

Oportunidades e desafios para o desenvolvimento do biogás na agricultura familiar do Brasil¹

João Felipe Cury Marinho Mathias²
Sofia Stethel Silva³

Resumo – A importância da agricultura familiar (AF) é amplamente reconhecida no Brasil, com quase quatro milhões de estabelecimentos rurais. No entanto, a gestão de resíduos e o aproveitamento destes para a geração de agroenergia ainda são raros, em especial na atividade pecuária, que tem grande impacto com a poluição de rios e lençóis freáticos e sobre a emissão de gases de efeitos estufa, particularmente o metano. Uma das alternativas para a gestão dos resíduos da atividade pecuária é o uso da tecnologia de biodigestão anaeróbia, cujos principais produtos derivados são o biogás e o biofertilizante. Esse processo ocorre com o uso da tecnologia de saneamento ambiental, a partir do tratamento da biomassa residual (dejetos dos animais) em biodigestores. O objetivo deste artigo foi apresentar as oportunidades e os desafios para o desenvolvimento de sistemas de biogás em estabelecimentos rurais familiares no Brasil. Optou-se pelo recorte regional do Sul, dada a concentração da atividade pecuária e a tradição do cooperativismo e do associativismo na região. A metodologia se apoia na análise SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities and threats*) e usa os dados do Censo Agropecuário de 2017. Os resultados apontam como principal força o enorme potencial de geração de biogás pela AF na região Sul. A principal fraqueza é justamente o potencial pouco explorado, somado aos desafios regulatórios. A tecnologia do “biodigestor sertanejo” é uma das oportunidades destacadas, junto com ações de políticas públicas. Entre as ameaças, destacam-se eventuais problemas orçamentários dos governos, bem como aumentos da taxa de juros.

Palavras-chave: agroenergia, análise SWOT, desenvolvimento sustentável.

Opportunities and challenges for biogas development in family farming in Brazil

Abstract – The importance of family farming in Brazil is widely acknowledged, as it reaches about 4 million establishments. However, waste management and its use for energy production are still rare, especially in the livestock activity, which is of great impact, causing river and groundwater pollution, also contributing to greenhouse gas emissions, particularly from methane. One of the alternatives to waste management in the livestock activity is the use of anaerobic biodigestion, whose main products are biogas and biofertilizers. This process is performed with the use of the environmental sanitation technology from the management of the residual biomass (animal manure) in biodigesters. The objective

¹ Original recebido em 7/3/2023 e aprovado em 1º/5/2023.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: mathias@ie.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: sososthel@gmail.com

of this article was to present the opportunities and challenges for the development of biogas systems for family farming establishments in Brazil. We choose to focus on the south region because of the livestock activity concentration there, and the tradition of partnership and cooperativism in the region. The methodology is based on a SWOT analysis and data from the Brazilian agriculture and livestock census of 2017 (*Censo Agropecuário de 2017*). Results show as the main force the huge potential of biogas generation from the southern family farming establishments. The main weakness is the little exploited potential associated with the challenges of a regulatory agenda. The “*biodigestor sertanejo*” technology is a highlighted opportunity, together with some actions of public policies. Among the threats stand out the government budgetary problems and interest rate increases.

Keywords: agroenergy, SWOT analysis, sustainable development.

Introdução

A reunião da Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-26), em 2021, deu grande ênfase ao papel da agricultura para a sustentabilidade socioambiental. Parece haver, dentro dos fóruns multilaterais associados ao meio ambiente, uma preocupação crescente com o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, sendo, inclusive, um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentado (ODS) apregoados pela Organização das Nações Unidas (ONU). A agropecuária é uma das maiores fontes antropogênicas de emissões de gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), 21 e 310 vezes mais potentes, respectivamente, do que o CO₂ quanto ao seu efeito no aquecimento global, de acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007).

Dados do Brazil Climate Action Hub (2023) apontam que as emissões de metano no Brasil alcançaram 20,2 milhões de toneladas, dos quais 14,5 milhões são derivados da agropecuária. Na COP-26, o Brasil se comprometeu a reduzir 30% das emissões de metano até 2030, em relação às emissões de 2020 (Modelli, 2021). O manejo correto de resíduos animais contribui para que o excesso de nutrientes no solo (proveniente dos resíduos de animais) seja redistribuído e sua reciclagem, otimizada, de modo a preservar o solo e lençóis freáticos. Do contrário, a poluição de rios,

lagos e mananciais, por chorume ou pelo produto da degradação dos resíduos, contribui não só para o agravamento da saúde de populações locais, mas também para o efeito estufa, já que a decomposição desse material orgânico gera gás metano.

Nesse contexto, o Brasil, por seu protagonismo mundial na produção de produtos agropecuários, recebeu grande holofote na COP-26. A atividade pecuária – notadamente a bovinocultura, a suinocultura e a avicultura – é de grande relevância para o País, um dos maiores produtores e exportadores mundiais de carnes. Em linhas gerais, a atividade pecuária gera resíduos com elevado potencial de poluição ambiental, por causa principalmente da grande carga orgânica biodegradável e da carga de nutrientes, que podem causar contaminação do solo, lençol freático e atingir os corpos hídricos superficiais (Bley Júnior et al., 2009).

Infelizmente, são raros os estabelecimentos rurais com tratamento de resíduos adequado no Brasil. Conforme o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009), menos de 4% dos estabelecimentos faziam algum tipo de tratamento de esterco de animais⁴. No caso de pequenas propriedades rurais familiares, o problema é ainda maior. Nesse sentido, políticas que promovam a gestão dos resíduos nos estabelecimentos rurais são fundamentais para que se alcance uma agricultura sustentável. Uma das possibilidades mais populares na experiência internacional é a tecnologia da biodigestão anaeróbica, cujo processo gera dois

⁴ Essa informação não está disponível no Censo Agropecuário de 2017.

produtos importantes a partir da matéria-prima derivada da biomassa animal (esterco): o biogás e o biofertilizante.

O fortalecimento e a expansão do uso da biomassa pelos pequenos agricultores são desejáveis no Brasil atual porque, além de diversificar a matriz energética e beneficiar o meio ambiente – pois a energia da biomassa tem origem em dejetos de animais, bagaços de frutas e outras substâncias orgânicas que seriam consideradas “lixo” –, gera renda para grupos vulneráveis socialmente. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi estudar o potencial e os desafios para o desenvolvimento de sistemas de biogás nos estabelecimentos agrícolas familiares com atividade pecuária no Brasil. Como escopo especial, o recorte será feito na região Sul, por causa de sua intensa e importante atividade pecuária, bem como a elevada presença da agricultura familiar organizada em associações, cooperativas e condomínios.

O trabalho faz uso da análise SWOT (*strenghts, weaknesses, opportunities, threats*) – forças, fraquezas, oportunidades e ameaças –, para identificar as forças e as oportunidades para o desenvolvimento de sistemas de biogás nos estabelecimentos agrícolas familiares e também suas fraquezas e possíveis ameaças.

Agroenergia, desenvolvimento sustentável e agricultura familiar

A agenda dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) – Agenda 2030 –, traz à tona grandes esforços e desafios de coordenação de políticas públicas com o objetivo de atingir o maior número de objetivos e metas. O ODS 2 é associado à concepção de uma agricultura sustentável com uma característica de notável transversalidade que traz consigo a exigência de um complexo arranjo institucional a ser alcançado. A visão mais compartilhada a respeito do conceito de agricultura sustentável vem do Relatório da FAO (2014), intitulado “Building a Common Vision for Sustainable Food and Agriculture”.

Tal relatório reconhece que a agricultura depende fortemente dos recursos oriundos dos ecossistemas e, nesse sentido, a agricultura sustentável precisa minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente ao buscar a otimização da produção que ao mesmo tempo proteja, preserve a garanta os recursos naturais ao usá-los de maneira eficiente. Além disso, deve ser capaz de balancear a proteção de agroecossistemas com a oferta de meios decentes que promovam a resiliência e a sobrevivência para as populações rurais.

O ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) apresenta as metas para a concepção de uma agricultura sustentável. Ao se conectar com o ODS 7 (Energia para Todos), é evidenciada a importância crucial da geração de agroenergia como o “motor” que permite uma transição para uma agricultura sustentável. Há aqui uma ligação direta com o ODS 7. Existem várias experiências exitosas em curso na produção de agroenergia segundo a experiência internacional, particularmente aquelas associadas às tecnologias de biodigestão anaeróbia nas pequenas propriedades rurais.

A bioenergia consiste na geração de energias térmica e elétrica a partir de biomassa – isto é, trata-se da conversão de resíduos orgânicos, como dejetos animais, vegetais e de esgoto em energia renovável. O foco aqui está nesse tipo de produção energética no contexto rural: a agroenergia. O biogás é um dos exemplos mais comuns desse tipo de energia, sendo produzido pela digestão anaeróbia de resíduos orgânicos em biodigestores. Da cana-de-açúcar (da qual se extrai açúcar e álcool) e da soja (óleo vegetal), é possível produzir também, respectivamente, etanol e biodiesel, outros dois biocombustíveis, como o biogás. Outros óleos vegetais também podem ser utilizados (do dendê, da canola e do girassol, por exemplo), mas são menos comuns no Brasil. As usinas de biogás que digerem estrume são categorizadas como usinas de biogás agrícola e geralmente co-digerem estrume e outros resíduos orgânicos adequados, muitos deles de origem agrícola também (Silva, 2022).

Pela tecnologia disponível para a produção de biogás, ele pode ser produzido em grande,

média e pequena escalas. A geração distribuída em pequena escala tem também a vantagem de promover maior autonomia energética regional e menores impactos ambientais. É importante ressaltar também que um subproduto dessa produção é o biofertilizante, central para a redução do uso de insumos químicos que contribuem para a geração de GEE (Mathias, 2014).

Muitos autores defendem que a sustentabilidade no atual modelo de produção rural no Brasil torna-se viável a partir da inclusão da agroenergia nas propriedades rurais, com base na tecnologia de saneamento ambiental pelo tratamento da biomassa residual em biodigestores. Isso permite explorar o potencial da geração energética com o uso do conceito de geração distribuída (Bley Júnior et al., 2009; Bley Jr., 2010; Fernandes, 2012; Aquino et al., 2014; Mathias, 2014; Mathias & Mathias, 2015). O estímulo à produção do biogás a partir da biomassa residual, focado aqui na resolução dos seus consideráveis impactos ambientais, leva em conta que o modelo atual de monoculturas e “monocriações” intensivas é a forma de produção amplamente disseminada no Brasil pelo agronegócio.

A literatura evidencia que as iniciativas de produção de biogás no Brasil são incipientes e isoladas. Na verdade, as energias renováveis em geral ainda são entendidas como “alternativas”, conferindo a elas um aspecto subalterno, para diferenciar as demais fontes da ainda considerada a mais nobre das renováveis, a hidrelétrica (Bley Júnior et al., 2009). As estatísticas setoriais ignoram o potencial que representa a energia contida nos resíduos orgânicos, se não para os efeitos registrados na distribuição dos espaços das energias ditas alternativas, pelo menos na correta identificação do potencial econômico que esses resíduos e efluentes representam para seus geradores.

Tendo em vista debates sobre dependência energética e redução de emissões de GEE, é necessário diversificar a matriz energética do País e, nesse sentido, a biomassa apresenta grande potencial; tanto por ser uma fonte inesgotável quanto pela diversidade de combustíveis que ela pode produzir. Resíduos animais mal gerenciados

podem ter consequências graves para o meio ambiente, como problemas de odor, atração de insetos e outras pragas, contaminação de águas subterrâneas, deterioração da estrutura biológica da terra e derramamentos catastróficos. Por isso, em áreas de produção animal intensiva, é necessário o devido manejo de resíduos para que o excesso de nutrientes seja redistribuído, e sua reciclagem, otimizada. Essa biomassa agrícola – não só dejetos animais, mas também bagaço de frutas, por exemplo – é a fonte de produção do biogás. Por isso, a produção de biogás é um caminho essencial para mitigar a emissão de GEE numa fonte central de emissões no contexto brasileiro: agricultura e pecuária.

Um último ponto importante é o destaque dado pelo ODS aos pequenos produtores rurais como objeto de políticas públicas que visem a sua inclusão numa agricultura sustentável. Uma das metas do ODS 2 é, até 2030, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores. Isso passa pelo estímulo ao cooperativismo e ao associativismo. Esse é um dos escopos deste trabalho, cuja delimitação é a região Sul, onde a presença de cooperativas, associações e condomínios é expressiva e crescente.

Material e métodos

O cerne da metodologia adotada neste trabalho faz uso de uma análise SWOT. Trata-se de uma ferramenta estratégica que possibilita a investigação de setores, temas e instituições, por exemplo, com fundamento em quatro alicerces: dois dizem respeito a forças e fraquezas – relacionados a fatores internos que permeiam a problemática em questão – e os demais dizem respeito a oportunidades e ameaças – relacionados a fatores externos, isto é, com pouca ou nenhuma possibilidade de controle sobre esses fatores. Nesta pesquisa, a análise SWOT é utilizada como linha de base para apresentar os principais fatores que permeiam o desenvolvimento de sistemas de biogás no meio rural brasileiro, com foco na região

Sul e em pequenos produtores rurais organizados em cooperativas e condomínios.

Há diversos casos de pesquisas com foco em agricultura e soluções para o seu desenvolvimento sustentável à luz da técnica de análise de SWOT, e isso é verdade também para pesquisas com foco em transição energética. Como esses temas são permeados por uma série de variáveis não somente técnicas, mas também socioeconômicas e legislativas, o uso da ferramenta com o fim de colocar em perspectiva o estado temático atual e traçar panoramas para o desenvolvimento sustentável pode ser muito eficiente.

No âmbito da transição energética, o estudo *Renewable energy in eastern Asia: Renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan* (Chen et al., 2014) concebe a problemática da dependência de combustíveis importados do Japão, Coreia do Sul e Taiwan e examina a elaboração de políticas e roteiros para o desenvolvimento sustentável desses países. A pesquisa compara os pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças (SWOT) no contexto do avanço das políticas e tecnologias de energia renovável e da expansão das instalações domésticas para esse fim. Pela análise SWOT, o artigo identifica uma capacidade de implantação adicional de energia renovável e destaca a necessidade de maior cooperação entre os três países para fortalecer seus setores de energia renovável.

No que diz respeito à agricultura sustentável, Sugiarto (2017 citado por Benzaghta et al., 2021), que estudou o potencial estratégico da vermicompostagem na província de Kermanshah, no Irã, e Zhang et al. (2019 citado por Benzaghta et al., 2021), que estudaram inovações em serviços financeiros para impulsionar o desenvolvimento de marcas de produtos agrícolas na província de Jilin, na China, adotaram a análise SWOT para colocar em perspectiva os potenciais e os desafios dessas tecnologias emergentes. Os resultados dessas pesquisas trouxeram implicações úteis não só para os formuladores de políticas agrícolas, mas

também para os agricultores que buscam fontes diversificadas de renda.

Outro estudo relevante é o relatório desenvolvido pela IEA Bioenergy (Blair et al., 2021), que documenta 37 estudos de caso de melhores práticas em 18 nações para melhor entender como as cadeias de fornecimento de biomassa podem ser implementadas para apoiar a produção de bioenergia (ou agroenergia) e contribuir para os ODS da ONU. Para cada estudo de caso, o relatório apresenta – além de políticas e mecanismos utilizados nos projetos – uma análise SWOT. Dos casos analisados, três abarcam o Brasil. A SWOT auxilia não apenas na identificação de particularidades dos projetos, mas de particularidades da conjuntura nacional, de modo a ser possível identificar como esses fatores interagem. No contexto brasileiro, uma análise que compreenda esse tipo de problemática é crucial.

Para identificar os elementos propostos pela análise SWOT, esta pesquisa vai se apoiar nos seguintes pontos: cálculo do potencial de produção do biogás; estudos de caso de pequenas propriedades rurais; e políticas públicas e regulação para a promoção de sistemas de biogás.

O cálculo do potencial de biogás dos dejetos de animais (bovinos e suínos) decorre de uma combinação de dados do Censo Agropecuário de 2017 do IBGE (2019) e da metodologia de Mathias (2014), por meio de uma abordagem de estatística descritiva, ou seja,

$$BP_t = NH \times DM \times E_t$$

em que BP_t = potencial teórico de biogás ao longo do tempo (m^3/CH_4); t = tempo (produção diária); NH = número de cabeças (unidades); DM = esterco seco (kg/dia); e E_t = coeficiente para converter determinado resíduo (esterco seco do animal) em biogás (m^3/CH_4).

O potencial da produção de biogás em propriedades familiares no Brasil, em especial no Sul, é comprovado pelos dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) e dos citados potenciais de conversão. Com o intuito de explorar esse potencial para além de seu aspecto

energético, esta pesquisa, no entanto, lida com estudos de caso que ilustram como essas iniciativas contribuem para o bem-estar dos agricultores e incentivam sua própria replicabilidade. Além disso, os tipos de propriedades rurais dos estudos de caso apresentados são os que promovem projetos agroenergéticos coletivos, isto é, de produtores rurais organizados em sítios e condomínios com o objetivo de ganhar escala e se beneficiar de maneira coletiva das vantagens socioeconômicas oferecidas pela produção de biogás.

O uso de estudos de caso na pesquisa se justifica pelo fato de que esse tipo de análise permite a investigação de fatores que não necessariamente são abordados numa escala macro, mas que podem ser profundamente significativos. Um dos casos de produção rural e familiar de biogás abordados é o do condomínio Ajuricaba. Lofhagen et al. (2018) estudam esse condomínio de agroenergia, pelos métodos MICMAC e SWOT e por entrevistas individuais, para identificar as principais motivações dos agricultores em participar do projeto. Os resultados mostram a importância dada a aspectos ambientais – como a preservação contra a poluição e a higienização das instalações – e econômicos – como a geração de energia, os biofertilizantes e a independência dos agricultores em relação ao GLP.

Outra constatação nada trivial que pode ser averiguada, com base no artigo citado, é a relevância de organizações agroenergéticas rurais coletivas para o aumento da segurança energética da comunidade e na contribuição para uma matriz energética mais limpa de um ponto de vista não só estadual, mas também nacional. A produção coletiva de biogás justifica-se por sua capacidade de diluir custos e propor trabalho cooperativo. Além disso, o modelo permite que esse tipo de produção seja replicado com menor custo e com tecnologias já conhecidas e consolidadas. Assim, constata-se a interdisciplinaridade entre tecnologia, meio ambiente e sociedade que esse tipo de organização coletiva propõe (Lofhagen et al., 2018).

Análise SWOT

Forças

No âmbito de uma análise SWOT, o critério forças – dentro do escopo deste artigo – corresponde a aspectos favoráveis intrínsecos à produção de biogás oriundo de dejetos animais, especialmente por parte da agricultura familiar. Deseja-se, portanto, evidenciar a eficiência do biogás e os benefícios gerados, tanto em seu processo produtivo quanto em seu uso. Em termos de geração de energia, ele é renovável e eficiente (tratamento de resíduos, reciclagem e redução de volume de lixo e CO₂), e, em termos socioeconômicos, ele é capaz de oferecer geração de renda e melhor qualidade de vida para famílias agricultoras.

No Brasil, o biogás pode ser produzido de fontes de biomassa como a cana de açúcar e dejetos urbanos e de gado. Usado diretamente ou para produzir eletricidade, em ambos os casos a energia produzida pode ser utilizada para consumo privado, e o excedente pode ser vendido a distribuidoras de gás natural ou eletricidade. Os dejetos do gado e da vinhaça de cana, por sua natureza agrícola, podem ter como subprodutos o biofertilizante, o que torna seu uso ainda mais vantajoso (Mathias, 2014).

Nesse sentido, este trabalho defende a hipótese de que a sustentabilidade socioambiental no atual modelo de produção rural do Brasil se torna viável com a inclusão da agroenergia nas propriedades familiares rurais, com base na tecnologia de saneamento ambiental utilizando o tratamento de biomassa residual em biodigestores. A conversão de dejetos animais em biogás através de processos AD (digestão anaeróbica) pode agregar valor ao esterco do gado como recurso energético, e seu aproveitamento por agricultores familiares organizados em condomínios fortifica esse potencial.

Potencial energético e produtivo

A Tabela 1⁵ mostra o potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais nos estabelecimentos rurais familiares do Sul. Combinando os dados censitários do IBGE com a fórmula do potencial de geração, chega-se ao potencial de produção de biogás de dejetos: 46,2 milhões de m³/dia⁶.

Em 2017, o Brasil importou 29,4 milhões de m³/dia de gás natural. Portanto, se todo o potencial de produção de biogás dos estabelecimentos familiares pecuários fosse explorado, as necessidades de importação do País seriam atendidas (Boletim anual..., 2018). De acordo com Rahman et al. (2019), o total possível de mitigação de emissões de CO₂ seria de 46,58 milhões de toneladas por ano se 3,67 milhões de usinas de biogás familiares puderem ser construídas em Bangladesh. O Brasil possui 3,89 milhões de agricultores familiares (dados de 2017), o que evidencia um grande impacto ambiental no que diz respeito à mitigação de emissões (IBGE, 2019).

O cálculo apresentado evidencia apenas uma face do potencial da geração de biogás no Brasil, já que, além de focar na região Sul, ele não abrange outros benefícios, como a redução da poluição dos lençóis freáticos, a autoprodução e o consumo de energia (que gera renda e bem-estar para os agricultores) e a produção de biofertilizantes.

Esse potencial foi calculado com dados do Censo Agropecuário de 2017 do IBGE (2019) e com os coeficientes de esterco em biogás. Assim, mesmo que não aproveitada, essa capacidade energética – que se traduz numa capacidade de redução de GEE, visto se tratar de uma fonte de energia renovável – é uma força a favor da produção de biogás, já que esse potencial não depende de fatores externos para existir (e sim para se concretizar).

Políticas públicas: o Plano ABC

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) é um marco no incentivo econômico por parte do poder público à produção de biogás, por se tratar de uma das principais políticas brasileiras de estímulo a uma agricultura de baixo carbono. O plano foi lançado em 2010 e seu objetivo é financiar iniciativas que optam por seguir práticas de mitigação de GEE em suas atividades agrícolas (Brasil, 2012). A política abrange sete programas temáticos (Embrapa, 2023): 1) Recuperação de Pastagens Degradadas; 2) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); 3) Sistema Plantio Direto (SPD); 4) Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN); 5) Florestas Plantadas; 6) Tratamento de Dejetos Animais; e 7) Adaptação às Mudanças Climáticas.

Tabela 1. Potencial de produção de biogás de esterco animal na região Sul em 2017.

Pecuária	Paraná		Santa Catarina		Rio Grande do Sul		Região Sul
	Animais (milhões de cabeças)	Biogás (m ³)	Animais (milhões de cabeças)	Biogás (m ³)	Animais (milhões de cabeças)	Biogás (m ³)	Biogás (m ³)
Bovinos	3,0	1,2	2,3	0,9	3,8	1,5	3,7
Suínos	3,2	2,6	5,3	4,3	4,5	3,6	10,4
Aves	174,2	13,5	118,8	9,2	122,1	9,4	32,1
Total	180,5	17,3	126,4	14,4	130,4	14,6	46,2

Fonte: elaborado com dados de Mathias (2014) e IBGE (2019).

⁵ Os conversores utilizados para o cálculo ($DM \times E_p$) foram: 0,4 para bovinos; 0,6 para suínos; e 0,805 para aves (Mathias, 2014; Silva, 2022).

⁶ A região Sul responde por 54% do potencial de geração de biogás de esterco animal nos estabelecimentos rurais familiares no Brasil. O potencial de todo o País é de 85,7 milhões de m³/dia.

O Plano delineou ações específicas para o cumprimento de cada programa temático. O programa número seis, foco desta pesquisa, requer para sua consecução a ampliação do uso de tecnologias para o tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos animais para geração de energia e produção de composto orgânico. A delimitação de um objetivo específico é crucial para o desenvolvimento de sistemas de biogás na agricultura brasileira, pois a especificação desse propósito é um incentivo para que o Plano ABC – que atualmente é uma força no âmbito da análise SWOT apresentada, pois o programa está em vigência há mais de dez anos – se torne também uma oportunidade, visando cenários futuros.

São benefícios e ações práticas vigentes no escopo do Plano ABC: fortalecimento da assistência técnica, capacitação e informação, estratégias de transferência de tecnologia, dias de campo, palestras, seminários, workshops, implantação de unidades de referência tecnológica (URTs), campanhas de divulgação e chamadas públicas para contratação de serviços de assistência técnica e extensão rural (Ater). Isso significa que a pesquisa e a difusão de informações contínuas, bem como o desenvolvimento tecnológico, são aspectos intrínsecos a essa política. A incorporação desses aspectos é essencial para que não só o tratamento de dejetos na agricultura se cumpra de maneira eficiente e sustentável, mas também para que a iniciativa seja duradoura.

No âmbito do Plano Plurianual (PPA) 2020–2023, o Plano ABC está associado ao Programa 1031 – Agropecuária Sustentável, sob responsabilidade do Ministério da Agricultura e Pecuária. O PPA em questão determina o objetivo de promover o desenvolvimento da agropecuária sustentável, da pesca artesanal e da aquicultura familiar para o Programa 1031 e, para tal, estabelece a meta de elevar de 26% para 67% o Índice de Sustentabilidade da Agropecuária. Uma das dimensões desse índice abarca municípios com financiamentos do Programa ABC, de modo a analisar a expansão do uso das tecnologias do Plano ABC nos municípios do Brasil. (Programas..., 2023). Esse cenário futuro promissor é um exemplo,

como mencionado, de como o Plano ABC pode se tornar, para além de uma força, uma oportunidade no que diz respeito ao desenvolvimento de sistemas agroenergéticos pela agricultura familiar.

Estudos de caso: a produção de agroenergia pela agricultura familiar

Como anteriormente colocado, a produção de agroenergia permite, além da provisão de energia sustentável e do manejo adequado e higiênico de resíduos, a agregação de valor ao estercor animal em fazendas. Essa dinâmica é extremamente benéfica para pequenos agricultores. A agricultura familiar é de extrema importância para a economia brasileira: é a base da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes e é responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa do País (Programas..., 2023).

O potencial da produção de agroenergia por pequenos agricultores no Brasil pode ser também escrutinado com base em estudos de caso, que são capazes de demonstrar como o uso de abordagens participativas – como a organização em condomínios e fazendas – permite mútua cooperação e ganho de escala quanto aos benefícios que já são intrínsecos à produção e ao uso de biogás. Os casos mais maduros descritos pela literatura são associados às iniciativas desenvolvidas na região Sul. Aqui, além do caso de produtores pecuários, há o exemplo da organização de produtores de cana-de-açúcar e de tabaco naquela região.

O Condomínio Ajuricaba – na bacia hidrográfica Ajuricaba, Marechal Cândido Rondon, oeste do Paraná – foi criado em 2009 a partir de diversas parcerias: Barragem Hidrelétrica de Itaipu, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-PR), Companhia Paranaense de Energia (Copel), Prefeitura Municipal de Marechal Cândido Rondon (PR), Embrapa, Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA), Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (Itai), Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (PTI) e Centro Internacional para Energias Renováveis – Biogás. Seu principal objetivo é a apresentação

de referências concretas a respeito da geração de bioenergia pela agricultura familiar e o desenvolvimento dos respectivos aspectos econômico, social e ambiental para que o modelo seja sustentável.

O projeto é inspirado na Conferência Climática Mundial em Copenhague de 2009, na qual o Brasil voluntariamente se comprometeu a reduzir a emissão de gases de efeito estufa em 36%–39% até 2020. O condomínio, quando em operação total, pode oferecer redução da emissão de CO₂ em 1.400 toneladas por ano. (Coimbra-Araújo et al., 2014). O calor gerado pelo biogás é usado na secagem de grãos – o produtor pode, sozinho, fazer a secagem, o que reduz em 90% o custo desse processo. A energia elétrica gerada pela microcentral termelétrica (MCT) de Ajuricaba pode ter dois propósitos: o uso na própria propriedade e a venda do excedente para uma distribuidora (nesse caso, a Copel) – há um contrato de chamadas públicas no qual essa venda é feita para a distribuidora na forma de créditos de energia conforme as regras estabelecidas pela Resolução ANEEL nº 482/2012, modificada pelas resoluções normativas ANEEL nº 687/2015 e nº 786/2017. (Copel, 2023).

O projeto do Condomínio Ajuricaba consistia, em 2014, em 33 fazendas familiares, 400 bovinos e 5.000 suínos. Cada propriedade tem um digestor ligado à MCT por dutos. Essa estrutura permite a instalação de quatro geradores para pesquisa e desenvolvimento desse sistema de alta concentração do gás metano. Para aumentar essa concentração, uma unidade de tratamento de biogás está sendo instalada com o auxílio dos centros de pesquisa da Petrobrás e Itaipu. Coimbra-Araújo et al. (2014).

A geração energética na MCT do condomínio é feita a partir de um motogerador de grupo, com conexão para geração distribuída. A atual estrutura instalada na MCT permite quatro motogeradores e possui reguladores de pressão e purificadores. Uma das tecnologias desenvolvidas no aparelhamento da geração de energia elétrica da MCT é o painel de controle e sincronização de energia elétrica gerada pela rede de distribuição.

Esse tipo de sistema de monitoramento, controle e proteção é uma ferramenta barata que garante que a energia produzida na geração distribuída possa ser comercializada sem restrição (Coimbra-Araújo et al., 2014).

O condomínio mostrou a viabilidade de aliar a preservação do meio ambiente à produtividade e geração de renda por meio de uma tecnologia acessível a pequenos agricultores reunidos. Os centros de pesquisa fomentados pelas parcerias da iniciativa e o desenvolvimento de tecnologia são fatores que podem incentivar não somente a constante melhora do centro, mas também a aplicabilidade de iniciativas desse tipo em outras regiões rurais do Brasil.

Outro caso relatado na literatura, associado à cana-de-açúcar, é o da Associação Agrícola de São Carlos (Aasca), em Porto Xavier, RS. O noroeste gaúcho é marcado pela participação de sindicatos e cooperativas de pequenos agricultores, de modo que esses movimentos foram fundamentais na constituição da Cooperativa dos Produtores de Cana de Porto Xavier (Coopercana). A cooperativa é a única usina de etanol do estado e era, em 2014, responsável pelo atendimento de 4% da demanda de etanol do Rio Grande do Sul (Rambo et al., 2013). Outro aspecto vantajoso da região é sua proximidade com o Rio Uruguai, o que torna o clima favorável ao cultivo da cana.

A Aasca, que inicialmente investia na produção de derivados de cana (melado, açúcar mascavo, cachaça, melaço), passou a produzir panifícios e picles com o intuito de aumentar a participação feminina na associação. Uma experiência no Município Dezesseis de Novembro inspirou a associação a produzir também etanol e, desde 2007, a Aasca expande sua produção – tanto de combustível quanto dos produtos nos quais previamente investiu. Assim, em 2010, a associação inaugurou um quiosque para servir de ponto de venda de produtos provenientes da agricultura familiar do município como um todo. Essa iniciativa da Coopercana deu origem a nove projetos em municípios do noroeste gaúcho que envolvem cerca de 400 famílias, entre agricultores e assentados (Rambo et al., 2013).

A produção e venda de combustível pela Aasca exemplifica o envolvimento de cooperativas de trabalhadores previamente estabelecidas na produção de agroenergia dentro de uma lógica dos padrões locais. Isso significa que essa adaptação contextual – isto é, a produção do combustível juntamente com produtos já incorporados e demandados na organização comercial da região – ocorreu de maneira a complementar o sistema econômico local, além de evitar as consequências ambientais negativas de emissões de metano e gases tóxicos, conforme Lantz et al. (2007 citado por Rambo et al., 2013).

Um caso apontado na literatura que reforça a importância do cooperativismo é o do Centro de Formação e Produção de Alimentos e Bioenergia São Francisco de Assis – Santa Cruz do Sul, RS, associado à produção de tabaco. A princípio, para diversificar a produção de tabaco na região de Santa Cruz do Sul, o Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA) iniciou a construção da cooperativa Cooperfumos. Posteriormente, esses mesmos agentes iniciaram, em 2008, o Centro de Formação e Produção de Alimentos e Bioenergia para, como o nome intui, produzir alimentos, respeitar o meio ambiente e produzir energia. Doze mil litros, principalmente de óleos de gorduras vegetais saturados, são coletados no município e reaproveitados no centro – essa coleta conta com um projeto educativo para escolas e restaurantes da região. A construção das instalações físicas foi feita pelos próprios agricultores por meio de capacitações de bioconstrução. Além disso, o centro incentiva a produção de sistemas agroflorestais através da concessão de kits de mudas (Rambo et al., 2013).

As experiências expostas mostram a importância da inserção do pequeno agricultor no processo de geração distribuída de energia a partir do biogás para que não apenas objetivos de cunho ambiental sejam alcançados, mas também de uma inclusão social que seja capaz de contornar dependências. A região Sul, como demonstrado, tem primazia nas iniciativas de produção de agroenergia pela agricultura familiar, mesmo quando essa energia é produzida de dejetos pu-

ramente agrícolas, e não necessariamente provenientes da agropecuária.

Alguns aspectos específicos locais, como a forte presença de movimentos sociais de pequenos agricultores e da própria agricultura familiar em si, são favoráveis para o desenvolvimento de sistemas de biogás no Sul. A demanda por soluções conjuntas para a geração energética da agroenergia resultou nas iniciativas abordadas dentro dos estudos de caso – e, além disso, as políticas de incentivo são consideravelmente mais recentes do que as próprias iniciativas de produção de biogás pela agricultura familiar, o que mostra uma demanda por esse tipo de organização produtiva mesmo quando o ambiente externo ainda não a favorecia.

Fraquezas

O potencial não explorado

Com base em projeções internas, a Abiogás (2023) calcula que o potencial de produção de biogás no Brasil é de 120 milhões de m³/dia, de modo que se passou a denominar esse potencial de “pré-sal caipira”. No entanto, é amplamente reconhecido o potencial não explorado de produção do biogás no Brasil. No País, a produção de energia renovável é ampla: a matriz energética brasileira é uma das mais renováveis do mundo. Dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023) revelam que 83% da geração de energia no Brasil em 2019 veio de fontes renováveis, sendo a média global de apenas 25%. Ainda assim, no Brasil a emissão de gases de efeito estufa é significativa, com parcela considerável proveniente das atividades agrícolas. Dessa forma, o incentivo à produção de biogás tem a capacidade de reverter esse quadro não só por promover uma gestão correta de resíduos, mas também por oferecer uma fonte de energia renovável capaz de substituir o uso de GLP e por permitir a produção de biofertilizante – que ameniza a liberação de óxido nitroso proveniente do uso de fertilizantes nitrogenados.

As iniciativas de produção de biogás no Brasil, no entanto, são incipientes e isoladas

(Mathias & Mathias, 2015): as energias renováveis no Brasil ainda permanecem “à sombra” da energia hidrelétrica, a fonte de energia renovável mais comum no País. O sistema de gerenciamento de dejetos mais comum em uso no Brasil ocorre em lagoas abertas ou em esterqueiras (Dena, 2010). Esse tipo de prática é caracterizado por baixos custos de implantação e fácil manejo, mas requer área física significativa para distribuir os dejetos, o que se traduz em área desmatada e impermeabilização do solo, fatores que agravam a emissão de GEE. Além disso, o uso dessa prática pode acarretar problemas de odor, atração de insetos e outras pragas, contaminação de águas subterrâneas, deterioração da estrutura biológica da terra e derramamentos catastróficos (Dena, 2010).

Dados do Censo Agropecuário de 2006⁷ também reforçam o quão incomum é o tratamento correto de resíduos agrícolas no Brasil – e, entre os estabelecimentos que fazem o manejo adequado, a maior parte localiza-se Sul, região pioneira no tratamento de resíduos em biodigestores (Dena, 2010). No entanto, na própria região o uso de esterqueiras também é um método comum, de modo a ultrapassar consideravelmente o número de estabelecimentos que usam biodigestores (Tabela 2).

De acordo com a Embrapa Suínos e Aves (2023) acerca de gases de efeito estufa provenientes de dejetos animais, quando os dejetos são tratados por biodigestão anaeróbia em biodigestores, ocorre redução das emissões de N₂O em 47% em relação às esterqueiras. Além disso, a

aplicação do composto orgânico (biofertilizante) em áreas de plantio direto promove melhora da taxa de sequestro de carbono em relação ao solo adubado com fertilizantes minerais: Segundo a Embrapa Suínos e Aves (2023),

Os resultados obtidos apontam um efeito sinérgico quanto à mitigação de gases de efeito estufa pelo tratamento dos dejetos por biodigestão ou compostagem e à reciclagem do biofertilizante como fonte de nutrientes para a agricultura ou recuperação de áreas degradadas pela adubação com o composto orgânico.

Desafios regulatórios e de política pública

Apesar do potencial de desenvolvimento de uma indústria de biogás no Brasil, existem muitos desafios. A experiência internacional mostra a importância da participação governamental, tanto por incentivos financeiros quanto em relação ao enquadramento jurídico, além do incentivo ao desenvolvimento de plantas de biogás rurais de pequena escala (Mathias & Mathias, 2015). Transformar o potencial de geração em produção de biogás efetiva envolve uma agenda governamental e instrumentos de políticas apropriadas.

Pela Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004 (Brasil, 2004), qualquer distribuidor de eletricidade está autorizado a fazer chamadas públicas para comprar energia produzida por pequenos geradores, mas o consumidor não pode ser compensado monetariamente – diferentemente do que acontece na Espanha e na Alemanha, por meio de

Tabela 2. Número de estabelecimentos agropecuários com tratamento de esterco de animais (unidades).

Brasil e Região Sul	Total/AF	Local do tratamento						
		Total/AF	Lagoa anaeróbica	Esterqueira	Biodigestor	Composteira	Outro local	Não faz
Brasil	Total	186.432	3.269	131.232	2.387	31.849	27.198	4.989.204
	AF	140.904	1.891	101.070	1.403	23.361	20.108	4.225.365
Sul	Total	106.527	1.618	82.609	1.223	21.379	7.877	899.676
	AF	90.004	1.077	70.619	847	17.511	6.458	759.689

Fonte: IBGE (2009).

⁷ Convém reiterar que esse dado não está disponível no Censo Agropecuário de 2017.

tarifas *feed-in*. Esse fato sinaliza uma hermeticidade em relação ao planejamento comercial para o desenvolvimento não só de sistemas de produção de biogás, mas também de outras energias renováveis (Coimbra-Araújo et al., 2014).

O governo federal, no entanto, se envolve no incentivo da produção de biogás – e de outros projetos relativos ao desenvolvimento de uma agricultura de baixo carbono – através do Plano ABC, em vigor há mais de dez anos. Para o biênio 2020/2021, o Ministério de Agricultura anunciou que o Plano ABC designou R\$ 5 bilhões (do volume disponibilizado na safra) para o financiamento de técnicas agrícolas para uma agricultura de baixo carbono. Apesar de ser um volume inédito destinado ao Plano ABC, o montante representa apenas 2% do Plano Safra, que contava com R\$ 251,2 bilhões no período. Assim, se, por um lado, uma agricultura de baixo carbono é estimulada – de modo que uma das diretrizes dessa agenda é o fomento à produção de bioenergia e o manejo adequado de resíduos agrícolas –, por outro, há investimento massivo em pecuária e agricultura que não necessariamente se alinha à Agenda 2030 da ONU, nem pelo âmbito social nem pelo ambiental. (Grilli, 2021).

Além disso, em publicação do Espelho do Monitoramento para o PPA 2020–2023 (Brasil, 2020), foi constatado que as taxas de juros para a linha de crédito do Programa ABC (associada ao Plano ABC) não traziam vantagens comparativas (taxa, carência, facilidade na contratação) em rela-

ção a outras linhas do crédito rural. A publicação reforça que a maior adesão à linha de crédito está condicionada à modificação dos prazos de carência e de pagamento e dos itens financiáveis.

Outra conclusão relatada é que os recursos orçamentários para as atividades de fomento das tecnologias ABC são baixos e vêm caindo (Tabela 3). A elevação desses recursos traria retorno na contratação da linha do Programa ABC e na adoção de práticas de agricultura de baixo carbono.

Dessa forma, é evidente que há fraquezas em relação ao desenvolvimento da agroenergia no Brasil não só por parte da agricultura familiar, mas também num panorama nacional. Decorre então a necessidade de incentivar esforços do poder público para contornar esses desafios tanto do ponto de vista regulatório quanto do ponto de vista do investimento direcionado.

Desafios ao desenvolvimento de iniciativas

Em relatório publicado pela Diaconia e pelo Instituto 17, relativo ao biodigestor sertanejo⁸, alguns desafios ao desenvolvimento e propagação dessa tecnologia são traçados. Um dos aspectos evidenciados é o fato de que a oferta de capacitação e treinamento para a construção de biodigestores ainda é escassa e, no geral, há baixa oferta de assistência técnica para implementação e manutenção da tecnologia, o que resulta numa insu-

Tabela 3. Orçamento federal para a ação “Apoio ao desenvolvimento de agricultura de baixa emissão de carbono” – ABC dentro do Programa 1031 – Agropecuária sustentável.

Ano	Dotação inicial (R\$)	Dotação atual (R\$)	Empenhado (R\$)	Liquidado (R\$)	Pago (R\$)
2018	1.200.000,00	1.166.387,00	1.160.450,00	542.785,00	542.785,00
2019	1.491.501,00	1.491.501,00	1.449.562,00	241.671,00	237.942,00
2020	437.120,00	304.357,00	370.575,00	157.057,00	154.257,00

Fonte: Painel do Orçamento Federal (2022).

⁸ Esse tema será desenvolvido na próxima seção. O biodigestor sertanejo é fruto de uma parceria entre o Instituto 17, organização sem fins lucrativos fundada em 2018 para viabilizar a difusão dos ODS, e a Diaconia, uma organização também sem fins lucrativos comprometida com a promoção da justiça social em territórios urbanos e semiáridos do Nordeste brasileiro. A tecnologia desse biodigestor é baseada no modelo indiano de biodigestores, de modo a possuir uma cúpula móvel para armazenamento do biogás. Diversas instituições no Nordeste foram responsáveis pelo desenvolvimento e aperfeiçoamento dessa tecnologia para se adaptar às necessidades, às técnicas e aos materiais de construção mais utilizados na região.

ficiência de pessoas capacitadas para operá-la em maior escala (Biodigestor..., 2022).

Outra fraqueza apontada pelo relatório é a falta de informação acerca do uso de biodigestores – mesmo com o crescente interesse nacional sobre biogás e biometano – e a pouca disseminação e divulgação da tecnologia do biodigestor sertanejo entre o setor empresarial e o campo governamental. É importante frisar que a adaptação dessa tecnologia a diferentes escalas e regiões do Brasil também depende de pesquisa direcionada e divulgação.

Por fim, o relatório indica a ausência de políticas públicas para o desenvolvimento da tecnologia do biodigestor sertanejo – a exemplo de incentivos com financiamento de bancos públicos e privados e do investimento direto em implementação de biodigestores por parte do poder público. Apesar de o relatório se voltar especificamente para a tecnologia do biodigestor sertanejo, o mesmo quadro de desafios é verdadeiro para muitos outros casos de implementação de biodigestores no meio rural brasileiro, tendo em vista que a região Sul é uma das mais avançadas do País no que diz respeito a incentivos econômicos, pesquisa e políticas públicas nessa direção – e, mesmo assim, as iniciativas são extremamente recentes (Biodigestor..., 2022).

Oportunidades

No âmbito da matriz SWOT, oportunidades são os fatores que podem impulsionar o desenvolvimento da agroenergia no País, mas que dependem de fatores externos e conjunturas favoráveis para serem implementados continuamente. Serão delineados programas e projetos regulatórios de incentivo à produção de biogás – e biometano, que pode ser gerado a partir do tratamento do biogás – tanto em nível nacional quanto para a região Sul.

A tecnologia do biodigestor sertanejo

A propagação do biodigestor sertanejo é capaz de fortalecer a agricultura familiar através de tecnologia especializada, isto é, que leva em

considerações necessidades regionais, para a produção de agroenergia. Isso, porque, além de empregar mão de obra local e oferecer cursos acerca do funcionamento e implementação dos biodigestores para a população, a iniciativa permite a redução de custos – principalmente em vista dos altos custos da compra de um botijão de GLP – e o acesso à combustível renovável para cocção (Biodigestor..., 2022).

O biodigestor sertanejo é uma tecnologia destinada ao uso doméstico, voltada a atender demandas sociais e econômicas de famílias rurais de baixo poder aquisitivo. Esse empreendimento de pequena escala, se planejado de modo a permitir a implementação em massa em diferentes regiões do País, pode gerar impactos reais nas esferas social, ambiental e econômica, considerando a participação da agricultura familiar na produção de alimentos.

Assim, no que diz respeito aos impactos gerados pela iniciativa, um relatório publicado pelo Instituto 17 e pela Diaconia (Biodigestor..., 2022) divulgou um potencial de 50 mil a 200 mil unidades de implementação do biodigestor sertanejo, o que representaria um potencial de produção de biogás de 10 milhões m³/ano (equivalentes a 304 mil botijões de GLP) e um potencial de mitigação de emissões de GEE de 10 ktCO₂ eq/ano a 100 ktCO₂ eq/ano.

As diferentes fontes de biomassa (agrícola, animal, urbana, florestal) tornam a iniciativa versátil para diferentes regiões e, além dessas vantagens, também é possível delinear trabalhos direta e indiretamente gerados por esse setor, permitindo a implementação de soluções relacionadas à economia circular, ao aproveitamento energético de resíduos, à defesa do meio ambiente e ao desenvolvimento local. Levando-se em consideração essa versatilidade, o intuito dos desenvolvedores dessa iniciativa – a Diaconia, o Instituto 17 e, também, os participantes do projeto em si – é que a implementação do biodigestor sertanejo se cumpra em diferentes regiões rurais do Brasil (Biodigestor ..., 2022).

No caso da região da Caatinga, onde está grande parte dos biodigestores sertanejos implementados no âmbito do projeto, a segurança alimentar e hídrica é um fator de muita sensibilidade. Assim, a produção de biofertilizante – incentivando, portanto, o desenvolvimento agrícola – e a gestão correta de resíduos – de modo a poupar lençóis freáticos do chorume produzido por dejetos animais – são cruciais para essa região. No caso do Sul, por exemplo, o uso da energia a partir do biogás para aquecer os lares de famílias agricultoras acaba por ser um fator mais relevante. Dessa forma, a ambição do projeto de implementação do biodigestor sertanejo em regiões diferentes do País, com necessidades distintas, mostra-se possível e conveniente para famílias agricultoras. A Tabela 4 mostra os números de biodigestores sertanejos por estado.

Tabela 4. Distribuição geográfica dos biodigestores sertanejo instalados no Brasil.

UF	Número de biodigestores
Ceará	316
Pernambuco	192
Rio Grande do Norte	71
Rio Grande do Sul	67
Minas Gerais	62
Santa Catarina	53
Goiás	50
Paraíba	32
Bahia	26
Piauí	3
Pará	1
Tocantins	1

Fonte: Biodigestor... (2022).

É digno de nota que o Nordeste é a região com o maior número de biodigestores instalados, seguido da região Sul.

Políticas públicas e regulatórias

- 1) O Programa Metano Zero e o estímulo do setor privado

O mais recente programa nacional de promoção do biogás é o projeto “metano verde” (ou Programa Metano Zero). Foi lançado em março de 2022 e pretende dialogar com o mercado de carbono e estimular o financiamento por parte de grandes bancos. Juntamente com a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em janeiro, o governo brasileiro dá um sinal claro ao mercado com esta iniciativa: o potencial de geração de biometano proveniente de resíduos urbanos e rurais, especialmente de aves, suínos, açúcar e álcool, deve ser aproveitado.

Essa concepção de iniciativa converge com o crescimento acelerado dos incentivos ao fomento do biogás no Brasil. A ABiogás estima novos investimentos de R\$ 60 bilhões em novas usinas até 2030, fazendo a produção brasileira de biogás saltar de 4 milhões para 30 milhões de metros cúbicos por dia. Empresas privadas e joint ventures do setor sucroalcooleiro, como a Geo Biogás & Tech, Raízen e o grupo Cocal, são os principais atores dessa iniciativa, com projetos que visam promover a produção e distribuição de biogás e biometano em diversos segmentos industriais. (Goldberg, 2022). Além disso, o setor também tem perspectivas de fusões e aquisições – por exemplo, a aquisição da produtora de biometano Gás Verde pelo grupo Urca.

Nesse sentido, o Programa Metano Zero tem potencial para estimular ainda mais essa agenda. Incorpora incentivos econômicos, como linhas de crédito e desoneração fiscal (isenção de PIS/Confis e ICMS) para projetos desenvolvidos pelo setor de biogás. A expectativa é que o Brasil possa produzir cerca de 120 milhões de metros cúbicos de gás por dia em um período de dez anos e que as emissões de gás metano sejam reduzidas em 36% no País. Em 2021, a capacidade do gasoduto Bolívia/Brasil era de 30 milhões por dia (Schuch, 2022).

2) O Projeto de Lei 3865/2021

Tal projeto de lei propõe a criação de um novo marco legal regulatório para o biogás no Brasil e estimula ações conjuntas da União, por meio de incentivos fiscais para estimular investimentos na produção de biogás e biometano, além

de créditos com juros diferenciados para implantação de usinas. O texto da proposta foi elaborado com a contribuição da ABiogás, da Associação da Indústria de Cogeração (Cogen) e da Unica (Indústria de Cana-de-Açúcar) e o apoio técnico do Ministério da Agricultura e da Embrapa, o que representa interação e planejamento conjunto entre diferentes agentes na execução de uma mesma agenda nacional. (Brasil, 2021).

O projeto prevê também que o Tesouro Nacional destine parte do orçamento ao programa de incentivo. Além disso, o projeto busca corrigir distorções regulatórias que impedem a isonomia entre as fontes, incluindo o biometano, no Regime Especial de Incentivos ao Desenvolvimento de Infraestrutura (Reidi). (Brasil, 2021). Esse envolvimento dos órgãos em nível nacional é fundamental não só para a mitigação dos gases de efeito estufa e o aproveitamento do potencial econômico que é possível a partir da geração de biogás e biometano, mas também para a saúde e segurança do meio rural.

Políticas de incentivo na região Sul

Recentemente, uma série de políticas de incentivo para o desenvolvimento de sistemas de biogás surgiram nos três estados do Sul. Santa Catarina foi o primeiro estado brasileiro a estabelecer uma política de biogás e legislação próprias sobre o tema: em 2018, foi aprovado o Projeto de Lei 26/2018, que delineia um marco legal regional que incentiva a produção e o uso do biogás como fonte de energia. Mais especificamente, o projeto de lei tem por objetivo

[...] dar diretrizes para o aproveitamento dos dejetos (fezes e urina) produzidos na pecuária, em especial na suinocultura, na produção de energia, por meio de biodigestores (Espinoza, 2018).

Paralelamente a essa política, Santa Catarina conta com o Comitê SC Biogás, que busca incentivar a produção de energia por meio de dejetos de suínos, para retirar do meio ambiente a biomassa produzida pela indústria agropecuária. O comitê lançou o Programa SC Rural, da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca, por meio do

qual foi possível contratar serviços de consultoria para análise do potencial energético a partir do biogás na região. A prospecção – financiada pelo Banco Central – também detectou os potenciais segmentos e grupos de consumidores desse tipo de energia, estudando a distribuição, a geração e o uso de redes de biometano (Cidasc, 2017).

A forte correlação entre incentivos econômicos à produção de biogás e grupos de estudos científicos avançados e iniciativas nessa área é uma característica da política na região Sul. No Paraná, a articulação de diversos ativos estatais, tanto em termos de recursos humanos quanto da estrutura física, está voltada para o fortalecimento do setor de biogás por meio da Rede Paranaense de Laboratórios de Biogás (Labiogás-PR). O projeto foi lançado em 2020, e seu principal objetivo é fortalecer a articulação institucional e apoiar ativos técnico-científicos, professores e especialistas para oferecer, de forma permanente, suporte técnico às diversas cadeias de abastecimento de biogás do estado. (Fundação Araucária, 2020).

A iniciativa recebeu investimento de R\$ 750 mi da Fundação Araucária, agência de fomento à pesquisa. O Labiogás-PR é uma das consequências da Política Estadual de Biogás e Biometano (Lei 19.500), aprovada no Paraná em 2018. A legislação regulamenta os investimentos para esse tipo de geração de energia e dedica seu quarto capítulo às disposições sobre inovação tecnológica. Por essa regulamentação, são consideradas empresas de inovação tecnológica os empreendimentos e arranjos produtivos de que trata a lei, inclusive as modalidades como consórcio, condomínio, cooperativa e parceria público-privada, podendo se beneficiar da concessão de incentivos fiscais, recursos financeiros, subvenção econômica, materiais ou infraestrutura, a serem ajustados em termos de regimes tributários diferenciados, regimes especiais de transferência, cessão e utilização de créditos tributários, parceria, convênios ou contratos específicos, destinados a apoiar as atividades de pesquisa e desenvolvimento no território paranaense (Paraná, 2018).

O Rio Grande do Sul também direcionou recursos para a adoção de uma agenda legislativa

para promover a produção de biogás. O Projeto de Lei 270/2019, que visa alterar a Política Estadual de Biometano (Lei Estadual nº 14.864/2016), foi aprovado em 2019. O projeto abriu caminho para a adoção de um marco legal do biogás no estado, já que seu objetivo foi ampliar os benefícios da Política de Biometano para a produção de biogás e seus derivados. O governo do estado poderá comprar energia elétrica produzida a partir de biogás e biometano, criar linhas de crédito especiais para produção e conceder tratamento tributário diferenciado para produtos da cadeia produtiva de combustíveis, e também criar um fundo garantido para projetos de produção em pequena escala. (Rio Grande do Sul, 2019).

Além disso, o Projeto de Lei 270/2019 prioriza o licenciamento ambiental para iniciativas de biogás e biometano no Rio Grande do Sul – como ocorre no caso da energia solar em nível nacional. Também prevê que o governo estadual dará prioridade à compra de biometano e outros produtos da cadeia produtiva de biodigestores de empresas produtoras estabelecidas no estado se houver preço competitivo como os praticados no mercado (Serodio, 2019).

Ameaças

O incentivo governamental é absolutamente crucial no processo de desenvolvimento de sistemas de biogás. De acordo com Bley Júnior et al. (2009), todas as experiências de produção e distribuição de energia de fontes renováveis se valem, ou se valeram, de subsídios oferecidos pelo Estado sob diversas formas (baixas taxas de juros nos financiamentos; transferência de valores; prazos longos de resgate; isenção tributária; preços mínimos de compra da produção; desenvolvimento tecnológico e assunção dos custos de difusão das diferentes tecnologias).

A dependência dos agricultores familiares em relação a políticas públicas significa a necessidade de acesso a subsídios e financiamentos para a aquisição de biodigestores, bem como sua manutenção. Nesse sentido, a dependência do auxílio governamental (nacional e subnacional) torna o

desenvolvimento de sistemas de biogás vulnerável às questões orçamentárias, de um lado, e de priorização de políticas (e repartição orçamentária), de outro. Além disso, a dimensão macroeconômica também importa. Uma possível alta de juros significa o encarecimento do crédito e a dificuldade em investimentos na aquisição de biodigestores.

Além da aquisição, há o problema da manutenção dos biodigestores. A literatura internacional aponta as dificuldades com a falta de preparo técnico dos pequenos proprietários rurais para a manutenção dos equipamentos/biodigestores (Chen et al., 2012). Nesse sentido, haveria a necessidade de envolvimento institucional de agências e empresas agropecuárias – Embrapa e Ater, por exemplo –, o que ampliaria a dependência de políticas públicas coordenadas e que são sensíveis a mudanças políticas (prioridades).

A falta de coordenação entre políticas públicas e os desafios regulatórios são ameaças ao desenvolvimento de sistemas de biogás. Nesse sentido, a formação de políticas coordenadas que abranjam simultaneamente energia, transporte, agricultura, meio ambiente e gestão de resíduos potencializaria os benefícios do biogás para a sociedade e incentivaria sua expansão (Mathias & Mathias, 2015; Freitas, 2022).

A baixa participação da geração distribuída e as eventuais ações contrárias para seu desenvolvimento são ameaças potenciais ao desenvolvimento de sistemas de biogás nas pequenas propriedades rurais, que dependem de uma infraestrutura de distribuição para a geração descentralizada.

A matriz SWOT pode ser sintetizada como na Tabela 5.

Considerações finais

Apesar das fraquezas evidentes e das possíveis ameaças, a análise SWOT desta pesquisa sugere que o esforço de inclusão da agricultura familiar na cadeia da agroenergia, por meio de desenvolvimento de sistemas de biogás que proporcionam o tratamento dos dejetos, é válido. Afinal,

Tabela 5. Matriz SWOT para o desenvolvimento de biogás na agricultura familiar no Brasil.

Forças (strengths)	Oportunidades (opportunities)
O potencial energético e produtivo do biogás pela agricultura familiar na região Sul	O Programa Metano Zero e o estímulo do setor privado
O Plano ABC	Biodigestor sertanejo
Casos práticos de produção de agroenergia pela agricultura familiar	O Projeto de Lei 3865/2021
	Políticas de incentivo e projetos de lei na região Sul
Fraquezas (weaknesses)	Ameaças (threats)
O potencial não utilizado	Falta de coordenação de políticas públicas
Desafios regulatórios e de política pública	Problemas macroeconômicos (juros)
Desafios ao desenvolvimento de iniciativas	Mudança de governo (prioridade política)

o potencial, ainda que siga pouco explorado, é extraordinariamente grande e pode significar um caminho para a sustentabilidade socioambiental dos estabelecimentos rurais familiares do Brasil.

Como sugestão para o desenho de políticas públicas que busquem a proposição de sistemas de biogás, vale destacar que a falta de coordenação de políticas públicas é um dos grandes problemas identificados na literatura. Um programa que proporcione o desenvolvimento de sistemas de biogás no Brasil requer um esforço de coordenação de políticas que passe por uma ação conjunta interministerial (Ministério da Agricultura, Ministério de Minas e Energia e Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar), além de instituições e agências como ANP, Embrapa, Ater/Emater e Abiogás, e o esforço das unidades subnacionais, distribuidoras de energia. O papel das instituições financeiras, notadamente o BNDES, parece importante para a concessão de linhas de crédito sob condições especiais para a agricultura familiar.

A região Sul tem mostrado, por meio de várias ações, como políticas subnacionais podem servir de incentivadoras ao desenvolvimento do biogás. Além de alguns casos já concretos, as condições de organização da AF naquela região auxiliam a adoção de sistemas associados à agroenergia, por causa de sua tradição de cooperativismo e associativismo e da concepção de condomínios. Nesse sentido, o potencial de aproveitamento da gestão de resíduos pelo uso de biodigestores é alto, apesar de ainda pouco explorado.

O biodigestor sertanejo pode ser um vetor de irradiação da tecnologia pelas pequenas unidades rurais familiares do Brasil. Trata-se de uma solução que é desenhada levando-se em conta as características do País e também de uma solução de baixo custo. Diante de políticas já estabelecidas, como o Plano ABC, e emergentes, como o Programa Metano Zero, a inclusão da tecnologia do biodigestor sertanejo pode ser um elemento importante na construção de uma política pública que busque disseminar o uso de biodigestores nas pequenas propriedades rurais. Por fim, a exploração dessas possibilidades pode e deve passar pelas experiências coletivas – associativismo, cooperativismo e condomínios.

Referências

- ABIÓGÁS. **Potencial do biogás no setor agropecuário brasileiro.** Disponível em: <www.abiogas.org.br>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- AQUINO, G.T.; BRONDANI, F.M.N.; ALVES-SOUZA, R.A.; GERON, V.L.M.G. O uso do biogás no âmbito rural como proposta de desenvolvimento sustentável. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v.5, p.140-149, 2014. Disponível em: <<https://revista.faema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/221>>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- BENZAGHTA, M.A.; ELWALDA, A.; MOUSA, M.M.; SWOT analysis applications: an integrative literature review. **Journal of Global Business Insights**, v.6, p.55-73, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5038/2640-6489.6.1.1148>.
- BIODIGESTOR Sertanejo: tecnologia social para o fortalecimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Relatório técnico 05-2022. São Paulo: Instituto 17: Diaconia, 2022. 35p.
- BLAIR, J.; GAGNON, B.; KLAIN, A. **Biomass supply and the sustainable development goals: international case studies.** [S.l.]:

IEA Bioenergy, 2021. Disponível em: <<https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/10/IEA-Bioenergy-SDG-Case-Study-Report-FINAL-1.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BLEY JR., C.J. **Reflexões sobre a economia do biogás**. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2010. Disponível em: <https://ecoreporter.abae.pt/docs/apoio/reflexoes_sobre_a_economia_do_biogas.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BLEY JÚNIOR, C.J.; LIBÂNIO, J.C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M.M. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2.ed. rev. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional; Brasília: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009. 140p. Disponível em: <<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00110.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BOLETIM ANUAL DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL - 2017. [Brasília]: MME, ed.5, 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n.º 3865/2021**. Institui o Programa de Incentivo à Produção e ao Aproveitamento de Biogás, de Biometano e de Coprodutos Associados - PIBB e dá outras providências. Brasília, 2021. Apensado ao PL 2193/2020. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2250615>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm>. Acesso em: 6 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, 2012. 173p.

BRASIL. Ministério da Economia. **PPA 2020-2023: Espelho do Monitoramento - 2020**. [2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/ppa/plano-plurianual-ppa-202020132023/monitoramento_programa_1031_agropecuaria_sustentavel_ano_base_2020_vs02.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2023.

BRAZIL CLIMATE ACTION HUB. Disponível em: <<https://www.brazilclimatehub.org>>. Acesso em: 6 mar. 2023.

CHEN, L.; ZHAO, L.; REN, C.; WANG, F. The progress and prospects of rural biogas production in China. **Energy Policy**, v.51, p.58-63, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.052>.

CHEN, W.-M.; KIM, H.; YAMAGUCHI, H. Renewable energy in eastern Asia: renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan. **Energy Policy**, v.74, p.319-329, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.019>.

CIDASC. Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina. **Comitê SC Biogás apresenta plano para produção de energia a partir de dejetos suínos**. Florianópolis, 2017. Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2017/07/12/comite-sc-biogas-apresenta-plano-para-producao-de-energia-a-partir-de-dejetos-de-suinos>>. Acesso em: 6 mar. 2023.

COIMBRA-ARAÚJO, C.H.; MARIANE, L.; BLAY JÚNIOR, C.J.; FRIGO, E.P.; FRIGO, M.S.; ARAÚJO, I.R.C.; ALVES, H.J. Brazilian case study for biogas energy: production of electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.40, p.826-839, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.024>.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia. **Sistema de compensação de energia elétrica**. Disponível em: <<https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/poder-publico/micro-e-mini-geracao>>. Acesso em: 6 mar. 2023.

DENA. Deutsche Energie-Agentur. **Biogas Potential in Rio Grande do Sul, Brazil: an examination of the potential for biogas from pig production**. Berlin, 2010.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Emissões de gases de efeito estufa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/gee/gases-de-efeito-estufa>>. Acesso em: 6 mar. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plano ABC – Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas Visando à Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono/sobre-o-tema#:~:text=O%20Plano%20ABC%2C%20como%20j%C3%A1,e%20combate%20ao%20aquecimento%20global>>. Acesso em: 6 mar. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 6 mar. 2023.

ESPINOZA, M. Marco legal do biogás é aprovado pelos deputados por unanimidade. **Agência AL**, 26 jun. 2018. Disponível em: <https://agenciaal.alesc.sc.gov.br/index.php/noticia_single/marco-legal-do-biogas-e-aprovado-pelos-deputados-por-unanimidade>. Acesso em: 6 mar. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Building a common vision for sustainable food and agriculture: principles and approaches**. Rome, 2014. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i3940e/i3940e.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FERNANDES, D.M. **Biomassa e biogás na suinocultura**. 2012. 211p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

FREITAS, M.S. de. **Mapeamento e identificação de janelas de oportunidades para o biogás no Brasil via análise SWOT**. 2022. 112p. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA. **Governo do Estado lança Rede Paranaense de Laboratórios de Biogás**. 2020. Disponível em: <<https://www.faprr.pr.gov.br/Noticia/Governo-do-Estado-lanca-Rede-Paranaense-de-Laboratorios-de-Biogas>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- GOLDBERG, S. Biogás tem crescimento em ritmo acelerado no Brasil. **Valor Econômico**, 29 abr. 2022. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/04/29/biogas-tem-crescimento-em-ritmo-acelerado-no-brasil.ghtml>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- GRILLI, M. **Apesar de volume inédito de recursos, Programa ABC só representa 2% do Plano Safra**. 2021. Disponível em: <<https://globo rural.globo.com/Noticias/Politica/noticia/2021/06/apesar-de-volume-inedito-de-recursos-programa-abc-so-representa-2-do-plano-safra.html>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007**: Synthesis Report. Geneva, 2007. 104p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- LOFHAGEN, J.C.P.; BOLLMANN, H.A.; SCOTT, C. Collective agro-energy generation in family agriculture: the ajuricaba condominium case study in Brazil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v.14, p.35-61, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3895/rts.v14n34.7626>.
- MATHIAS, J.F.C.M. Manure as a resource: livestock waste management from anaerobic digestion, opportunities and challenges for Brazil. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.17, p.87-110, 2014.
- MATHIAS, M.C.P.P.; MATHIAS, J.F.C.M. Biogas in Brazil: a governmental Agenda. **Journal of Energy and Power Engineering**, v.9, p.1-15, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17265/1934-8975/2015.01.001>.
- MODELLI, L. **COP26**: Brasil e cerca de 100 países se comprometem a reduzir emissões de metano em 30% até 2030. Disponível em: <<https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-26/noticia/2021/11/02/cop26-97-paises-se-comprometem-a-reduzir-emissoes-de-metano-em-30percent-ate-2030-brasil-aparece-na-lista.ghtml>>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- PAINEL do Orçamento Federal. [2022]. Disponível em: <https://www1.siof.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/pendoc.htm?document=IAS%2FExecucao_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- PARANÁ. **Lei nº 19500 de 21/05/2018**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=360329>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- PROGRAMAS integrantes do PPA 2020-2023. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa/arquivos/siof_espelho_programas_completo_sem-ri.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- RAHMAN, K.M.; EDWARDS, D.J.; MELVILLE, L.; EL-GOHARY, H. Implementation of bioenergy systems towards achieving United Nations' sustainable development goals in rural Bangladesh. **Sustainability**, v.11, art.3814, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11143814>.
- RAMBO, A.G.; MICHAELSEN, A.M.; SCHNEIDER, S. Produção de Agroenergia pela Agricultura Familiar: a contribuição dos “pequenos” empreendimentos aos “grandes” problemas atuais. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v.34, p.163-189, 2013. Disponível em: <<https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/555>>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- RIO GRANDE DO SUL. **Projeto de Lei nº 270/2019**. Altera a redação da Lei nº 14.864, de 11 de maio de 2016, que institui a Política Estadual do Biometano, o Programa Gaúcho de Incentivo à Geração e utilização de Biometano – RS-GÁS e dá outras providências. 2019. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legislativo/ExibeProposicao/tabid/325/SiglaTipo/PL/NroProposicao/270/AnoProposicao/2019/Default.aspx>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- SCHUCH, M. Governo lança ‘Metano Zero’, programa de incentivo aos biocombustíveis, alinhado à COP 26. **Valor Econômico**, 21 mar. 2022. Disponível em: <<https://valor.globo.com/brasil/noticia/2022/03/21/governo-lanca-metano-zero-programa-de-incentivo-aos-biocombustiveis-alinhado-a-cop26.ghtml>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- SERODIO, G. Rio Grande do Sul propõe mudança na política de biogás. **Agência epbr**, 16 jul. 2019. Disponível em: <<https://epbr.com.br/rio-grande-do-sul-propoe-mudanca-na-politica-de-biogas>>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- SILVA, S.S. **A produção da agroenergia pela agricultura familiar: uma abordagem SWOT**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.