REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

CINZAS E RESÍDUOS DE BIOMASSA AGROINDUSTRIAL EM MATO GROSSO DO SUL: USOS ECONÔMICOS E PRODUTIVOS - UMA REVISÃO INTEGRATIVA (2016-2026)

ASH AND AGROINDUSTRIAL BIOMASS RESIDUES IN MATO GROSSO DO SUL: ECONOMIC AND PRODUCTIVE USES - AN INTEGRATIVE REVIEW (2016-2026)

CENIZAS Y RESIDUOS DE BIOMASA AGROINDUSTRIAL EN MATO GROSSO DO SUL: USOS ECONÓMICOS Y PRODUCTIVOS - UNA REVISIÓN INTEGRATIVA (2016-2026)

Angelica Queiroz Sigarini Magalhães
Doutoranda em Agronegócio Sustentável,
Universidade Anhanguera-Uniderp, Brasil
angelica.sigarini@cogna.com.br

Augusto Cury Braff
Doutorando em Agronegócio Sustentável
Universidade Anhanguera-Uniderp, Brasil
augusto.braff@cogna.com.br

Antonio Carlos Sibellino de Barros
Mestrando em Agronegócio Sustentável
Universidade Anhanguera-Uniderp, Brasil
antonio.sibellino@cogna.com.br

Danielle Miron Castelo Branco
Mestrando em Agronegócio Sustentável
Universidade Anhanguera-Uniderp, Brasil
danielle.miron@cogna.com.br

Fernando Antonio Camargo Guimarães
Doutorando em Agronegócio Sustentável
Universidade Anhanguera-Uniderp, Brasil
fernando.guimaraes@ifms.edu.br

Alessandro Marco Rosini
Doutor e Docente do Stricto Sensu em Agronegócio Sustentável
Universidade Anhanguera-Uniderp
alessandro.rosini@cogna.com.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Resumo

A biomassa agrícola constitui um dos pilares da matriz energética e produtiva do agronegócio brasileiro, e Mato Grosso do Sul, como estado de vocação agropecuária e sucroalcooleira, ocupa posição estratégica nesse contexto. As cinzas geradas pela queima de biomassa vegetal representam um resíduo de elevado potencial econômico e produtivo, mas sua valorização ainda carece de sistematização no contexto regional. Este artigo apresenta os resultados de uma revisão integrativa da literatura científica publicada entre 2016 e 2026, com objetivo de identificar as principais formas de reaproveitamento de cinzas e resíduos de biomassa agroindustrial descritas na literatura para a geração de energia e a promoção da sustentabilidade em Mato Grosso do Sul. A busca foi realizada nas bases Google Acadêmico, SciELO e Portal de Periódicos CAPES, resultando na análise de 465 registros, dos quais 27 compuseram a amostra final após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Os estudos foram organizados em três eixos temáticos: (1) cinzas de biomassa — composição, gestão e usos produtivos; (2) cana-de-açúcar e subprodutos energéticos; e (3) biomassa pecuária, florestal e agroindustrial para geração de energia. Os resultados indicam que, embora Mato Grosso do Sul reúna condições estruturais favoráveis ao aproveitamento de cinzas e resíduos de biomassa agroindustrial, a base científica territorializada sobre o tema ainda é insuficiente para sustentar políticas públicas específicas sem a realização de novos estudos aplicados, revelando um descompasso entre o potencial produtivo do estado e a escassez de pesquisa regional. Entre os achados centrais, destaca-se que a aplicação agrícola das cinzas, apontada na literatura como potencial corretivo de acidez e substituto parcial de fertilizantes mediante caracterização química adequada, é a rota mais documentada internacionalmente, ao passo que no contexto nacional predominam estudos focados no setor sucroenergético, com quase nenhuma investigação sistemática voltada especificamente ao estado.

Palavras-chave: Biomassa agrícola. Cinzas de biomassa. Bioenergia. Resíduos agroindustriais. Mato Grosso do Sul.

Abstract

Agricultural biomass is one of the pillars of the energy and productive matrix of Brazilian agribusiness, and Mato Grosso do Sul, as a state with strong agro-livestock and sugarcane sectors, holds a strategic position in this context. Ashes generated from the combustion of plant biomass represent a residue with high economic and productive potential, yet their valorization still lacks systematization at the regional level. This article presents the results of an integrative literature review of scientific publications from 2016 to 2026, aimed at identifying the main forms of reuse of ash and agroindustrial biomass residues described in the literature for energy generation and sustainability promotion in Mato Grosso do Sul. The search was conducted in Google Scholar, SciELO, and the CAPES Journals Portal, yielding 465 records, of which 27 comprised the final sample after inclusion and exclusion criteria were applied. Studies were organized into three thematic axes: (1) biomass ash — composition, management, and productive uses; (2) sugarcane and energy by-products; and (3) livestock, forestry, and agroindustrial biomass for energy generation. Results indicate that, although Mato Grosso do Sul holds structurally favorable conditions for the valorization of ash and agroindustrial biomass residues, the territorialized scientific base on the subject remains insufficient to support specific public policies without further applied research, revealing a gap between the state's productive potential and the scarcity of regional research. Among the key findings, it is noteworthy that the agricultural application of ash, reported in the literature as a potential acidity corrector and partial fertilizer substitute subject to proper chemical characterization, is the most documented route internationally, while in the national context, studies focused on the sugarcane bioenergy sector predominate, with almost no systematic investigation specifically aimed at the state.

Keywords: Agricultural biomass. Biomass ash. Bioenergy. Agroindustrial residues. Mato Grosso do Sul.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Resumen

La biomasa agrícola constituye uno de los pilares de la matriz energética y productiva del agronegocio brasileño, y Mato Grosso do Sul, como estado de vocación agropecuaria y sucroenergética, ocupa una posición estratégica en ese contexto. Las cenizas generadas por la quema de biomasa vegetal representan un residuo de elevado potencial económico y productivo, pero su valorización aún carece de sistematización en el contexto regional. Este artículo presenta los resultados de una revisión integrativa de la literatura científica publicada entre 2016 y 2026, con el objetivo de identificar las principales formas de reaprovechamiento de cenizas y residuos de biomasa agroindustrial descritas en la literatura para la generación de energía y la promoción de la sostenibilidad en Mato Grosso do Sul. La búsqueda se realizó en las bases Google Académico, SciELO y Portal de Periódicos CAPES, resultando en el análisis de 465 registros, de los cuales 27 conformaron la muestra final tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión. Los estudios fueron organizados en tres ejes temáticos: (1) cenizas de biomasa: composición, gestión y usos productivos; (2) caña de azúcar y subproductos energéticos; y (3) biomasa pecuaria, forestal y agroindustrial para la generación de energía. Los resultados indican que, aunque Mato Grosso do Sul reúne condiciones estructurales favorables para el aprovechamiento de cenizas y residuos de biomasa agroindustrial, la base científica territorializada sobre el tema aún es insuficiente para sustentar políticas públicas específicas sin la realización de nuevos estudios aplicados, revelando un descompás entre el potencial productivo del estado y la escasez de investigación regional. Entre los hallazgos centrales, se destaca que la aplicación agrícola de las cenizas, señalada en la literatura como corrector de acidez y sustituto parcial de fertilizantes potencial, sujeta a caracterización química adecuada, es la ruta más documentada internacionalmente, mientras que en el contexto nacional predominan estudios enfocados en el sector sucroenergético, con casi ninguna investigación sistemática orientada específicamente al estado.

Palabras clave: Biomasa agrícola. Cenizas de biomasa. Bioenergía. Residuos agroindustriales. Mato Grosso do Sul.

1. Introdução

A crescente demanda por alternativas sustentáveis à produção de energia e pela redução de resíduos agroindustriais tem colocado a biomassa vegetal no centro das discussões sobre transição energética e economia circular no Brasil. O país dispõe de uma das matrizes energéticas renováveis mais expressivas do mundo, com a biomassa respondendo por parcela significativa da geração de energia elétrica e térmica, especialmente nos setores sucroenergético, florestal e pecuário (BONDARIK *et al*., 2018).

Mato Grosso do Sul apresenta condições singulares para o aproveitamento energético da biomassa agrícola. O estado concentra uma das maiores produções nacionais de cana-de-açúcar, soja, milho e rebanho bovino, além de expressiva atividade sucroalcooleira que gera volumes consideráveis de bagaço, palha e vinhaça (SILVA *et al*., 2017). Estimativas baseadas em dados do setor sucroenergético indicam que apenas as usinas do estado processam dezenas de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

milhões de toneladas de cana por safra, o que implica geração de centenas de milhares de toneladas de cinzas de caldeira anualmente — volume com alto potencial econômico ainda não sistematizado para o contexto regional. A combustão dessas biomassas para fins energéticos — seja em caldeiras industriais, fornos ou sistemas de cogeração — resulta na produção de grandes quantidades de cinzas, resíduo que, se não adequadamente gerenciado, representa passivo ambiental, mas que, quando valorizado, pode constituir insumo produtivo de alto valor (BARCELOS *et al*., 2019; MAJ *et al.,* 2025).

As cinzas de biomassa agrícola apresentam composição química variável conforme a origem da matéria-prima, as condições de combustão e o processo industrial envolvido. Em geral, são ricas em macronutrientes como cálcio, potássio, magnésio e fósforo, além de apresentarem propriedades potencialmente corretivas da acidez do solo, o que as torna candidatas, mediante caracterização química prévia e ensaios em solo, à substituição parcial de calcário e fertilizantes sintéticos em sistemas de produção agrícola (ZHAI *et al.,* 2021; ODZIJEWICZ *et al*., 2022). Além do uso agrícola, a literatura internacional aponta aplicações em construção civil, biorrefinarias e como co-insumo em processos de pirólise e gaseificação de biomassa (PURI *et al.,* 2024; USHIMA; FRANÇA, 2018)

Apesar desse potencial, a produção científica aplicada especificamente ao contexto de Mato Grosso do Sul ainda é incipiente e dispersa, o que dificulta a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais de valorização desses resíduos. Diante da dispersão e da escassez dessa produção no âmbito regional, torna-se necessário um esforço sistemático de mapeamento e síntese do conhecimento disponível. Revisões integrativas constituem ferramenta metodológica adequada para mapear o estado do conhecimento, identificar lacunas e subsidiar agendas de pesquisa e inovação em contextos regionais específicos (SOUZA *et al*., 2010).

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo identificar, por meio de revisão integrativa da literatura científica publicada entre 2016 e 2026, as principais formas de reaproveitamento de resíduos agrícolas e biomassa descritas na literatura para a geração de energia e a valorização econômica e produtiva das

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

cinzas e resíduos de biomassa gerados no estado, com ênfase nos usos econômicos e produtivos das cinzas de biomassa agrícola e dos demais resíduos agroindustriais associados a essa cadeia.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, método que permite a síntese de estudos com diferentes abordagens metodológicas sobre um mesmo tema, possibilitando a construção de um panorama abrangente do conhecimento científico produzido (MENDES *et al.,* 2008). O percurso metodológico seguiu seis etapas: (1) definição da questão norteadora; (2) estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão; (3) busca nas bases de dados; (4) análise crítica dos estudos incluídos; (5) discussão dos resultados; e (6) apresentação da revisão.

A questão que orientou a revisão foi: Quais usos produtivos e energéticos das cinzas e resíduos de biomassa agroindustrial são descritos na literatura de 2016 a 2026, e em que medida tais evidências são diretamente aplicáveis ao contexto de Mato Grosso do Sul?

2.1 Bases de dados e estratégia de busca

A busca foi realizada entre janeiro e abril de 2026 nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Foram utilizados os descritores: biomassa agrícola, cinzas de biomassa, resíduos agroindustriais, bioenergia, biogás, briquetes, pirólise, gaseificação, aproveitamento energético, Mato Grosso do Sul, cana-de-açúcar, sucroenergético, biomassa florestal, dendroenergia e reaproveitamento de resíduos. Os descritores foram combinados com os operadores booleanos AND e OR, em português e inglês.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Quadro 1 – Estratégia de busca por base de dados

Base de dados	String de busca
Google Acadêmico	("resíduos agrícolas" OR biomassa OR "cinzas de biomassa") AND ("Mato Grosso do Sul" OR MS) AND (reaproveitamento OR aproveitamento OR valorização OR economia)
Portal CAPES	("biomassa agrícola" OR "resíduos agrícolas" OR "cinzas de biomassa") AND ("Mato Grosso do Sul") AND (bioenergia OR biogás OR biocombustível OR economia OR produção agrícola)
SciELO	("cinzas de biomassa" OR "cinzas de biomassa agrícola" OR biomassa) AND ("Mato Grosso do Sul" OR MS) AND (aproveitamento OR reaproveitamento OR valorização OR economia OR produção)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Quadro 1 evidencia que as estratégias de busca combinaram termos genéricos sobre biomassa e resíduos agrícolas com descritores específicos sobre cinzas, articulados ao recorte geográfico do Mato Grosso do Sul por meio de operadores booleanos. Essa combinação foi adaptada, com variações de sintaxe específicas a cada plataforma, às três bases consultadas, respeitando as limitações técnicas de busca de cada uma.

Para ampliar a reprodutibilidade da estratégia de busca, descrevem-se a seguir os parâmetros operacionais aplicados em cada base de dados, todas consultadas no dia 30 de maio de 2026, com filtro de idioma para português, inglês e espanhol e período delimitado entre 2016 e 2026.

Google Acadêmico - busca realizada em 30 de maio de 2026, com filtro de idioma aplicado para português, inglês e espanhol e período delimitado entre 2016 e 2026 diretamente nos filtros da plataforma, com os resultados ordenados por relevância (configuração padrão da ferramenta). Foram analisadas manualmente as 41 primeiras páginas de resultados, equivalentes aos 410 registros brutos identificados nessa base, critério de parada definido pela saturação temática observada ao longo da leitura sequencial de títulos e resumos, isto é, a ausência de novos estudos relevantes nas últimas páginas consultadas. Os registros foram exportados manualmente para planilha de controle, com registro de título, autores, ano, link e resumo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Dada a natureza heterogênea dos resultados recuperados pelo Google Acadêmico, evidenciada pela alta sensibilidade e baixa especificidade dessa base (410 registros brutos, dos quais apenas 14 compuseram a amostra final, equivalente a 3,4% de aproveitamento), foi necessário um procedimento adicional de verificação da natureza editorial dos registros. Para cada um dos 14 estudos provenientes dessa base e incluídos na amostra final, foi consultada diretamente a página do periódico ou revista de publicação, confirmando se o veículo realizava avaliação por pares antes da publicação. Esse procedimento foi necessário porque o Google Acadêmico não distingue, em sua interface de busca, artigos publicados em periódicos avaliados por pares de outras formas de produção acadêmica, como trabalhos de conclusão de curso, anais de eventos e resumos de congresso, todos recuperados indistintamente pela ferramenta.

Entre os 395 registros excluídos dessa base, identificou-se número expressivo de trabalhos de conclusão de curso, anais de eventos científicos e resumos de congresso, que foram descartados com base no critério de exclusão (e), por não constituírem produção revisada por pares. Essa concentração de literatura não avaliada por pares no Google Acadêmico, em contraste com SciELO e Portal CAPES, que restringem a indexação a periódicos com processo editorial formal, explica a discrepância acentuada entre o volume de registros brutos e a taxa de inclusão final observada nessa base.

Reconhece-se, como limitação metodológica, que o Google Acadêmico não oferece garantia de reprodutibilidade exata da busca, uma vez que os resultados podem variar conforme data de acesso, histórico de navegação, idioma do navegador e critérios de ordenação aplicados, fator que se soma à ausência de filtro nativo por tipo de documento ou processo de revisão editorial nessa plataforma.

SciELO - busca realizada em 30 de maio de 2026, com os descritores aplicados nos campos título, resumo e palavras-chave, sem uso de operadores booleanos estruturados na sintaxe da plataforma, que organiza a busca por proximidade de termos. Por se tratar de base que indexa exclusivamente periódicos avaliados por

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

pares, não foi necessária verificação adicional da natureza editorial dos registros recuperados.

Portal CAPES - busca realizada em 30 de maio de 2026, com os descritores combinados pelos operadores booleanos AND e OR conforme detalhado no Quadro 1, com busca aplicada aos campos título e resumo, tendo identificado 30 registros únicos. Como o Portal CAPES indexa majoritariamente periódicos avaliados por pares e permite filtro nativo por tipo de documento, não foi necessária verificação adicional além da já prevista nos critérios de exclusão.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos científicos originais, revisões integrativas e estudos de caso publicados entre 2016 e 2026, disponíveis na íntegra, em português, inglês ou espanhol, relacionados ao aproveitamento de cinzas e demais resíduos agrícolas e de biomassa agroindustrial, realizados em Mato Grosso do Sul.

Foram excluídos: (a) estudos duplicados entre as bases; (b) trabalhos sem texto completo disponível; (c) estudos que utilizaram biomassa exclusivamente como variável agronômica secundária, sem dimensão de valorização energética, econômica ou ambiental; (d) estudos estritamente laboratoriais sem aplicação econômica ou produtiva identificada; (e) resumos de eventos, editoriais e documentos não revisados por pares; (f) estudos publicados antes de 2016 ou sem interface territorial com Mato Grosso do Sul; e (g) publicações em idiomas distintos dos estabelecidos.

A revisão adotou um recorte temático ampliado, abrangendo cinzas de biomassa e demais resíduos agroindustriais com potencial de aproveitamento energético e produtivo. Essa escolha decorre da constatação, já na fase de triagem, de que a produção científica sobre cinzas de biomassa agrícola aplicada especificamente ao contexto de Mato Grosso do Sul é escassa e dispersa, o que tornaria inviável uma revisão restrita a esse subtema isolado. Estudos sobre biogás, biodigestão, pellets, briquetes e carvão vegetal foram incluídos porque compartilham com as cinzas a mesma cadeia de origem (resíduos de biomassa agropecuária e agroindustrial) e a mesma finalidade analítica (valorização

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

energética e produtiva de subprodutos), permitindo situar o aproveitamento de cinzas dentro de um panorama mais amplo de gestão de resíduos no estado.

2.3 Seleção e análise dos estudos

A busca inicial resultou em 465 registros brutos (410 no Google Acadêmico, 25 no SciELO e 30 no Portal Capes). Após a remoção de 28 duplicatas identificadas entre as bases, restaram 437 registros únicos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 27 artigos compuseram a amostra final. O processo de triagem foi realizado em duas etapas: leitura de títulos e resumos, seguida de leitura completa dos textos selecionados.

Os artigos incluídos foram analisados quanto ao tema central, contexto geográfico, abordagem metodológica e principais resultados, e organizados em três eixos temáticos.

O Quadro 2 e a Figura 1 apresentam, respectivamente, o protocolo de triagem com os totais por base de dados e o fluxo de seleção dos estudos (modelo PRISMA adaptado). Optou-se por adaptar elementos do fluxo PRISMA (PAGE et al., 2021) para representar visualmente as etapas de triagem, ainda que a revisão integrativa, por sua natureza, não exija os mesmos critérios de exaustividade e protocolo pré-registrado de uma revisão sistemática clássica (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Quadro 2 – Resultado da triagem por base de dados

Base de dados	Registros brutos	Excluídos	Incluídos finais
Google Acadêmico	410	396	14
SciELO	25	19	6
Portal CAPES	30	23	7
Subtotal por base	465	438	27
(–) Duplicatas entre bases	28	—	—
TOTAL ÚNICO	**437**	**410**	**27**

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Quadro 2 mostra que a triagem reduziu drasticamente o volume de registros: dos 465 brutos identificados, apenas 27 (6,2% dos 437 registros únicos)

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

foram efetivamente incluídos no corpus final. O Google Acadêmico, base com maior volume de registros, apresentou a menor taxa relativa de aproveitamento (14 de 410, equivalente a 3,4%), enquanto SciELO e Portal CAPES, com volumes muito menores, alcançaram taxas de inclusão proporcionalmente superiores (24% e 23%, respectivamente). Essa diferença indica que as bases especializadas em periódicos avaliados por pares concentraram estudos com maior aderência aos critérios de elegibilidade, ao passo que o Google Acadêmico, por sua abrangência indiscriminada, demandou um esforço de triagem proporcionalmente maior. As 28 duplicatas identificadas entre bases concentraram-se principalmente em estudos de maior visibilidade, indexados simultaneamente no Google Acadêmico e em periódicos também recuperados via Portal CAPES.

Quadro 3 - Motivos de exclusão dos registros triados

Motivo de exclusão	N	%	Critério (item 2.2)
Sem relação direta com cinzas, biomassa ou resíduos agroindustriais (resultado da abrangência indiscriminada do Google Acadêmico)	150	36,5%	Fora do escopo temático
Estudos que utilizaram biomassa exclusivamente como variável agronômica secundária, sem dimensão de valorização energética, econômica ou ambiental	70	17,0%	Critério (c)
Sem recorte territorial ou aplicabilidade identificável ao contexto de Mato Grosso do Sul	49	12,0%	Critério (f)
Sem texto completo disponível para leitura integral	45	10,9%	Critério (b)
Estudos estritamente laboratoriais sem aplicação econômica ou produtiva identificada	35	8,5%	Critério (d)
Resumos de eventos, editoriais e documentos não revisados por pares	30	7,3%	Critério (e)
Publicados antes de 2016	20	4,9%	Critério (f)
Publicações em idiomas distintos dos estabelecidos (português, inglês ou espanhol)	11	2,7%	Critério (g)
Total de registros excluídos	**410**	**100%**	**—**

Fonte: elaborado pelos autores (2026). Percentuais calculados sobre o total de 410 registros excluídos após a remoção de duplicatas entre as bases.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

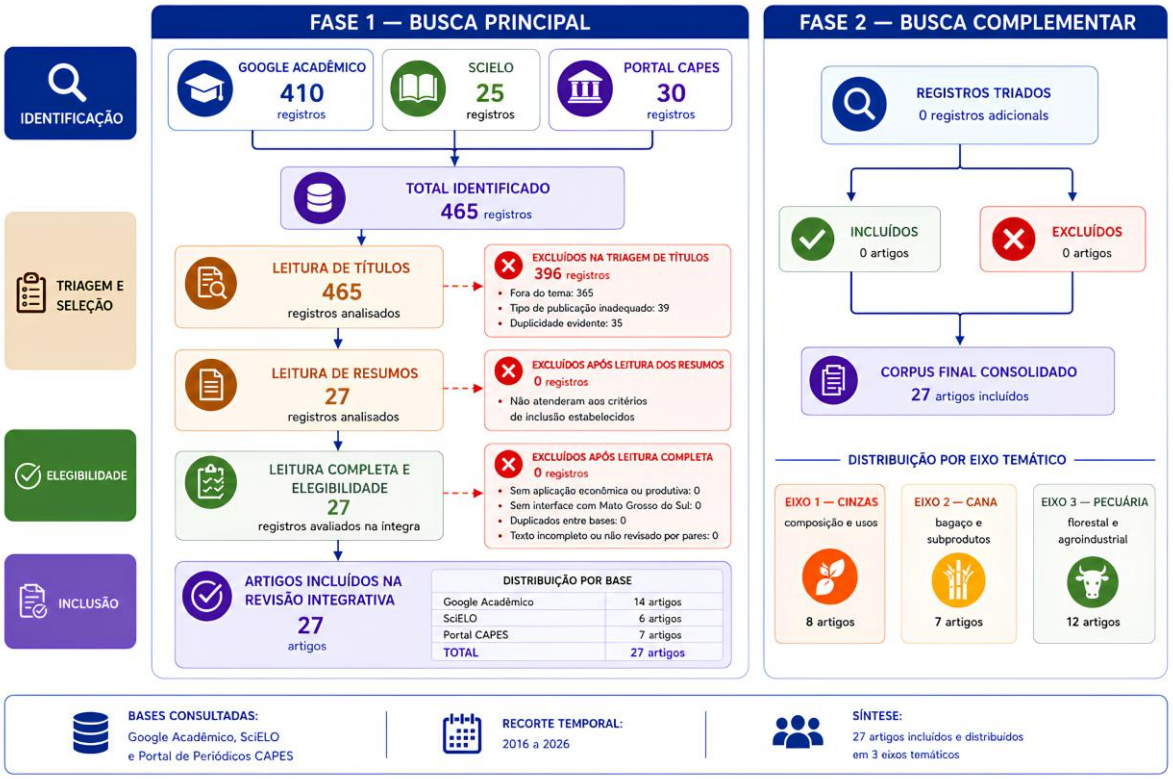
Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

O Quadro 3 evidencia que a maior fatia das exclusões, 150 registros (36,5%), corresponde a material recuperado pelo Google Acadêmico sem nenhuma relação direta com cinzas, biomassa ou resíduos agroindustriais, resultado esperado da abrangência indiscriminada dessa base, que não filtra por relevância acadêmica como ocorre em SciELO e no Portal CAPES. A segunda categoria mais expressiva, com 70 registros (17,0%), reúne estudos que mencionavam biomassa apenas como variável agronômica secundária, sem qualquer análise de uso energético, econômico ou ambiental, como um estudo agronômico que cita biomassa de passagem sem aprofundar seu reaproveitamento. Outros 49 registros (12,0%) tratavam do tema central da revisão, mas não apresentavam conexão, direta ou por analogia, com Mato Grosso do Sul ou um contexto equivalente. As demais categorias correspondem a motivos mais objetivos de exclusão: ausência de texto completo disponível (45 registros, 10,9%), estudos estritamente laboratoriais sem aplicação econômica ou produtiva identificada (35 registros, 8,5%), resumos de eventos e documentos não revisados por pares (30 registros, 7,3%), publicações anteriores a 2016 (20 registros, 4,9%) e textos em idiomas distintos dos estabelecidos (11 registros, 2,7%). A soma das oito categorias totaliza os 410 registros excluídos já apresentados no Quadro 2, confirmando a consistência entre as duas tabelas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Figura 1- Fluxo de seleção dos estudos (modelo PRISMA)



Fonte: Elaborado pelos autores. (2026). Figura gerada com auxílio da ferramenta de IA (Chat GPT).

A Figura 1 mostra que a triagem reduziu drasticamente o volume de registros: dos 465 registros brutos identificados nas três bases, 28 foram identificados como duplicatas entre bases, restando 437 registros únicos. Desses, 410 foram excluídos ao longo da leitura de títulos, resumos e textos completos, resultando em 27 artigos incluídos no corpus final — uma taxa de aproveitamento de 6,2% sobre os registros únicos. O Google Acadêmico, base com maior volume de registros, apresentou a menor taxa relativa de aproveitamento (14 de 410, equivalente a 3,4%), enquanto SciELO e Portal CAPES, com volumes muito menores, alcançaram taxas de inclusão proporcionalmente superiores (24% e 23%, respectivamente), o que se explica pela maior especialização editorial dessas bases em periódicos avaliados por pares.

Como categoria adicional de extração, identificou-se também os atores sociais predominantes em cada estudo, classificados em seis tipos: usinas e grandes agroindústrias; produtores rurais individuais; cooperativas; poder público;

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

comunidades ou grupos sociais organizados; e setor privado/mercado (consultoria, fornecedores de tecnologia). Essa categorização permite identificar quais atores da cadeia produtiva têm sido objeto de pesquisa e quais permanecem sub-representados na literatura.

2.4 Matriz de avaliação crítica dos estudos incluídos

Para qualificar a robustez e a relevância dos estudos incluídos, foi construída uma matriz de avaliação crítica aplicada aos 27 artigos do corpus final. A matriz não corresponde a uma avaliação de risco de viés nos termos de revisões sistemáticas com meta-análise, mas a um instrumento qualitativo adequado à natureza da revisão integrativa, conforme proposto por Souza, Silva e Carvalho (2010). Foram avaliadas oito dimensões, cada uma classificada em escala de três níveis (Alto, Médio, Baixo):

Tipo de estudo: revisão de literatura, estudo empírico com dados primários, ou estudo tecno-econômico.

Recorte territorial: nível de aplicabilidade ao contexto de Mato Grosso do Sul, conforme classificação de quatro níveis apresentada no item 2.2.

Qualidade metodológica: clareza da descrição dos métodos, adequação da amostra ou da base de dados utilizada, e transparência na apresentação dos resultados.

Clareza dos dados: presença de dados quantitativos verificáveis (percentuais, volumes, valores monetários) versus afirmações qualitativas genéricas.

Aplicabilidade ao Mato Grosso do Sul: grau em que os resultados podem orientar decisões de política pública ou estratégia empresarial no estado, independentemente do recorte territorial original do estudo.

Evidência econômica: presença de dados sobre custo, retorno financeiro ou viabilidade econômica.

Evidência ambiental: presença de dados sobre redução de impacto, emissões ou passivo ambiental.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Evidência tecnológica: presença de dados sobre processo, eficiência de conversão ou inovação técnica.

Cada estudo recebeu uma limitação registrada de forma sintética, destacando a principal fragilidade identificada pelos autores da revisão (por exemplo, ausência de recorte territorial, amostra reduzida, ou caráter exclusivamente conceitual)

3. Resultados e Discussão

Os 27 artigos incluídos na revisão foram publicados entre 2016 e 2026, com concentração nos anos de 2021 a 2024, o que indica crescimento recente do interesse pela temática. Os estudos provêm de diferentes regiões do Brasil e de países como Estados Unidos, Reino Unido e Polônia. A análise temática resultou em três eixos, discutidos a seguir.

Do total de 27 artigos, 15 são revisões de literatura ou revisões integrativas, 8 são estudos empíricos com coleta de dados primários e 4 são estudos tecno-econômicos. Quanto à origem geográfica, 23 estudos têm escopo nacional (Brasil), 4 têm escopo internacional (Europa e América do Norte). Essa distribuição já sintetiza a principal lacuna identificada pela presente revisão.

Quadro 4 - Síntese dos estudos incluídos na revisão integrativa (n = 27)

N	Autor/Ano	Tipo de Estudo	Escopo Geográfico	Cadeia Produtiva	Evidência principal e indicador econômico/ambiental
Eixo 1 — Cinzas de biomassa: composição, gestão e usos produtivos (n = 8)					
1	MAJ *et al.* 2025	Revisão	Internacional	Biomassa diversa	Classificação de cinzas volantes e de fundo, variabilidade de composição química (não quantificado)
2	Zhai, Burke, Stewart 2021	Revisão	Internacional	Biomassa diversa	Sistematização de práticas de manejo benéfico; aplicação agrícola > 60% do destino em países com regulação

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

					consolidada
3	Odzijewicz et al. 2022	Revisão	Europa	Biomassa diversa	Revisão complementar sobre manejo de cinzas; mesmo indicador de Zhai *et al*. (>60%), validado em outro recorte europeu
4	Barcelos et al. 2019	Empírico	Mato Grosso do Sul (7 usinas)	sucroenergético	Caracterização de cinzas de caldeira em 7 usinas do estado; apenas 2 (ambas exportadoras de eletricidade) com queima eficiente
5	Puri, Hu, Naterer 2024	Revisão	Internacional	Biomassa agrícola	Metais alcalinos das cinzas como catalisadores naturais em pirólise; aumento de eficiência de conversão (não quantificado)
6	Borges et al. 2016	Estudo de caso	Mato Grosso do Sul (Três Lagoas)	Celulose/florestal	Queima de biomassa florestal e lodo biológico na Fibria-MS; economia mensal > R$ 5,9 milhões; redução de 98% nas emissões de GEE
7	Centenaro, Da Silva, Paulino 2021	Empírico	Brasil (nacional)	Agroindústria do malte	Cinzas de malte em argamassas para construção civil; substituição parcial do agregado em até 20%
8	Raniero, Pereira 2018	Empírico	Mato Grosso do Sul	sucroenergético /construção civil	Substituição de cimento por cinza e bagaço de cana em concreto; cinza isolada satisfatória, combinação com bagaço não atinge resistência esperada
Eixo 2 — Cana-de-açúcar, bagaço e subprodutos energéticos (n = 7)					
9	Oliveira, Silveira 2022	Revisão sistemática	Brasil (nacional)	sucroenergético	Cogeração de palha e bagaço de cana em usinas brasileiras;

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

					incremento de até 30% na geração elétrica
10	Neves 2019	Tecno-econômico	Brasil (nacional)	sucroenergético	Biorrefinarias de cana integradas a rotas termoquímicas para biojet fuel; viabilidade em plantas acima de 500 mil t/safra
11	Ushima, França 2018	Técnico	Brasil (nacional)	sucroenergético	Emissão de compostos clorados na combustão, gaseificação e pirólise da palha; gaseificação em leito fluidizado reduz dioxinas
12	CoelhoJúnior et al. 2025	Empírico	Mato Grosso do Sul (Rio Brilhante)	sucroenergético	Concentração regional da bioeletricidade da cana no Brasil (1975–2023); Rio Brilhante (MS) líder nacional em potência licenciada
13	Silva, R.L.; Silva, A.M.P. 2016	Empírico	Mato Grosso do Sul (Dourados)	Orizicultura	Potencial energético da combustão da casca de arroz; região responde por até 17,85% da biomassa de casca de arroz do Centro-Oeste
14	Silva, L.D. et al. 2017	Empírico	Mato Grosso do Sul	sucroenergético	Evolução da produção de cana e cogeração de bioeletricidade (2005–2015); crescimento de 440% na cana e 830% na cogeração
15	Trombeta, Caixeta Filho 2019	Empírico	Centro-Sul (nacional)	sucroenergético	Mapeamento de potencial de biomassa de cana em 77 usinas; capacidade ociosa de cogeração em mesorregiões
Eixo 3 — Biomassa pecuária, florestal e agroindustrial para geração de energia (n = 12)					
16	Maciel, Duarte,	Revisão	Brasil	Pecuária/abate	Resíduos do setor de abate para tecnologias

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

	Rezende 2021		(nacional)		limpas (biodiesel, biogás), não quantificado
17	Dornelas *et al.* 2021	Revisão/empírico	Brasil (nacional)	Avicultura	Biodigestão de dejetos avícolas para GLP; suprimento de até 70% da demanda, retorno inferior a 4 anos
18	Júnior et al. 2024	Panorama nacional	Brasil (nacional)	sucroenergético /agroindústria	Panorama da cogeração biomássica no país; sucroenergético responde por mais de 70% da cogeração nacional
19	Quêno et al. 2019	Técnico	Brasil/mercado europeu	Florestal	Produção de pellets de madeira; produto de alto valor agregado, demanda crescente na Europa
20	Santos, Freitas, Amorim 2024	Técnico	Brasil (nacional)	Biogás/resíduos agrícolas	Cinzas de biomassa como alcalinizante na digestão anaeróbia; otimização técnica (não quantificada)
21	Araújo et al. 2025	Empírico	Brasil (nacional)	Biogás/resíduos agrícolas	Integração de substratos (dejetos, palha, bagaço); aumento significativo de metano por reator (não quantificado)
22	Brito, Santos, Almeida 2023	Empírico	Piauí	Biomassa regional diversa	Metodologia de inventário regional de biomassa, replicável a outros estados
23	Bianchet et al. 2020	Empírico	Brasil (nacional)	Resíduos agroindustriais diversos	Briquetes de resíduos de laranja e borra de café; poder calorífico elevado em até três vezes
24	Silva, Seye, Patelli Jr. 2021	Empírico	Mato Grosso do Sul (Aquidauana,	Florestal/siderúrgico	Carvão vegetal de madeiras nativas do Cerrado; Mato Grosso do Sul como 2º maior

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

			Três Lagoas)		produtor nacional (2007–2016)
25	Silva, Carneiro, Lopes 2017	Empírico	Mato Grosso do Sul (Dourados)	Resíduos agroindustriais diversos	Viabilidade técnica de briquetes a partir de biomassa residual na microrregião de Dourados-MS
26	Silva, Paula, Patelli Jr. et al. 2017	Empírico	Mato Grosso do Sul (Dourados)	Biomassa residual diversa	Disponibilidade de biomassa residual para conversão térmica; potencial de geração próximo a 2 GWelétrico
27	Silva, Olivi, Silva 2022	Empírico	Mato Grosso do Sul	Agricultura (milho)	Disponibilidade e características energéticas dos resíduos de colheita de milho no estado

Fonte: elaboração dos autores (2026).

O Quadro 4 evidencia que o Eixo 3 (biomassa pecuária, florestal e agroindustrial) concentra o maior número de estudos (12, ou 44% do corpus), seguido pelo Eixo 1, de cinzas de biomassa (8 estudos, 30%), e pelo Eixo 2, de cana-de-açúcar e bagaço (7 estudos, 26%). Essa distribuição sugere que a literatura sobre aproveitamento de resíduos agroindustriais no contexto nacional é mais diversificada em fontes de biomassa do que especificamente voltada à valorização de cinzas, o que reforça a relevância de aprofundar pesquisas nesse subtema no Mato Grosso do Sul.

A inclusão de estudos sobre biogás, biodigestão, pellets, carvão vegetal e resíduos pecuários no corpus, ainda que esses temas não tratem diretamente de cinzas, justifica-se por três razões. Primeiro, a conexão direta entre cinzas e biodigestão aparece no próprio corpus: Santos, Freitas e Amorim (2024) demonstram o uso de cinzas de biomassa como alcalinizante na otimização da digestão anaeróbia de resíduos agrícolas, o que liga tecnicamente o Eixo 1 ao Eixo 3 e mostra que cinzas e biogás não são rotas isoladas, mas etapas complementares de um mesmo sistema de gestão de resíduos. Segundo estudos sobre pellets, briquetes e carvão vegetal foram incluídos porque representam rotas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

alternativas de aproveitamento da mesma matéria-prima (biomassa lenhosa e agroindustrial) que, quando submetida à combustão em vez de à densificação ou carbonização, gera as cinzas que são o foco central desta revisão. Compreender essas rotas concorrentes é necessário para situar o destino das cinzas dentro do conjunto de usos possíveis da biomassa disponível no estado. Terceiro, os estudos sobre resíduos pecuários (MACIEL, DUARTE e REZENDE, 2021; DORNELAS *et al.*, 2021) foram incluídos porque a pecuária é um dos três setores produtivos de Mato Grosso do Sul, ao lado do sucroenergético e do florestal, e a ausência de estudos sobre geração e gestão de cinzas nesse setor específico constitui, ela própria, um dos achados desta revisão, e não um desvio de escopo

3.1 Eixo 1 — Cinzas de biomassa: composição, gestão e usos produtivos

Oito estudos compõem esse eixo. Maj *et al*. (2025), em revisão publicada na Sustainability, classificam os tipos de cinzas — volantes e de fundo — e identificam alta variabilidade de composição química conforme a espécie vegetal e a tecnologia de combustão. Zhai, Burke e Stewart (2021) sistematizam práticas de manejo benéfico, com a aplicação agrícola respondendo por mais de 60% do destino nos países com regulamentação consolidada, segundo a revisão complementar de Odzijewicz *et al.* (2022). Barcelos *et al.* (2019) discutem a ambivalência das cinzas brasileiras como recurso ou passivo ambiental, apontando destinação inadequada em diversas usinas nacionais. Puri, Hu e Naterer (2024) demonstram que os metais alcalinos presentes nas cinzas atuam como catalisadores naturais em processos de pirólise de biomassa agrícola, ampliando a eficiência de conversão energética.

A aplicação agrícola das cinzas como potencial corretivo de acidez e substituto parcial de fertilizantes, sistematizada por Zhai, Burke e Stewart (2021) e Odzijewicz et al. (2022), depende de variáveis, que esses estudos já apontam como determinantes para a segurança e a eficácia do uso: a composição química e a granulometria da cinza variam conforme a espécie vegetal e a tecnologia de combustão (MAJ *et a*l., 2025), o que exige caracterização prévia e calibração de dose para a cultura-alvo e para o pH do solo receptor, sob risco de salinização ou

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

correção excessiva. Os mesmos autores alertam que algumas frações de cinzas podem concentrar metais pesados, o que demanda monitoramento periódico antes de uso continuado em solo agrícola. Diferente dos países com regulamentação já consolidada para esse uso, identificados por Odzijewicz *et al*. (2022), o Brasil ainda carece de normatização específica para cinzas como insumo agrícola, o que reforça a necessidade de ensaios em solo e em cultura-alvo antes da adoção em escala comercial no contexto de Mato Grosso do Sul.

No recorte direto sobre o Mato Grosso do Sul, Borges *et al*. (2016) documentaram, em estudo de caso na Fibria-MS (Três Lagoas), que a queima de biomassa florestal e lodo biológico gera economia mensal superior a R$ 5,9 milhões em combustíveis fósseis evitados, com redução de 98% nas emissões de gases de efeito estufa em relação ao óleo combustível. No campo da construção civil, Centenaro, Da Silva e Paulino (2021) avaliaram cinzas geradas na agroindústria do malte para produção de argamassas, identificando viabilidade técnica de substituição parcial do agregado em até 20%. Raniero e Pereira (2018), em estudo conduzido no Mato Grosso do Sul, avaliaram a substituição do cimento por cinza e bagaço de cana-de-açúcar em concreto, concluindo que a substituição apenas por cinza é satisfatória, mas a combinação de cinza com bagaço não atinge a resistência mecânica esperada, achado relevante para orientar projetos regionais de reaproveitamento.

Esse conjunto de evidências indica que o eixo de cinzas e construção civil, embora tecnicamente promissor, ainda enfrenta barreiras de padronização técnica antes da adoção em escala comercial no Mato Grosso do Sul. O achado de Raniero e Pereira (2018), de que a cinza isolada é viável, mas a combinação com bagaço não atinge a resistência esperada, ilustra a necessidade de protocolos mais refinados, enquanto o caso da Fibria-MS documentado por Borges *et al.* (2016) demonstra que, quando há escala industrial e gestão técnica adequada, o retorno econômico e ambiental do aproveitamento de cinzas é mensurável e significativo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

3.2 Eixo 2 — Cana-de-açúcar, bagaço e subprodutos energéticos

Esse eixo concentrou sete estudos, considerado o mais robusto em recorte territorial direto sobre o Mato Grosso do Sul. Oliveira e Silveira (2022) demonstram, em revisão sistemática, potencial de incremento de até 30% na geração elétrica das usinas brasileiras por meio da cogeração de palha e bagaço de cana. Neves (2019), em investigação tecno-econômica, comprova viabilidade de biorrefinarias de cana integradas a rotas termoquímicas para produção de *biojet fuel* em plantas acima de 500 mil toneladas processadas por safra. Ushima e França (2018) avaliam a emissão de compostos clorados na combustão, gaseificação e pirólise da palha de cana, constatando que a gaseificação em leito fluidizado produz menores concentrações de dioxinas — dado relevante para o licenciamento ambiental de novas plantas no Mato Grosso do Sul. Coelho Júnior *et al.* (2025) revisam o uso adequado dos resíduos sucroenergéticos para subprodutos, identificando mercado consolidado para torta de filtro e cinzas de caldeira como fertilizantes orgânicos e organominerais.

Em recorte empírico direto sobre o estado, Silva e Silva (2016) quantificaram o potencial energético da combustão da casca de arroz em Dourados-MS, constatando que a região responde por até 17,85% da biomassa de casca de arroz disponível no Centro-Oeste no período de maior produção analisado. Silva *et al.* (2017), com base em dados de Schlindwein e colaboradores, registraram crescimento de 440% na produção de cana-de-açúcar e de 830% na cogeração de bioeletricidade a partir do bagaço no Mato Grosso do Sul entre as safras 2005/2006 e 2014/2015, posicionando o estado entre os principais do Brasil em capacidade de cogeração. Em escala nacional, Trombeta e Caixeta Filho (2019) mapearam o potencial de biomassa de cana-de-açúcar na região Centro-Sul a partir de indicadores de 77 usinas, identificando capacidade ociosa de cogeração em determinadas mesorregiões.

É o eixo que apresenta maior maturidade tecnológica e maior volume de evidências com recorte direto no Mato Grosso do Sul. Os dados de Silva *et al.* (2017) sobre o crescimento de 440% na produção e 830% na cogeração entre 2005 e 2015 evidenciam a trajetória consolidada do setor sucroenergético estadual,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

enquanto o achado de Trombeta e Caixeta Filho (2019) sobre capacidade ociosa de cogeração em algumas mesorregiões revela uma oportunidade de eficiência ainda não explorada cientificamente em escala estadual. A convergência entre esses estudos sugere que o Mato Grosso do Sul já consolidou a base produtiva, mas carece de investigação aplicada sobre como otimizar a capacidade já instalada.

3.3 Eixo 3 — Biomassa pecuária, florestal e agroindustrial para geração de energia

Diferente dos Eixos 1 e 2, que tratam direta ou predominantemente de cinzas de biomassa, este eixo reúne estudos sobre rotas de valorização energética e produtiva que compartilham a mesma cadeia de origem (resíduos agropecuários e agroindustriais), mas que não têm a cinza como objeto central de análise: biodigestão e biogás, produção de pellets e briquetes, e carvão vegetal siderúrgico. Apenas um estudo deste eixo trata diretamente de cinzas — Santos, Freitas e Amorim (2024), que avaliam cinzas como alcalinizante na digestão anaeróbia —, e sua presença aqui se justifica exatamente por evidenciar a conexão técnica entre cinzas e biogás, e não por tratar a cinza como objeto principal de estudo.

Este eixo agrupou doze estudos, o mais amplo do corpus. Maciel, Duarte e Rezende (2021) revisam a utilização de resíduos do setor de abate para tecnologias limpas, identificando rotas de biodiesel a partir de sebo e biogás a partir de efluentes em frigoríficos — setor de relevância estratégica no Mato Grosso do Sul. Dornelas *et al.* (2021) demonstram que a biodigestão de dejetos avícolas pode suprir até 70% da demanda de GLP dos aviários, com retorno de investimento inferior a quatro anos. Júnior *et al.* (2024) traçam panorama nacional da cogeração de energia, constatando que o setor sucroenergético responde por mais de 70% da cogeração biomássica do país, com frigoríficos e demais agroindústrias ainda subaproveitando seu potencial. Quéno *et al.* (2019) analisam aspectos técnicos da produção de pellets de madeira, produto de alto valor agregado e crescente demanda no mercado europeu, para o qual o Mato Grosso do Sul apresenta condições climáticas e logísticas favoráveis.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Santos, Freitas e Amorim (2024) investigam a otimização da digestão anaeróbia de resíduos agrícolas por meio de alcalinizantes alternativos, identificando o uso de cinzas de biomassa como alcalinizante tecnicamente promissor — conexão direta entre os Eixos 1 e 3 desta revisão. Araújo *et al.* (2025) avaliam o aproveitamento de resíduos agrícolas para produção de biogás, constatando que a integração de diferentes substratos (dejetos, palha, bagaço) aumenta significativamente a produção de metano por reator. Brito, Santos e Almeida (2023) desenvolvem metodologia de inventário regional de biomassa no Piauí, replicável para o contexto do Mato Grosso do Sul.

Em recorte direto sobre o estado, Silva, Seye e Patelli Jr. (2021), pesquisadores da UFGD, avaliam o carvão vegetal de madeiras nativas do Cerrado em aplicações siderúrgicas e energéticas, identificando o Mato Grosso do Sul como segundo maior produtor nacional entre 2007 e 2016, com as microrregiões de Aquidauana e Três Lagoas concentrando a produção e três indústrias siderúrgicas localizadas em Ribas do Rio Pardo, Corumbá e Três Lagoas. Bianchet *et al*. (2020) demonstram que a produção de briquetes a partir de resíduos da laranja e borra de café eleva o poder calorífico do material em até três vezes em relação à biomassa in natura, ilustrando rota de densificação energética aplicável a outros resíduos agroindustriais do estado.

Também com recorte direto na microrregião de Dourados-MS, Silva, Carneiro e Lopes (2017) avaliam a viabilidade técnica de briquetes a partir de biomassa residual, identificando potencial de aproveitamento energético na região. Silva, Paula, Patelli Júnior, Torres e Pereira (2017) quantificam a disponibilidade de biomassa residual na mesma microrregião para conversão térmica de energia, estimando potencial de geração próximo a 2 GWelétrico. Silva, Olivi e Silva (2022) avaliam os resíduos de colheita de milho no estado, quantificando disponibilidade e características energéticas para fins de cogeração.

Esse é o eixo mais heterogêneo do corpus, reunindo desde estudos de inventário e disponibilidade regional de biomassa até aplicações industriais consolidadas, como o carvão vegetal siderúrgico (SILVA; SEYE; PATELLI JR., 2021), passando por rotas emergentes como biodigestão de dejetos (DORNELAS

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

et al., 2021) e briquetes de resíduos agroindustriais diversos (BIANCHET *et al*., 2020; SILVA; CARNEIRO; LOPES, 2017). Essa heterogeneidade reflete a diversidade real da matriz produtiva sul-mato-grossense, mas também evidencia que a pesquisa regional sobre o tema ainda avança de forma fragmentada, sem um eixo de coordenação que articule as diferentes rotas tecnológicas identificadas.

Tomados em conjunto, os três eixos temáticos sugerem que Mato Grosso do Sul reúne condições estruturais favoráveis ao desenvolvimento de uma bioeconomia regional baseada na valorização de resíduos: escala de produção agropecuária, diversidade de biomassas disponíveis e infraestrutura do setor sucroenergético já parcialmente orientada para cogeração. O que falta, segundo a literatura analisada, é a articulação entre pesquisa aplicada, marco regulatório estadual e incentivos econômicos que transformem práticas informais e isoladas em cadeias produtivas formalizadas e escaláveis.

A classificação por ator social predominante revela uma concentração expressiva: 13 dos 27 estudos (48%) têm como protagonista usinas e grandes agroindústrias (sucroalcooleiras, celulose, frigoríficos), e outros 6 estudos (22%) têm como protagonista produtores rurais individuais, geralmente analisados em agregado por meio de dados de safra ou de disponibilidade regional de biomassa, sem menção a organizações coletivas. Dois estudos (7%) têm o poder público como protagonista, por meio de dados oficiais (ANEEL, IBGE), e outros dois (7%) têm o setor privado de mercado como foco (consultoria técnica, fornecedores de tecnologia). Quatro estudos (15%), de caráter conceitual ou de revisão internacional, não identificam um ator social específico.

Nenhum dos 27 estudos do corpus tem como protagonista cooperativas, comunidades ou grupos sociais organizados, e nenhum aborda especificamente o papel de mulheres no agronegócio relacionado ao aproveitamento de cinzas ou biomassa. Essa ausência, sistematicamente verificada por meio da categoria de extração de atores sociais descrita na Metodologia, e não apenas observada de forma genérica, reforça que a lacuna social identificada nesta revisão é um achado metodologicamente sustentado, e não uma observação à margem da análise

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Outra lacuna transversal aos três eixos refere-se à dimensão social do aproveitamento das cinzas e dos resíduos de biomassa. Nenhum dos estudos incluídos aborda o papel de pequenos e médios produtores rurais, cooperativas ou grupos de mulheres do agronegócio nesse aproveitamento, atores que representam parcela significativa do tecido produtivo do Mato Grosso do Sul. Essa lacuna abre oportunidade para pesquisas futuras com abordagem de inovação social e impacto territorial, articuladas a linhas de fomento com recorte de gênero no agronegócio.

Quadro 6 — Rotas produtivas identificadas e grau de maturidade tecnológica

Rota produtiva	Eixo	Estudos representativos	Maturidade tecnológica	Justificativa
Cogeração de bagaço e palha de cana-de-açúcar	Eixo 2	Oliveira e Silveira (2022); Silva et al. (2017); Coelho Júnior et al. (2025)	Consolidada (comercial)	Tecnologia amplamente implantada em usinas brasileiras e sul-mato-grossenses, com séries históricas de operação
Carvão vegetal siderúrgico	Eixo 3	Silva, Seye e Patelli Jr. (2021)	Consolidada (comercial)	MS é 2º maior produtor nacional, com indústrias siderúrgicas em operação plena
Cinzas como corretivo agrícola / substituto de fertilizante	Eixo 1	Zhai, Burke e Stewart (2021); Odzijewicz et al. (2022)	Consolidada internacionalmente; emergente no Brasil	Prática difundida em países com regulamentação consolidada; no MS, depende de caracterização ainda não realizada
Pellets de madeira para exportação	Eixo 3	Quêno et al. (2019)	Consolidada (mercado europeu); emergente no MS	Mercado maduro na Europa; produção no MS ainda incipiente apesar de condições favoráveis
Biodigestão de dejetos para biogás/GLP	Eixo 3	Dornelas et al. (2021); Araújo et al. (2025); Maciel, Duarte e Rezende (2021)	Emergente (piloto a comercial parcial)	Tecnologia testada e com retorno financeiro demonstrado, mas adoção ainda restrita no setor

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

				pecuário do MS
Cinzas em argamassas e concreto (construção civil)	Eixo 1	Centenaro, Da Silva e Paulino (2021); Raniero e Pereira (2018)	Emergente (piloto)	Resultados técnicos promissores em escala laboratorial; sem padronização ou produção comercial no MS
Briquetes de resíduos agroindustriais	Eixo 3	Bianchet et al. (2020); Silva, Carneiro e Lopes (2017)	Emergente (piloto)	Viabilidade técnica demonstrada, sem escala industrial consolidada na região
Biorrefinaria de cana para biojet fuel (rota termoquímica)	Eixo 2	Neves (2019)	Conceitual / pré-comercial	Viabilidade técnico-econômica simulada; nenhuma planta em operação comercial no Brasil
Cinzas como catalisador em pirólise/gaseificação	Eixo 1	Puri, Hu e Naterer (2024)	Conceitual / laboratorial	Mecanismo identificado em revisão internacional, sem estudos aplicados no contexto nacional ou estadual
Controle de emissões na combustão/gaseificação da palha	Eixo 2	Ushima e França (2018)	Emergente (piloto)	Tecnologia testada em escala de bancada, com potencial relevante para licenciamento ambiental
Inventário e disponibilidade regional de biomassa residual	Eixo 3	Silva, Paula, Patelli Jr. et al. (2017); Silva, Olivi e Silva (2022); Brito, Santos e Almeida (2023)	Estudo de base (pré-tecnológico)	Mapeiam potencial de matéria-prima, mas não testam ou implantam tecnologia de conversão

Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base na análise dos 27 estudos do corpus (Quadros 4 e 5).

O Quadro 6 evidencia que as duas únicas rotas com maturidade tecnológica consolidada, cogeração de bagaço e palha de cana-de-açúcar e carvão vegetal siderúrgico, não envolvem cinzas diretamente, ambas amplamente documentadas no recorte direto sobre Mato Grosso do Sul (SILVA *et al*., 2017; COELHO JÚNIOR *et al*., 2025; SILVA; SEYE; PATELLI JR., 2021). Em contraste, as rotas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

relacionadas especificamente a cinzas — corretivo agrícola, uso em construção civil e catalisador em pirólise — permanecem em estágio emergente ou conceitual, tanto na literatura internacional quanto na produção nacional, sem nenhum caso de adoção comercial identificado no corpus. Esse padrão reforça a tese central desta revisão: o potencial técnico de valorização de cinzas é amplamente reconhecido na literatura, mas sua maturação tecnológica no contexto brasileiro, e particularmente no de Mato Grosso do Sul, ainda depende de pesquisa aplicada e de investimento em escala piloto que conduza essas rotas da fase conceitual à comercial

3.4 Evidências diretamente relacionadas a Mato Grosso do Sul

Dos 27 estudos que compõem o corpus desta revisão, dez apresentam recorte empírico direto sobre o território de Mato Grosso do Sul, correspondendo ao Nível 1 de aplicabilidade territorial descrito no item 2.2.

Borges *et al.* (2016) documentaram, em estudo de caso na Fibria-MS (Três Lagoas), economia mensal superior a R$ 5,9 milhões e redução de 98% nas emissões de gases de efeito estufa pela substituição de óleo combustível por biomassa florestal e lodo biológico. Raniero e Pereira (2018) avaliaram, em ensaio conduzido no estado, a substituição de cimento por cinza e bagaço de cana-de-açúcar em concreto. Barcelos *et al.* (2019) caracterizaram amostras de cinzas de sete usinas de cana-de-açúcar do estado, identificando que apenas duas delas, ambas exportadoras de eletricidade, apresentavam queima eficiente, enquanto as demais mostravam combustão incompleta, achado que conecta diretamente a qualidade das cinzas geradas ao desempenho econômico da usina.

Silva e Silva (2016) quantificaram o potencial energético da casca de arroz em Dourados-MS. Silva *et al.* (2017) registraram, com dados específicos do estado, o crescimento de 440% na produção de cana e de 830% na cogeração de bioeletricidade entre as safras 2005/2006 e 2014/2015.

Silva, Carneiro e Lopes (2017) avaliaram a viabilidade técnica de briquetes a partir de biomassa residual na microrregião de Dourados-MS. Silva, Paula, Patelli Júnior, Torres e Pereira (2017) quantificaram a disponibilidade de biomassa residual para conversão térmica de energia na mesma microrregião, estimando

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

potencial de geração próximo a 2 GWelétrico. Silva, Seye e Patelli Jr. (2021), pesquisadores da UFGD, posicionaram o Mato Grosso do Sul como o segundo maior produtor nacional de carvão vegetal entre 2007 e 2016. Silva, Olivi e Silva (2022) quantificaram a disponibilidade e as características energéticas dos resíduos de colheita de milho no estado, indicando potencial relevante de cogeração. Coelho Júnior *et al.* (2025) identificaram o município de Rio Brilhante-MS como líder nacional em potência licenciada de bioeletricidade da cana, com base em série histórica da ANEEL entre 1975 e 2023.

Esses dez estudos constituem a base empírica da revisão com evidência originada e mensurada no próprio território estadual, e são, portanto, os achados com maior grau de confiabilidade para subsidiar decisões de política pública ou investimento regional.

3.5 Evidências transferíveis por analogia

Os demais 17 estudos do corpus não foram realizados em Mato Grosso do Sul, mas foram incluídos por apresentarem relação técnica, setorial ou de cadeia produtiva que permite transferência analógica dos achados ao contexto estadual, com diferentes graus de proximidade. Dois estudos correspondem ao Nível 2 de aplicabilidade (Centro-Oeste ou cadeia produtiva equivalente): Trombeta e Caixeta Filho (2019), que mapearam o potencial de cogeração sucroenergética na região Centro-Sul, área que inclui o Mato Grosso do Sul; e Brito, Santos e Almeida (2023), que desenvolveram metodologia de inventário regional de biomassa no Piauí, explicitamente apontada pelos autores como replicável a outros estados.

Doze estudos correspondem ao Nível 3 (dados nacionais setoriais aplicáveis ao estado), entre os quais se destacam os achados de Oliveira e Silveira (2022) sobre incremento de até 30% na geração elétrica por cogeração de palha e bagaço, e de Dornelas *et al.* (2021) sobre substituição de até 70% da demanda de GLP por biodigestão de dejetos avícolas, com retorno de investimento inferior a quatro anos. Esses estudos descrevem tecnologias e potenciais aplicáveis a setores fortemente presentes na economia sul-mato-grossense, sucroenergético e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

pecuário, mas sem mensuração específica no território do estado, o que exige cautela na transposição direta dos percentuais relatados.

Quatro estudos correspondem ao Nível 4 (conceituais ou tecnológicos, sem aplicação territorial direta), como Zhai, Burke e Stewart (2021) e Odzijewicz *et al.* (2022), cujo achado de que a aplicação agrícola responde por mais de 60% do destino das cinzas refere-se a países com regulamentação ambiental consolidada, distante da realidade regulatória brasileira e sul-mato-grossense. Esses estudos contribuem para o enquadramento teórico e tecnológico da revisão, mas não devem ser interpretados como evidência aplicável a curto prazo no contexto estadual, e sim como referência de fronteira tecnológica e de prática internacional consolidada a ser perseguida.

3.6 Lacunas regulatórias para o gerenciamento de cinzas de biomassa

A recomendação de marco regulatório estadual, discutida a seguir na Conclusão, parte de problemas concretos que esta revisão identificou na forma como as cinzas de biomassa são tratadas hoje pela legislação brasileira.

Primeiro, a classificação: as cinzas de biomassa geralmente são enquadradas como resíduo sólido, segundo a norma técnica que define os tipos de resíduo no Brasil (ABNT NBR 10004), o que exige um laudo técnico antes de qualquer destino que se dê a elas. Segundo a responsabilidade: pela Lei nº 12.305, de 2010, a usina ou indústria que gera a cinza é responsável por garantir que ela seja descartada ou reaproveitada de forma correta, mesmo quando ela é vendida ou doada para outro uso, como reaproveitamento agrícola (BRASIL, 2010).

Em Mato Grosso do Sul, quem licencia essas indústrias é o Instituto de Meio Ambiente do estado (IMASUL), mas não existe, até hoje, uma norma estadual específica para orientar o que fazer com as cinzas. Quando uma usina quer usar a cinza como adubo ou corretivo de solo, discutido no item 3.1, ainda precisa registrar esse produto junto ao Ministério da Agricultura, em um processo separado da licença ambiental da fábrica.

3.7 Limitações do Estudo

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

A restrição às bases Google Acadêmico, SciELO e Portal CAPES pode ter excluído literatura técnica relevante disponível em repositórios institucionais, anais de eventos regionais e relatórios setoriais não indexados, o que recomenda complementação futura com busca em fontes cinzentas, especialmente para a literatura técnica produzida por instituições de pesquisa do próprio estado.

A busca no Google Acadêmico está sujeita a variações de personalização de resultados conforme data, navegador e histórico de busca do usuário, e o número exato de páginas percorridas nessa base não foi registrado de forma sistemática no momento da coleta, fatores que limitam a reprodutibilidade exata da triagem realizada nessa plataforma específica.

A busca sistemática não incluiu busca manual nas listas de referências dos estudos incluídos (técnica de *snowballing*), o que pode ter deixado de fora estudos relevantes não indexados pelos descritores utilizados nas três bases consultadas.

A classificação por força de evidência (direta, contextual, setorial, extrapolada) e a matriz de avaliação crítica de qualidade metodológica, embora sistematicamente aplicadas, envolvem julgamento qualitativo dos autores e não substituem instrumentos formais de avaliação de risco de viés característicos de revisões sistemáticas com meta-análise, abordagem que não é exigida pela natureza integrativa desta revisão (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010), mas que limita comparações diretas com estudos de maior rigor metodológico formal.

A discussão regulatória apresentada no item 3.6 baseia-se na legislação federal e estadual vigente até a data de elaboração deste artigo, e não incorpora eventual normatização específica que venha a ser publicada após a conclusão da revisão.

Por fim, o corpus desta revisão concentra-se predominantemente em estudos de natureza técnica, econômica e ambiental, sem incluir, por ausência de produção científica disponível, estudos com abordagem social, de gênero ou voltados a pequenos produtores e cooperativas, conforme discutido anteriormente, o que limita a abrangência das recomendações de política pública propostas a aspectos técnico-econômicos, deixando a dimensão social como agenda de pesquisa em aberto.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

4 Conclusão

Esta revisão integrativa permite afirmar que Mato Grosso do Sul reúne condições estruturais favoráveis ao desenvolvimento de uma bioeconomia regional baseada na valorização de cinzas e resíduos de biomassa: escala de produção agropecuária, diversidade de biomassas disponíveis e infraestrutura sucroenergética já parcialmente orientada para cogeração. Esse potencial, contudo, não deve ser confundido com viabilidade comprovada. Dos 27 estudos analisados, apenas dez apresentam evidência empírica direta sobre o território estadual; os demais oferecem evidência transferível por analogia, de aplicabilidade variável. A contribuição central desta revisão está, portanto, menos em demonstrar que o aproveitamento de cinzas já é economicamente viável no MS, e mais em evidenciar um descompasso concreto entre o potencial produtivo do estado e a escassez de pesquisa aplicada e territorializada sobre o tema. Qualquer política pública ou estratégia empresarial de valorização de cinzas no estado, antes de avançar, depende da realização de novos estudos aplicados que preencham essa lacuna, e não apenas da extrapolação de achados nacionais ou internacionais.

Os três eixos temáticos identificados — cinzas de biomassa e seus usos produtivos; cana-de-açúcar e subprodutos energéticos; e biomassa pecuária, florestal e agroindustrial — revelam um potencial integrado de valorização de resíduos que poderia contribuir para a redução de custos de produção, a geração de receita adicional, a melhoria da qualidade ambiental e o avanço de Mato Grosso do Sul em direção a uma bioeconomia de baixo carbono, desde que sustentado por pesquisa aplicada que ainda precisa ser produzida.

Recomenda-se, como agenda prioritária de pesquisa, a condução de inventários regionais de biomassa agrícola e de cinzas geradas no estado, e estudos de caracterização química das cinzas de usinas sucroenergéticas, frigoríficos e agroindústrias sul-mato-grossenses. Complementarmente, são necessárias avaliações de viabilidade técnica e econômica de sistemas integrados de aproveitamento energético, discutidas no item 3.6, e a formulação de proposta de marco regulatório estadual para o gerenciamento de cinzas de biomassa, que

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

articule classificação de resíduo, licenciamento ambiental, registro agrícola e rastreabilidade entre gerador e destinatário.

5. Declaração de transparência sobre o uso de Inteligência Artificia

Em conformidade com a política editorial da Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro (REMUNOM) sobre uso responsável de ferramentas de Inteligência Artificial, e com as normas éticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em especial aquelas constantes na Portaria CNPq nº 2.664, de 6 de março de 2026, os autores declaram o uso das seguintes ferramentas de IA na elaboração deste manuscrito:

Este trabalho utilizou a ferramenta Claude como apoio na etapa de triagem e seleção dos registros identificados na busca, incluindo a leitura de títulos e resumos e a organização dos critérios de inclusão e exclusão conforme o protocolo PRISMA. As decisões finais de inclusão, exclusão e elegibilidade de cada estudo foram tomadas e validadas pelos autores, que se responsabilizam integralmente pela composição do corpus final.

Este trabalho utilizou as ferramentas Gemini 2.5 Pro para correção ortográfica, gramatical e aprimoramento da clareza, coesão e fluidez textual. Todo o conteúdo conceitual, a formulação do problema de pesquisa, os objetivos, os procedimentos metodológicos, a análise e interpretação dos dados e as conclusões são de autoria exclusiva dos pesquisadores, que avaliaram criticamente todas as sugestões antes de sua incorporação à versão final.

Este trabalho utilizou a ferramenta ChatGPT e Claude para apoio na elaboração de figuras, fluxogramas e elementos gráficos usados na apresentação dos resultados e procedimentos metodológicos. Os dados, categorias analíticas e organização das informações representadas foram concebidos e validados pelos autores, cabendo às ferramentas apenas o apoio à construção visual.

Os autores assumem total responsabilidade pelo conteúdo científico do manuscrito, incluindo eventuais imprecisões, vieses ou inconsistências decorrentes do uso das ferramentas mencionadas.

6. Referências Bibliográficas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

ARAÚJO, J. dos S. et al. Energias renováveis: uma abordagem no aproveitamento de resíduos agrícolas na produção de biogás. **Revista Conexão UEPG**, v. 21, 2025. DOI: https://doi.org/10.5212/Rev.Conexao.v.21.25574.059

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARCELOS, S. T. V.; TOMIELIS, I. P.; GARCIA, M. da S.; CEREDA, M. P. Caracterização de cinzas de caldeira de usina de cana-de-açúcar. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 3, p. 179-190, 2019. DOI: https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0016

BIANCHET, R. T.; PROVIN, A. P.; GARCIA, G. D.; CUBAS, A. L. V.; DUTRA, A. R. de A.; MAGNAGO, R. F. Produção de briquetes utilizando resíduos agrícolas da laranja e borra do café. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 4-19, ago. 2020. DOI: https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0l20204-19

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. 2018. **Revista Interciencia**, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018. PDF: https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/10/680-HORST-43_10.pdf

BORGES, M. T.; SIGAKI, C. K.; CINQUE, U. C.; CONTESSOTO, V. C. Valorização econômica e ambiental dos resíduos: um estudo de caso da Fibria-MS Celulose Sul Mato-Grossense. O Papel, v. 77, n. 12, p. 92-97, dez. 2016. Disponível em: https://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1481897314_56538dff92a8e8745d02b4b3cb1dbc21_1830199677.pdf

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010

BRITO, T. F. N. de; SANTOS, B. F. dos; ALMEIDA, A. R. Potencial de complementaridade e geração de energia através da biomassa de resíduos agrícolas no Piauí. **Latin American Journal of Energy Research (LAJER)**, v. 10, n. 2, p. 53-62, 2023. DOI: https://doi.org/10.21712/lajer.2023.v10.n2.p53-62

CENTENARO, S. H.; DA SILVA, J. A. G.; PAULINO, R. S. Uso de cinzas de biomassa geradas na agroindústria do malte para produção de argamassas. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 158-176, maio/ago. 2021. DOI: https://doi.org/10.12957/ric.2021.54512

COELHO JUNIOR, L. M.; OLIVEIRA, B. H. C. de; SANTOS, I. Y. B. A.; SCHRAMM, V. B.; SCHRAMM, F.; DINIZ, F. F.; SANTOS JÚNIOR, E. P. Sugarcane Bioelectricity

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

Supply in Brazil: A Regional Concentration and Structural Analysis. Sustainability, Basel, v. 17, n. 9, art. 3780, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/su17093780

DORNELAS, K. C.; SCHNEIDER, R. M.; AMARAL, A. G.; TON, A. P. S.; MASCARENHAS, N. M. H. A biodigestão como ferramenta para a sustentabilidade avícola: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, e38101220042, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20042

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mato Grosso do Sul tem amplo potencial para transformação de biomassa em energia.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016.

JÚNIOR, J. R. B. et al. Um panorama a respeito da cogeração de energia no Brasil. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 12, e8056, 2024. DOI: https://doi.org/10.55905/oelv22n12-030

MACIEL, R. H. de A.; DUARTE, E. B.; REZENDE, L. C. S. H. Utilização do resíduo do setor de abate para promoção de tecnologias limpas: uma revisão da literatura. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 19, n. 1, p. 316-327, 2021. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/viewFile/6404/pdf_1066. Acesso em: 19 jun. 2026.

MAJ, I. et al. Biomass ash: a review of chemical compositions and management trends. **Sustainability**, v. 17, n. 11, art. 4925, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/su17114925.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. Texto & Contexto Enfermagem, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, out./dez. 2008.

NEVES, R. C. **Techno-economic investigation of first-generation sugarcane biorefinery integrated with second-generation thermochemical route to produce biojet fuel.** 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2019.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n. 71, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

ODZIJEWICZ, J. I.; WOŁEJKO, E.; WYDRO, U.; WASIL, M.; JABŁOŃSKA-TRYPUĆ, A. Utilization of ashes from biomass combustion. **Energies**, Basel, v. 15, n. 24, art. 9653, dez. 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/en15249653

OLIVEIRA, A. F. de; SILVEIRA, J. L. Aproveitamento de palha de cana-de-açúcar para o incremento de geração de energia elétrica: revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, e1, 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/34232. Acesso em: 19 jun. 2026.

PURI, L.; HU, Y.; NATERER, G. Critical review of the role of ash content and composition in biomass pyrolysis. **Frontiers in Fuels**, v. 2, art. 1378361, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/ffuel.2024.1378361

QUÉNO, L. R. M.; SOUZA, A. N.; COSTA, A. F.; VALE, A. T.; JOAQUIM, M. S. Aspectos técnicos da produção de pellets de madeira. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1478-1489, jul./set. 2019. DOI: https://doi.org/10.5902/1980509820606

RANIERO, J. A.; PEREIRA, J. A. Análise da resistência do concreto com a substituição do traço de cimento pelo composto de cinza e bagaço de cana-de-açúcar. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (EIGEDIN), 2., 2018, Nova Andradina. **Anais do II EIGEDIN.** Nova Andradina: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/7089

SANTOS, V. M. L. dos; FREITAS, G. H. de L.; AMORIM, M. C. C. de. Otimização da digestão anaeróbia de resíduos agrícolas: prospecção científica de alcalinizantes alternativos. Journal of Environmental Analysis and Progress, Recife, v. 9, n. 4, p. 253-264, 2024. DOI: https://doi.org/10.24221/jeap.9.4.2024.6228.253-264

SILVA, J. W. F. da; CARNEIRO, R. A. F.; LOPES, J. M. L. M. Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de Dourados-MS. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 6, n. 4, 2017. DOI: https://doi.org/10.5380/rber.v6i4.46401

SILVA, L. D. da; SCHLINDWEIN, M. M.; VASCONCELOS, P. S.; CORRÊA, A. S. Electricity cogeneration from sugarcane bagasse in Mato Grosso do Sul, Brazil. International Journal Advances in Social Science and Humanities, v. 5, n. 3, p. 11-26, mar. 2017. Disponível em: http://www.ijassh.com/index.php/IJASSH/article/view/275/291

SILVA, R. L.; PAULA, I. O. de; PATELLI JÚNIOR, J. R.; TORRES, T. R. C.; PEREIRA, T. V. Biomassa residual na microrregião de Dourados (MS): avaliação e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 11/06/2026 - **Accepted:** 19/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/d78z3895
Pages: 1-36

disponibilidade para conversão térmica de energia na agricultura. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 433-440, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p433-440/2017

SILVA, R. L.; OLIVI, J. B.; SILVA, A. M. P. da. Avaliação dos resíduos da colheita de milho para cogeração: disponibilidade no estado de Mato Grosso do Sul e características energéticas. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 15, n. 1, 2022. DOI: https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n1e8635

SILVA, R. L.; SILVA, A. M. P. Bioenergia da biomassa residual: potencial energético da combustão da casca de arroz em Dourados-MS e região. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 5, n. 1, p. 91-105, 2016. DOI: https://doi.org/10.5380/rber.v5i1.43916

SILVA, R. L. da; SEYE, O.; PATELLI JR., J. R. Carvão vegetal de madeiras nativas do Cerrado em aplicações siderúrgicas e energéticas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 1087-1099, out./dez. 2021. e-ISSN 2176-9168. DOI: https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n4

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. Einstein, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134.

TROMBETA, N. de C.; CAIXETA FILHO, J. V. Potencial e disponibilidade de biomassa de cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 479-496, jul./set. **2017**. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550304

USHIMA, A. H.; FRANÇA, G. P. Emissão de compostos clorados na combustão, gaseificação e pirólise de palha de cana-de-açúcar. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 2, n. 8, 2018. Disponível em: https://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/view/60

ZHAI, J.; BURKE, I. T.; STEWART, D. I. Beneficial management of biomass combustion ashes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 151, art. 111555, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111555