



## **INOVAÇÃO COMO MECANISMO PARA IMPLEMENTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS BIODIGESTORES SERTANEJOS: UMA ANÁLISE DOS PAINÉIS PÚBLICOS DA ANEEL**

Gabriel Antônio Marcelino Xavier

Mestrando em Administração e Desenvolvimento. UFRPE. gabriel.xavier@ufrpe.br.

Késsia Ferreira Aguiar

Mestrando em Administração e Desenvolvimento. UFRPE. kessia.aguiar@ufrpe.br.

Daniel Rodrigo Silva Luna

Mestrando em Administração e Desenvolvimento. UFRPE. daniel.rodrigo@ufrpe.br.

Luiz Felipe Faustino da Silva Santos

Mestrando em Administração e Desenvolvimento. UFRPE. luizzfelipefss@gmail.com.

Márcio Sampaio Pimentel

Doutor em Fitotecnia e Docente permanente no Programa de Pós-graduação em Administração e Desenvolvimento. UFRPE. marcio.pimentel@ufrpe.br.

### **Resumo**

O conceito de desenvolvimento sustentável consolida-se a partir da compreensão dos desafios persistentes e agravados das dimensões socioeconômica e ambiental, exigindo estratégias que conciliem crescimento e preservação dos recursos naturais. Nesse escopo, o presente estudo tem como objetivo central analisar os painéis públicos de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento – P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, no período de 2008 a 2025, conforme a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, especialmente, identificar nos painéis o investimento em biodigestores sertanejos, tecnologias sociais importantes na mitigação dos Gases de Efeito Estufa – GEE's. Através dos objetivos específicos buscou-se examinar os dados disponíveis nos painéis de P&D, identificar o potencial regional e avaliar a contribuição dessas iniciativas para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O referencial teórico fundamenta-se em discussões sobre Economia Circular, Transição Energética, Tecnologias Sociais, Inovação Social e Desenvolvimento Sustentável. A pesquisa adota metodologia quantitativa, exploratória e descritiva. Os resultados evidenciam as desigualdades regionais na aplicação dos recursos, limitações de transparência e subaproveitamento do potencial de biomassa no nordeste brasileiro. Conclui-se que as iniciativas analisadas são relevantes, porém demandam melhor equidade e transparência na gestão dos investimentos.

**Palavras-chave:** Tecnologias Sociais; Sustentabilidade; P&D

### **Abstract**

The concept of desenvolvimento sustentável is consolidated through the understanding of persistent and worsening challenges in the socioeconomic and environmental dimensions, requiring strategies that reconcile growth and the preservation of natural resources. Within this scope, the present study aims to analyze the public investment panels in Research and Development - R&D of the Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, covering the period from 2008 to 2025, in accordance with Law No. 9.991, of July 24, 2000. Specifically, it seeks to identify in these panels the investments in rustic biodigester, which are social technologies important for mitigating Greenhouse Gases – GHG. Through specific objectives, the study sought to examine the data available in the R&D



panels, identify regional potential, and evaluate the contribution of these initiatives to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). The theoretical framework is based on discussions on Circular Economy, Energy Transition, Social Technologies, Social Innovation, and Sustainable Development. The research adopts a quantitative, exploratory, and descriptive methodology. The results highlight regional inequalities in resource allocation, transparency limitations, and the underutilization of biomass potential in the Brazilian Northeast. It is concluded that the analyzed initiatives are relevant but still demand greater equity and transparency in investment management.

**Keywords:** Social Technologies; Sustainability; R&D

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo linear de produção precede o desenvolvimento sustentável, na qual crítica e propõe um modelo produtivo circular, dessa forma, importa ressaltar que para Barbieri (2023), o conceito de desenvolvimento se refere ao processo de melhoria das condições de vida da população em dado país, município, bairro ou região, além da transformação de estruturas produtivas que visem somente a eficiência. Ainda para o autor o termo de Desenvolvimento Sustentável - DS se dá pelo encontro de dois fatores sendo eles: a persistência e agravamento dos problemas econômicos e sociais em todo o mundo e as dimensões alarmantes dos problemas ambientais, como mudanças no clima, destruição da camada de ozônio, exploração econômica dentre outros, mas sobretudo, alcançá-lo, necessariamente, através da resolução de ambas as questões.

Inculcado pelas premissas do cenário de desenvolvimento sustentável, as tecnologias sociais - TS's, em especial os biodigestores sertanejos são considerados como reatores ou equipamentos utilizados no processo de biodigestão para fornecer a decomposição dos mais variados tipos de resíduos, como insumos alimentares, esgoto e esterco de animais, onde mediado pelo processo de fermentação resultam na produção de biogás sendo esse composto em sua essência, principalmente, por metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ao qual apresentam uma alta finalidade na obtenção de iluminação, aquecimento da água e banho, limpeza de equipamentos para processo de ordenha e aquecimento de ambientes (INSTITUTO 17/DIACONIA, 2022).

Os trabalhos de Quadros et al (2010) e Oliveira et al (2023), apontam respectivamente, que o biogás e o biofertilizante permitem aumento da produção agrícola e a transformação dos produtos tradicionais rurais, agregando valor, organizando a produção, aumentando a conservação dos produtos e melhorando a logística de comercialização para os agricultores familiares e o compromisso assumido com o meio ambiente. Além disso, no tocante ao crescente esgotamento de recursos fósseis, há uma necessidade de reduzir os Gases de Efeito Estufa – GEE's. Sendo assim, a utilização de biomassa e resíduos da produção animal, como no caso em específico, a cama de frango, se torna uma fonte importante para geração de biogás, por consequência, de energia através do uso de biodigestores.

Além disso, a implementação dessas tecnologias pode atravessar questões complexas como discutidas em May (2018), pois envolve a decisão de agentes econômicos e conseqüentemente as motivações individuais, que vão desde as dimensões sociais até as questões ideológicas, ou seja, isso irá interferir nas incertezas e riscos irreversíveis tanto para ciência quanto para a sustentabilidade de uma economia.



A presente pesquisa possui elevada relevância científica, social e institucional, uma vez que se propõe a analisar a efetividade da política pública de fomento à pesquisa, desenvolvimento - P&D promovida pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, conforme as diretrizes estabelecidas pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que obriga as concessionárias e permissionárias do setor elétrico a investirem um percentual mínimo de sua receita operacional líquida em atividades de P&D e eficiência energética.

Ao direcionar o foco para o tema dos biodigestores sertanejos, o estudo contribui para a avaliação dos recursos públicos destinados a P&D, verificando se estão sendo aplicados de forma estratégica e alinhada às necessidades socioambientais e tecnológicas das regiões semiáridas do Brasil. A análise contempla o setor elétrico entre os anos de 2008 e 2025, visando compreender os aspectos de inovação e sustentabilidade na implementação dos biodigestores sertanejos e como esse arcabouço tem impactado na geração de projetos que sirvam de alternativa para mitigação dos impactos de fornecimento de energia.

Outrossim, este trabalho se justifica pela necessidade de se obter dados que servirão de base para a proposição de um roadmap<sup>1</sup> de políticas públicas, indicando caminhos para ampliar o impacto dos editais e, por consequência, contribuir para uma transição energética justa no semiárido nordestino. Assim, as seções posteriores buscarão aprofundar temas que impactam diretamente na implementação, análise, desenvolvimento contínuo e sustentabilidade dos biodigestores sertanejos, onde serviram de apoio na compreensão teórico conceitual e na disponibilidade de contextos para pesquisadores futuros interessados na temática discutida.

Portanto, importa questionar, como a inovação pode fortalecer a implementação e a sustentabilidade de biodigestores sertanejos no semiárido nordestino? Dessa maneira, a pesquisa tem como objetivo central investigar como a inovação pode ser um instrumento essencial para implementação de tecnologias sociais, em especial, dos biodigestores sertanejos. Ancorados pela verificação dos dados de investimento em P&D em biodigestores a partir dos painéis públicos da ANEEL; Observação do potencial nordestino para geração de bioenergia; e Compreensão do alcance do desenvolvimento sustentável a partir dos projetos P&D em biodigestores. Nas sessões a seguir, serão discutidos os conceitos que basearam a fundamentação, aplicação do método, discussão e conclusão acerca do tema.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesse panorama, a economia circular e a transição energética surgem como complementos às políticas administrativas voltadas à sustentabilidade. Berardi e Dias (2018), apontam que o modelo linear da Revolução Industrial, centrado na extração, produção e descarte, tornou-se insustentável, o que impulsiona a adoção de novos paradigmas produtivos. Para Silva (2024), a Economia Circular – EC propõe um modelo em que a produção e o consumo estão pautados na redução de desperdícios, reutilização e reciclagem, agregando valor social e ambiental às atividades produtivas.

---

<sup>1</sup> Rodmap – Considerado como um planejamento estratégico que visa um detalhamento visual de como as equipes organizacionais pretendem alcançar seus objetivos, garantindo controle e eficiência entre todos os integrantes envolvidos.



Essa concepção é reforçada pelos princípios dos 3Rs, Reduzir, Reutilizar e Reciclar que, segundo Jugend, Bezerra e Souza (2022), representam uma transformação estratégica nos sistemas de produção e consumo. Em paralelo, a Agência Nacional de Energia Elétrica (2025), destaca que a transição energética corresponde à substituição de matrizes e insumos tecnológicos na geração de energia, visando maior eficiência e menor emissão de Gases de Efeito Estufa – GEEs. Assim sendo, insere-se que Lei nº 9.991/2000 reforça a obrigação dos setores empresariais de investir em pesquisa, desenvolvimento e eficiência energética (LACERDA, 2019), estimulando a inovação e o uso racional dos recursos. Nesse contexto, os biodigestores assumem papel central, contribuindo para a mitigação de impactos ambientais e a descarbonização (CERVO; AQUINO; NADALETI FILHO, 2025), ao mesmo tempo em que reduzem a poluição e melhoram a qualidade da água e do solo, conforme Siatkowski et al. (2022).

Outrossim, as políticas de inovação e o desenvolvimento das tecnologias sociais emergem como desdobramentos práticos dessas transformações. Desde a década de 1970, a Tecnologia Apropriada (TA), formulada pelo Intermediate Technology Development Group (SCHUMACHER, 1973), buscava soluções simples e acessíveis para os países em desenvolvimento, sem dependência de grandes capitais ou tecnologias de ponta (MCROBIE, 1982). No Brasil, essa perspectiva evoluiu para o conceito de Tecnologia Social – TS, definida pelo Instituto de Tecnologia Social (ITS, 2004), como o conjunto de técnicas e metodologias desenvolvidas em interação com comunidades, com o propósito de inclusão social e melhoria das condições de vida.

Ressalta-se, que a Fundação Banco do Brasil – FBB tem papel relevante na difusão dessas tecnologias, sendo responsável pela certificação de centenas de práticas no Banco de Tecnologias Sociais, onde a política pública, ligada a TS integra o Eixo 1 do Plano Plurianual 2024–2027, tratando-se do desenvolvimento social e das garantias de direitos. Para Barbieri (2023), a inovação é produto da criatividade individual ou coletiva, constituindo-se em fator determinante para o seu sucesso, ainda para o mesmo autor, Barbieri (2024), a inovação possui quatro dimensões, sendo elas, produto, processo, marketing e organização.

Reconhecendo que a Política Nacional de Inovação (BRASIL, 2020), orienta e articula estratégias de fomento ao setor produtivo, promovendo produtividade e competitividade. O Decreto nº 10.534, de 28 de outubro de 2020 reforça que, a importância das compras públicas como instrumentos de estímulo à inovação, articulando oferta e demanda de bens e serviços inovadores, causando impacto positivo na Estratégia Nacional de Inovação (2021), voltada à expansão dos mercados de produtos e serviços inovadores.

O conceito de desenvolvimento sustentável, consagrado pelo Relatório Brundtland (WCED, 1987), define como a capacidade de atender às necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras. A concepção contemporânea de desenvolvimento sustentável amplia seu sentido original ao integrar justiça social, prudência ecológica e eficiência econômica, configurando-se como um projeto civilizatório orientado pela harmonia entre sociedade, economia e natureza. Conforme Purvis, Mao e Robinson (2019), tal perspectiva demanda superar a fragmentação dos pilares da sustentabilidade, entendendo-os como dimensões interdependentes.

Nessa direção, Augustin e Pfeifer (2023), propõem o modelo “Sustainalism”, que



articula equidade social, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental. Na ótica da economia ecológica, o desenvolvimento sustentável deve reorganizar os fluxos econômicos em conformidade com os limites ecológicos e as necessidades humanas essenciais (SOUZA; MONTEIRO; ARAÚJO, 2017). Essa visão reforça a interdependência estrutural das dimensões social, econômica e ambiental, reconhecendo que sua articulação é condição para a manutenção dos ecossistemas e a equidade social de longo prazo.

Estudos empíricos confirmam a interligação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODSs demonstrando que o progresso em uma dimensão depende das demais (MURRAY et al., 2025). Fraser e Schlosberg (2022), enfatizam essa interdependência ao propor uma justiça socioecológica que engloba integridade ambiental e justiça social, enquanto Zhang, Hu e Li (2024), destacam a necessidade de governança capaz de equilibrar serviços ecossistêmicos e impactos socioeconômicos.

Além disso, a incorporação das liberdades substantivas — educação, saúde e participação — desloca o foco do crescimento econômico para o bem-estar humano. Inspirada na abordagem das capacidades de Sen (2001), essa perspectiva valoriza o desenvolvimento como ampliação das liberdades reais e promoção da cidadania e da autonomia (ROBERTS; WALKER, 2024; NUSSBAUM, 2011).

Nestas discussões é salientar que, o Sul e Sudeste concentram a maior parte da riqueza, renda per capita, infraestrutura e oportunidades de emprego formal, enquanto Norte e Nordeste apresentam maiores índices de pobreza, menor acesso a serviços públicos e piores indicadores de saúde e educação (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; THEIS; STRELOW; LASTA, 2017; AZONI; HADDAD, 2018). O Norte e o Nordeste apresentam maior vulnerabilidade ambiental, com degradação, falta de saneamento, exposição a eventos extremos (secas, calor) e menor acesso a áreas verdes urbanas (COELHO; RÉQUIA, 2025)

Observado as desigualdades sociais, econômicas e ambientais apresentadas pelos autores supracitados, importa destacar que, nos trabalhos de Souza et al (2021), os biodigestores sertanejos possuem características agroecológicas por integrarem ao seu sistema a participação coletiva, possuir um ciclo circular entre a produção dos resíduos animais gerados e sua reutilização para cocção de alimentos e fertilização dos solos agricultáveis, além disso, diminuindo o impacto do uso de lenha e mitigando a emissão de GEEs a atmosfera, ademais, os resultados encontrados por Menezes et al (2023), apontam para benefícios nas dimensões econômica, ambientais e sociais na utilização dos biodigestores na agropecuária.

Por fim, é fundamental lembrar que o Governo Federal através de seu Plano Plurianual – PPA 2024-2027 busca através do Programa 1144 – Agropecuária Sustentável, instituir ações que alcancem uma produção agropecuária, com sustentabilidade ambiental, econômica e social, com vistas à segurança alimentar e diversificação energética, ainda nesta seara, é possível encontrar o Plano Nacional de Desenvolvimento da Bioeconomia – PNDBio, que tem por objetivo estruturar ações, metas, indicadores e recursos para promover o desenvolvimento sustentável da bioeconomia no Brasil, com foco na utilização de recursos biológicos, inovação tecnológica e inclusão social.



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa possui uma abordagem quantitativa, de natureza exploratória e descritiva, com o objetivo de compreender como os recursos provenientes da obrigatoriedade de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, vêm sendo aplicados em projetos de biodigestão no Brasil. Conforme Mineiro et al. (2022), as pesquisas de caráter quantitativo tendem a ser usadas como instrumentos e técnicas proveniente da coleta de dados e obtidas por meio de uma análise matemática que expõe sua investigação e influencia o desenvolvimento de suas competências.

Portanto, foram levantados dados do painel público de projetos de P&D da ANEEL, que reúne informações sobre todos os projetos financiados por meio da obrigatoriedade legal de investimento em inovação pelas concessionárias do setor elétrico (Lei nº 9.991/2000). O recorte temporal abrange o período de 2008 a 2025, totalizando 3.913 projetos cadastrados. A partir desse universo, realizou-se um filtro temático com base na descrição e no título dos projetos, selecionando aqueles que continham os termos “biogás”, “biodigestor”, “biodigestão” ou “tratamento anaeróbio”. A análise consistiu em examinar a evolução temporal dos investimentos (valores anuais), a quantidade de projetos por ano e o volume total de recursos destinados à biodigestão, em comparação com o investimento global em P&D no mesmo período.

**Tabela 1** – Levantamento dos dados a partir dos Painéis Públicos da ANEEL

Tipo do dado	Fonte do dado	Período de consulta
Qualitativo a partir dos títulos cadastrados nos Painéis Públicos da ANEEL entre os anos de 2008-2025 (biogás, biodigestor, biodigestão ou tratamento anaeróbio)	<a href="https://dadosabertos.aneel.gov.br/datas-et/projetos-de-p-d-em-energia-eletrica/resource/3a7ace00-b6ee-4913-9670-f6b60f4a7bea">https://dadosabertos.aneel.gov.br/datas-et/projetos-de-p-d-em-energia-eletrica/resource/3a7ace00-b6ee-4913-9670-f6b60f4a7bea</a>	Entre os dias 13 e 29 de outubro de 2025

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Por fim, foram consultados dados secundários oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para estimar o potencial por região levando em consideração estimativas de produção residuárias das espécies bovinas, caprinas e ovinas através de consulta aos trabalhos de Santos e Norgueira (2012) e Quadros et al (2010).

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 3913 projetos de P&D registrados na base da ANEEL entre 2008 e 2025, identificou 49 projetos relacionados à temática da biodigestão, incluindo iniciativas de produção de biogás, tratamento anaeróbio, digestão anaeróbia e instalação de biodigestores em diversos contextos, incluindo industriais e agropecuários.

Os projetos foram agrupados de acordo com a concessionária executora, utilizada como variável territorial para inferir a distribuição regional dos investimentos. Esse método permitiu identificar tendências de concentração geográfica (Tabela 2), destacando desigualdades na destinação de recursos e a ausência relativa de investimentos voltados



ao semiárido nordestino.

Os resultados evidenciam uma forte concentração geográfica dos investimentos da obrigatoriedade ANEEL, com predomínio das regiões Sul e Sudeste. Juntas, as duas regiões representam 81,6% dos projetos identificados e 82,8% dos valores totais investidos em iniciativas de biodigestão no período analisado. A Tabela 2 traz a distribuição dos projetos e o montante de investimento por Unidade da Federação.

**Tabela 2** - Distribuição dos projetos de biodigestão financiados pela ANEEL (2008-2025)

Região	UF	Nº de Projetos	Valor Investido (R\$)
Nordeste (NE)	BA	1	R\$ 3.813.267,58
	CE	2	R\$ 55.999.131,20
	PE	2	R\$ 4.447.167,14
<b>Total (NE)</b>		<b>5</b>	<b>R\$ 64.259.565,92</b>
Centro-Oeste (CO)	GO	2	R\$ 731.138,68
	MT	1	R\$ 3.482.683,64
	DF	1	R\$ 32.760,00
<b>Total (CO)</b>		<b>3</b>	<b>R\$ 4.246.542,32</b>
Sudeste (SE)	ES	1	R\$ 1.741.760,00
	MG	3	R\$ 6.809.214,40
	RJ	6	R\$ 54.753.601,46
	SP	10	R\$ 74.282.282,38
<b>Total (SE)</b>		<b>20</b>	<b>R\$ 137.568.858,24</b>
Sul	PR	8	R\$ 210.011.987,80
	RS	1	R\$ 3.591.060,00
	SC	11	R\$ 43.860.242,53
<b>Total (S)</b>		<b>20</b>	<b>R\$ 275.463.290,33</b>
<b>Total</b>		<b>49</b>	<b>R\$ 463.538.256,81</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

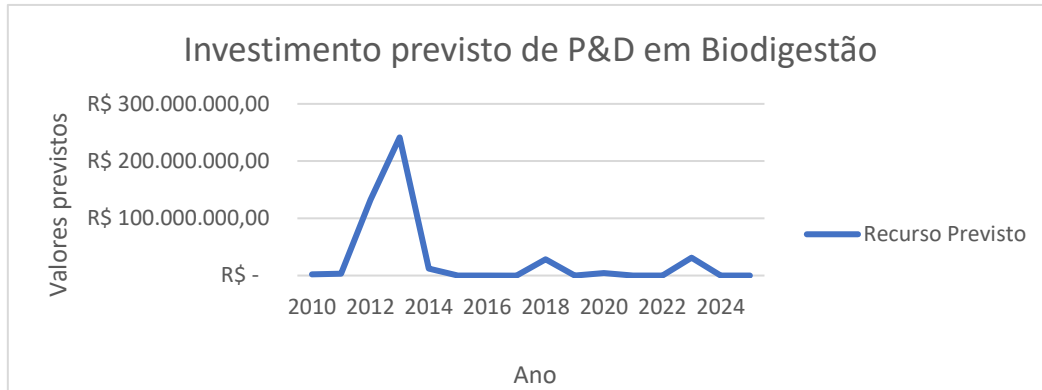
Nota-se que o Paraná lidera isoladamente em volume de recursos, concentrando cerca de 43,6% de todo o investimento nacional em biodigestão. Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo também apresentam valores expressivos, somando R\$176.469.186,37 em investimentos, representando aproximadamente 36,6% do investimento total.

Por outro lado, o Nordeste apresenta apenas cinco projetos distribuídos entre Bahia, Ceará e Pernambuco, totalizando R\$ 64,2 milhões, o que representa apenas 16,1% do investimento total em biodigestão no Brasil, revelando a assimetria na aplicação dos recursos da obrigatoriedade ANEEL. Os outros estados do Nordeste sequer registraram projetos de biodigestão no período em questão.

Outro ponto abordado pelos resultados é em relação à distribuição temporal dos recursos. O gráfico 1 mostra como o recurso utilizado em biodigestão foi distribuído entre os anos de 2010 e 2025, demonstrando que houve um crescimento expressivo de recursos nessa área entre os anos de 2011 e 2014. Porém, o volume investido nos anos seguintes foi muito abaixo, apresentando alguns picos pontuais, com um menor volume de recurso sendo investido.



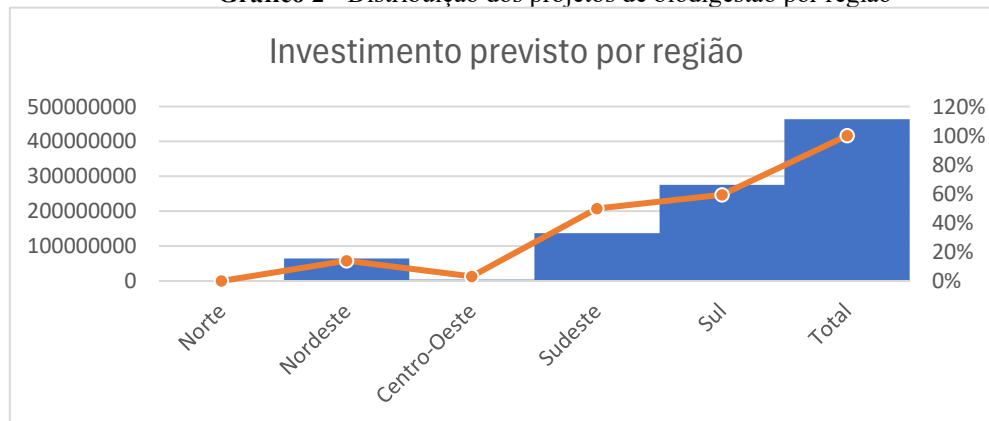
**Gráfico 1 - Distribuição temporal dos recursos ANEEL para projetos de biodigestão (2008-2025)**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

É válido expressar que, a região Norte não apresentou nenhum CNPJ cadastrado e a região Nordeste apresentou casos pontuais de projetos relevantes. A região permanece sub-representada na carteira de projetos da ANEEL, quando analisado os CNPJ de cadastro dos projetos, representado no Gráfico 2. Isso é especialmente crítico, pois o Nordeste abriga um vasto potencial para a produção de biogás devido à sua expressiva atividade agropecuária, especialmente quando se trata de agricultura familiar que gera grandes volumes de resíduos orgânicos, sendo esses de caráter essencial para os incentivos da economia circular e de uma transição energética, que promovem a redução das emissões e aproveitamento máximo na produção de energia (LIMA; HAMZAGIC, 2022).

**Gráfico 2 - Distribuição dos projetos de biodigestão por região**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Conhecendo o contexto da agricultura familiar brasileira, onde se insere majoritariamente como de empreendimentos agropecuários familiares é possível perceber conforme os dados apresentados por Pereira e Castro (2020), que esses empreendimentos recebem assistência técnica e extensão rural percentualmente em cerca de 8,8% - Norte; 7,3% - Nordeste; 16,4% - Centro-Oeste; 24,5% - Sudeste; 48,9% - Sul, e ao compreender os dados levantados de investimento em P&D da ANEEL, percebe-se, por exemplo, que não há uma distinção de informações acerca de projetos investidos em tecnologias sociais,



especialmente, de biodigestores sertanejos, o que poderia mitigar a desigualdade social possibilitando às diferentes regiões o alcance das ações da Política Nacional de Inovação, da Estratégia Nacional de Inovação, do Plano de Desenvolvimento da Bioeconomia e contribuir para execução do Plano Plurianual do Governo na área agropecuária. Além disso, importa destacar que a ANEEL não é a única instituição pública de investimento em projetos de tecnologias sociais, como remonta anteriormente, a FBB já vem implementando projetos em tecnologia social desde os anos 2002 e é reconhecida como importante organização nesta seara.

Portanto, para compreender o potencial nordestino, destaca-se que a região se divide em 9 estados, Alagoas-AL, Bahia-BA, Ceará-CE, Maranhão-MA, Paraíba-PB, Pernambuco-PE, Piauí-PI, Rio Grande do Norte-RN e Sergipe-SE, e a partir disso, estimou-se uma média de resíduos produzidos pelas principais espécies comercializadas na cadeia produtiva do Agronegócio, sendo elas, Bovinos, Caprinos e Ovinos.

Abaixo, a Tabela 3 com a estimativa de resíduos produzidos conforme destacado pelas fontes:

**Tabela 3** – Estimativa de Produção Média e Anual de Resíduos Gerados

<b>Espécie</b>	<b>Produção média diária</b>	<b>Produção anual por animal</b>	<b>Fonte</b>
Bovinos	~21,0 kg/animal·dia	<b>7.665 kg/ano</b>	Santos & Nogueira (2012) – Estudo energético do esterco bovino
Caprinos	~0,5 kg/animal·noite	<b>182 kg/ano</b>	Quadros et al (2010) – Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível
Ovinos	~0,5 kg/animal·noite	<b>182 kg/ano</b>	Quadros et al (2010) – Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2025.

Importa destacar que a região nordeste detém de 41.148.921 (quarenta e um milhões, cento e quarenta e oito mil e novecentos e vinte e um), cabeças de ruminantes usualmente parte da cadeia do agronegócio brasileiro conforme os dados do último censo agropecuário do IBGE (2017), conforme a Tabela 4, abaixo.

**Tabela 4** – Estimativa de Produção Média e Anual de Resíduos Gerados



Estado	Bovinos (cabeças)	Caprinos (cabeças)	Ovinos (cabeças)	Esterco Bovinos (t/ano)	Esterco Caprinos (t/ano)	Esterco Ovinos (t/ano)
Alagoas	786.018	35.585	192.319	6.024.827.970	6.476.470	35.002.058
Bahia	8.177.761	2.390.174	2.866.445	62.682.538.065	435.011.668	521.692.990
Ceará	1.892.771	879.947	1.813.037	14.508.089.715	160.150.354	329.972.734
Maranhão	5.419.044	250.871	193.141	41.536.972.260	45.658.522	35.151.662
Paraíba	1.050.612	546.036	506.192	8.052.940.980	99.378.552	92.126.944
Pernambuco	1.284.796	1.415.953	1.133.305	9.847.961.340	257.703.446	206.261.510
Piauí	1.427.467	1.847.952	1.665.307	10.941.534.555	336.327.264	303.085.874
Rio Grande do Norte	758.453	281.753	532.140	5.813.542.245	51.279.046	96.849.480
Sergipe	887.354	19.048	135.914	6.801.568.410	3.466.736	24.736.348
<b>TOTAL NORDESTE</b>	<b>21.684.276</b>	<b>7.667.319</b>	<b>9.037.800</b>	<b>166.209.975.540</b>	<b>1.395.452.058</b>	<b>1.644.879.600</b>
<b>E</b>						
Acre	2.139.795	9.178	52.559	16.401.528.675	1.670.396	9.565.738
Amapá	36.481	1.770	2.725	279.626.865	322.140	495.950
Amazonas	1.252.835	18.232	32.900	9.602.980.275	3.318.224	5.987.800
Pará	14.349.553	95.192	156.057	109.989.323.745	17.324.944	28.402.374
Rondônia	9.827.017	23.907	74.990	75.324.085.305	4.351.074	13.648.180
Roraima	681.061	10.798	29.029	5.220.332.565	1.965.236	5.283.278
Tocantins	6.477.537	29.611	60.354	49.650.321.105	5.389.202	10.984.428
<b>TOTAL NORTE</b>	<b>34.764.279</b>	<b>188.688</b>	<b>408.614</b>	<b>266.468.198.535</b>	<b>34.341.216</b>	<b>74.367.748</b>
Espírito Santo	1.650.374	12.516	29.901	12.650.116.710	2.277.912	5.441.982
Minas Gerais	19.575.839	69.020	140.682	150.048.805.935	12.561.640	25.604.124
São Paulo	8.331.874	45.071	235.647	63.863.814.210	8.202.922	42.887.754
Rio de Janeiro	1.982.295	15.676	24.286	15.194.291.175	2.853.032	4.420.052
<b>TOTAL SUDESTE</b>	<b>31.540.382</b>	<b>142.283</b>	<b>430.516</b>	<b>241.757.028.030</b>	<b>25.895.506</b>	<b>78.353.912</b>
Paraná	8.397.219	70.504	434.697	64.364.683.635	12.831.728	79.114.854
Rio Grande do Sul	11.456.896	58.360	2.646.969	87.817.107.840	10.621.520	481.748.358
Santa Catarina	3.726.238	23.591	221.510	28.561.614.270	4.293.562	40.314.820
<b>TOTAL SUL</b>	<b>23.580.353</b>	<b>152.455</b>	<b>3.303.176</b>	<b>180.743.405.745</b>	<b>27.746.810</b>	<b>601.178.032</b>
Distrito Federal	62.910	1.332	11.869	482.205.150	242.424	2.160.158
Goias	17.292.288	36.323	93.222	132.545.387.520	6.610.786	16.966.404
Mato Grosso	24.309.475	45.509	232.822	186.332.125.875	8.282.638	42.373.604
Mato Grosso do Sul	19.485.201	26.698	271.326	149.354.065.665	4.859.036	49.381.332

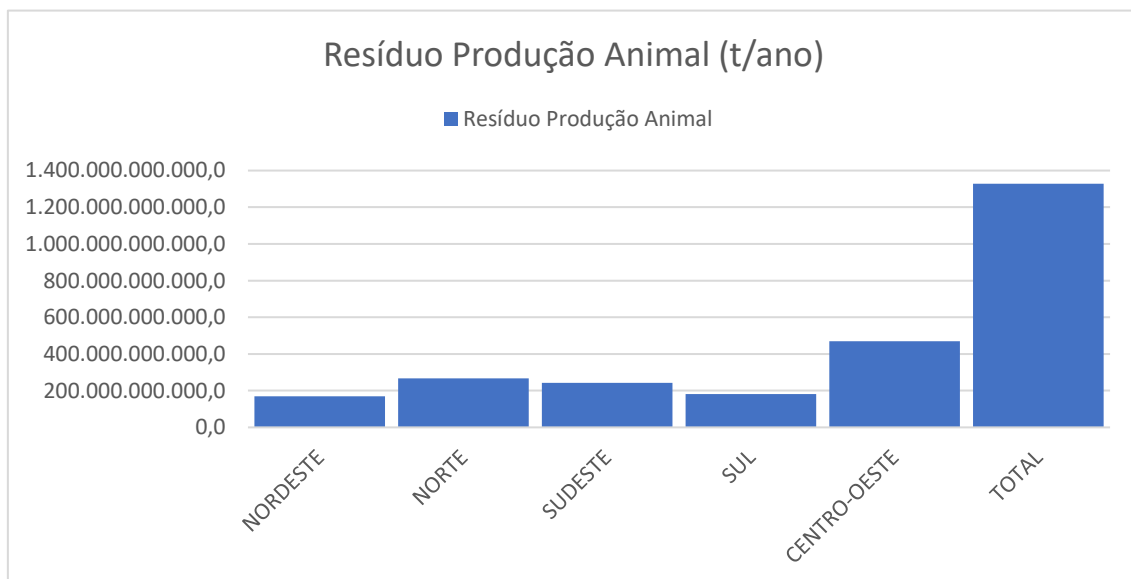


<b>TOTAL</b>	61.149.874	109.862	609.239	468.713.784.210	19.994.884	110.881.498
<b>CENTRO-OESTE</b>						

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Os dados reforçam que o Nordeste possui um potencial expressivo para geração de biogás, onde somente os resíduos gerados pela produção animal de ruminantes da região, fica claro a disponibilidade de matéria orgânica em torno de 169.250.307.198,00 (cento e sessenta e nove bilhões, duzentos e cinquenta milhões, trezentos e sete mil, cento e noventa e oito), e pela vocação agropecuária da região, demonstra-se como potencial a ser explorado pelas políticas de fomento estudadas neste artigo, pois sua produção de resíduos se assemelha ao quantitativo produzido pela região sul (Gráfico 3), ficando, expressivamente, para trás quando comparado à região Centro-Oeste, que gera mais que o dobro da produção de resíduos.

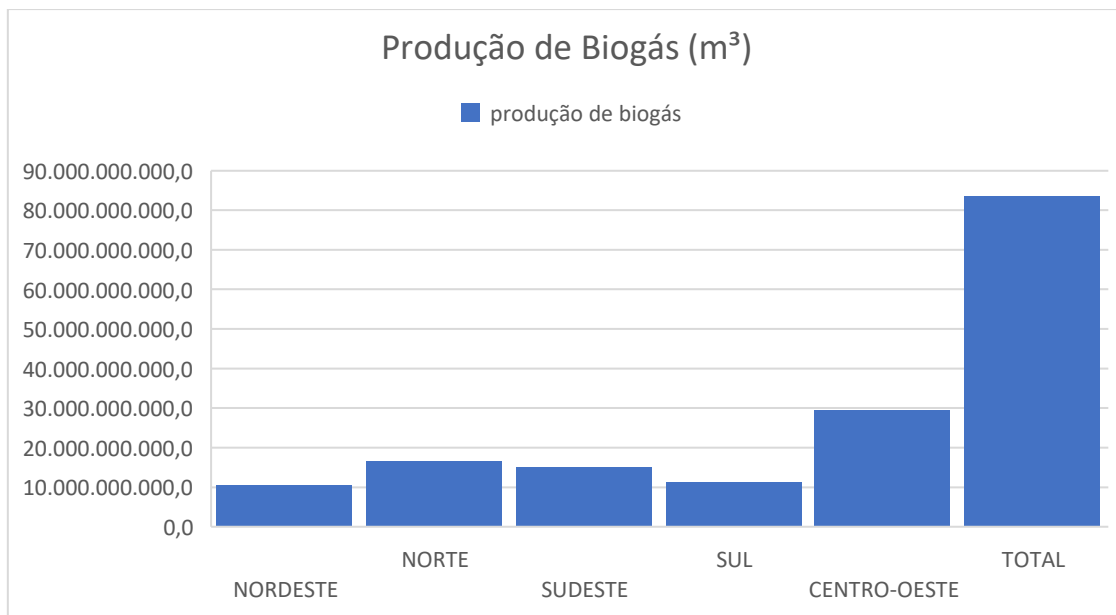
Gráfico 3 – Produção Média e Anual de Resíduos Gerados por região



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Ainda considerando a estimativa de que 1kg de esterco animal gere em média 0,061m<sup>3</sup> de biogás, conforme Quadros (2010), estima-se que anualmente o Nordeste geraria aproximadamente 11.503.845,56 m<sup>3</sup> de biogás e considerando que um botijão de gás pese 33m<sup>3</sup>, o nordeste brasileiro poderia gerar em média 350.000 botijões, tendo o Sul como região de mesmo potencial estimado, ficando bem distante do potencial do Centro-Oeste, gráfico 4. Por meio do padrão técnico em literatura são encontrados valores médios de 60% CH<sub>4</sub> e 40% CO<sub>2</sub> conforme relatório do IPCC (2019), que podem estimar 6.902.307,34 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> e 4.601.538,22 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> e que são consumidos anualmente na produção de biogás, tal como estimativas apresentadas ao longo do trabalho.

Gráfico 4 – Estimativa de Produção de Biogás



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Criticamente, compreende-se que a desigualdade na alocação de investimentos de obrigatoriedade, a ANEEL levanta questões em relação à construção de uma transição energética justa no Brasil, reforçando a ideia de que as regiões Sudeste e Sul concentram maior riqueza (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; THEIS; STRELOW; LASTA, 2017; AZONI; HADDAD, 2018), enquanto as regiões Nordeste e Norte apontam para uma maior vulnerabilidade e degradação ambiental (COELHO; RÉQUIA, 2025), entretanto, com potencial para geração energética similar ao da região sul quando observado os dados levantados e estimados.

Apesar disso, os dados dispostos limitam nossa análise quanto as tecnologias sociais, em especial, dos biodigestores sertanejos, contudo, é fundamental destacar que os 49 (quarenta e nove) projetos de biodigestão encontrados impactam positivamente nos incentivos da EC, que conforme Silva (2024), propõe um modelo em que a produção e consumo estão interconectados o tempo inteiro, sendo reutilizados, reciclados e reduzidos.

Neste ponto, é expressamente importante que, os benefícios dos biodigestores sertanejos descrito por Menezes et al (2023) alcançam: desenvolvimento sustentável, geração de renda, biogás para cozinhar, melhoria nas condições de vida e redução do êxodo rural, já na dimensão econômica existe uma relação de: geração de energia, produção de biofertilizantes e redução de custos; por fim, na dimensão ambiental foram encontrados os seguintes benefícios: destinação de resíduos, redução de GEEs e tecnologias limpas, apontando a necessidade de ampliar a investigação sobre os resultados encontrados tendo em vista a restrição de dados sobre as práticas e experimentos realizados, acrescente-se a isto, as diferentes situações que podem influenciar nos resultados como tamanho da propriedade, diferenças geográficas, acesso a assistência técnica, biomassa e práticas de manejo utilizadas.

Ainda assim, vale o destaque de que as desigualdades dos investimentos no território e um possível subaproveitamento dos resíduos gerados que podem comprometer



o avanço do país em relação ao atingimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente no que diz respeito aos ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). Esses ODSs dependem do acesso igualitário as tecnologias de baixo carbono, como os biodigestores sertanejos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É, portanto, fundamental destacar que os dados encontrados a partir da Legislação de Obrigatoriedade da ANEEL em investir em P&D, cumprem os objetivos da mesma, pois encontram-se cadastrados mais de 3 (três) mil projetos em seus painéis públicos, entretanto, não foram possíveis identificar com riqueza de detalhes onde se aplica esses recursos, uma vez que, os dados disponíveis apresentam apenas o CNPJ das concessionárias e permissionárias e não a localidade beneficiada.

Apesar disso, o montante investido nos projetos cadastrados de P&D representam um volume considerável, contudo, não foi possível identificar pelos títulos dos projetos se eram aplicados em biodigestores sertanejos, mas percebeu que a entidade tem desenvolvido pelo menos 49 projetos na área de biodigestão. Mesmo sabendo que a FBB é uma das organizações financeiras responsáveis pela implementação de tecnologias sociais, o trabalho realizado nesta pesquisa foi fundamental para compreender se a ANEEL também contribuiria para esse setor pensando, principalmente na transição energética pela qual o Brasil atravessa neste momento e pela sua capilarização no território brasileiro.

Contudo, é importante destacar que a partir das estimativas levantadas existe um potencial em biodigestão a ser aproveitado não só nordeste brasileiro, mas em todas as regiões brasileiras, o que chamou atenção nas estimativas é que mesmo o nordeste desempenhando um papel na produção de resíduos e de biogás similar à região sul do país, o investimento em P&D foi dispare entre elas duas. Esses dados, mesmo que estimados, podem conferir às Organizações da Sociedade Civil – OSC como meio para investigar e ampliar ainda mais as pesquisas e os debates sobre as tecnologias sociais de convivência com o semiárido, buscando mitigar as desigualdades sociais, ambientais e econômicas que imperam entre as diferentes regiões do país.

É salientar que o trabalho apresenta lacunas a serem melhor investigadas, pois os dados disponíveis precisam alcançar um maior nível de transparência pública, cabendo impactar de forma decisiva no desenvolvimento de projetos que alcançassem não só os ODSs, dentre eles, os ODSs 7, 8, 9, 12 e 13. E também compreender se a ANEEL está desenvolvendo suas atividades de P&D alinhadas às políticas nacionais de Inovação, de Desenvolvimento da Bioeconomia, Plano Plurianual do Governo e Estratégia Nacional de Inovação, sugerindo-se assim novos levantamentos e pesquisas futuras.

Além do mais, investigar demais bases de dados que possam apresentar o uso de biogás para fornecimento entre as regiões como forma de verificar se o potencial da geração de resíduos animais está sendo aproveitados de forma sustentável. Nesse sentido, a obrigatoriedade da ANEEL poderia ser um instrumento estratégico de justiça climática, fomentando inovação, inclusão e sustentabilidade.



## 6 REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, J.; PFEIFER, S. **Sustainalism: An Integrated Socio-Economic-Environmental Model for Quality of Life and Sustainable Futures**. *Sustainability*, v. 15, n. 8, p. 6452, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15086452>.

Azzoni, C., & Haddad, E. (2018). Regional Disparities. *Oxford Handbooks Online*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190499983.013.22>.

BARBIERI, José C. **Inovação e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora Blucher, 2023. E-book. p.32. ISBN 9786555065848. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555065848/>. Acesso em: 01 out. 2025.

BARBIERI, José Carlos. **Inovação e desenvolvimento sustentável: da inovação convencional à ecoinovação sustentável** / José Carlos Barbieri. - São Paulo: Blucher, 2024. 324 p.: il. Disponível em: [https://storage.blucher.com.br/book/pdf\\_preview/PDF\\_inovacaosustentavel.pdf](https://storage.blucher.com.br/book/pdf_preview/PDF_inovacaosustentavel.pdf). Acesso em: 1 out. 2025.

BERARDI, P.; DIAS, J.; M. **O mercado da economia circular como os negócios estão sendo afetados pelo modelo que substitui o linear e como serão ainda mais a médio e longo prazos**. Gvexecutivo: Fundação Getúlio Vargas, 2018.

BRASIL. Câmara de Inovação (CI). Resolução CI n. 1, de 23 de julho de 2021. **Aprova a Estratégia Nacional de Inovação e os Planos de Ação para os Eixos de Fomento, Base Tecnológica, Cultura de Inovação, Mercado para Produtos e Serviços Inovadores e Sistemas Educacionais**. Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jul. 2021, Seção 1, p. 27. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ci-n-1-de-23-de-julho-de-2021-334125807>. Acesso em: 1 out. 2025.

BRASIL. Decreto n. 10.534, de 28 de outubro de 2020. **Institui a Política Nacional de Inovação e dispõe sobre a sua governança**. Brasília, DF: Presidência da República, 28 out. 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm). Acesso em: 1 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **PPA 2024-2027**. Brasília, DF: Governo Federal. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/ppa/ppa-2024-2027>. Acesso em: 1 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Curso de capacitação sustentabilidade na administração pública / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, Departamento de Desenvolvimento, Produção e Consumo Sustentáveis**. Brasília, DF: MMA, 2017. 100 p. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/answers/questions/5154077/acesso-negado-para-exibir-arquivo-no-word-online>. Acesso em: 1 out. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **A transição Energética no Brasil**. Ministério de Minas e Energia, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/transicao-energetica/a-transicao-energetica-no-brasil> Acesso em: 1 out. 2025.



BIODIGESTOR SERTANEJO: **Tecnologia social para o fortalecimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Relatório técnico 05-2022.** São Paulo/SP: Instituto 17 e Diaconia, 2022.

CERVO, L.; V.; AQUINO, C.; de A.; D.; NADALETI, W.; C.; FILHO, P.; B. **A relação do biodigestor com a qualidade do ar: revisão bibliométrica qualitativa.** Revista Gestão & Sustentabilidade, 2025.

Coelho, J., & Réquia, W. (2025). Heat stress and socioeconomic inequality in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105200>.

ELKINGTON, John. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business.** Oxford: Capstone, 1999.

FRASER, N.; SCHLOSBERG, D. **From sustainable development to social-ecological justice.** *Environmental Politics*, v. 31, n. 4, p. 681–699, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/09644016.2022.2056124>.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (FBB). **Banco de Tecnologias Sociais (BTS).** Brasília, DF: FBB. Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/>. Acesso em: 1 out. 2025.

Hummell, B., Cutter, S., & Emrich, C. (2016). Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7, 111-122. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2017.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 out. 2025.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. Caderno de Debate - **Tecnologia Social no Brasil.** São Paulo: ITS. 2004: 26. Disponível em: [https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5172/1/2004\\_caderno\\_de\\_debate\\_tecnologia\\_social\\_no\\_brasil.pdf](https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5172/1/2004_caderno_de_debate_tecnologia_social_no_brasil.pdf). Acesso em: 1 out. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Genebra: IPCC, 2019.

JUGEND, Daniel; BEZERRA, Barbara S.; SOUZA, Ricardo Gabbay de. **Economia Circular: Uma rota para a sustentabilidade.** São Paulo: Grupo Almedina, 2022. E-book. p.10. ISBN 9786587019499. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786587019499/>. Acesso em: 01 out. 2025.

LEITE, Leonardo Queiroz. **Reflexões teóricas sobre modelos de Gestão Pública: o paradigma weberiano, a New Public Management e o Estado Neo-Weberiano.** RP3-Revista de Pesquisa em Políticas Públicas, n. 1, 2016.

LIMA, L.; J.; B.; HAMZAGIC, M. **Estratégias para a transição energética: revisão da literatura.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano.07 Ed. 06, Vol. 08. Junho de 2022. Disponível em:



[https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/transicao-energetica#google\\_vignette](https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/transicao-energetica#google_vignette). Acesso em: 01 de out. 2025.

LACERDA, M.; V.; de M.; de. **Análise do programa de desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro, p&d da Aneel, baseada em documentos de patentes e nos impactos da Lei nº 9.991/2000**. Instituto Nacional da Propriedade de Industrial. Rio de Janeiro, 2019.

MOTTA, Fernando Claudio Preste. **O que é burocracia**. São Paulo: Brasiliense, 1982.

MAY, Peter. **Economia do Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018. *E-book*. p.xix. ISBN 9788595153622. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595153622/>. Acesso em: 01 out. 2025.

MENEZES, Fredson Gomes; MOREIRA, Márcia Bento; SILVA, Alineaura Florentino; PACHECO, Clécia Simone Gonçalves Rosa. **O papel dos biodigestores na agropecuária para mitigação das mudanças climáticas: uma análise dos benefícios ambientais**. Juazeiro: Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) & EMBRAPA Semiárido, 2023.

MCROBIE, George. (1982). **The community's role in appropriate technology**. New York: Hildegard Hannum. Disponível em: <https://centerforneweconomics.org/publications/the-communitys-role-in-appropriate-technology/>. Acesso em: 1 out. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Desenvolvimento da Bioeconomia – PNDBio**. Brasília: MMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbc/dpeb/plano-nacional-de-desenvolvimento-da-bioeconomia>. Acesso em: 02 nov. 2025.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Anexo III – Programas finalísticos**. Lei do PPA 2024-2027. Brasília: Ministério do Planejamento, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/planejamento/plano-plurianual/arquivos/lei-do-ppa-2024-2027/anexo-iii-programas-finalisticos.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2025.

MURRAY, J. et al. **Interdependencies among SDGs: Evidence-Based Insights**. *Journal of Cleaner Production*, v. 459, p. 144203, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144203>

MINEIRO, M.; SILVA, M. A. A. da.; FERREIRA, L. G. **Pesquisa qualitativa e quantitativa: imbricação de múltiplos e complexos fatores das abordagens investigativas**. *Revista Momento - diálogos em educação*, E-ISSN2316-3100, v. 31, n. 03, p. 201-218, set./dez.,2022. DOI: <https://doi.org/10.14295/momento.v31i03.14538>

NUSSBAUM, M. C. **Creating Capabilities: The Human Development Approach**. Cambridge: Harvard University Press, 2011.

OLIVEIRA, M. P.; SILVA, J. R.; SANTOS, H. F.; Windisch, P.; HORN, S. P. **Hydrothermal pretreatment of poultry litter for biogas production**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, n. 11, p. 846-853, 2023.



Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/h8Ysj8whJCSXJhf8Nwnd8Yv/?lang=en>.  
Acesso em: 27 out. 2025.

PEREIRA, Caroline Nascimento; CASTRO, César Nunes de. **Assistência técnica e extensão rural no Brasil: uma análise do Censo Agropecuário de 2017**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2020. IPEA-Boletim Regional, Urbano e Ambiental, n. 24, jul.–dez. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/3122370b-8af7-4af7-867b-43ea9b422968/content>. Acesso em: 02 nov. 2025.

PURVIS, B.; MAO, Y.; ROBINSON, D. **Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins**. *Sustainability Science*, v. 14, p. 681–695, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>.

QUADROS, Danilo G. de; OLIVER, André P. M.; REGIS, Ueliton; VALLADARES, Renata; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, Edivaldo J. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 326-332, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tpq3rw6zV7RLmqhkQcqNFWJ/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2025.

ROBERTS, E.; WALKER, T. **A Capability Approach to the Sustainable Development Goals**. *Journal of Human Development and Capabilities*, v. 25, n. 1, p. 55–74, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/19452829.2024.2284512>.

SANTOS, I. A. dos, & NOGUEIRA, L. A. H. (2012). **Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia**. *Revista Agrogeoambiental*, 4(1). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012373>. Acesso em: 10 out. 2025.

SCHUMACHER, Ernest Friedrich. **Small Is Beautiful: Economics As If People Mattered**. Nueva York: Harper & Row, 1973. Disponível em: [https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs\\_5110/small\\_is\\_beautiful.pdf](https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_5110/small_is_beautiful.pdf). Acesso em: 1 out. 2025.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

SILVA, Andréa Cristina dos Santos et al. **Economia circular e desenvolvimento sustentável: estratégias empreendedoras para os catadores de materiais reutilizáveis no território de bom futuro Barcarena-Pa**. Universidade Federal do Pará, 2024.

SIATKOWSKI, A.; SOARES, J.; CIPRIANO, S.; A.; DOLIVEIRA, S.; L.; D.; MASSUGA, F. **Uso dos biodigestores em propriedades rurais para sustentabilidade e como ferramenta mitigadora de gases de efeito estufa (GEE)**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*. v.11, n.04, p. 51 - 71. 2022.

SOUZA, R. A. de.; LYRA, M. R. C. C.; CARVALHO, R. M. C. M. de O.; FILHO, J. C. de. A. (2021). **Sertanejo biodigestor: a social technology, an alternative source of energy**. *Revista Brasileira De Ciências Ambientais*, 56(4), 630–642. <https://doi.org/10.5327/Z21769478987>



SOUZA, R. F.; MONTEIRO, L. F.; ARAÚJO, D. M. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva da economia ecológica.** *Economia & Ambiente*, v. 24, n. 2, p. 34–49, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea>. Acesso em: 2 nov. 2025.

Theis, I., Strelow, D., & Lasta, T. (2017). CT&I e desenvolvimento desigual no Brasil: é possível outro “modelo de desenvolvimento”? *Revista Tecnologia e Sociedade*, 13. <https://doi.org/10.3895/rts.v13n27.3637>.

WCED – **World Commission on Environment and Development.** *Our Common Future.* Oxford: Oxford University Press, 1987.

ZHANG, H.; HU, W.; LI, J. **Governance of Interdependent Ecosystem Services and Sustainable Policy Design.** *Ecological Economics*, v. 213, p. 107924, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.107924>.