

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

Futuro Verde e Amarelo: O desenvolvimento do mercado nacional de biometano e sua contribuição para a soberania energética

Gabriel Mesquita

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.13420>

Submetido em: 2025-09-17

Postado em: 2025-12-08 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

Futuro Verde e Amarelo: O desenvolvimento do mercado nacional de biometano e sua contribuição para a soberania energética.

Green and Yellow Future: The development of the national biomethane market and its contribution to Brazil's energy sovereignty.

Gabriel Zanolla Mesquita

Universidade Federal de São Paulo, Osasco, São Paulo, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8218-5536>

Resumo

O presente artigo analisa o desenvolvimento do mercado nacional de biometano e sua contribuição para a soberania energética do Brasil, destacando o potencial do país frente à transição energética global. O estudo contextualiza o crescimento do biometano em âmbito internacional, considerando experiências da União Europeia, Estados Unidos e Ásia, e examina seu papel na segurança energética. No contexto brasileiro, são discutidos o potencial do biometano a partir de resíduos agrícolas, urbanos e pecuários, avaliando políticas públicas, regulamentações e iniciativas empresariais, além de identificar barreiras e oportunidades para expansão. Por fim, são apresentadas perspectivas de crescimento do mercado interno, contribuições para setores estratégicos e inserção internacional do Brasil como liderança em energias renováveis, reforçando o papel do biometano como vetor de sustentabilidade e fortalecimento da soberania energética nacional.

Palavras Chave: Biometano. Soberania energética. Transição energética. Matriz energética brasileira. Energias renováveis

Abstract

This article analyzes the development of the national biomethane market and its contribution to Brazil's energy sovereignty, highlighting the country's potential in the context of the global energy transition. The study contextualizes the growth of biomethane at the international level, considering experiences from the European Union, the United States, and Asia, and examines its role in energy security. In the

Brazilian context, it discusses the potential of biomethane from agricultural, urban, and livestock waste, assessing public policies, regulations, and business initiatives, as well as identifying barriers and opportunities for expansion. Finally, it presents growth prospects for the domestic market, contributions to strategic sectors, and Brazil's international positioning as a leader in renewable energy, reinforcing the role of biomethane as a driver of sustainability and a pillar of national energy sovereignty.

Key Words: Biomethane. Energy sovereignty. Energy transition. Brazilian energy matrix. Renewable energy.

A transição energética global constitui um dos desafios centrais do século XXI, motivada pela necessidade imperativa de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mitigar os impactos das mudanças climáticas e diversificar as fontes de energia. Diante de uma demanda energética mundial crescente, somada à volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis e a crises geopolíticas recentes, torna-se urgente a adoção de alternativas sustentáveis que garantam segurança energética e promovam um desenvolvimento ambientalmente responsável.

Nesse contexto, o Brasil emerge com um cenário singularmente favorável. Com aproximadamente 47% de sua matriz energética proveniente de fontes renováveis, contrastando fortemente com a média global de 14% (EPE, 2022), o país possui uma base sólida para liderar a adoção de soluções energéticas avançadas. Entre essas alternativas, o biometano se destaca como um vetor energético de alto potencial estratégico. Produzido a partir da purificação do biogás, gás gerado a partir da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos agrícolas, urbanos e pecuários, o biometano é um substituto direto do gás natural fóssil. Sua produção não apenas reduz a dependência de importações de combustíveis fósseis, como também atenua as emissões de metano (CH₄), um gás com alto potencial de aquecimento global. Sobre o contexto brasileiro, mapeamentos setoriais indicam uma capacidade técnica de produzir até 120 milhões de Nm³ de biometano por dia, com os resíduos do setor sucroenergético respondendo por mais de 40% desse total (ABiogás, 2024). Este potencial posiciona o biometano não apenas como uma solução energética, mas como um pilar para uma economia circular, transformando passivos ambientais em ativos energéticos e aumentando a resiliência do sistema nacional.

Contudo, o caminho para a plena realização desse potencial é obstruído por desafios significativos. No setor, ainda persistem barreiras como a dependência de tecnologia de upgrading

importada, custos de produção elevados em comparação com o gás natural (especialmente sem mecanismos de apoio), um arcabouço regulatório em amadurecimento e uma integração incipiente com a limitada rede de gasodutos existente. Diante desse cenário de oportunidades e obstáculos, o presente artigo tem como objetivo analisar o desenvolvimento do mercado nacional de biometano e avaliar de que forma essa fonte energética pode contribuir decisivamente para a soberania energética do Brasil. Almeja-se, com isso, reforçar a posição estratégica do país no sistema energético internacional e promover uma transição energética que seja simultaneamente sustentável e estratégica.

A metodologia adotada é de caráter exploratório e analítico, fundamentada em uma extensa revisão bibliográfica e documental. Foram consultadas fontes acadêmicas especializadas, relatórios de instituições nacionais (como EPE e ABiogás) e internacionais (com destaque para a Agência Internacional de Energia - IEA), e marcos regulatórios recentes. O estudo combina a análise qualitativa de dados secundários com uma discussão conceitual sobre soberania energética, permitindo traçar um panorama internacional do biometano, avaliar o potencial brasileiro com profundidade e examinar de forma crítica os desafios e oportunidades para a expansão deste mercado promissor.

O Panorama Internacional do Biometano

O mercado internacional de biometano tem experimentado um crescimento robusto e acelerado, consolidando-se como um componente estratégico na matriz energética de nações comprometidas com a segurança do abastecimento e a descarbonização. Este crescimento é impulsionado por um triângulo de fatores decisivos: políticas públicas assertivas, compromissos climáticos ambiciosos e avanços tecnológicos contínuos que reduziram custos e aumentaram a eficiência da produção e purificação do biogás. A experiência internacional serve não apenas como um termômetro do potencial da fonte, mas como um repositório de lições valiosas para o Brasil, oferecendo percepções cruciais sobre modelos regulatórios, mecanismos de financiamento e estratégias de integração de mercado.

A União Europeia (UE) é, indiscutivelmente, o epicentro global do desenvolvimento do biometano. Motivada pela dupla urgência da crise climática e da crise de segurança energética exacerbada pela guerra na Ucrânia, o bloco lançou o plano REPowerEU em 2022. Este plano estabeleceu a meta ambiciosa e não vinculativa de produzir 35 bilhões de metros cúbicos de biometano anualmente até 2030, com o claro objetivo de substituir o gás natural russo. Países-membros têm implementado este mandato com modelos de sucesso distintos: a Alemanha, tradicional líder em biogás para geração de energia elétrica via tarifas feed-in (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG), redirecionou

sua estratégia para o biometano através de um sistema de cotas de GEE no transporte que cria um mercado de créditos de carbono, valorizando o combustível pelo seu baixo carbono intensivo¹; a França adotou um modelo misto de tarifas de injeção garantidas (tarifes d'achat) para produtores e obrigações de compra para os fornecedores de gás, que devem atingir uma mistura de 10% de gás renovável em suas redes até 2030; enquanto a Dinamarca, com uma política integrada de gestão de resíduos, incentivos à injeção na rede e forte apoio à pesquisa e desenvolvimento, já atingiu a marca de 40% de participação do biogás/biometano em sua demanda total de gás, demonstrando a viabilidade técnica de uma penetração massiva. O sucesso europeu é ancorado em instrumentos de mercado sofisticados, como os certificados de garantia de origem, que permitem o rastreamento e comércio da "qualidade verde" do gás, mesmo quando fisicamente misturado à rede, criando um valor adicional para o produtor.

O mercado norte-americano, particularmente os Estados Unidos, segue uma trajetória distinta, impulsionado principalmente pelo setor de transportes e por mecanismos baseados no carbono intensivo. O principal motor é o Renewable Fuel Standard (RFS), programa federal que exige que uma parcela do combustível para transporte seja proveniente de fontes renováveis. Produtores de biometano geram Renewable Identification Numbers (RINs), créditos negociáveis que os obrigados a cumprir as cotas devem adquirir. Este mecanismo, combinado com programas estaduais como o Low Carbon Fuel Standard (LCFS) da Califórnia, que cria um mercado de créditos de carbono, torna a produção de biometano economicamente viável. Grande parte da produção americana historicamente veio de aterros sanitários, mas há um crescimento acelerado de plantas ligadas a grandes operações agropecuárias.

Na Ásia, a agenda do biometano é movida pela necessidade de gerenciamento de resíduos em megacidades, melhoria da qualidade do ar e diversificação da matriz. A China, após uma fase de investimento massivo em biodigestores domésticos rurais que sofreram com altas taxas de abandono, redirecionou sua política para projetos industriais de grande e média escala. Seu 14º Plano Quinquenal (2021-2025) e o "Plano de Ação para Controle de Emissões de Metano" (2023) incentivam a produção de biometano a partir de estrume animal e resíduos urbanos para geração de energia, calor e como combustível para transporte, visando ao mesmo tempo resolver um problema ambiental crítico e agregar valor à economia rural. A Índia, por sua vez, possui um dos programas mais ambiciosos, o SATAT (Sustainable Alternative Towards Affordable Transportation), que visa estabelecer 5.000 plantas de biometano comprimido (Bio-CNG) para abastecer a vasta frota de veículos que já utiliza

¹ Similarmente, o governo brasileiro lançou em 2017 o programa RenovaBio, entretanto, com uma ampla dominância do etanol sobre os outros combustíveis.

GNC. Um mandato de mistura de 5% de biometano no gás canalizado e no GNC até 2028 foi aprovado, criando uma demanda garantida para impulsionar o setor.

O papel do biometano na segurança energética tornou-se ainda mais evidente diante de crises recentes. A guerra na Ucrânia expôs de forma crua a vulnerabilidade de países dependentes de gás natural importado, particularmente na Europa. Nessas circunstâncias, o biometano apresentou-se não como uma alternativa marginal, mas como uma solução resiliente e estratégica, capaz de reduzir a dependência externa, estabilizar o fornecimento de energia e contribuir decisivamente para a autonomia nacional. Além de sua função na segurança energética, o biometano integra a agenda global de transição energética, alinhando-se aos objetivos de descarbonização, economia circular e sustentabilidade ambiental. Seu potencial de produção a partir de resíduos orgânicos reforça a dupla benefício da redução das emissões de metano (evitando a decomposição anaeróbia espontânea desses resíduos) e da utilização eficiente de recursos locais, consolidando-o como um vetor estratégico em políticas energéticas internacionais progressistas.

Para o Brasil, o crescimento e a maturação do mercado internacional de biometano representam oportunidades significativas e oferecem um repertório valioso de experiências. A experiência europeia e norte-americana oferece modelos de regulamentação, financiamento e incentivo à produção que podem ser adaptados à realidade nacional, evitando a repetição de erros e acelerando a curva de aprendizado. A dependência brasileira de importações de gás natural de países como Estados Unidos, Catar e Bolívia, representa uma vulnerabilidade estratégica que pode ser mitigada pelo desenvolvimento do biometano. A volatilidade dos preços internacionais e os riscos geopolíticos associados a essas importações reforçam a urgência de se investir em fontes domésticas e renováveis. O biometano surge assim não apenas como uma alternativa ambientalmente sustentável, mas como uma ferramenta de soberania energética, reduzindo a exposição do país a flutuações do mercado global e a crises internacionais. Além disso, o desenvolvimento do setor de biometano no Brasil pode gerar significativos benefícios socioeconômicos, particularmente no interior rural. A implantação de plantas de biometano cria oportunidades de emprego e renda, diversifica a economia agrícola e promove a inclusão energética em comunidades afastadas. A especialização da mão de obra rural para operação e manutenção dessas unidades é um desafio que precisa ser enfrentado através de programas de capacitação técnica e educação profissional, mas que traz consigo a promessa de desenvolvimento regional sustentável e distribuído.

Em suma, o panorama internacional do biometano oferece um mapa estratégico para o Brasil, indicando caminhos já testados e validados para o desenvolvimento desta fonte energética crucial. A adaptação dessas experiências ao contexto nacional, considerando suas particularidades geográficas, econômicas e sociais, será fundamental para construir um mercado de biometano robusto e competitivo, capaz de contribuir significativamente para a segurança energética, a descarbonização e o desenvolvimento socioeconômico do país.

A Matriz Energética Brasileira frente às Mudanças Climáticas

A matriz energética brasileira possui características singulares no cenário global, marcada por uma trajetória histórica de forte dependência de fontes renováveis, em contraste com a predominância fóssil observada na maioria das economias desenvolvidas e em desenvolvimento. Contudo, esta composição renovável enfrenta desafios crescentes diante das mudanças climáticas e da necessidade de diversificação, criando um cenário propício para a inserção estratégica do biometano. Desde meados do século XX, as hidrelétricas constituíram a espinha dorsal do sistema elétrico nacional, garantindo uma eletrificação relativamente limpa e impulsionando o desenvolvimento industrial. No entanto, esta dependência revelou vulnerabilidades críticas perante a crescente variabilidade hidrológica intensificada pelas mudanças climáticas. Períodos prolongados de seca, como os vivenciados recentemente, comprometem severamente a capacidade de geração, exigindo a ativação dispendiosa de termelétricas fósseis, que elevam tanto os custos do sistema como as emissões de gases de efeito estufa - e expõem a fragilidade de um modelo excessivamente concentrado em uma única fonte renovável.

Paralelamente ao domínio hídrico, o desenvolvimento do setor petrolífero, particularmente a partir da descoberta do pré-sal, consolidou o papel estratégico dos derivados de petróleo e do gás natural na matriz energética nacional. Embora o gás natural seja considerado um combustível de transição por emitir menos poluentes que o carvão ou o diesel, sua crescente incorporação, muitas vezes associada à queima em termelétricas para compensar a hidrologia adversa, introduziu uma nova camada de dependência fossilista. Ainda que o Brasil possua expressivas reservas domésticas, a infraestrutura de escoamento e processamento é insuficiente, tornando necessária a importação de volumes complementares, principalmente da Bolívia, através do Gasoduto Bolívia-Brasil. Esta dependência de importações submete o país à volatilidade dos preços internacionais e a riscos geopolíticos, como demonstrado pelas crises de abastecimento e pelos picos de custo ocorridos em períodos de instabilidade global. A recente expansão das importações de GNL de países como Estados

Unidos e Catar, e o recente acordo de importação de gás argentino, embora diversifique as fontes, mantém o Brasil vulnerável à flutuação dos mercados globais. Neste contexto, a busca por alternativas domésticas e renováveis que possam substituir ou complementar o gás natural fóssil transforma-se em uma questão de segurança energética nacional.

O setor de biocombustíveis oferece um precedente histórico crucial para analisar o potencial e os desafios do biometano. O Programa Nacional do Alcool (Proálcool), instituído na década de 1970 em resposta à primeira crise do petróleo, constitui um dos casos mais bem-sucedidos globalmente de política pública voltada para a substituição em larga escala de um combustível fóssil. Ao estimular a produção de etanol de cana-de-açúcar, o programa não apenas reduziu a dependência externa de gasolina, mas também fomentou um complexo agroindustrial tecnologicamente sofisticado e competitivo. Contudo, a trajetória do etanol também evidencia os obstáculos inerentes a este tipo de iniciativa: a extrema sensibilidade aos preços da matéria-prima e do petróleo, a necessidade de investimentos maciços e contínuos em infraestrutura de distribuição e veicular, e os ciclos de expansão e estagnação associados à inconsistência de políticas de longo prazo. O biodiesel, incorporado mais tardiamente através do mandato de mistura (B10), segue uma lógica similar, mas avança na diversificação de matérias-primas (óleos vegetais, gordura animal), apontando para a importância da flexibilidade na produção. Estes aprendizados são diretamente aplicáveis ao biometano: sua consolidação demandará uma regulação estável, incentivos econômicos robustos que compensem sua, ainda incipiente, competitividade frente ao gás natural.

Diante deste complexo panorama, torna-se evidente que a diversificação e a descarbonização profunda da matriz energética brasileira são imperativos interdependentes, e a inclusão do biometano como vetor energético de escala surge como uma solução multifacetada. Ele permite abordar simultaneamente várias frentes críticas: reduz emissões de metano ao capturar esse gás proveniente de resíduos orgânicos (setor de agropecuária e resíduos é o maior emissor de CH₄ do país); diminui a dependência de importações de gás natural, fortalecendo a soberania energética; otimiza o aproveitamento de resíduos da agroindústria, promovendo uma economia circular de alto valor agregado; e cria novas oportunidades econômicas e de desenvolvimento tecnológico em cadeias produtivas regionais. Adicionalmente, o biometano oferece uma solução para a vulnerabilidade energética do interior do país, onde a falta de acesso à rede de gás natural limita o desenvolvimento industrial. Desta forma, o biometano transcende sua condição de mera fonte alternativa de energia para assumir um papel central na construção de um sistema energético brasileiro mais resiliente, sustentável

e autônomo, capaz de enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas enquanto promove o desenvolvimento econômico regional e a segurança energética nacional.

Panorama Nacional do Biometano

O potencial brasileiro para a produção de biometano configura-se como uma das mais promissoras fronteiras para a expansão das energias renováveis no país, posicionando-se como elemento estratégico na transição para uma economia de baixo carbono. Este potencial é lastreado na abundância e diversidade de resíduos orgânicos gerados pelas atividades agrícolas, pecuárias e urbanas, que representam não apenas matéria-prima para geração energética, mas também oportunidade de solucionar passivos ambientais significativos. Os resíduos do setor sucroenergético, em particular, destacam-se como a fonte mais expressiva. Na suinocultura e na bovinocultura, os dejetos animais, que tradicionalmente representam desafios de gestão e emissões de metano, transformam-se em insumos valiosos para biodigestão, enquanto os resíduos sólidos urbanos, provenientes de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto, completam o leque de fontes disponíveis, integrando a gestão de resíduos à política energética de forma circular e sustentável.

O arcabouço regulatório e de políticas públicas para o biometano tem evoluído de forma acelerada, ainda que ainda em processo de consolidação. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) tem desempenhado papel central na regulação do setor, estabelecendo as especificações técnicas do biometano para injetabilidade na rede e para uso veicular (como Biometano Comprimido - BMC), garantindo a segurança e a qualidade do produto. O programa RenovaBio, política de Estado voltada para a descarbonização dos combustíveis, emerge como um dos principais instrumentos de incentivo indireto. Ao estabelecer metas individuais de redução de intensidade de carbono para distribuidores e criar o mercado de Créditos de Descarbonização (CBIOs), o programa valoriza economicamente a produção de biocombustíveis com baixo carbono intensivo, categoria na qual o biometano, especialmente o proveniente de resíduos, se enquadra de forma vantajosa. Adicionalmente, a iniciativa "Combustível do Futuro", coordenada pelo Ministério de Minas e Energia, sinaliza a intenção governamental de integrar definitivamente o biometano e outros combustíveis avançados à matriz nacional, propondo diretrizes para certificação, rastreabilidade e estímulo à demanda.

No âmbito da implementação prática, um ecossistema de projetos pioneiros e empresas tem moldado o mercado nacional de biometano. Grandes atores do setor sucroenergético, como a Raízen,

têm investido em plantas de grande porte integradas às suas unidades produtoras de etanol, utilizando a vinhaça e outros resíduos como insumo. Estas plantas não apenas suprem a demanda energética das próprias operações, substituindo o diesel em frota própria ou gás natural em caldeiras, mas também começam a comercializar excedentes. A Copersucar, por sua vez, atua na comercialização e logística, explorando sinergias com sua vasta experiência em etanol. Institutos de pesquisa e desenvolvimento, como o CIBiogás², têm sido fundamentais no fomento à cadeia, realizando estudos de viabilidade, capacitando profissionais e desenvolvendo projetos customizados, especialmente para as agroindústrias de menor porte.

Não obstante o potencial e os avanços recentes, a trajetória de expansão do biometano no Brasil é obstruída por um conjunto de desafios estruturais e de mercado. Um dos principais entraves é a dependência tecnológica: os equipamentos de purificação (upgrading) e compressão ainda são majoritariamente importados, sujeitos à volatilidade cambial e com lead times longos, o que eleva significativamente o Capex (gasto de capital) dos projetos. Outro obstáculo crítico reside na baixa valorização do atributo ambiental do combustível. Apesar do RenovaBio, o mercado ainda não reconhece de forma plena e generalizada o prêmio verde do biometano, dificultando a formação de um preço que compense seus custos de produção mais elevados em comparação com o gás natural fóssil. A integração do biometano em protocolos corporativos de contabilização de emissões, como o GHG Protocol, ainda é incipiente e complexa, limitando sua atratividade para empresas que buscam neutralidade carbônica. Mesmo com a tentativa atual do governo em precificar o atributo verde através do Certificado de Origem do Biometano (CJOB), o setor se encontra pessimista frente a regulamentação do ativo, devido a sobrecarga de funções atribuições a ANP e o curto prazo para o início das obrigações previstas na Lei Combustível do Futuro. Ademais, o Brasil carece de um mercado de carbono regulado, sobrando um mercado voluntário baseado em certificados não reconhecidos formalmente, como os I-RECs.

A infraestrutura de distribuição constitui talvez o desafio mais formidável. A baixa penetração do gás natural na matriz energética brasileira, concentrada principalmente em regiões metropolitanas e industriais, resulta em uma malha de gasodutos restrita e fragmentada. Muitos dos polos geradores de biometano, localizados em regiões agropecuárias afastadas, encontram-se distantes dos gasodutos existentes, tornando proibitivo o custo da conexão. Isso força os produtores a optarem pela distribuição via caminhões (no formato de BMC), solução viável para nichos de mercado, mas de escala limitada e

² Centro de pesquisa e inovação em biogás, vinculado à Itaipu Binacional.

com custos logísticos elevados. Outra opção, como a liquefação do biometano, enfrenta um desafio ainda maior do alto custo de investimento e a falta de tecnologia de liquefação no território nacional. A dependência de importações de GNL (Gás Natural Liquefeito) representa outra vulnerabilidade estratégica. O Brasil importa volumes significativos de países como Estados Unidos, Catar e Trinidad e Tobago, expondo-se à volatilidade de preços internacionais e a riscos geopolíticos. Em contrapartida, o biometano oferece uma oportunidade única para baratear e ampliar o acesso ao gás para indústrias. Sua produção descentralizada permite que polos industriais localizados longe dos gasodutos principais tenham acesso a um gás mais barato e estável, reduzindo custos operacionais e aumentando a competitividade. Setores intensivos em energia, como cerâmica, alimentos e químicos, podem se beneficiar diretamente desta alternativa.

O desenvolvimento socioeconômico gerado pelas plantas de biogás no interior rural é outro aspecto relevante. A implantação dessas unidades gera empregos diretos e indiretos, diversifica a renda de produtores rurais (que passam a vender resíduos como insumo) e promove a inclusão energética em comunidades afastadas. No entanto, para maximizar estes benefícios, é crucial investir na especialização da mão de obra rural, com programas de capacitação técnica em operação e manutenção de biodigestores e unidades de purificação.

Em síntese, a consolidação do biometano como um pilar da segurança energética e da descarbonização no Brasil está condicionada à superação de um conjunto integrado de barreiras. Exige-se não apenas a continuidade e o aprimoramento de políticas públicas robustas e de longo prazo para demanda garantida e estabilidade regulatória, mas também avanços em inovação tecnológica para a nacionalização de equipamentos e a redução de custos. Paralelamente, são necessárias estratégias de mercado audaciosas que articulem toda a cadeia de valor, desde o produtor rural até o consumidor final, construindo narrativas de valor que transcendam o preço por metro cúbico e capturem integralmente os benefícios ambientais, sociais e estratégicos do biometano para o país. A superação da dependência de importações de GNL, o barateamento do gás para indústrias e o desenvolvimento socioeconômico rural são elementos-chave que devem ser priorizados nesta trajetória.

O Biometano no Futuro Energético Brasileiro

O biometano consolida-se como uma das fontes energéticas mais estratégicas para o futuro do Brasil, representando uma convergência singular entre potencial agroindustrial, demandas ambientais e necessidades de segurança energética. Sua trajetória de expansão no mercado interno está sendo

impulsionada por um movimento triplo: o crescente interesse em fontes renováveis além das hidrelétricas, a urgência na diversificação da matriz ante a crise hídrica e climática, e a valorização da economia circular como paradigma de desenvolvimento. A consolidação deste mercado, contudo, depende criticamente de três fatores interligados: a aceleração dos investimentos em infraestrutura de conexão e distribuição, a nacionalização e barateamento das tecnologias de purificação (upgrading), e a perenidade de políticas públicas de incentivo que criem demanda garantida e previsibilidade para os investidores. Projetos em andamento nas regiões Sul (com suinocultura), Sudeste (com sucroenergia e resíduos urbanos) e Centro-Oeste (com agroindústria e pecuária) demonstram que a produção pode escalar significativamente, transformando passivos ambientais em ativos energéticos e promovendo um ciclo virtuoso de valorização econômica e ambiental integrada ao território.

A inserção estratégica do biometano ocorre de forma transversal nos setores mais demandantes de energia da economia. No setor de transportes, seu potencial de substituição é particularmente relevante. Na forma de Biometano Comprimido (Bio-CNG), pode substituir o diesel em frotas pesadas (caminhões e ônibus) e o GNL em caminhões de longo curso, setores de difícil eletrificação, promovendo uma redução imediata e substantiva nas emissões de gases de efeito estufa e de poluentes locais. Essa mudança no setor de transportes vem sendo cada vez mais incentivada através dos chamados “corredores azuis”: uma política presente em diversas rodovias estaduais e federais voltadas a garantir o abastecimento de GNV e a autonomia dos veículos movidos a gás natural no território. Hoje, a rodovia Dutra e as rodovias estaduais do Paraná representam casos de sucesso na implementação desses corredores.

Na indústria, o biometano atua como fonte complementar de energia térmica de alta temperatura (para caldeiras e fornos) e elétrica, diminuindo a dependência do gás natural fóssilítico e mitigando a exposição à volatilidade de seus preços internacionais. Na geração elétrica, embora em escala ainda incipiente, o biometano oferece uma solução valiosa para a cogeração (Combined Heat and Power - CHP), aumentando a resiliência e a flexibilidade do sistema, podendo operar de forma despachável para complementar a intermitência de fontes solar e eólica.

Para além de suas aplicações setoriais, o papel do biometano na soberania energética nacional é profundo e multifacetado. Primeiro, por ser produzido domesticamente a partir de recursos abundantes e dispersos pelo território, ele reduz diretamente a dependência de importações de gás natural – que em 2024 ainda representaram uma fatia significativa do suprimento, economizando divisas e blindando o país contra choques geopolíticos e de preços no mercado global de energia. A substituição do gás

natural importado por biometano nacional permite ainda reduzir a exposição do Brasil às flutuações do mercado internacional e aos riscos geopolíticos associados aos fornecedores tradicionais. Segundo, ele fortalece a resiliência do sistema energético nacional ao adicionar uma fonte renovável e distribuível, reduzindo a pressão sobre o sistema elétrico em períodos de seca e diversificando a matriz de gás natural. Terceiro, e não menos importante, é uma ferramenta poderosa para o cumprimento das metas nacionais de descarbonização assumidas no Acordo de Paris. Ao capturar metano (CH_4) de resíduos, um gás com potencial de aquecimento global mais de 80 vezes superior ao CO_2 , e convertê-lo em energia útil, o biometano proporciona reduções de emissões líquidas drásticas, contribuindo para que o Brasil cumpra suas NDCs e se posicione como líder em economia de baixo carbono.

O desenvolvimento do biometano traz ainda impactos socioeconômicos significativos para o interior brasileiro. A implantação de plantas de produção gera empregos diretos e indiretos em regiões rurais, diversificando a economia agrícola e promovendo a fixação de mão de obra no campo. A capacitação técnica necessária para operação e manutenção das unidades de produção cria oportunidades de especialização profissional e desenvolvimento de cadeias locais de fornecedores. Além disso, o aproveitamento de resíduos agroindustriais como matéria-prima agrega valor a subprodutos que antes representavam passivos ambientais, criando novas fontes de renda para produtores rurais.

No cenário internacional, o Brasil detém todas as condições para transcender sua posição de produtor doméstico e se estabelecer como potência global em biometano. Seu know-how agrícola de classe mundial, sua experiência consolidada de décadas em biocombustíveis (como o etanol) e seu potencial de produção escalonável colocam-no em vantagem comparativa única. A participação em cadeias globais de valor de baixo carbono, a exportação de créditos de descarbonização e até mesmo de biometano liquefeito (Bio-LNG), e a exportação de tecnologia e serviços para outros países com grande potencial agropecuário (como na América Latina e África) são caminhos viáveis. A superação da atual dependência de tecnologia estrangeira para liquefação, através do desenvolvimento de capacitação nacional neste setor, será crucial para maximizar este potencial exportador. Desta forma, o biometano não apenas consolidará seu espaço na matriz energética brasileira, mas servirá como alavanca para uma inserção internacional soberana e de alto valor agregado, posicionando definitivamente o Brasil como uma potência energética verde no século XXI.

A realização deste potencial exigirá, contudo, um esforço coordenado entre governo, setor privado e academia. Políticas públicas de longo prazo, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e

a criação de marcos regulatórios estáveis serão essenciais para superar os desafios tecnológicos e de escala. A integração do biometano em uma estratégia mais ampla de transição energética, que considere também a eletrificação de veículos leves e o desenvolvimento de outras fontes renováveis, permitirá maximizar seus benefícios ambientais e econômicos. Com o planejamento e investimentos adequados, o biometano poderá transformar-se de uma promessa em um pilar fundamental da segurança energética e do desenvolvimento sustentável do Brasil.

Considerações Finais

O presente estudo evidencia que o biometano representa uma alternativa estratégica de alto potencial para o fortalecimento da matriz energética brasileira, contribuindo simultaneamente para a soberania energética, a diversificação de fontes e a redução das emissões de gases de efeito estufa. A análise do panorama internacional demonstra que o mercado de biometano está em franca expansão em regiões como a União Europeia, os Estados Unidos e a Ásia, onde políticas públicas robustas, mecanismos de incentivo econômico e avanços tecnológicos têm catalisado investimentos e a estruturação de cadeias produtivas. Essas experiências oferecem valiosas lições e modelos de regulação, financiamento e integração de mercados que podem ser adaptados à realidade brasileira, encurtando a curva de aprendizado e evitando a repetição de erros.

No cenário nacional, o potencial de produção baseado no aproveitamento de resíduos agrícolas, urbanos e pecuários é excepcional, posicionando o Brasil entre os países com maior capacidade global. Este potencial é reforçado por iniciativas regulatórias em desenvolvimento, como o programa RenovaBio, que introduz os Créditos de Descarbonização (CBIOS) como mecanismo de valorização ambiental, e pela política "Combustível do Futuro", que sinaliza a intenção de integrar o biometano à matriz energética de forma estrutural. Projetos pioneiros de empresas líderes, como Cocal, Raízen, Copersucar e CIBiogás, já demonstram a viabilidade técnica e econômica da produção, ainda que em escala inicial, criando casos de sucesso que podem ser replicados e escalonados.

Não obstante, a trajetória de expansão enfrenta barreiras substantivas. O alto custo de tecnologia ainda majoritariamente importada, a baixa valorização do atributo ambiental por parte do mercado, as dificuldades de integração em protocolos de contabilização de emissões como o GHG Protocol e, sobretudo, a limitada infraestrutura de distribuição, reflexo da histórica baixa adesão ao gás natural no país, constituem obstáculos críticos. A dependência de importação de equipamentos para liquefação e a

necessidade de especialização da mão de obra rural para implementação das plantas de biometano representam desafios adicionais que precisam ser superados. Superá-los exigirá não apenas a continuidade das políticas públicas, mas sua evolução para mecanismos mais ousados e eficazes, como leilões específicos, mandatos de mistura obrigatória e instrumentos financeiros que reduzam o custo de capital para investimentos em infraestrutura e inovação.

A despeito desses desafios, o biometano mantém-se como uma oportunidade ímpar para o Brasil. Sua capacidade de contribuir para setores estratégicos – substituindo diesel no transporte pesado, gás natural fóssil na indústria e oferecendo geração despachável para o sistema elétrico – fortalece a resiliência energética nacional. A produção doméstica de biometano permite reduzir a perigosa dependência das importações de GNL, que submetem o país à volatilidade dos preços internacionais e a riscos geopolíticos. Ao mesmo tempo, projeta o país internacionalmente como uma potência em energias renováveis, capaz de aliar seu domínio agroindustrial à vanguarda da bioeconomia circular.

O desenvolvimento do biometano também traz impactos socioeconômicos significativos para o interior brasileiro, gerando empregos, diversificando a economia rural e promovendo a inclusão energética em comunidades afastadas. A capacitação técnica da mão de obra local e o aproveitamento de resíduos agroindustriais como matéria-prima criam novas oportunidades de desenvolvimento regional, transformando passivos ambientais em ativos energéticos.

Portanto, a expansão do mercado interno e a integração aos mercados globais de energia limpa e créditos de carbono apresentam caminhos promissores para a consolidação definitiva do biometano. Futuras pesquisas devem concentrar-se na nacionalização de tecnologias, na redução de custos de produção e no desenvolvimento de modelos de negócio inovadores. As políticas públicas, por sua vez, devem priorizar a criação de um ambiente regulatório estável e previsível, incentivos econômicos direcionados e estratégias de mercado que capturem integralmente o valor estratégico do biometano. Desta forma, poderá este combustível renovável estabelecer-se como um vetor central na transição energética brasileira, assegurando não apenas um futuro energético mais sustentável e soberano, mas também posicionando o Brasil como líder global na nova economia de baixo carbono, capaz de conciliar desenvolvimento econômico, soberania energética e responsabilidade ambiental.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. *Outlook for Biogas and Biomethane: Prospects for Organic Growth*. Paris: IEA, 2020.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. *Global Methane Tracker 2025*. Paris: IEA, 2025a.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. *Gas Market Report Q1-2025*. Paris: IEA, 2025b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOGÁS (ABiogás). *Potencial de Produção de Biometano no Brasil*. Brasília: ABiogás, 2024.

CIBiogás. *BiogásMap: Mapeamento do Potencial de Biogás no Brasil*. Curitiba: CIBiogás, 2023.

Combustível do Futuro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/combustivel-do-futuro> . Acesso em: 19 Jul. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. *REPowerEU Plan*. Bruxelas: European Commission, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: Ano Base 2024*. 16. ed. Rio de Janeiro: EPE, 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Matriz Energética Nacional 2022*. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Nota Técnica Metodológica – Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano*. Nota Técnica EPE/DPG/SPG/07/2025. Rio de Janeiro: EPE, jun. 2025.

ENERNINET. *Biomethane in Denmark: Annual Report 2025*. Fredericia: Energinet, 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *A Vision for Clean Cooking Access for All*. Paris: IEA, 2023.

JOINT RESEARCH CENTRE. *Methane Emissions in the Biogas and Biomethane Supply Chains in the EU*. Bruxelas: European Commission, 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Política Combustível do Futuro*. Brasília: MME, 2023.

Conflito De Interesses

Os autores deste manuscrito declaram que não possuem conflito de interesses.

Disponibilidade De Dados

Não se aplica. Este estudo não gerou dados de pesquisa primários

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.