

Mapeamento do potencial metanogênico de coprodutos e resíduos agroindustriais para produção de biogás: os casos das cadeias produtivas de algodão e de gado de leite
Mapping of the methanogenic potential of agro-industrial by-products for biogas production: the cases of the cotton and dairy cattle production chains

Autor(es): Melissa Braga¹, Natália Moreno Viana^{1,2}, Marcos Antonio Gomes Pena Junior^{1,2}, Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos¹

Filiação: 1) Embrapa Agroenergia; 2) Universidade de Brasília

E-mail: sergio.saraiva@embrapa.br

GT3. Evolução, estrutura, competitividade e dinâmica das cadeias agroindustriais

Resumo

No contexto dos esforços globais para a transição rumo a sistemas energéticos renováveis e descentralizados, a valorização de resíduos agroindustriais por meio da digestão anaeróbia tem emergido como uma estratégia promissora para a produção de biogás. No entanto, a ausência de dados tecnicamente validados e espacialmente explícitos sobre o potencial metanogênico desses resíduos no Brasil limita a escalabilidade dessa abordagem. Neste estudo, apresentamos um mapeamento abrangente dos processos agroindustriais, da geração de resíduos e da composição bioquímica de cadeias agrícolas e pecuárias de alto potencial econômico no Brasil. Para apresentar resultados de cadeias vegetais e animais e a proposta de interpretação dos dados, são apresentadas neste artigo as fichas de potencial metanogênico de resíduos das cadeias do algodão e do gado de leite e as respectivas interpretações. Utilizando fontes de dados secundárias, análise geoespacial e validação por especialistas, construímos fichas técnicas que quantificam a produção de metano (Bo) e a disponibilidade de biomassa por região. Verificamos que fibras imaturas do algodão, devido ao seu elevado teor de celulose, e dejetos da bovinocultura leiteira, misturados com água de lavagem, apresentam potencial significativo para a geração de biogás. Esses achados demonstram que a combinação de perfis químicos com dados geográficos de produção é crucial para orientar investimentos e políticas públicas no setor de bioenergia. Nossa metodologia e a base de dados pública resultante contribuem para o desenvolvimento de uma bioeconomia circular e oferecem um modelo replicável para outras cadeias agroindustriais em economias emergentes.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Coprodutos e resíduos; Digestão anaeróbia; Segurança energética; Economia circular.

Abstract

*In the context of global efforts to transition towards renewable and decentralized energy systems, the valorization of agro-industrial residues through anaerobic digestion has emerged as a promising strategy for biogas production. However, the absence of spatially explicit, technically validated data on the methanogenic potential of such residues in Brazil limits the scalability of this approach. Here we present a comprehensive mapping of agro-industrial processes, residue generation, and biochemical composition for selected agricultural and livestock chains, with high economic potential in Brazil. In order to present results from plant and animal chains and the proposed interpretation of the data, this article presents the methanogenic potential data sheets of residues from the cotton (*Gossypium herbaceum* L.) and dairy cattle chains and their respective interpretations. Using secondary data sources, geospatial analysis, and expert validation, we constructed technical datasheets that quantify methane yields (Bo) and biomass availability across regions. We find that immature cotton fibers, due to their high cellulose content, and dairy cattle manure, especially when co-digested with wash water, exhibit significant potential for biogas generation. These findings demonstrate that combining chemical profiles with geographic production data is critical for guiding investment and policy in the bioenergy sector. Our methodology and resulting public database contribute to the development of a circular bioeconomy and offer a replicable model for other agro-industrial supply chains in emerging economies.*

Key words: Biofuels; Co-products and waste; Anaerobic digestion; Energy security; Circular economy.

1. Introdução

Fenômenos climáticos, em especial o efeito estufa, têm impulsionado discussões sobre a mitigação da emissão de gases e a necessidade de tecnologias capazes de explorar os recursos naturais em sua plenitude e de forma sustentável. As condições geográficas combinadas com uma extensão de terra arável e condições adequadas de solo e clima, proporcionam ao Brasil um diferencial competitivo para assumir o protagonismo na produção e consumo de biomassas vegetais e animais para diversos fins, entre eles, o de energia e combustíveis.

O Brasil é considerado destaque na agricultura e pecuária comerciais, detendo um dos maiores rebanhos mundiais e liderança e coliderança na produção e exportação de produtos agropecuários como soja, algodão, carne bovina e suco de laranja (CARDOSO et al., 2025). São atividades desenvolvidas em todos as Unidades da Federação e contribuem significativamente para o PIB do agronegócio brasileiro (MALAGUTI et al., 2018; ABIEC, 2020; ALBUQUERQUE et al., 2021; CARDOSO et al., 2025; NOGUEIRA, 2025). Em comum, todas as cadeias agropecuárias geram um volume considerável de resíduos, passíveis de aproveitamento para alimentar processos em regime de biorrefinarias e com potencial de biodigestão, na qual a matéria orgânica passa por processo de mineralização para obtenção de biogás (FERNANDES et al., 2019). Milanez et al. (2018) reforçam que os resíduos agroindustriais representam 75% das matérias-primas potenciais para produção de biogás.

A tecnologia de biodigestão, por meio da utilização de biodigestores, tem se destacado como uma forma de destinação e tratamento de resíduos agrícolas e dejetos pecuários de forma segura. Há ainda a possibilidade de reaproveitamento desses resíduos para geração de biogás e biofertilizantes (este, obtido a partir do efluente da biodigestão), se mostrando como uma alternativa mais sustentável em relação aos combustíveis fósseis e fertilizantes comerciais (FERNANDES et al., 2019; ALBUQUERQUE et al., 2021; MORAES, ABREU et al., 2020). O processo de biodigestão emite pouco dióxido de carbono (CO_2) e ainda mitiga a eventual poluição que haveria, sendo classificada como biocombustível de “pegada negativa de carbono” (MILANEZ et al., 2018).

O biogás, uma mistura predominantemente de gases metano (CH_4) e CO_2 e com traços de ácido sulfídrico, água, nitrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e siloxanos, é gerado naturalmente a partir de digestão ou fermentação anaeróbia de materiais biodegradáveis (FERNANDES et al., 2019; LIGUORI; AMORE; FARACO, 2013). Ao invés de serem lançados na atmosfera, seu uso pode ser destinado à geração de energia elétrica, térmica, aquecimento e iluminação (WEITHÄUSER et al., 2010). O custo de produção de biogás depende de qual material passará pelo processo de digestão anaeróbia, que varia entre US\$ 6/kWh e US\$ 14/kWh e tende a ser mais barato pela alta disponibilidade de resíduos agropecuários (MILANEZ et al., 2018). Como o biogás contém em sua composição gases de efeito estufa como o metano, o metano, tem grande potencial energético. Canalizado e purificado, pode atender desde a demanda energética domiciliar em substituição ao gás de cozinha até prover energia elétrica para um município.

Aliado às demandas globais por matrizes energéticas de bases sustentáveis, este trabalho apresenta o trabalho da Embrapa Agroenergia no mapeamento dos processos agroindustriais, da distribuição geográfica dos resíduos agroindustriais e a composição química desses resíduos, com o intuito de subsidiar a análise do potencial de produção de biogás no Brasil por produtores rurais e agroindústrias.

2. Materiais e métodos

O mapeamento realizado se baseou no potencial econômico e na consolidação das cadeias produtivas no mercado brasileiro e para exportação. Para a elaboração das fichas de potencial metanogênico das biomassas vegetais, foram: banana, algodão, cana-de-açúcar,

laranja e mandioca. Das cadeias pecuárias, foram selecionados: bovinos de leite, suínos, caprinos de corte e galináceos (de corte e de postura).

Os dados levantados foram: i) os processos industriais, produtos e coprodutos; ii) safra por região ou sistemas produtivos dominantes de cada rebanho nas regiões brasileiras (sistema intensivo, semi-intensivo ou extensivo); iii) produção por município; e iv) os resíduos, percentuais e composições químicas. O detalhamento de cada uma dessas etapas é apresentado a seguir.

Do processo industrial, produtos e coprodutos, elaborou-se um fluxograma que detalha todos os processos, produtos e coprodutos resultantes do beneficiamento, a partir de fontes secundárias, em especial artigos científicos e publicações na mídia. Mapeou-se a safra por região do Brasil e a produção agrícola por município, que consiste em um mapa geográfico que expõe a média de produção em toneladas, entre os anos de 2017 a 2021, de cada município do território brasileiro. Para os sistemas produtivos dominantes de cada rebanho nas regiões geográficas do país, mapeou-se a concentração de tipos de criação por região (sistema intensivo, semi-intensivo ou extensivo).

Os mapas apresentados foram construídos no software QGis e indicam volume de produção, ilustrados com base na regra de tonalidade mais forte aponta maior volume. Assim, os tons mais fortes das cores representam maior produção em toneladas (t) e os mais fracos representam menor produção em toneladas (t). Os dados base, necessários para formulação dos mapas, foram extraídos do SIDRA – IBGE.

Por fim, nos resíduos, percentuais e composições químicas, as composições químicas e os percentuais estimados gerados dos resíduos identificados são apresentados a partir de dados na literatura científica aberta e pelos especialistas consultados. Os valores de cada composto químico representam o valor médio ou uma faixa dos valores encontrados.

Após a construção de cada ficha, uma equipe de especialistas validou o conteúdo, por cadeia produtiva:

- Algodão: Nelson Dias Suassuna e João Paulo Saraiva Morais (pesquisadores da Embrapa Algodão);
- Banana: José da Silva Souza e Gilmar Souza Santos (pesquisadores da Embrapa Mandioca e Fruticultura);
- Cana-de-açúcar: Hugo Bruno Correa Molinari (ex-pesquisador da Embrapa Agroenergia);
- Caprinos de corte: Rafael Gonçalves Tonucci (pesquisador da Embrapa Gado de Leite);
- Gado de leite, Marcelo Henrique Otenio (pesquisador da Embrapa Gado de Leite);
- Galináceos (de corte e de postura), Airton Kunz e Ricardo Luis Radis Steinmetz (pesquisador e analista, respectivamente, da Embrapa Suínos e Aves);
- Laranja: Eduardo Augusto Girardi (pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura);
- Mandioca: Suzinei Silva Oliveira (analista da Embrapa Agrossilvipastoril); e
- Suínos: Airton Kunz e Ricardo Luis Radis Steinmetz (pesquisador e analista, respectivamente, da Embrapa Suínos e Aves).

3. Resultados e Discussão

Para apresentar resultados de cadeias vegetais e animais e a proposta de interpretação dos dados, são apresentadas neste artigo as fichas de potencial metanogênico de resíduos das cadeias do algodão e do gado de leite e as respectivas interpretações.

O algodão herbáceo (*Gossypium herbaceum* L.) é uma *commodity* na qual o Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais, junto com China e Estados Unidos da América. Destacou-se no mercado internacional na Primeira Revolução Industrial, com o

aumento de demanda associada a tecnologias de fiação, que levou a maior eficiência na produção têxtil (MORAIS et al., 2024).

A safra do algodão ocorre entre abril e setembro, com maior concentração no Mato Grosso e na região de MATOPIBA, particularmente no oeste do Estado da Bahia. Após o beneficiamento do algodão e extração da fibra, 60kg de resíduos são gerados por fardo de algodão bruto, de um total de 200kg (OLIVEIRA et al., 2024). A partir do fardo de algodão, é possível separar galhos, cascas, folhas, caroço e, deste, o línter (camada de fibras aderidas ao caroço). O caroço tem valor agregado para uso como ingrediente de alimentação para ruminantes e fonte de óleo. Já os galhos, as cascas de caroços e as folhas são passíveis de uso para produção de briquetes. Da limpeza da pluma, é possível separar as fibras imaturas (Figura 1).

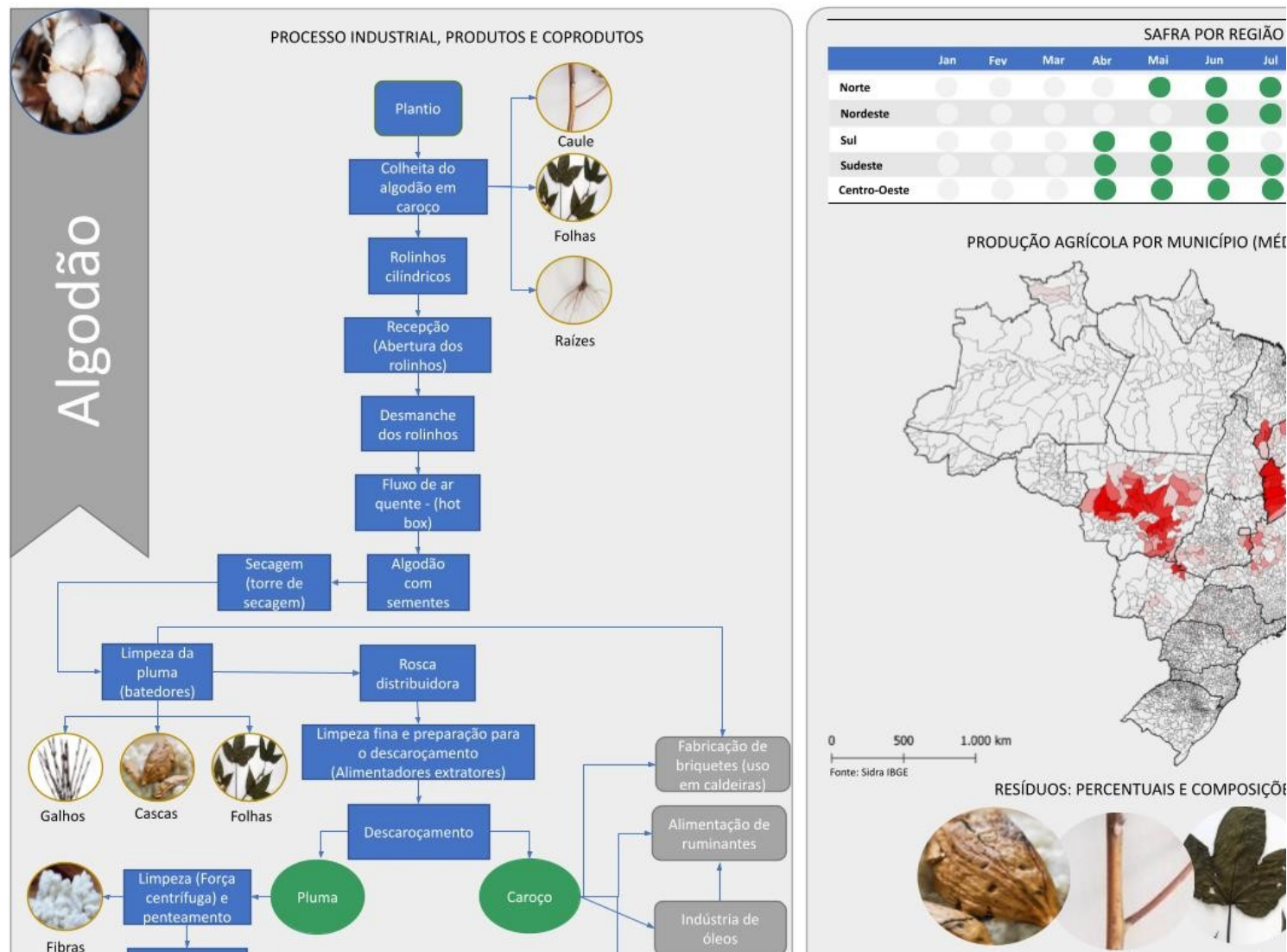


Figura 1: Ficha de potencial metanogênico de resíduos da cotonicultura (Fonte: os autores)

Materiais vegetais, que são representados pelos produtos, coprodutos e resíduos do beneficiamento, são compostos, em diferentes proporções, de celulose, lignina e hemicelulose (NETO et al., 2018). A celulose, por ser mais suscetível à hidrólise apenas em monômeros de glicose (SILVA, 2010), é o coproduto mais competitivo para a produção de biogás. Diante disso, as fibras imaturas se apresentam como o resíduo com maior potencial para produção de biogás. No entanto, a escolha do resíduo também leva em conta a disponibilidade de biomassa e o interesse comercial do produtor. A depender do cliente em potencial, da lucratividade prevista e da disponibilidade de um determinado resíduo, o produtor pode optar, por exemplo, em produção de briquetes a partir do caule ou pela produção de biogás a partir da casca (Figura 2).

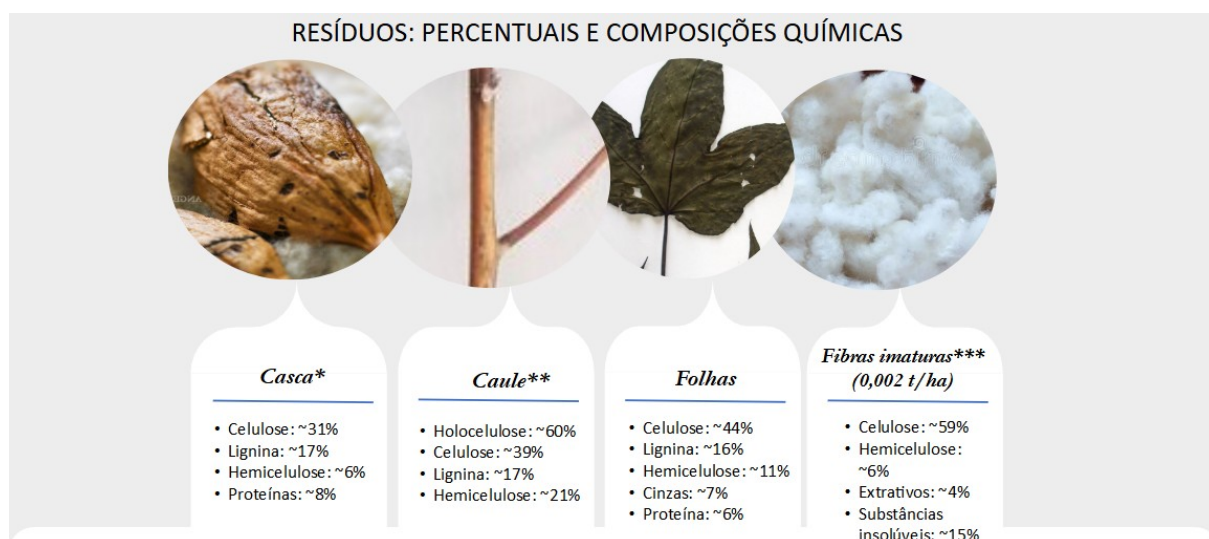


Figura 2: Composição química de resíduos do algodão (Fonte: os autores)

A Figura 3 apresenta o sistema produtivo de bovinocultura de leite, com criações extensivas com maior concentração nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, criações semiextensivas nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, intensivo a pasto e em confinamento nas regiões Sul e Sudeste. Nota-se maior quantidade de cabeças de gado nos Estados do Pará, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Rondônia. O resíduo disponível para produção de biogás é a mistura dos dejetos com água de lavagem das etapas de confinamento, curral de espera e sala de ordenha, que iniciam o sistema produtivo de leite.

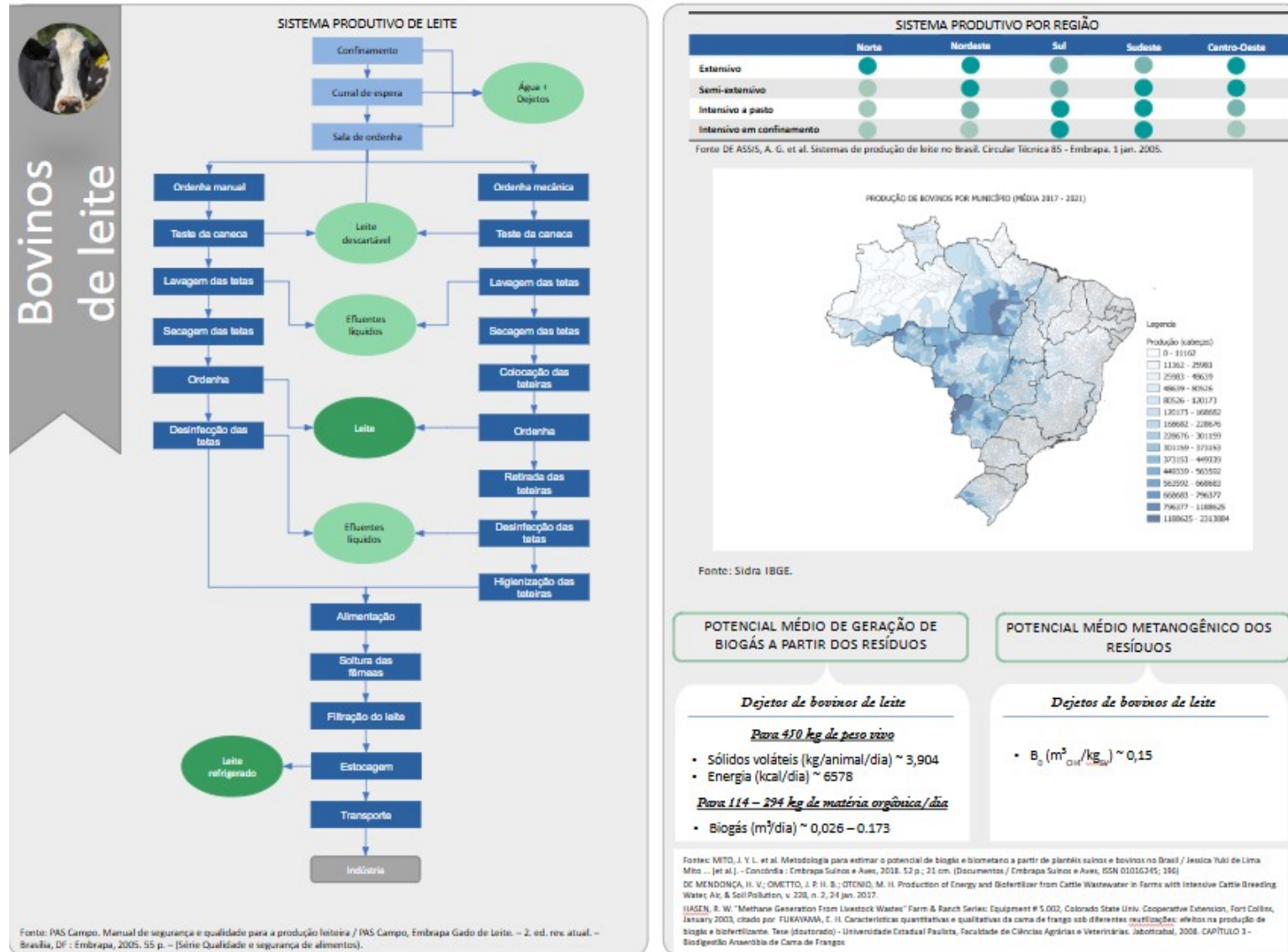


Figura 3: Ficha de potencial metanogênico de resíduos da bovinocultura de leite (Fonte: os autores)

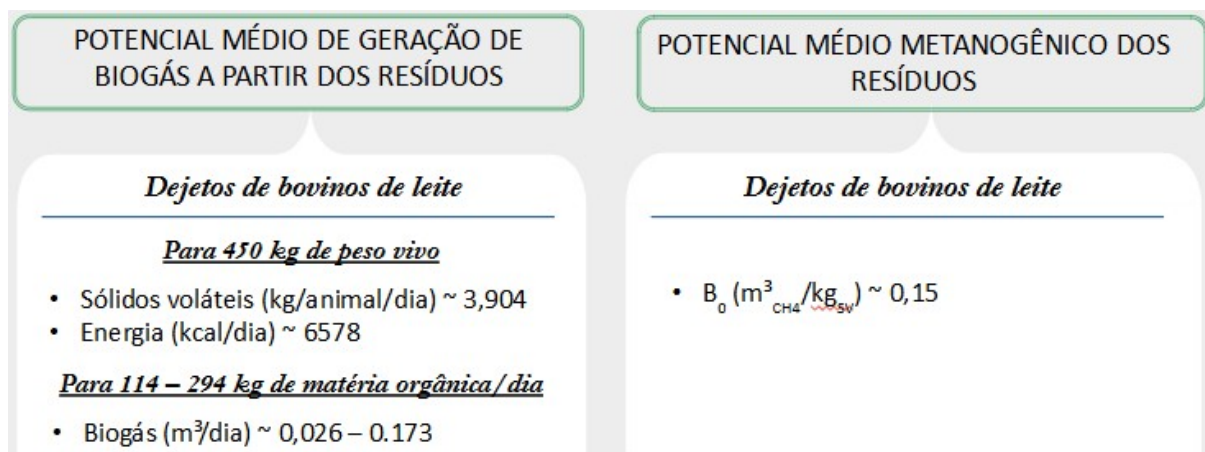


Figura 4: Potencial médio de geração de biogás e o potencial metanogênico dos resíduos (mistura de água de lavagem e dejetos) (Fonte: os autores)

A máxima capacidade de produção de metano (representada por “B₀” na Figura 4), que representa o volume máximo de CH₄ produzido por sólidos voláteis (também chamado de Potencial Bioquímico de Metano – PBM) e é usado para avaliar o potencial de produção de biogás de um determinado substrato. Conforme a espécie do animal e a sua alimentação, a concentração e qualidade de sólidos voláteis nos resíduos é diferente. Destaca-se que a codigestão de mais de um elemento na dieta potencializa a produção do biogás e a concentração de metano (SIEBERT, 2021). Assim, a mistura de água de lavagem com dejetos de bovinocultura de leite tem máxima capacidade de produção de 0,15 m³CH₄/kg_{SV} (m³ de CH₄ por quilograma de sólidos voláteis).

4. Considerações Finais

O presente estudo sistematiza uma análise abrangente do potencial metanogênico de resíduos agroindustriais, tomando como referência empírica as cadeias produtivas do algodão e da bovinocultura leiteira. Por meio da integração entre informações sobre processos industriais, dados geoespaciais de produção e caracterizações físico-químicas dos resíduos, foram elaboradas fichas técnicas validadas por especialistas setoriais. Estas fichas constituem instrumentos estratégicos de apoio à tomada de decisão, tanto para produtores rurais quanto para cooperativas, agroindústrias e formuladores de políticas públicas voltadas à transição energética sustentável.

As fichas foram construídas para serem documentos de suporte a produtores rurais, cooperativas e associações para destinação de resíduos ao agregar valor. Estão disponíveis no site do Observatório de Tendências em Biocombustíveis e Bioprodutos da Embrapa Agroenergia (<https://observatorio.cnepae.embrapa.br/>).

Os resultados evidenciam que, além da composição química – com destaque para o teor de celulose como fator determinante do potencial metanogênico –, a disponibilidade territorial dos resíduos e a estrutura dos sistemas produtivos são variáveis críticas na análise de viabilidade técnico-econômica da produção descentralizada de biogás. O estudo demonstra que resíduos como as fibras imaturas do algodão e os dejetos líquidos da bovinocultura leiteira apresentam características promissoras para valorização energética via digestão anaeróbia, sobretudo quando considerados em processos de codigestão e em escala regional.

Ademais, a abordagem metodológica adotada – centrada na articulação entre dados secundários oficiais (como IBGE/SIDRA), bibliografia técnico-científica e validação técnica por especialistas das respectivas cadeias – oferece um modelo replicável para outras culturas e

atividades pecuárias. A transparência e a padronização das fichas técnicas promovem uma base de conhecimento público acessível, alinhada aos princípios da bioeconomia e da economia circular.

Dessa forma, o estudo contribui não apenas para o avanço do conhecimento aplicado em bioenergia, mas também para o fortalecimento da infraestrutura de inteligência territorial voltada à agregação de valor aos resíduos agroindustriais. A continuidade do trabalho, com a elaboração de fichas técnicas adicionais para cadeias relevantes como soja, arroz, café, milho e gado de corte (em fase de elaboração e validação por especialistas), ampliará o escopo analítico e permitirá comparações intersetoriais mais robustas, reforçando o protagonismo do Brasil na agenda global de descarbonização e transição energética baseada em recursos renováveis de origem agropecuária.

5. Referências

ABIEC. **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. 2020. Disponível em: https://abiec.com.br/wp-content/uploads/SUM%C3%81RIO-BEEF-REPORT-2020_NET-4.pdf. Acesso em: 07 de out 2023.

ALBUQUERQUE, M. G.; SOUSA, S. S. O. DE; ARRUDA, V. C. M. DE; EL-DEIR, S. G. Impactos socioambientais dos dejetos da pecuária no âmbito rural: uma revisão de literatura. **Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, Cidade do México, v. 15, n. 1, p. 517-529, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.1.78123>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CARDOSO, V. M.; GIGLIO, L.; KANK, M. S.; PIOLI, L. Brasil torna-se o maior país exportador de commodities do agro no mundo. **Insper Agro Global**, São Paulo, Working Paper nº 02/2025, fevereiro de 2025. Disponível em: <https://agro.insper.edu.br/storage/papers/February2025/EUA%20x%20Brasil.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2025.

FERNANDES, F.; BORTH, P. L. B.; HELENAS, J. K.; TORRECILHAS, A. R.; KURODA, E. K. Avaliação do potencial de geração de biogás a partir da biodigestão anaeróbia de resíduos alimentares e de poda vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 2019. Disponível em: https://abes-dn.org.br/anaisletronicos/45_Download/TrabalhosCompletoPDF/III-348.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

LIGUORI, R.; AMORE, A.; FARACO, V. Waste valorization by biotechnological conversion into added value products. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Cham, v. 97, n. 14, p. 6129–6147, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5014-7>. Acesso em: 27 mar. 2025.

MALAGUTI, G. A.; STRASSBURG, B. B. N.; IRIBARREM, A.; CAMARGO, N. L. de; LINO, E. D. dos S. M. Potencial de geração de biogás na pecuária bovina com incentivo do MDL: o caso do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO, 11., 2018, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: CBPE, 2018. p. 30-31. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333176242_Potencial_de_geracao_de_biogas_na_pecuaria_bovina_com_incentivo_do_MDL_o_caso_do_Mato_Grosso. Acesso em: 27 mar. 2025.

MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. da S.; SOUZA, J. A. P. de; LEMOS, M. L. F. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 47, p. [221]-275, mar. 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15384>. Acesso em: 2 abr. 2025.

MORAES, M. B. F.; ABREU, Y. V. **Produção de Energia Elétrica por meio de Biodigestores utilizando Resíduos Pecuários: Viabilidade Econômica**. 1ª ed. Campo Grande: Life Editora, 2020.

MORAIS, J. P. S.; MORELLO, C. de L.; MIZOGUCHI, E. T.; VIEIRA, S. DA C. **Instrumentos para medição de neps e distribuição de comprimento de fibras de algodão: princípios e aplicações agrônômicas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2023. (Embrapa Algodão. Documentos, 290). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1162012/1/INSTRUMENTOS-MEDICAO-NEPS.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2025.

NETO, L.; CORADINI, C.; JUNGES, E.; MICHELON, C. Decomposição de resíduos vegetais em ambiente alagado e sequeiro sob diferentes manejos de solo. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 13, n. 12, 2018. Disponível em: <https://scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3688>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NOGUEIRA, J. C. G. **Determinantes de fusões & aquisições no agronegócio brasileiro**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-14032025-113328/publico/Jonas_Carvalho_Gomes_Nogueira_versao_revisada.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

OLIVEIRA, C. R. S. de; MÜLLER, J. de O. M.; OLIVEIRA, P. V. de; SILVA JÚNIOR, A. H. da; LEAL, T. W. Resíduos da indústria de algodão: Estratégias eco-responsáveis para geração de bioenergia. **International Journal of Agrarian Sciences - PDVAGRO**, Recife, v. 4, n. 1, p. 1–17, 2024. Disponível em: <https://ijas-pdvagro.institutoidv.org/index.php/ijas/article/view/114>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SIDRA IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. [s.d.]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas>. Acesso em: 09 out 2023.

SIEBERT, C. M. **Avaliação de desempenho de uma planta microgeradora de energia elétrica a partir do biogás**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. Disponível em: <https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao.Cristela.Siebert.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

SILVA, N. L. C. **Produção de bioetanol de segunda geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://epqb.eq.ufrj.br/download/bioetanol-2a-geracao-de-biomassa-residual.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

WEITHÄUSER, M.; SCHOLWIN, F.; FISCHER, E. R.; GROPE, J.; WEIDELE, T.; GATTERMANN, H. Tratamento do biogás e opções de utilização. In: Projeto Brasil Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético do Biogás, **Guia Prático do Biogás – Tratamento e Utilização**. 5ª ed. Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2010. p. 115 – 141. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/guia-pratico-do-biogas.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

6. Recursos

A atividade foi executada com recursos de Termo de Execução Descentralizada da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável, Irrigação e Cooperativismo do Ministério da Agricultura e Pecuária (SDI/MAPA) para execução do projeto “Produção sustentável de biogás, biometano e biofertilizantes com o uso inteligente de biomassas, resíduos e efluentes do agronegócio brasileiro” (MAPA-Biogás).

7. Agradecimentos

Lucas Vieira dos Santos e Andressa Ribeiro de Araújo, colaboradores da Embrapa Agroenergia, pelo apoio no levantamento dos dados; MSc Ana Cristina dos Santos e Dr. Emerson Léo Schultz, analista e pesquisador da Embrapa Agroenergia, respectivamente, pelo apoio na análise dos dados para construção das fichas; e Dr. Rossano Gambetta, pesquisador da Embrapa Agroenergia, líder do projeto MAPA-Biogás, pela disponibilização de recursos financeiros.