



Biogás e biometano no Brasil: panorama e perspectivas

Biogas and biomethane in Brazil: overview and perspectives

Geraldo Lavigne de LEMOS^{1*}, Maxiane Frank Oliveira CARDOSO¹, Hirdan Katarina de Medeiros COSTA¹

¹ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil.

* E-mail de contato: geraldolavigne@usp.br

Artigo recebido em 5 de dezembro de 2022, versão final aceita em 1 de novembro de 2023, publicado em 28 de junho de 2024.

RESUMO: Estima-se que o Brasil pode produzir na atualidade 84,6 bilhões de Nm³/ano, o maior potencial do mundo para a produção de biogás e, por consequência, de biometano. Todavia, o potencial brasileiro não é explorado. Apesar do crescimento de 779% na produção de biogás entre 2011 e 2020, a produção permanece em níveis próximos a 1,5% do potencial nacional. A legislação em nível federal é insuficiente e a legislação em nível estadual não ocorre em todas as unidades da federação. O presente estudo tem por objetivo compreender a situação regulatória dos setores de biogás e biometano no Brasil e, em seguida, expor desafios e oportunidades de tais setores, para, ao cabo, sugerir caminhos de desenvolvimento para esses setores no país. O estudo foi desenvolvido mediante pesquisa bibliográfica com a obtenção de dados diretos e indiretos dos setores pesquisados e oriundos de órgãos oficiais, legislação vigente, literatura científica e instituições de pesquisa. Os resultados apontam que o Brasil deve incluir o biogás e o biometano na agenda política do setor energético, conceder incentivos econômicos, promover a pesquisa, melhorar a divulgação das rotas tecnológicas e utilizar o biogás e o biometano como uma estratégia de descarbonização para a transição energética, tornando-se líder mundial em tais setores. Este artigo tem a pretensão de servir de literatura para pesquisadores e planejadores na área analisada, contribuindo para o enriquecimento do debate.

Palavras-chave: biocombustíveis; biogás; biometano; transição energética; descarbonização.

ABSTRACT: It is estimated that Brazil can currently produce 84.6 billion Nm³/year, the world's largest potential for the production of biogas and, consequently, of biomethane. However, the Brazilian potential is not exploited. Despite a 779% growth between 2011 and 2020, biogas production remains at levels close to 1.5% of the national potential. Federal legislation is insufficient, and state-level legislation is not present in all federative units. The objective of the current study is to understand the regulatory situation of the biogas and biomethane sectors in Brazil and, subsequently, to present the challenges and opportunities of these sectors, in order to suggest development paths for them in the country. The study was developed through bibliographic research

with collection of direct and indirect data from the researched industries and from official bodies, current legislation, scientific literature and research institutions. The results indicate that Brazil should include biogas and biomethane in the political agenda of the energy sector, grant economic incentives, promote research, improve the dissemination of technological routes, and use biogas and biomethane as a decarbonization strategy for energy transition, thus becoming a world leader in these sectors. This article aims at serving as reference for researchers and planners in the analyzed area, contributing to enriching the debate.

Keywords: biofuels; biogas; biomethane; energy transition; decarbonization.

1. Introdução

O uso de combustíveis fósseis e a industrialização da agricultura, entre outros fatores, desestabilizaram o meio ambiente (Rockström *et al.*, 2009). A influência humana na harmonia planetária é de tal porte que já se sugere uma nova era geológica denominada Antropoceno, em substituição ao Holoceno (Steffen *et al.*, 2015). A humanidade é responsável pelo aquecimento global, provocado pela emissão de gases de efeito estufa, entre outras importantes influências na biosfera. Há necessidade urgente de promover a transição energética para aplacar o processo de mudança climática (IPCC, 2021).

A comunidade internacional comprehende que o gás natural promoverá a integração entre os combustíveis fósseis e as energias renováveis na via da descarbonização (MME & EPE, 2020; IGU, 2021) e pode haver uma progressiva substituição do gás natural pelo biogás e pelo biometano. Os estudos sobre biogás e biometano - assim como nos casos de fornecimento e consumo - utilizam a unidade de medida denominada Normal Metro Cúbico, de abreviação Nm³, que corresponde à quantidade de gás que ocupa um metro cúbico em condições normais de temperatura e pressão, estabelecidas como condições padrões. O Brasil detém o potencial de produzir 84,6 bilhões de Nm³/ano de biogás, equivalente a cerca de 44,7 bilhões de Nm³/ano de bio-

metano (ABILOGÁS, 2020). Apesar do crescimento de 779% na produção de biogás entre 2011 e 2020, a produção permanece em níveis próximos a 1,5% do potencial nacional (CIBIOGÁS, 2020; 2021).

Diante desse contexto, é de fundamental importância compreender os setores de biogás e biometano no Brasil contemporâneo, com o apontamento das barreiras e das oportunidades (CIBIOGÁS, 2020; 2021). O biogás é produzido na digestão anaeróbia da matéria orgânica e se constitui de uma mistura de gases composta especialmente de metano e dióxido de carbono. Se liberado na atmosfera, o biogás contribui para o efeito estufa. Contudo, após a remoção de compostos como vapor d'água, sulfeto de hidrogênio, amônia, siloxanos e particulados pelo processo de limpeza (*cleaning process*), o biogás pode ser aproveitado como combustível em caldeiras, por exemplo. Por sua vez, o biometano decorre da purificação ou *upgrading* do biogás, com a elevação das concentrações de metano, sendo comparável com o gás natural quando atinge concentrações acima de 90%. O biometano pode compartilhar os gasodutos e a infraestrutura de gás natural, com uso em termelétricas e veículos, entre outras instalações residenciais, comerciais e industriais (Coelho *et al.*, 2018; 2021).

O biogás e o biometano são dois combustíveis renováveis promissores para a transição energética e podem ser estratégicos para a segurança nacional

na matriz energética. Além disso, o biogás e o biometano podem contribuir de forma significativa para atingir as metas de descarbonização do Acordo de Paris consolidadas no compromisso brasileiro assumido na Contribuição Nacionalmente Determinada, ora em sua terceira versão (BRASIL, 2022), submetida à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima em 07 de abril de 2022 (UNFCCC, 2022).

O presente estudo tem por objetivo principal compreender a situação regulatória dos setores de biogás e biometano no Brasil, descrevendo e analisando as principais características do arranjo normativo recente. Para tanto, tem como objetivos específicos contextualizar os setores de biogás e biometano no Brasil e identificar os desafios e as oportunidades. Com base nos objetivos específicos anteriores, a pesquisa visa, também, a discutir como os setores de biogás e biometano podem ser desenvolvidos no Brasil. Nesse contexto, o presente estudo apresenta o panorama do biogás e do biometano no Brasil, o contexto de fato e as normas brasileiras vigentes em nível federal e estadual. Em seguida, expõe as principais barreiras e oportunidades identificadas aos setores de biogás e de biometano no Brasil. Ao final, traça considerações decorrentes do estudo realizado.

2. Materiais e métodos

A metodologia da presente pesquisa foi desenvolvida mediante pesquisa exploratória e descritiva, baseada em pesquisa bibliográfica e documental, com coleta de dados indiretos oriundos de órgãos oficiais e instituições públicas e privadas. Além do mais, levou em conta pesquisa da literatura científica,

da produção técnica, os relatórios setoriais e as normas legais e técnicas, todos associados aos biocombustíveis e à economia de baixo carbono. Os dados coletados foram analisados de forma qualitativa e quantitativa, com adoção do método dedutivo como vetor central da condução dos trabalhos. A análise dos dados permitiu descrever as características dos setores de biogás e biometano, assim como o marco regulatório, a situação presente e os dados projetados. Com base nessas informações e nas projeções do setor, a presente pesquisa discutiu as barreiras e as oportunidades de desenvolvimento do biogás e do biometano no Brasil.

3. Panorama do biogás e do biometano no Brasil

3.1. Contexto dos setores de biogás e biometano

As energias renováveis são consideradas fontes alternativas aos combustíveis fósseis, compreendem fontes reabastecidas naturalmente e incluem geotermal, solar, hidráulica, eólica e as decorrentes da biomassa (Ferraz Junior *et al.*, 2022). A biomassa é toda matéria orgânica de origem animal ou vegetal; Ela armazena energia química e, quando é destinada ao aproveitamento energético, a biomassa é considerada uma fonte primária de energia não fóssil (EPE, 2021). A liberação dessa energia química da biomassa ocorre por diversas rotas tecnológicas para a produção da bioenergia (MME & EPE, 2020).

Uma das rotas tecnológicas é a digestão anaeróbica em um ambiente livre de oxigênio para a produção de biogás, uma mistura de metano, gás

carbônico e pequenas quantidades de outros gases (IEA, 2021). O biogás pode ser utilizado em diversas finalidades, a exemplo de produção de vapor, aquecimento, geração elétrica, injeção na rede de gás natural e combustível veicular (Ferraz Junior *et al.*, 2022). A rota tecnológica de produção de biogás pode ser aplicada em esgoto sanitário, resíduos urbanos, agropecuários e agroindustriais, entre outros. O uso adequado dos resíduos e efluentes torna quaisquer dessas atividades mais sustentável, eficiente e rentável, atrai o desenvolvimento e oferece postos de trabalho (Costa, 2021; i17, 2021b).

A numerosa população brasileira gera importante quantidade de resíduos sólidos urbanos e de esgoto sanitário (i17, 2021b). Estima-se que ocorreu, em 2019 no Brasil, a geração de 79.069.585 toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo coletadas 72.748.515 dessas toneladas, que corresponde a 92%. Dos resíduos sólidos urbanos coletados, 59,5% foram destinados a aterros sanitários, 23% foram destinados a aterros controlados e 17,5% foram depositados em lixões (ABRELPE, 2020). Tais resíduos e efluentes sempre representaram uma preocupação das cidades com a adequada destinação e redução dos impactos ambientais. Ocorre que os resíduos e efluentes urbanos também podem ser utilizados para fins de aproveitamento energético (Costa, 2021). O biogás está entre os três principais produtos energéticos dos resíduos sólidos urbanos, juntamente com a eletricidade (gerado da incineração ou da queima do próprio biogás) e o calor (MME & EPE, 2020).

No mesmo contexto, as produções agropecuária e agroindustrial representam significativa participação no produto interno brasileiro e possuem relevância mundial. Os resíduos e efluentes dessas atividades, antes subaproveitados, passaram a ser

objeto de estudos para fins de aproveitamento energético, entre outros. O Brasil já aproveita bagaço de cana, lixívia, cascas de arroz, sebos ou gorduras animais, mas ainda existe grande oferta de resíduos de cana (palhas e pontas, vinhaça e torta de filtro), cavaco, palhas de soja e milho, cascas de café, resíduos de coco, feijão, amendoim, mandioca, cacau, entre outros (MME & EPE, 2020). Diversos estudos continuam sendo traçados nessas áreas, como é o caso da vinhaça (Almeida; Rizzato, 2022), mas existe bastante espaço para pesquisa e desenvolvimento no setor.

No mundo, o principal continente produtor de biogás é a Ásia, que também detém o maior potencial. Atualmente, cerca de 70% do biogás produzido no mundo é consumido para força e calor, 20% são utilizados para cozinhar e 10% é purificado em biometano. O biometano é um gás quase puramente composto por metano e é produzido tanto pela purificação do biogás como pela gaseificação (IEA, 2021). A purificação ou *upgrading* do biogás é um processo de remoção do gás carbônico e de outros gases, elevando a concentração do metano a valores entre 80 e 99% (Ferraz Junior *et al.*, 2022). Se todo o biogás produzido no mundo fosse purificado para biometano, o fornecimento de biometano seria equivalente a 20% da atual demanda por gás natural (IGU, 2021).

Todavia, quando os países são analisados de forma individualizada, o Brasil destaca-se como o possuidor do maior potencial para a produção de biogás no mundo (CIBIOGÁS, 2020; IGU, 2021). Em 2018, o potencial de produção de biogás do Brasil era estimado em cerca de 84,6 bilhões de Nm³/ano, e em 2019 foi produzido no Brasil apenas 1,3 bilhão de Nm³, ou seja, 1,5% do potencial nacional (CIBIOGÁS, 2020). Tal potencial é evidentemente

subaproveitado. No contexto atual, avalia-se que a produção potencial poderia fornecer 36% da demanda energética nacional ou 70% da demanda por diesel (IGU, 2021).

O BEP (i17, 2021b) estimou a oferta potencial de biogás a curto prazo no Brasil para resíduos e efluentes facilmente coletáveis em setores da pecuária (suinocultura em terminação, avicultura de postura e bovinocultura de leite), da indústria (indústrias de laticínios, abatedouros de suínos, abatedouros de aves, abatedouros de bovinos e indústria sucroenergética) e do saneamento (estações de tratamento de esgoto e resíduos sólidos urbanos), com dados de 2017 a 2021. O resultado, que o BEP considera conservador e atingível em até cinco anos, identificou o volume potencial de 10,8 bilhões de Nm³/ano de biogás, equivalente a 7,3 bilhões de Nm³/ano de biometano.

AABIOGÁS (2020) também estimou o potencial brasileiro de biogás, porém por uma metodologia mais abrangente, nos setores sucroenergético, da agroindústria (abatedouros, dejetos animais, laticínios, mandioca, milho e soja) e do saneamento (resíduos sólidos urbanos e esgoto sanitário) para o ano de 2019. O resultado da AABIOGÁS identificou o volume potencial de 84,6 bilhões de Nm³/ano de biogás, equivalente a cerca de 44,7 bilhões de Nm³/ano de biometano.

3.2. Produção de biogás e biometano no Brasil

De acordo com o CIBIOGÁS (2022), o Brasil possui 811 plantas com capacidade produtiva de 2,82 bilhões Nm³/ano; porém, encontram-se em operação 755 unidades, perfazendo uma produção

de 2,35 bilhões Nm³/ano, sendo que, dentre as demais 56 unidades, 44 estão em implantação e 12 estão em reformulação ou reforma. Cabe ressaltar que a grande maioria das plantas produtoras são pequenas e pouco representativas na produção total. Em números, aproximadamente 80% das plantas são responsáveis por apenas 0,178 bilhão Nm³/ano, cerca de 7% da produção total. Por sua vez, as grandes plantas marcam importante representatividade na produção total, de modo que apenas 51 unidades produzem 1,93 bilhão de Nm³/ano.

Outro fator de destaque na produção nacional de biogás está no desequilíbrio entre o potencial e a produção. Segundo o BEP (i17, 2021b), a indústria sucroenergética tem capacidade de produzir 7,2 bilhões Nm³/ano de biogás, mas esse fato não reflete na participação do setor sucroalcooleiro na produção total de biogás. Os dados apontam que 74% (1,74 Nm³/ano) da produção atual é oriunda do setor de resíduos sólidos urbanos (RSU) e saneamento (i17, 2021b). Segundo dados da Instituto de Economia Agrícola (IEA), o estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar do país, concentrando cerca de 54% da safra 2020/21 e 48% da produção de etanol, equivalente a 14,3 bilhões de litros (Nachiluk, 2021). Uma vez que cada litro produzido de etanol gera também de 10 a 12 litros de vinhaça, que podem ser reaproveitados para produção de biogás e biometano (Coelho *et al.*, 2018), o estado de São Paulo detém o principal potencial de produção de biogás do setor de efluentes de processamento de cana-de-açúcar. A utilização desse potencial decorrente da vinhaça depende de uma análise de custo-benefício, já que a vinhaça também é utilizada na fertirrigação (Elia Neto, 2005; 2016).

Tratando-se de biometano, a produção nacional acompanha a tendência mundial, onde menos

de 20% (522 milhões Nm³/ano) da produção total é purificada, com apenas 10 unidades produtoras. A produção encontra-se concentrada na Região Sudeste, que abriga 6 unidades, sendo que 4 possuem o RSU e saneamento como fonte supridora, 1 agropecuária e 1 indústria (sucroenergética). Apenas 6 unidades possuem autorização junto à ANP para produção e comercialização, conforme tabela 1.

Novas solicitações de autorização junto à ANP mostram a possibilidade de dobrar a atual capacidade produtiva de biometano nos próximos anos, com a construção prevista de mais 13 unidades produtoras e a produção estimada de 420 mil Nm³/dia. A concretização desses investimentos depende de um ambiente econômico e regulatório favorável, além da disponibilidade da matéria-prima necessária.

Cardoso & Mouette (2022) destacam que a produção de biometano ainda é inexpressiva diante da oferta nacional de gás natural (GN). Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), no ano de 2021 foi ofertado o volume de gás de 45,36 milhões Nm³/dia em média, e apenas 0,01% dessa oferta é do biocombustível, que não faz parte desses dados

de acompanhamento. A mesma relação podemos fazer para a geração de energia elétrica através de fonte do biogás, que, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), responde por 1,4% da produção da energia renovável contabilizada.

3.3. Utilização de biogás e biometano no Brasil

Apesar de existir a oferta do biometano no Brasil, ele ainda não possui uma escala representativa no país. Há sinais de demanda crescente por esse produto, principalmente por seu apelo sustentável. Empresas com compromissos públicos de redução de emissões de GEE buscam investimentos alternativos e ambientalmente sustentáveis para suas operações, procurando adequação da cadeia produtiva a essa nova realidade.

Dentro desse contexto, a Scania, uma produtora sueca de caminhões, ônibus e motores automobilísticos, declarou seu objetivo em guiar a mudança com a condução de um sistema de transporte sus-

TABELA 1 – Unidades produtoras de biometano com autorização da ANP

Razão social	Região	Estado	Capacidade Autorizada (m ³ /d)	Capacidade Processamento (m ³ /d)	Volume processado (m ³ /d)
Gás Verde S.A.	Sudeste	Rio de Janeiro	204.000	480.000	397.119
Cocal Energia S.A.	Sudeste	São Paulo	27.112	51.600	3
GNR Dois Arcos Valorização de Biogás Ltda.	Sudeste	Rio de Janeiro	16.000	30.672	28.635
Engep Ambiental Ltda.	Sudeste	São Paulo	30.000	84.000	29.549
GNR Fortaleza Valorização de Biogás Ltda.	Nordeste	Ceará	110.000	300.000	146.695
Metagás Biogás e Energia S.A.	Sudeste	São Paulo	30.000	60.000	12.930

FONTE: ANP, Produtos de biocombustíveis, 2023

tentável. Estabeleceu uma meta em que os veículos produzidos em 2025 deverão ter emissões de CO₂ 20% menores por quilômetro em comparação com os veículos produzidos em 2015. Isso resultou no desenvolvimento de motores movidos a fontes renováveis de combustível ou gás natural, em seus diferentes estágios – comprimido ou liquefeito – e de suas diferentes fontes – fóssil ou renovável – para o motor de combustão. Um veículo funcionando com biometano pode reduzir as emissões de CO₂ do ‘Well-to-Wheel’¹ em até 80%, em comparação com um equivalente em diesel fóssil.

Grandes transportadoras parceiras da Scania e imersas no ecossistema de transporte trabalham em estreita colaboração com os clientes, operadores logísticos e transportadores, fornecedores de

infraestrutura, fornecedores de combustível e outros tomadores de decisão. Em 2021, iniciaram-se as negociações e as operações comerciais com caminhões movidos a GNV e biometano e, de acordo com a Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE, 2022), observamos o crescimento no número de emplacamentos de caminhões a GN, totalizando 374 caminhões devidamente regularizados para operarem. De fato, nem todos abastecem com o biometano, mas parte dessa produção é direcionada para o mercado.

A L’Oréal Brasil, empresa do setor de cosméticos que ocupa a terceira colocação no ranking de vendas brasileiro, iniciou em agosto de 2020 o transporte de seus produtos com carretas movidas a biometano (Carletto, 2020). Segundo a diretora

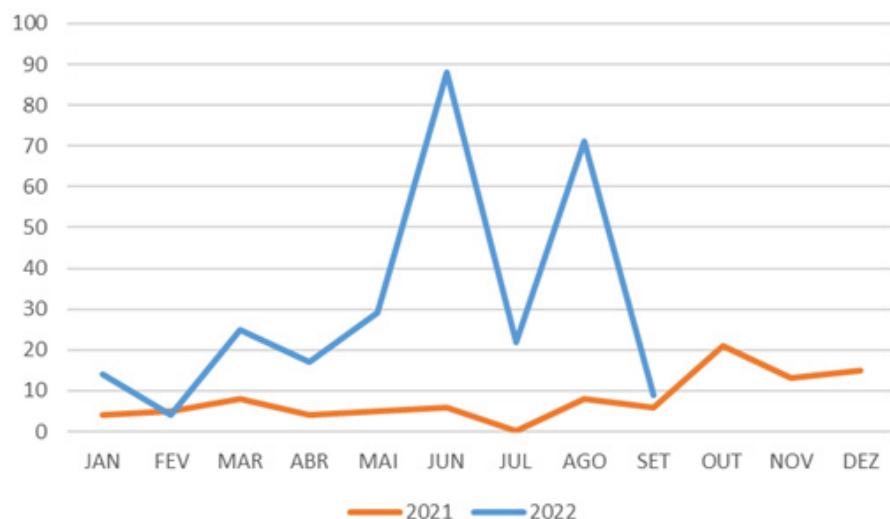


FIGURA 1 – Emplacamento de caminhões à GN.

FONTE: Elaboração própria a partir de dados sobre emplacamento FENABRAVE, 2022.

¹ Em tradução livre, *Well-to-Wheel* significa do poço a roda e representa uma avaliação do ciclo de vida que contempla as emissões desde a origem da matéria-prima para produção do combustível até o descarte final ou sua utilização total. Tal conceito permite avaliar e comparar o balanço de gases de efeito estufa de diversos combustíveis para a definição de preferências e estratégias.

Maya Colombani, o projeto está alinhado com a ambição de criar um futuro melhor, buscando alcançar as metas traçadas para o que nomeiam de “novo compromisso com a sustentabilidade”, com metas de transformação do negócio, empoderamento do ecossistema empresarial e contribuição dos desafios sociais e ambientais urgentes, até 2030 (Carletto, 2020). Vemos, assim, alargar-se o caminho da governança socioambiental (Carletto, 2020).

A Ambev também utiliza o biogás da estação de tratamento de seus efluentes para movimentar turbinas e gerar eletricidade. Tal energia renovável reduz as emissões de GEE e evita a sobrecarga da rede elétrica. Segundo Anderson Carneiro de Souza, Especialista em Energia e Fluidos da Cervejaria Ambev, a empresa possui metas voltadas para sustentabilidade e assumiu o compromisso de reduzir em 25% as emissões de carbono ao longo da cadeia de valor até 2025 (AMBEV 2020).

Nota-se a crescente utilização do biogás e do biometano no Brasil, além da janela de oportunidade para servirem como combustíveis alternativos de transição energética e descarbonização. Há, inclusive, a possibilidade de o biogás e o biometano substituírem importantes fatias do próprio mercado de gás natural, aproveitando toda a infraestrutura já instalada. O biogás e o biometano são combustíveis promissores para a realidade brasileira, dado o significativo potencial nacional de produção.

4. Normas brasileiras sobre biogás e biometano

As normas brasileiras sobre biogás e biometano estão em constante atualização, dada a contemporaneidade do tema. Por sua vez, as similaridades entre biogás, biometano e gás natural permitem que

algumas normas sejam compartilhadas entre esses combustíveis. Veja-se caso a caso.

4.1. Constituição federal e normas federais aplicáveis aos setores de biogás e biometano

O biogás e o biometano são combustíveis alternativos ao gás natural e aos combustíveis derivados do petróleo. Contudo, tais combustíveis não se confundem. Enquanto o biogás e o biometano são combustíveis obtidos a partir da biomassa, uma fonte renovável, o gás natural e os combustíveis obtidos do petróleo são de fontes não renováveis, fósseis. Em razão disso, o artigo 177 da Constituição Federal de 1988, que impõe o monopólio da União sobre petróleo e gás natural, não se aplica ao biogás e ao biometano, ainda que a possibilidade de contratar com empresas estatais ou privadas a realização das atividades próprias do monopólio da União sobre petróleo e gás natural tenha sido posteriormente introduzida pela Emenda Constitucional nº 9, de 1995, que deu nova redação ao §1º do artigo 177 e incluiu o §2º no mesmo artigo.

Tampouco se aplica ao biogás e ao biometano os trechos da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, sobre o exercício do monopólio, com destaque para a Seção I. Em âmbito federal, a referida Lei nº 9.478/1997 dispõe sobre a Política Energética Nacional e sobre as atividades relativas ao monopólio do petróleo, e instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Considerando que as atividades econômicas da indústria de biocombustíveis não estão reservadas ao monopólio estatal, a Lei nº 9.478/1997, com modificações incluídas pela Lei nº 12.490/2011, garante que qualquer empresa ou consórcio de

empresas constituídas sob as leis brasileiras com sede e administração no país poderá obter autorização da ANP para exercer tais as atividades, com fins de exploração em regime de livre iniciativa e ampla competição.

Na Lei nº 9.478/1997 encontram-se os conceitos vigentes de gás natural, biocombustível, biodiesel, etanol e bioquerosene. Note-se que a Lei nº 9.478/1997 vigeu sem qualquer menção a biocombustíveis até o advento da Lei nº 11.097/2005, primeira lei modificadora. Assim, a Lei nº 9.478/1997 aplica-se ao biogás e ao biometano em tudo que regula os biocombustíveis. Contudo, mesmo após as modificações introduzidas pelas leis nº 11.097/2005, 11.909/2009, 12.490/2011 e 13.033/2014, ela permanece omissa quanto aos conceitos de biogás e biometano.

Transcorreu um longo lapso temporal até o advento da próxima lei federal sobre biocombustíveis. Trata-se da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), parte integrante da Política Energética Nacional de que trata a Lei nº 9.478/1997. A Lei nº 13.576/2017 tem por objetivos, em suma,

- (i) contribuir para o cumprimento dos compromissos brasileiros no âmbito do Acordo de Paris;
- (ii) melhorar a eficiência energética e a redução de emissões de gases causadores do efeito estufa no setor de biocombustíveis;
- (iii) ampliar a produção e o uso de biocombustíveis na matriz energética nacional; e
- (iv) melhorar a participação e a competitividade dos biocombustíveis no mercado nacional.

Ocorre que a Lei nº 13.576/2017 não introduz novos conceitos, pois, sendo parte integrante da Política Energética Nacional, aproveita os conceitos constantes na Lei nº 9.478/1997. Assim, o biogás e o biometano também não foram tratados de forma expressa. Segundo MME e EPE (2020), a RenovaBio adota o etanol anidro e o hidratado, de primeira e de segunda geração, o biodiesel, o biometano, o bioquerosene de aviação (bioQAV) e os biocombustíveis alternativos.

No mesmo sentido, a Lei nº 14.134/2021, chamada de Nova Lei do Gás, trata em exclusividade matérias e conceitos do gás natural, relegando ao biogás e ao biometano uma discreta passagem, em que afirma que, para fins do disposto na Lei nº 14.134/2021, o gás que não se enquadrar na definição de gás natural nela prevista poderá ter tratamento equivalente, desde que aderente às especificações estabelecidas pela ANP. Assim, o biometano, assim como outros gases que possam ser considerados equivalentes no setor regulado, poderão gozar da aplicação das premissas do gás natural. De qualquer modo, ainda que tenha sido vista a Lei nº 14.134/2021 como uma modernização da Lei do Gás anterior, qual seja, a Lei nº 11.909/2009, é certo que a Lei nº 14.134/2021 não foi capaz de disciplinar a contento o biogás e o biometano, biocombustíveis tão importantes para a economia de baixo carbono e para a transição energética.

A importância do biogás e do biometano somente ganhou maior destaque com o advento do Decreto nº 11.003/2022, que instituiu a estratégia federal de incentivo ao uso sustentável desses gases. Voltada para o enfrentamento das mudanças climáticas, a norma busca contribuir para o cumprimento dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mu-

dança do Clima, do Pacto Climático de Glasgow e do Compromisso Global de Metano. Finalmente, o Decreto nº 11.003/2022 tratou de conceituar o biogás e o biometano da seguinte forma:

(i) biogás é o gás bruto cuja composição contenha metano obtido de matéria-prima renovável ou de resíduos orgânicos e

(ii) biometano é o biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás, observadas as especificações estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP.

O Decreto nº 11.003/2022 consolidou as fontes conhecidas de biogás e biometano, citando os resíduos dispostos em aterros sanitários, os resíduos gerados em estações de tratamento de esgoto, os resíduos da cadeia sucroenergética e os resíduos de suinocultura, avicultura e outros, sem excluir futuras descobertas de fontes, em um rol não taxativo. O Decreto nº 11.003/2022 trouxe normas importantes para o desenvolvimento do biogás e do biometano no país e, entre as inovações, merece destaque o incentivo ao mercado de carbono, com a criação do crédito de metano, um ativo financeiro, ambiental, transferível, semelhante ao crédito de carbono. Outrossim, foi a partir do Decreto nº 11.003/2022 que o Ministério do Meio Ambiente editou a Portaria MMA nº 71, de 21 de março de 2022, com a finalidade de instituir o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano – Metano Zero. Entre os objetivos estratégicos do programa, encontra-se o uso sustentável de biogás e biometano como fontes renováveis de energia e combustível.

Destarte, os avanços identificados em nível federal podem sustentar importantes inovações no

setor energético, no que tange ao biogás e ao biometano, viabilizando novos mercados. Essas normas, contudo, dependem de divulgação e implementação para que produzam os efeitos esperados. Além disso, tratando-se de setores regulados, a atividade exige a devida atenção da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis para operar de modo adequado.

4.2. Normas da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) aplicáveis aos setores de biogás e biometano

O biogás e o biometano passaram a fazer parte da matriz energética brasileira com a edição, pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da Resolução nº 8, de 30 de janeiro de 2015, e da Resolução nº 685, de 29 de junho de 2017, em consequência da Lei nº 12.490/2011 (Ferraz Junior *et al.*, 2022). A ANP tratou do biogás e do biometano, pela primeira vez, com a edição da Resolução nº 8/2015, em que especificou o biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinados ao uso veicular (GNV) e às instalações residenciais e comerciais. Nos considerandos da referida Resolução, a ANP afirmou que o biometano atende à definição de biocombustíveis estabelecida na Lei nº 12.490/2011, o que expressa de forma contundente a interpretação da agência reguladora sobre o enquadramento.

A presença de siloxanos em biogás de aterro e de esgoto sanitário interfere na conservação dos motores, caldeiras e turbinas, gerando impactos operacionais e perda de eficiência térmica (Silva,

2015; Coelho *et al.*, 2018) e, como à época inexistia a devida metodologia de análise e controle de siloxanos definida pela agência reguladora, a Resolução nº 8/2015 tratou exclusivamente de resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais. A Resolução nº 685/2017 somente ocorreu anos depois, enquanto se aguardava a definição dessa metodologia. Com a edição da Resolução nº 685/2017, a ANP estabeleceu as regras para aprovação do controle da qualidade e a especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. Nessa ocasião, a ANP estabeleceu conceitos normativos para biogás, biometano e produtor.

A atividade veio a ser completamente regulada pela ANP com a edição da Resolução nº 734, de 28 de junho de 2018 que regulamentou a autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis e a autorização de operação da instalação produtora de biocombustíveis. Mais uma vez, para efeitos da Resolução nº 734/2018, a ANP estabeleceu conceitos normativos, agora para biocombustíveis. Já em 2022, a ANP substituiu a Resolução nº 685/2017, pela Resolução nº 886/2022, que passou a ser a regra vigente para estabelecer a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional. Entre as obrigações previstas na norma, os produtores de biometano devem analisar os teores de siloxanos, clorados e fluorados, além de remover siloxanos, halogenados e contaminantes que possam causar danos à saúde

pública e ao meio ambiente, mantendo o biometano conforme as especificações da ANP.

Nos termos da Lei nº 9.478/1997, artigo 68-A, os interessados em exercer atividades econômicas da indústria de biocombustíveis necessitam de autorização da ANP, que deverá considerar

- (i) a comprovação das condições previstas em lei específica;
- (ii) a constituição de empresa ou consórcio sob as leis brasileiras, com sede e administração no país;
- (iii) o projeto básico da instalação, em conformidade com normas e padrões técnicos;
- (iv) o licenciamento ambiental;
- (v) o projeto de controle de segurança das instalações aprovado pelo órgão competente; e
- (vi) deter capital social integralizado ou apresentar outras fontes de financiamento suficientes para o empreendimento.

No Capítulo IV da Resolução nº 734/2018, que trata da construção da instalação produtora de biocombustíveis, a ANP ainda estabeleceu os critérios mínimos de construção, operação e alteração das unidades, que devem atender, no mínimo, as normas e os regulamentos do setor editados pela ANP, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pelo município de localização, pelo Corpo de Bombeiros e pelo órgão ambiental.

Por conta da hierarquia normativa, não são sujeitas à regulação e à autorização pela ANP a produção agrícola, a fabricação de produtos agropecuários e alimentícios e a geração de energia elétrica, quando vinculadas ao estabelecimento no qual se construirá, modificará ou ampliará a unidade de produção de biocombustível, diante da expressa previsão do artigo 68-A, §6º, da Lei nº

9.478/1997. Apesar disso, também por força da Lei nº 9.478/1997, artigo 68-A, §7º, a unidade produtora de biocombustível que produzir ou comercializar energia elétrica deverá atender às normas e aos regulamentos estabelecidos pelos órgãos e entidades competentes.

No que tange à comercialização do biometano, há uma especificidade. O Capítulo VIII da Resolução nº 734/2018, que trata da aquisição e comercialização de biocombustíveis, dispõe separadamente sobre a comercialização do etanol, do biodiesel e do biometano. Ocorre que o único biocombustível autorizado a comercializar no mercado interno diretamente com o consumidor final é o biometano. Tal realidade confere oportunidades únicas no mercado de biometano e que podem ser aproveitadas para o desenvolvimento do setor.

De forma complementar, a ANP editou a Resolução nº 828, de 1º de setembro de 2020, que dispõe sobre as informações constantes dos documentos da qualidade e o envio dos dados da qualidade dos combustíveis produzidos no território nacional ou importados e dá outras providências. A norma é aplicável a combustíveis em geral, entre os quais está listado o biometano, e visa a garantir a qualidade e a conformidade dos combustíveis nacionais. O certificado da qualidade do biometano comercializado deverá ser emitido diariamente pelo produtor, inclusive com indicação da matéria-prima utilizada para a geração do biogás.

No âmbito da RenovaBio, a ANP editou a Resolução nº 758, de 23 de novembro de 2018, que regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis e o credenciamento de firmas inspetoras. Ao cabo, a Resolução nº 758/2018 estabeleceu critérios, procedimentos e responsabilidades em matérias de concessão, renovação, suspensão e cancelamento do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis, assim como definiu os requisitos de credenciamento das firmas inspetoras responsáveis pela certificação de biocombustíveis. A Resolução nº 758/2018 tornou aptas à certificação as rotas tecnológicas de biodiesel, biometano, combustíveis alternativos sintetizados por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HEFA), etanol de cana de primeira e segunda geração, etanol de cana e milho de primeira geração e etanol de milho de segunda geração. Apesar disso, a lista não é taxativa e os agentes econômicos interessados em obter Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis para biocombustíveis ou rotas de produção distintas podem encaminhar à ANP os documentos comprobatórios de cumprimento das exigências.

No presente cenário de transição energética e intensa pesquisa de novas rotas tecnológicas de combustíveis, há de se destacar ainda o papel da ANP em fomentar e controlar a segurança de tais desenvolvimentos. Considerando a importância de incentivar pesquisas sobre combustíveis e biocombustíveis, a ANP editou a Resolução nº 21, de 11 de maio de 2016, para regular o combustível experimental, ou seja, o combustível ou biocombustível, puros ou em mistura, que ainda não possuem especificação da ANP. Ao cabo, a ANP busca, com a Resolução nº 21/2016, oportunizar a introdução no mercado de novos combustíveis e biocombustíveis, precedidos de testes controlados. Assim, além dos casos consolidados e aceitos, a norma federal admite um espaço de inovação importante no setor de combustíveis.

4.3. Programas e políticas estaduais sobre biogás e biometano

O Brasil tem uma situação bastante heterogênea sobre a existência de legislação que regule o biogás e o biometano. Segundo dados catalogados pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, s.d.), oito estados possuem política ou programa estadual sobre biogás ou biometano em vigor, dois estados possuem a norma em tramitação, cinco estados regulam o biogás e o biometano apenas para fins do ICMS e doze estados não possuem normas sobre tais matérias. Tais dados foram reunidos na Tabela 2.

5. Barreiras ao biogás e ao biometano no Brasil

O ambiente de negócios é impactado pelo quadro regulatório do setor e pela agenda política. Enquanto a falta de agenda política oportuniza a imprevisão e a divergência no ambiente de negócios, o quadro regulatório deficiente torna a atividade complexa, aumenta os custos de transação, atravessa os modelos de negócios e reduz a competitividade do setor. Os desenhos do mercado de biogás e biometano são atravessados por regras do setor de energia, que é altamente regulado, e por regras de outros setores, como saneamento, agropecuária,

TABELA 2 – Estados com política para o setor de biogás e biometano, Brasil, 2022.

Região	Estado	Nome da norma	Número da norma
Centro-Oeste	Goiás	Política Estadual do Biogás e Biometano	Projeto de Lei nº 349/2018, <u>em tramitação</u>
Centro-Oeste	Mato Grosso	ICMS para Biogás e Biometano	Convênio ICMS 24, de 08/04/2016
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	-	-
Distrito Federal	Brasília	-	-
Nordeste	Alagoas	-	-
Nordeste	Bahia	ICMS para Biogás e Biometano	Convênio ICMS 24, de 08/04/2016
Nordeste	Ceará	ICMS para Biogás e Biometano	Decreto nº 32.600, de 19/04/2018
Nordeste	Maranhão	-	-
Nordeste	Paraíba	ICMS para Biogás e Biometano	Decreto nº 39.110, de 11/04/2019
Nordeste	Pernambuco	-	-
Nordeste	Piauí	Programa Piauiense de Incentivo ao Desenvolvimento de Energias Limpas	Lei nº 6.901, de 28/11/2016
Nordeste	Rio Grande do Norte	-	-
Nordeste	Sergipe	-	-
Norte	Acre	-	-

Norte	Amapá	-	-
Norte	Amazonas	-	-
Norte	Pará	ICMS para Biogás e Biometano	Convênio ICMS 06/19, de 13/03/2019
Norte	Rondônia	-	-
Norte	Roraima	Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa	Lei nº 1.109, de 04/10/2016
Norte	Tocantins	-	-
Sudeste	Espírito Santo	Política Estadual de Incentivo às Energias Renováveis	Decreto nº 3.453-R, de 05/12/2013
Sudeste	Minas Gerais	Política Estadual do Biogás e Biometano	Projeto de Lei nº 5.240/2018, <u>em tramitação</u>
Sudeste	Rio de Janeiro	Política Estadual de Gás Natural Renovável – GNR	Lei nº 6.361, de 18/12/2012
Sudeste	São Paulo	Programa Paulista de Biogás	Decreto nº 58.659, de 04/12/2012
Sul	Paraná	Política Estadual do Biogás e Biometano	Lei nº 19.500, de 21/05/2018
Sul	Rio Grande do Sul	Política Estadual do Biometano	Lei nº 14.864, de 11/05/2016
Sul	Santa Catarina	Política Estadual do Biogás	Lei nº 17.542, de 12/07/2018

FONTE: (SEBRAE, s.d.).

meio ambiente e mudanças climáticas (i17, 2021a). Todo o mundo possui potencial significativo para a produção de biogás e biometano, mas o biogás e o biometano não têm recebido a devida atenção na agenda política, como tem recebido, por exemplo, o hidrogênio (IEA, 2021; IGU, 2021).

O BEP (i17, 2021a) identificou diversas barreiras regulatórias no setor de biogás e biometano, merecendo destaque:

(i) a falta de regulação específica para a injecção de biometano nas redes de distribuição gás na maioria dos Estados;

(ii) a falta de regulação para a construção de redes difusa de biogás; e

(iii) a falta de clareza nas regras de licenciamento de projetos de biogás.

Nesse contexto, padrões nacionais de regulação e licenciamento nessas temáticas tendem a contribuir para o desenvolvimento do setor. Tais barreiras regulatórias foram parcialmente solucionadas pela Lei nº 14.134/2021, pelo Decreto nº 11.003/2022 e pelas Resoluções nº 734/2018 e nº 828/2020. Contudo, o ambiente regulatório permanece complexo e pendem normas mais claras que habilitem a operação.

Apesar de a maioria das plantas de produção de biogás em operação no Brasil serem de pequeno porte, representando quase 80% das unidades (CIBIOGÁS, 2020; IGU, 2021), o biogás também tem

sido desafiado pelos custos de instalação e manutenção de projetos de pequena escala (IEA, 2021). Ocorre que os projetos de produção de biogás e de biocombustíveis em pequena escala tendem a desenvolver modelos inovadores de negócios, redefinir as relações dos agentes à participação de elementos da cadeia de produção, oferta e transporte. Para tanto, os projetos de produção de biogás e biometano em pequena escala necessitam de políticas setoriais que oportunizem o desenvolvimento do mercado, inclusive com a adequada divulgação da viabilidade e competitividade do setor (MME & EPE, 2020).

Sabe-se que o biometano é um combustível equivalente ao gás natural, o que permite que ele seja injetado na malha de distribuição do próprio gás natural, com os cuidados necessários (Ferraz Junior *et al.*, 2022). Nesse sentido, o biometano deve fazer uso da infraestrutura de distribuição do gás natural, sem necessidade de adaptações (IEA, 2021; IGU, 2021). Contudo, no Brasil, o desafio de ampliação da malha existente para o transporte do biometano deve ser considerado uma barreira de infraestrutura relevante (MME & EPE, 2020; Costa, 2021).

Destarte, os setores de biogás e biometano no Brasil enfrentam desafios regulatórios, políticos, de mercado e de infraestrutura. Ainda que tenha avançado de maneira importante nos últimos meses, a legislação em nível federal é insuficiente e a legislação em nível estadual não ocorre em todas as unidades da federação. O país deve intensificar a inclusão do biogás e o biometano na agenda política do setor energético, conceder incentivos econômicos, promover a pesquisa, melhorar a divulgação das rotas tecnológicas e utilizar o biogás e o biometano como uma estratégia de descarbonização para a transição energética, tornando-se líder mundial em tais setores.

6. Oportunidades do biogás e do biometano no Brasil

Programas de incentivo e misturas obrigatorias (mandatos) são vistos como importantes para o desenvolvimento do biometano (Costa, 2021; IEA, 2021), para a redução das emissões de gás carbônico e para o incremento dos benefícios ambientais (Machado *et al.*, 2021). No Brasil, o desenvolvimento do biogás pode ocorrer por via de políticas e programas já existentes, tais como RenovaBio, Plano ABC+ e Combustível do Futuro, com maior presença nas agendas de modernização do setor elétrico. Além disso, é importante definir mecanismos de responsabilização, incentivo e controle no setor de resíduos sólidos urbanos, com rotas tecnológicas preferenciais de aproveitamento energético (i17 2021a). O sucesso do biometano depende também da superação de custos, disponibilidade e qualidade, que, em outras palavras, pode ser compreendido como alcançar o patamar de uma fonte energética confiável (IEA, 2021).

A RenovaBio tem sido uma estratégia bem-sucedida de incentivo aos biocombustíveis no Brasil e de favorecimento das energias renováveis (Costa, 2021). Os dados de Nota Eficiência Energética, reunidos pela ANP (2022) no Painel Dinâmico RenovaBio, mostram que o biometano possui a melhor média da Nota de Eficiência Energética de todos os biocombustíveis. O cálculo da média levou em consideração dados do período de 2018 a 2020 de todas as unidades de todas as empresas classificadas em todos os estados brasileiros. O biometano atingiu a nota média de 77,38, entre notas médias dos biocombustíveis que variaram de 57,23 a 77,38 (ANP, 2022). Isso constata que o biometano emita

proporcionalmente mais créditos de descarbonização do que qualquer outro combustível no âmbito do programa.

No mesmo sentido, os dados da média de percentual do volume elegível por biocombustível reunidos pela ANP no Painel Dinâmico RenovaBio demonstram que o biometano é o único que pode ter a produção inteiramente elegível. O cálculo da média também levou em consideração dados do período de 2018 a 2020 de todas as unidades de todas as empresas classificadas em todos os estados brasileiros. O biometano atingiu a média de 100% de elegibilidade, entre médias de elegibilidade dos biocombustíveis que variaram de 41,65% a 100% (ANP, s.d.).

Apesar de o Brasil possuir mais de 520 plantas de biogás para fins energéticos, com menos de 10% delas produzindo biometano (CIBIOGÁS, 2020; IGU, 2021), o Painel Dinâmico RenovaBio aponta a existência de apenas três usinas com certificados vigentes no Brasil para a rota de biometano em 2020 no âmbito da RenovaBio, sendo uma no Ceará e duas no Rio de Janeiro (ANP, 2023). Ao todo, em 2020, apenas quatro usinas estavam autorizadas pela ANP a exercer a atividade de produção de biometano no âmbito do RenovaBio, e as três citadas detinham certificado de produção eficiente, habilitadas a solicitar a emissão de crédito de descarbonização (ANP, 2023).

Além disso, o biogás e o biometano são importantes alternativas de descarbonização para a Política Nacional de Resíduos Sólidos em plantas WTE (*waste-to-energy*), mesmo que o foco principal da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, seja mitigar os impactos ambientais (Costa, 2021). Na mesma linha de descarbonização, o biogás e o

biometano podem ser associados ao CCS (*carbon capture and storage*), tornando-se conhecido como bioCCS, a exemplo da captura do gás carbônico em usinas de purificação do biogás para obtenção do biometano (MME & EPE, 2020). Uma leitura combinada do Decreto nº 11.003/2022 com o Decreto nº 11.075/2022 estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e instituiu o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa, permite que o setor se organize em torno de programas específicos para redefinir estratégias do biogás e do biometano, conforme, inclusive, consta nas estratégias definidas pela Portaria MMA nº 71/2022.

Nota-se a existência de um grande espaço de crescimento para os setores de biogás e biometano no Brasil, com relevantes oportunidades. O biogás e o biometano são promissores para a matriz energética brasileira e para a transição energética, frente a uma realidade que demanda a descarbonização. Importa divulgar as oportunidades do setor, especialmente aquelas ligadas à RenovaBio, como medida de fomentar e acelerar o crescimento da produção de biogás e biometano no país.

7. Análise de dados

Os combustíveis gasosos incluem gás natural, biogás, hidrogênio e gás de síntese. Eles têm uma participação cada vez maior na aceleração da transição energética (IEA, 2021), sendo considerados gases renováveis o biogás, o biometano, o hidrogênio azul, o hidrogênio verde e o hidrogênio de baixo carbono (IGU, 2021). A comunidade internacional comprehende que o gás natural promoverá a integração entre os combustíveis fósseis e as energias renováveis na via da descarbonização (MME & EPE,

2020; IGU, 2021), já que o gás natural corresponde a cerca de 25% do suprimento mundial de energia e é o combustível fóssil com menor emissão de gases de efeito estufa (IGU, 2021). Assim, o gás natural é tratado pela agenda política e legal no contexto da segurança energética (Machado *et al.*, 2021).

O aumento do uso do gás natural na transição energética provocará maior demanda por biogás e o biometano. Há previsão de progressiva substituição do gás natural pelo biogás e pelo biometano. O biometano é considerado uma tecnologia associada ao setor de transporte, com penetração variada na frota de veículos leves e pesados e nas pilhas a combustível para a produção de hidrogênio (MME & EPE, 2020). Contudo, a produção mundial de biogás e biometano ainda corresponde a apenas 1% da produção mundial de gás natural. As estimativas apontam que há potencial de crescimento da produção mundial a longo prazo em até vinte vezes, exigindo-se, para tanto, o desenvolvimento de mais projetos de produção (IGU, 2021). No Brasil, apenas 1% das plantas de biogás em operação produzem biometano, e esse biometano corresponde a apenas 3% do volume de biogás produzido no país. Em 2019, havia no Brasil apenas nove plantas de biogás em operação e que produziam biometano (CIBIOGÁS, 2020).

O Balanço Energético Nacional 2021, ano base 2020, mostra o crescimento da capacidade instalada de geração elétrica por biogás. Se em 2011 a capacidade instalada da fonte era de 71 MW, tal capacidade instalada saltou para 206 MW em 2020. A variação representa um aumento de 135 MW em dez anos e o crescimento de 190% no período, proporções muito superiores a outras fontes (EPE, 2021). Embora a participação no fornecimento mundial de energia seja pequena, a produção e a

demanda de biometano no mundo estão crescendo bastante (IEA, 2021).

No Brasil, a produção acumulada de biogás em 2011 foi de 208 milhões de Nm³, volume que cresce a cada ano. Em 2020, a produção acumulada atingiu 1.829 milhões de Nm³. A variação desses dez anos representa um aumento da produção de 1621 Nm³ e o crescimento de 779% no período. O crescimento também foi expressivo no número de plantas de produção, que saltaram de 57, em 2011, para 638 em 2020 (CIBIOGÁS, 2021). As plantas de biogás com fins energéticos no Brasil, quando classificadas por origem do substrato, estão distribuídas, para o ano de 2019, na proporção de 80% no setor agropecuário, 12% no setor industrial e 8% no setor de saneamento urbano. Porém, considerando que as plantas do setor agropecuário são geralmente de pequeno porte, a realidade da distribuição do volume de produção é bastante diferente para cada setor. A contribuição de cada setor no volume de produção de biogás para o ano de 2019 foi na proporção de 12% no setor agropecuário, 12% no setor industrial e 76% no setor de saneamento urbano (CIBIOGÁS, 2020).

Notícias recentes apontam que o aproveitamento do potencial de biogás no Brasil cresceu 0,5%, totalizando a exploração de 2% do potencial nacional (ABIOPGÁS, 2020; [s.d.]). Isso indica, por um lado, um grande crescimento no setor, mas, por outro, um tímido alcance do potencial, que permanece subaproveitado. Há, certamente, um imenso espaço de crescimento. As recentes mudanças na regulação do biogás e do biometano são vistas com otimismo, pois os setores de biogás e biometano estão em constante expansão.

8. Considerações finais

A expansão do mercado de biogás e biometano é esperada pelo consumidor e pelo setor produtivo, que reconhece o alto potencial desse energético para unir duas extremidades importantíssimas para a redução das emissões de GEE. O biogás é uma fonte energética renovável que reduz as emissões de gases de efeito estufa e resulta de processos de tratamento de diversos resíduos. Existe uma alta possibilidade de a produção de biogás e biometano se concretizar como um modelo de negócio pautado no tripé da sustentabilidade, abrangendo elementos econômicos, ambientais e sociais devido ao envolvimento e desenvolvimento de diferentes atores.

O Brasil possui um cenário extremamente favorável ao biogás e ao biometano, que devem se consolidar como combustíveis renováveis de excelente relação ambiental. O país que detiver um arcabouço normativo refinado, um bom potencial de produção e um ambiente de negócios saudável terá as melhores chances no setor, que ainda se inicia em todo o mundo. O Brasil tem o melhor potencial de produção e poder fazer os ajustes necessários no arcabouço normativo para melhorar o ambiente de negócios. Assim, conseguirá reunir investimentos privados e tornar-se líder no mercado mundial de biogás e biometano.

As principais limitações da presente pesquisa estão relacionadas com o aprimoramento das rotas tecnológicas de aproveitamento de diversos substratos orgânicos para a produção de biogás. Os resultados das pesquisas em curso podem influenciar nas estimativas de biogás e biometano, seja pela ampliação dos resíduos e efluentes aproveitáveis, seja pela comprovação científica das diversas

composições do biogás e biometano obtidos nesses processos a partir de novos substratos orgânicos.

Além disso, os dados da diferença entre o volume de produção objeto das autorizações da ANP e a produção real podem ser futuramente melhorados, indicando a necessidade de uma pesquisa mais apurada através de coleta de dados primários para a verificação de questões mais específicas como, por exemplo, a ociosidade das plantas, a produtividade de acordo com resíduo utilizado, o tipo de instalação etc.

As futuras análises devem levar em consideração subdivisões dos setores agropecuários, com uma definição de quais resíduos agrícolas foram estudados e quais resíduos agrícolas, embora omitidos, poderiam ser potencialmente aproveitados pelo setor, revelando mais características do mercado. Além disso, do ponto de vista do marco regulatório, as futuras análises devem realizar estudo comparado com outros países para definir lições aprendidas e desafios do setor, como forma de aperfeiçoar a recomendação de normas e políticas públicas mais assertivas.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas na Cláusula de P, D & I da Resolução ANP nº 50/2015 (PRH 33.1 – Referente ao EDITAL Nº 1/2018/PRH-ANP; Convênio FINEP/FUSP/USP Ref. 0443/19). Agradecemos o apoio do RCGI – *Research Centre for Greenhouse Gas Innovation*, localizado na Uni-

versidade de São Paulo (USP) e financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2014/50279-4 e 2020/15230-5) e Shell Brasil, e a importância estratégica do apoio dado pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) através do incentivo regulatório associado ao investimento de recursos oriundos das Cláusulas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

Referência

ABIOGÁS – Associação Brasileira do Biogás. *Nota Técnica: O potencial brasileiro de biogás*. São Paulo: ABIOGÁS, 2020. Disponível em: <https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/2020/11/NOTA-TECNICA_POTENCIAL_ABIOGAS.pdf>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *ABiogás divulga novo potencial do biogás para o mercado brasileiro durante fórum em São Paulo*. Disponível em: <<https://abiogas.org.br/abiogas-divulga-novo-potencial-do-biogas-para-o-mercado-brasileiro-durante-forum-em-sao-paulo/>>. Acesso em: jul. 2022.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2020*. São Paulo: ABRELPE, 2020.

Almeida, J. N. S.; Rizzato, M. L. Biogás de Vinhaça: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, 15(6), 77-80, jun. 2022.

AMBEV – Companhia de Bebidas das Américas. *Atitudes sustentáveis e economia*. 2020. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/sustentabilidade/residuo-zero-e-clima/>. Acesso em: 30 out. 2022.

ANP – Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Bio-combustíveis. *Painel Dinâmico RenovaBio, Certificação de Combustíveis*, atual. 2023. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzIzYzE5OWIt-ZWMyOC00ZDMzLWI5MzctM2U1NGNjNzYxNTAwIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLT0YTytNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzKxMj9>>,. Acesso em: out. 2023.

_____. *Resolução n.º 8, de 2 de fevereiro de 2015*. Brasília: DOU 2/2/2015. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-8-2015?origin= instituicao&q=8>>. Acesso em: iul. 2022.

_____. *Resolução n.º 21, de 11 de maio de 2016*. Brasília: DOU 12/5/2016. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-21-2016?origin=instituicao&q=21>>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Resolução n.º 685, de 29 de junho de 2017*. Brasília: DOU [s.d.]. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-685-2017-estabelece-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-e-a-especificacao-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao&q=685>>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Resolução n.º 734, de 28 de junho de 2018*. Brasília: DOU [s.d.]. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-734-2018-regulamenta-a-autorizacao-para-o-exercicio-da-atividade-de-producao-de-biocombustiveis-e-a-autorizacao-de-operacao-da-instalacao-produtora-de-biocombustiveis?origin=instituicao&q=734>>. Acesso em: jul. 2022.

_____. Resolução n.º 758, de 23 de novembro de 2018. Brasília: DOU 27/11/2018. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-758-2018-regulamenta-a-certificacao-da-producao-ou-importacao-eficiente-de-biocombustiveis-de-que-trata-o-art-18-da-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-o-credenciamento-de-firmas-inspetoras?origin=instituicao&q=758>>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Resolução n.º 828, de 1º de setembro de 2020*. Brasília: DOU 2/9/2020. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-828-2020-dispõe-sobre-as-informações-constantes-dos-documentos-da-qualidade-e-o-envio-dos-dados-da-qualidade-dos-combustíveis-produzidos-no-território-nacional-ou-importados-e-da-outras-providências?origin=instituicao&q=828>>. Acesso em: jul. 2022.

_____. Resolução n.º 886, de 29 de setembro de 2022. Brasília: DOU 29/9/2022. Disponível em: <<https://atosoficiais>>.

com.br/anp/resolucao-n-886-2022-estabelece-a-especificacao-e-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-commercializado-no-territorio-nacional>. Acesso em: out. 2023.

Brasil. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília: DOU [s.d.]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Decreto n.º 11.003, de 21 de março de 2022*. Institui a estratégia federal de incentivo ao uso sustentável de biogás e biometano. Brasília: DOU 22.3.2022. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11003.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Decreto n.º 11.075, de 19 de maio de 2022*. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos planos setoriais de mitigação das mudanças climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e altera o Decreto nº 11.003, de 21 de março de 2022. Brasília: DOU 22.3.2022. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11075.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Federative Republic of Brazil, Paris Agreement, Nationally Determined Contribution (NDC)*. Brasília: 2022. Disponível em: <<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20FINAL%20-%20PDF.pdf>> Acesso em: jul. 2022.

_____. *Lei n.º 9.478, de 6 de agosto de 1997*. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília: DOU 7.8.1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Lei n.º 11.909, de 4 de março de 2009*. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, bem como sobre as atividades de tratamento, processamento, estocagem, liquefação, regaseificação e comercialização

de gás natural; altera a Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências. Brasília: DOU 5.3.2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111909.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: DOU 3.8.2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Lei n.º 13.576, de 26 de dezembro de 2017*. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Brasília: DOU 27.12.2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm>. Acesso em: jul. 2022.

_____. *Lei n.º 14.134, de 8 de abril de 2021*. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999; e revoga a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Brasília: DOU 9.4.2021. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14134.htm>. Acesso em: jul. 2022.

Cardoso, M; Mouette, D. Gás Natural Veicular de origem fóssil e renovável no transporte pesado do Brasil. 2022. In: *Anais XIII CBPE*. Itajubá, 2022.

Carletto, R. *Transporte sustentável: l'oréal lança primeira carreta a biometano que reduz em 90% emissão de co2 no transporte*, 2020. Disponível em: <https://www.loreal.com.br/imprensa/not%C3%ADcias/2020/ago/transporte-sustentavel-loreal-carreta-a-biometano-reduz-emissao-de-co2>. Acesso em: 12 nov. 2022.

CIBIOGÁS. *Nota Técnica nº 002/2020*: panorama do biogás no Brasil em 2019. Foz do Iguaçu: CIBIOGÁS, 2020.

- _____. *BiogásData: evolução do setor, 2021*. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjQxYjg4NjgtMTI0NC00NTk2LTk5OTQtMjFkNWMxZjM1ZTk5IiwidCI6ImMzOTg3ZmI3LTQ5ODMtNDA2Ny1iMTQ2LTc3MGU5MWE4NGViNSJ9>> . Acesso em: jul. 2022.
- _____. *Panorama do Biogás no Brasil 2021*. CIBiogás (Brasil) Relatório Técnico nº 001/2022. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2022
- Coelho, S.; Garcilasso, V. P.; Ferraz Junior, A. D. N.; Santos, M. M. dos; Joppert, C. L. *Tecnologia de produção e uso de biogás e biometano*. São Paulo: IEE - USP, 2018.
- Coelho, S. T. et al. Geração de eletricidade a partir de biomassa no Brasil: situação atual, perspectivas e barreiras. In: MOREIRA, José Roberto Simões (Org.). *Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- Costa, H. K. de M. *Gestão de resíduos: experiência brasileira e casos internacionais*. São Paulo, 2021. Entrevista.
- Elia Neto, A. Captação e uso de água no processamento da cana-de-açúcar. In: Macedo, I. C. et al. (Orgs.). *A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*. [s.l.] UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar, 2005.
- _____. Estado da arte da vinhaça. In: 2º Workshop Bioeconomia - Resíduos Urbanos e Agrícolas do IAC. São Paulo, 1 de set., 2016.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço energético nacional 2021*: ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021.
- _____. *Balanço energético nacional 2022*: ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022.
- FENABRAVE – Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. *Emplacamentos*. Disponível em: <https://www.fenabrade.org.br/Portal/conteudo/> / emplacamentos. Acesso em: nov. 2022
- Ferraz Junior, A. D. N.; Etchebehere, C.; Perecin, D.; Teixeira, S.; Woods, J. Advancing anaerobic digestion of sugarcane vinasse: current development, struggles and future trends on production and end-uses of biogas in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 2022.
- I17 – Instituto 17. *Biogás no Brasil: barreiras e recomendações para o desenvolvimento do setor*. Programa de energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório Técnico 01-2021. São Paulo: Instituto 17, 2021a.
- _____. *Biogás no Brasil: potencial oferta a curto prazo*. programa de energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório Técnico 02-2021. São Paulo: Instituto 17, 2021b.
- IEA – International Energy Agency. *World Energy Outlook 2021*. Paris: IEA Publications, 2021.
- IGU – International Gás Union. *Global Renewable and Low-Carbon Gas Report: 2021 Edition*. Surrey: IGU, 2021.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: the physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- Machado, P. G.; Ichige, E. N. A.; Ramos, K. N.; Mouette, D. *Natural Gas Vehicles in Heavy-Duty Transportation - A Political-Economic Analysis for Brazil. Case Studies on Transport Policy*, 9(1): 22-39, 2021.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Portaria MMA nº 71, de 21 de março de 2022*. Institui o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano - Metano Zero. Brasília: DOU 22.3.2022. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-71-de-21-de-marco-de-2022-387378473>> . Acesso em: jul. 2022.
- MME – Ministério de Minas e Energia; EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Nacional de Energia - PNE 2050*. Brasília: MME – Ministério de Minas e Energia; EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2020.
- Nachiluk, K. Alta na produção e exportações de açúcar marcam a safra 2020/21 de cana. *ANÁLISES E INDICADORES DO AGRONEGÓCIO*, 16(6), 1-5, jun. 2021. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20maior,de%20litros%20de%20etanol1>. Acesso em: 17/11/2022.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K. et al. A Safe

Operating Space for Humanity. *Nature*, 46(1), set. 2009.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. *DataSebrae biogás*: biblioteca de legislação sobre o biogás. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/biblioteca-legislacao-biogas/>>. Acesso em: jan. 2022.

Silva, T. C. F. *Utilização de biogás de estações de tratamento de esgoto para fins energéticos*. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Energia) – USP, 2015.

Steffen, W; Richardson, K.; Rockström, J. *et al.* Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Scienceexpress*, jan. 2015.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. *Nationally Determined Contributions Registry*. 2022. Disponível em: <<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20FINAL%20-%20PDF.pdf>> Acesso em: jul. 2022.