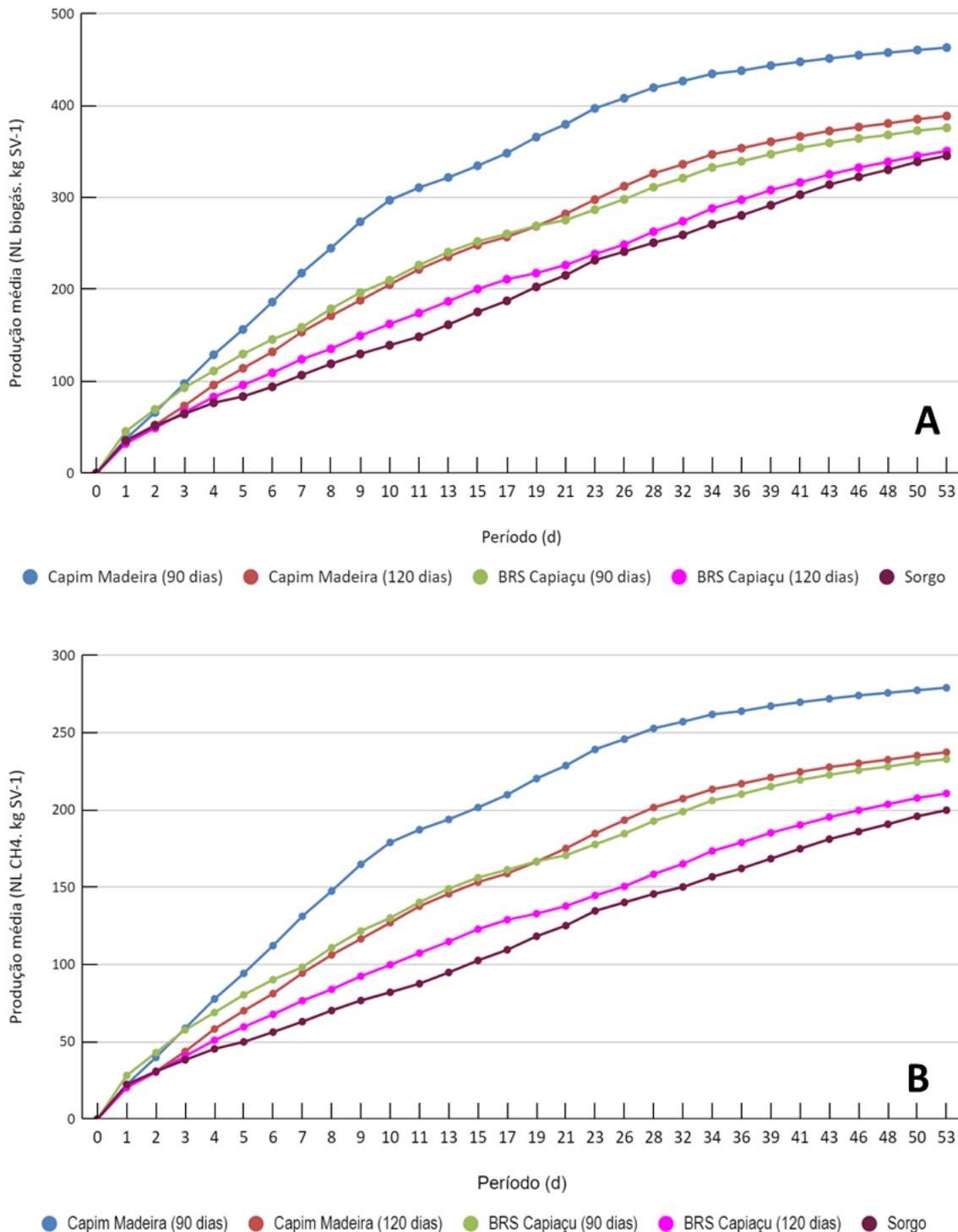


Figura 1. Produção acumulada de biogás (A) e metano (B) dos substratos.

Além da produção de gás por massa de SV, é importante levar em conta a quantidade de biomassa produzida por cada espécie, pois, ao se combinar essa informação com os dados obtidos do ensaio de PBM, é possível estimar a produção de biogás/metano por hectare desse cultivo (Tabela 1). Para calcular a produção de metano por hectare, multiplicou-se o valor de metano produzido pelo seu valor de biomassa por hectare e pelo seu valor de sólidos voláteis em base úmida.

**Tabela 1.** Produtividade de metano do substrato em relação a massa seca e por área de plantação (hectare).

Substrato	SV base úmida (Kg/ Kg) Biomassa* (ton/ha)	Produtividade		
		Metano NL CH <sub>4</sub> / Kg SV	Metano Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / ha	Metano Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / ha
Madeira (90 dias)	0,1644	140,0	279	6421,46
Capim- elefante Madeira (120 dias)	0,2079	132,0	234	6421,62
BRS Capiapu (90 dias)	0,1883	125,5	233	5506,17
BRS Capiapu (120 dias)	0,1900	114,0	212	4591,92
Sorgo	0,8436	25-30**	200	4218-5061,6

\*Dados fornecidos pela Embrapa Milho e Sorgo e pela Embrapa Tabuleiros Costeiros.

\*\*A amostra original veio seca.

Ao se observar a produção de metano por hectare, nota-se que, em razão de uma quantidade maior de sólidos voláteis em base úmida, a variedade capim-elefante Madeira (120 dias) apresentou uma maior produção por hectare (6.421,62 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha), embora com pouca diferença, superando a mesma variedade com saturação de 90 dias (6.421,46 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha). Em contrapartida, as produções de metano da variedade de capim BRS Capiapu e do sorgo foram menores quando comparadas à do capim-madeira, sendo de 5.506,17 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha e 4.591,92 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha para BRS Capiapu de 90 dias e 120 dias, respectivamente, e uma faixa de 4.218 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha– 5.061,6 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha para o sorgo. Portanto, a variedade de capim-madeira 90 dias pode ser uma escolha vantajosa para projetos em larga escala, visto que houve uma diferença ínfima na produtividade de metano quando comparada com a variedade de 120 dias.

## Conclusão

A partir dos testes realizados, conclui-se que todos os substratos possuem potencial de produção de biogás/biometano, sendo que o capim-elefante, variedade Madeira, com tempo de corte de 90 dias, foi o que apresentou maior produção de metano, 279 NL CH<sub>4</sub>/Kg SV, o que representa cerca de 6.421,46 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha. A mesma variedade com uma maturação maior, 120 dias, apresentou uma maior produtividade, 6.421,62 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha. O capim BRS Capiapu, colhido com 90 dias, tem potencial de produção de 5.506,17 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha; o colhido com 120 dias tem potencial de produção de 4.591,92 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha. Já o sorgo tem um potencial de produção entre 4.218 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha e 5.061,6 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha.

A partir do estudo, foi identificado que a idade de corte influencia tanto na produção de biogás/biometano na etapa de biodigestão como na produção da própria biomassa no campo.

## Referências bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>st</sup> ed., 2005. 541p.

BASTOS, J. A.; REMOR, P. V.; ALINO, J. H. L.; FRARE, L. M.; LOFHAGEN, J. C. P.; EDWIGES, T. Hydrolysate recycling improves economic feasibility of alkaline pretreatment for bioenergy production. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 5, 105935 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105935>

DUARTE, N. L. **Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench)**: uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita. 2021. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4704/1/NaiaraLopesDuarte.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 2, p. 133-140, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200004>

OPERAÇÃO e monitoramento de reatores anaeróbios: guia de boas práticas. Brasília: MCTI, 2021. E-book. (Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira: GEF Biogás Brasil).

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI 4630: Fermentation of organic materials Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests**. Düsseldorf, 2006.