

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PARTICIPAÇÃO E POTENCIAL DA AGRICULTURA NA OFERTA DE
ENERGIAS ALTERNATIVAS NO BRASIL**

Rafael Farias Cardoso de Almeida

Orientador: José Giacomo Baccarin

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para graduação em
ENGENHARIA AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP

1ºSemestre/2024

A447p

Almeida, Rafael Farias Cardoso de
Participação e potencial da agricultura na oferta de energias
alternativas no Brasil / Rafael Farias Cardoso de Almeida. -
Jaboticabal, 2024 38 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: José
Giacomo Baccarin

1. Energia fontes alternativas. 2. Agricultura Consumo de energia.
3. Agricultura e energia. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



RAFAEL FARIAS CARDOSO DE ALMEIDA

**PARTICIPAÇÃO E POTENCIAL DA AGRICULTURA NA OFERTA DE ENERGIAS
ALTERNATIVAS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Área de Concentração: Desenvolvimento rural

Data da defesa: 01/11/2024

☒ Aprovado
☐ Reprovado

Banca Examinadora:


Prof. Dr. José Giacomo Baccarin

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal


Profa. Dra. Regina Aparecida Leite de Camargo

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal


Profa. Me. Rafaela Lourençano Pereira

FATEC – Faculdade de Tecnologia – Taquaritinga

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 01/11/2024


Prof. Dr. Adriano dos Reis Lucena
Chefe do Departamento de Economia,
Administração e Educação

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Direção Técnica de Graduação
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellani, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/SP - Brasil
Tel: (16) 3204-7100 e-mail: grad@fca.vet.unesp.br - www.fca.unesp.br

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, aos meus pais José Eduardo e Lícia Rosane por tudo que fizeram e fazem por mim, por todo o apoio e ensinamentos que se mostraram imprescindíveis para minha vida e formação como pessoa.

Aos meus irmãos Eduardo e Gabriela por estarem comigo nos momentos difíceis e me mostrarem que o caminho era sim possível. Ao Eduardo por ter me esticado a mão e me reerguido no pior momento de minha vida, me orientando e me mostrado o caminho para uma vida melhor.

A minha namorada Isadora por todo o carinho, paciência e apoio. Ajudou-me em diversos momentos difíceis que passei, durante todo o percurso da faculdade, e foi imprescindível para minha formação como pessoa e profissional.

Ao meu professor e orientador José Giacomo Baccarin, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. A todos os professores da UNESP - FCAV pelas correções e ensinamentos que me permitiram um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

As pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto positivo na minha formação acadêmica.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	3
2.	METODOLOGIA.....	5
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	8
	3.1. Balanço Energético Nacional - BEN.....	8
	3.2. Agricultura e Fontes Renováveis.....	11
	3.2.1. Biomassa.....	13
	3.2.2. Energia Eólica e Solar Fotovoltaica.....	17
	3.3. Utilização do Espaço Agrícola.....	18
4.	RESULTADOS - PARTICIPAÇÃO DA AGRICULTURA NA GERAÇÃO DE ENERGIA.....	25
5.	RESULTADOS - POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA AGRÍCOLA.....	30
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
7.	REFERÊNCIAS.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz do Balanço Energético Brasileiro.....	12
Figura 2 - Evolução dos marcos legais e do consumo anual de biodiesel no Brasil.....	17
Figura 3 - Usinas eólicas brasileiras instaladas e em construção.....	20
Figura 4 - Produção de energia por fontes renováveis (excluindo hidroeletricidade), Brasil, 2001 a 2022, em Mtep.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Oferta interna de energia, Brasil, porcentagem das fontes usadas, 2013 a 2022.	14
Tabela 2 - Participação direta e indireta, em porcentagem, da agricultura na geração de energia total no Brasil, 2000 a 2022.....	26
Tabela 3 - Porcentagem da participação da agricultura na geração de energia renovável e total, 2013 a 2022.....	29
Tabela 4 - Previsão da oferta de energia interna Brasileira 2005, 2010, 2020, 2030, em porcentagem.....	30
Tabela 5 - Participação da agricultura no potencial de geração de energia brasileira, em porcentagem.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BIG	Banco de Informações de Geração
BEN	Balanço Energético Nacional
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases de Efeito Estufa
MME	Ministério de Minas e Energia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

RESUMO

Agricultura e energia são essenciais para o desenvolvimento das sociedades modernas. Com a crescente demanda por energia e a busca por alternativas mais sustentáveis, a agricultura se destaca como uma fonte promissora de energia renovável, reduzindo a dependência de recursos não renováveis e os impactos ambientais. Para realização deste trabalho foram usados os dados do BEN (Balanço Energético Nacional) para mostrar a participação e potencial da agricultura na geração de energia no Brasil, tanto como fornecedora de matéria-prima e energia, quanto cedendo áreas para usinas eólicas e fotovoltaicas. Foram analisados os dados energéticos brasileiros de 2000-2023, a agricultura se mostrou essencial para a produção de energia total brasileira. Na geração de energia total, durante esse período, a agricultura teve sua média de participação direta de 29,87%, e indireta de 0,73%, já na geração de energia renovável a média foi de 73,85% com aumento relevante nos últimos 10 anos. Já o potencial da agricultura medido para 2032 foi de 82,3% na energia renovável, e 20,2% na energia total.

Palavras-chave: Recursos Energéticos. Matriz energética. Agricultura e energia. Geração de energia.

ABSTRACT

Agriculture and energy are essential for the development of modern societies. With the increasing demand for energy and the search for more sustainable alternatives, agriculture stands out as a promising source of renewable energy, reducing dependence on non-renewable resources and environmental impacts. This study used data from the BEN (National Energy Balance) to show the participation and potential of agriculture in energy generation in Brazil, both as a supplier of raw materials and energy, and by providing land for wind and photovoltaic plants. Data on Brazilian energy from 2000 to 2023 was analyzed, revealing that agriculture has been essential for the total energy production in Brazil. During this period, the direct participation of agriculture in total energy generation averaged 29.87%, while its indirect participation was 0.73%. In renewable energy generation, the average was 73.85%, with a significant increase over the last 10 years. The potential of agriculture measured for 2032 is projected at 82.3% for renewable energy and 20.2% for total energy.

Keywords: Energy Resources. Energy matrix. Agricultura e Energia. Energy generation.

1- Introdução

Agricultura e energia são dois pilares fundamentais para o desenvolvimento de sociedades modernas. A crescente demanda por energia, aliada à necessidade de reduzir a dependência de fontes não renováveis e os impactos ambientais, tem despertado o interesse em explorar alternativas inovadoras e viáveis. Nesse contexto, a participação da agricultura como provedora de energias alternativas emerge como um campo de estudo promissor.

De acordo com os últimos dados do BIG – Banco de Informações de Geração, em 2018, o Brasil possuía em sua matriz elétrica pouco mais de 160 GW de potência instalada com a contribuição das diversas fontes de energias, prevalecendo a de origem hidroelétrica (ANEEL, 2018).

Considerando todas as energias, não apenas a elétrica atualmente o Brasil se destaca no uso de fontes renováveis de energia. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (BEN), em 2022 47,4% da energia utilizada no Brasil provinham de fontes renováveis, enquanto a média mundial girava em torno de 14,1% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2023). O Brasil apresenta vantagens pela sua grande área agricultável e produção de biomassa e grande número de rios com potencial hidrelétrico, enquanto países europeus, por exemplo, têm de recorrer a recursos não renováveis, como gás natural, carvão mineral, petróleo e seus derivados para conseguir atender suas demandas energéticas.

Dados de 2022, permitem estabelecer que o fornecimento de energia renovável interna brasileira é repartido em 15,4% para biomassa da cana-de-açúcar, 12,5% de usinas hidroelétricas (incluindo a importação de eletricidade), 9%, lenha e carvão vegetal, 7%, lixo orgânico (licor negro) e outras renováveis, 2,3%, eólica, e 1,2% proveniente de energia solar (fotovoltaica e térmica), totalizando 47,4% da energia brasileira (EPE,2023).

Especificamente, 31,4% são provenientes da agricultura (em sentido amplo). Além disto, pode-se pensar no espaço rural, pelo menos em algumas regiões, como ambiente propício à instalação de torres eólicas ou painéis fotovoltaicos, o que poderia trazer renda extra aos agricultores, em especial via aluguel de parte de suas áreas,

Com esses dados é notável a importância do setor agrícola para o setor energético brasileiro, impactando diretamente e indiretamente todos os meios de obtenção de energia renovável (EPE, 2023).

Desenvolve-se este trabalho com dois objetivos complementares. O primeiro é detalhar a participação das atividades agrícolas e da área rural no fornecimento de energia renovável no Brasil, no período de 2000 a 2022. Neste caso, serão usadas as diversas edições do BEN a cargo da EPE. O segundo objetivo é avaliar o potencial de produção de biocombustíveis líquidos e eletricidade a partir de matérias primas agrícolas. Isto será feito supondo a manutenção das áreas cultivadas ou de taxas de crescimento das áreas.

2- Metodologia

Para realização do trabalho foram extraídos os dados do BEN mostrando a participação da agricultura na geração de energia no Brasil, de duas diferentes formas: como produtor de matéria prima e sua transformação concomitante em energia; na cessão de área para usinas eólicas e fotovoltaicas.

A primeira forma é consolidada e seus dados podem ser extraídos diretamente do BEN. Abrange a produção de diversas matérias primas agrícolas, como cana-de-açúcar, eucalipto, soja; aproveitamento de resíduos do beneficiamento, como casca de arroz, palha e bagaço de cana, lixívia negra, aparas de madeiras e; o processamento agroindustrial que resulta em etanol e bioeletricidade das usinas de cana, biodiesel do processamento de soja e outras oleaginosas, carvão e mineral, energia térmica e elétrica da queima da casca de arroz, entre outras. No caso dos dejetos da criação intensiva de animais, pode-se aproveitar o gás metano resultado de sua decomposição para produção de energia térmica e elétrica.

Detalhando um pouco mais e discutindo condicionantes históricos, a lenha e um de seus derivados, o carvão vegetal, vêm sendo usados, secularmente, como fonte de energia no Brasil. Muitas vezes, de maneira predatória, explorando a vegetação já existente, sem maiores preocupações com sua conservação ou reposição, caso da caatinga, por exemplo. O reflorestamento, especialmente com eucalipto, algo mais recente, deu um caráter de renovabilidade à exploração florestal, em parte para produção de celulose, papel, móveis etc., em parte, para produção de energia. No caso do processamento para produção de celulose, um dos subprodutos é a lixívia negra, fonte de energia térmica e elétrica.

A energia proveniente da cana-de-açúcar ganhou maior destaque e expressão após 1975, quando da criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). O etanol passou a ter papel relevante entre os combustíveis líquidos, nas suas formas hidratada e anidra. O bagaço, que resulta do esmagamento industrial da cana, ao ser queimado, produz energia térmica e, com acoplamento de um gerador, elétrica, para atender as necessidades próprias das agroindústrias sucroenergéticas (usinas, na denominação corrente), mas também para ser comercializado e atender outros ramos. Esta alternativa tem-se mostrado cada vez mais importante como fonte de receita para as usinas de açúcar, etanol e energia.

Algo ainda mais recente, que ganhou relevância após 2008, é o uso de oleaginosas para produção de biodiesel, adicionado inicialmente, em proporção de 2%, ao diesel do petróleo e gradativamente foi aumentando a proporção, hoje em 2024 já é feito até com 14%. Em 2008, foi criado o Programa Biodiesel e, fugindo do planejado inicialmente, a soja passou a ter papel amplamente predominante como matéria prima agrícola para esse combustível líquido. É mais recente ainda o uso do milho como fonte da produção de etanol, neste caso não precedido de um programa público de estímulo.

Serão usadas as edições do BEN, de 2000 a 2022, para analisar a participação das diferentes matérias primas agrícolas e de seus derivados na produção de energia renovável no Brasil. Com isto, poderá ser avaliado os diferentes dinamismos das fontes e seus impactos no uso da terra agrícola do País.

Quanto à segunda forma de participação da agricultura na produção de energia renovável, a cessão onerosa da área rural, o estudo terá um caráter mais preliminar, em especial quanto à energia fotovoltaica. Serão levantadas informações sobre a expansão das torres de energia eólica no Brasil e sobre o aluguel recebido pelos agricultores que cedem suas áreas.

No caso da energia eólica, a instalação de suas torres, na grande maioria, ocorre em áreas rurais, embora haja perspectiva de sua instalação em faixa da costa brasileira do Oceano Atlântico. A energia eólica necessita de um terreno aberto e formação geológica adequada para garantir ventos de alta intensidade durante diversas épocas do ano. Ademais, as turbinas eólicas geram alto ruído fazendo com que não seja possível colocá-las perto de cidades sem gerar grandes descontentamentos por parte da população.

No caso da energia solar, pelo contrário sua instalação é predominantemente urbana, em fábricas e residências, mas entende-se que há potencial para instalação em áreas rurais. Um exemplo que está concretizando-se é a usina solar São Gonçalo, no Piauí, com 2,2 milhões de painéis solares, em área de 1.200 hectares (ha) e que terá capacidade de gerar 864 MW (megawatts) de energia (ENEL).

Para cada uma das fontes de energia renovável proveniente da agricultura, será feita uma projeção da participação nos próximos 10 anos, até 2032. Para tanto será considerado o ocorrido entre 2000 e 2022, calculando-se taxas de crescimento de cada fonte e projetando o cenário de 2032. Nesta projeção será possível inferir, de forma complementar, o impacto sobre a área usada pelas principais fontes agrícolas de energia.

Além da introdução e da metodologia, mais três capítulos compõem o trabalho. A seguir é realizada uma revisão de literatura, que destaca a participação da agricultura como fonte de energia renovável, no mundo e no Brasil. Também serão apontadas iniciativas públicas a favor da maior presença de energia renovável no Brasil. O quarto capítulo, tratará de apresentar os resultados, que combinarão informações obtidas no BEN e da revisão de literatura. Por fim, algumas considerações finais fecham o trabalho.

3- Revisão de Literatura

3.1 - Balanço Energético Nacional - BEN

O Balanço Energético Nacional (BEN) é uma publicação que se estabeleceu como referência essencial para o planejamento energético brasileiro desde a sua criação na década de 1970. Inicialmente produzido pelo Ministério de Minas e Energia (MME), a responsabilidade pela sua elaboração passou integralmente para a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a partir de 2006.

A elaboração do BEN abarca um processo complexo, composto por três grandes etapas de igual dificuldade. Primeiramente, ocorre a coleta minuciosa de dados primários relacionados à energia no país. Em seguida, os dados são submetidos a um rigoroso tratamento, análise e consolidação, culminando na formação do balanço dos fluxos energéticos. Por fim, o resultado desse árduo trabalho é disponibilizado tanto para o público nacional quanto internacional.

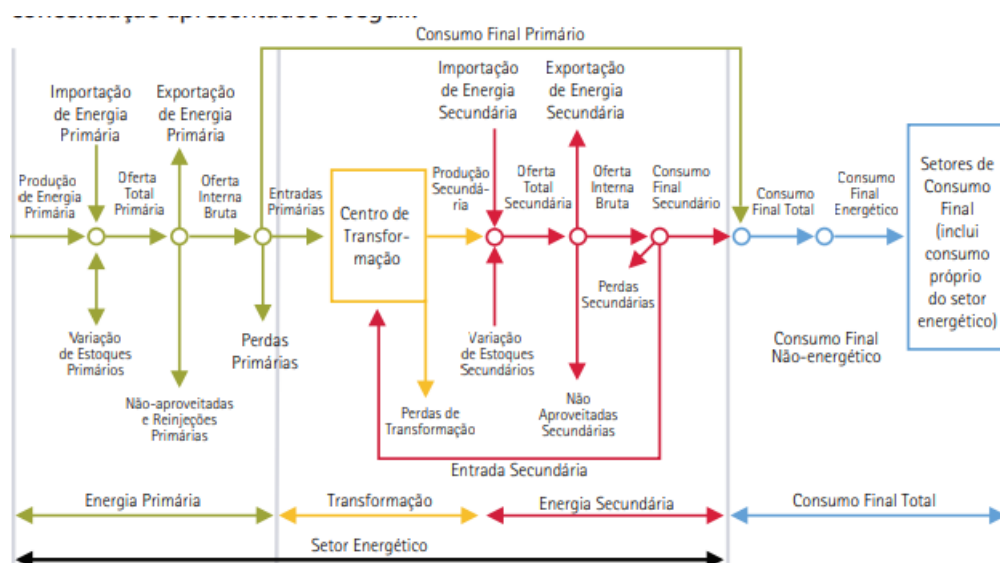
O BEN não apenas fornece um panorama detalhado da situação energética do Brasil, mas também subsidia uma variedade de análises realizadas por diversos segmentos da sociedade. Governos, pesquisadores acadêmicos, analistas de mercado, agentes do setor energético e estudantes encontram no BEN uma fonte confiável e rica em informações para embasar suas tomadas de decisão e estudos. Assim, o BEN não se limita apenas a ser uma compilação de dados, mas se torna uma ferramenta indispensável para compreender e planejar o futuro energético do país, refletindo sua importância para o desenvolvimento sustentável e a segurança energética nacional.

Essas análises permitem a identificação de mudanças estruturais e conjunturais na demanda e oferta interna de energia por fonte, do consumo de energia por setor, do

comércio externo de energia, dos balanços de centros de transformação, dos recursos e reservas energéticas, além de aspectos socioeconômicos e de dados energéticos estaduais.

Para desenvolvimento deste estudo é necessário descrever o BEN. Esse balanço foi elaborado segundo metodologia que propõe uma estrutura energética, suficientemente geral, de forma a permitir a obtenção de adequada configuração das variáveis físicas próprias do setor energético. A matriz Balanço Energético, síntese da metodologia, expressa o balanço das diversas etapas do processo energético: produção, transformação e consumo, conforme figura 1. A estrutura geral do balanço é composta por quatro partes: Energia Primária; Transformação; Energia Secundária; Consumo Final.

Figura 1 – Matriz do Balanço Energético Brasileiro



Fonte: Balanço Energético Nacional 2023.

Energia primária são os produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica.

Energia secundária são os produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores de consumo e, eventualmente, outro centro de distribuição.

O Setor Transformação agrupa todos os centros de transformação onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária com suas correspondentes perdas na transformação.

O consumo final, nesta parte são detalhados os diferentes setores da atividade socioeconômica do país, para onde convergem as energias primária e secundária, configurando o Consumo Final de Energia.

3.2 Agricultura e Energias Alternativas

Após criada, a Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas – (UNFCCC) em 1992, na qual seus membros se reuniram para discussões sobre o tema nas Conferências das Partes. A discussão que mais se destacou foi a que ocorreu em Kyoto, no Japão, em 1997. Nesta reunião foi criado o Protocolo de Kyoto, que determinou a redução dos Gases do Efeito Estufa (GEE) nos países industrializados como medida contra o aquecimento global do Planeta (MELLO, 2004).

Neste Protocolo está descrito, em seu artigo 12, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que apresenta uma proposta para que cada tonelada de CO₂ retirada ou deixada de ser emitida na atmosfera, em projetos instalados para países em desenvolvimento, possa ser negociada no mercado internacional com uma Redução Certificada de Emissões (RCE) ou um crédito de carbono (OLIVEIRA, 2007).

A substituição de fontes não renováveis por renováveis de energia é uma forma de diminuir a emissão líquida de GEE. O Brasil tem mostrado uma participação das fontes

renováveis na matriz energética bem acima do constatado no mundo, isto por razões históricas e naturais. A Tabela 1 mostra que, entre 2013 a 2022, ainda que não linearmente, tendeu a decrescer a participação de fontes não renováveis. Entre as renováveis, destacaram-se o crescimento das fontes eólica, solar e outras renováveis.

Tabela 1 – Oferta interna de energia, Brasil, porcentagem das fontes usadas, 2013 a 2022.

Fontes	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Energia não renovável	59,4	60,3	58,5	56,3	56,6	54,2	53,6	51,3	55,0	52,6
Petróleo e derivados	39,1	39,2	39,2	36,4	36,0	34,1	34,1	32,9	34,2	35,7
Gás natural	12,7	13,5	13,6	12,3	12,9	12,3	12,2	11,7	13,3	10,5
Carvão min., coque	5,6	5,7	5,9	5,5	5,7	5,6	5,2	4,8	5,6	4,6
Urânio	1,4	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4	1,5	1,3	1,3	1,3
Outras não renováveis	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Energia renovável	40,6	39,7	41,5	43,7	43,4	45,8	46,4	48,7	45,0	47,4
Hidráulica	12,5	11,4	11,3	12,5	11,9	12,5	12,3	12,5	10,9	12,5
Lenha, carvão veg.	8,4	8,2	9,3	8,1	8,4	9,0	8,9	9,1	9,0	9,0
Derivados da Cana	16,0	15,7	16,9	17,4	16,9	17,2	17,9	19,0	16,3	15,4
Eólica	0,2	0,3	0,6	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	2,1	2,3
Solar	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,2
Outras renováveis	3,4	3,7	4,1	4,4	4,7	5,3	5,2	5,7	5,9	7,0
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: EPE (2023).

3.2.1 Biomassa

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o interesse comum de associar a busca pela produtividade energética e garantir a sustentabilidade, reduzindo ao máximo os impactos ao meio ambiente. Tanto no mercado internacional, como no Brasil, a biomassa tem sido considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e diminuição da utilização de combustíveis fósseis (CENBIO, 2001).

Como uma fonte de energia primária, a biomassa é uma das principais responsáveis pela energia gerada e utilizada nos países em desenvolvimento. Esta fonte renovável possui escala de produção de energia suficiente para desempenhar papel expressivo no desenvolvimento de programas de energias renováveis e na criação de uma sociedade ecologicamente mais consciente.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) define a biomassa como todo recurso renovável constituído principalmente de substâncias de origem orgânica (vegetal ou animal) (ANEEL, 2005). Tem sido usada de forma crescente no mundo como insumo energético, muito mais para usos finais como energia térmica, mas já com destaque como geradora de energia elétrica, e de forma também crescente como origem de combustíveis líquidos (BARROS, 2007). Para o último caso, temos como exemplos, o etanol e o biodiesel.

No Brasil a fonte de biomassa que mais tem se destacado é a cana-de-açúcar, que além do seu crescente destaque na produção de etanol, seus subprodutos, o bagaço e a palha da cana, assim como a maioria dos resíduos de biomassa obtidos nas atividades agrícolas e industriais, possuem elevados teores de materiais lignocelulósicos, fazendo com que se tornem matérias primas capazes de produzir energia, a partir da combustão.

A cana-de-açúcar é a alternativa mais utilizada hoje no Brasil para a diversificação da matriz energética, porém outros produtos como lenha, carvão vegetal, milho e soja apresentam grande importância para diversos setores.

A soja já é uma cultura que gera impacto considerável no setor energético renovável. A partir de 2008, a implementação da política de adição do biodiesel ao diesel fóssil, favoreceu grande aumento do consumo do biodiesel e, conseqüentemente, hoje o Brasil está entre os maiores produtores do mundo deste biocombustível. A matéria prima mais utilizada para sua fabricação no país é o óleo de soja, embora, inicialmente, houvesse a intenção de usar a mamona, produzida por agricultores familiares, como matéria prima básica.

O milho é uma cultura que está sendo explorada para a fabricação de etanol, devido a sua grande disponibilidade no mercado interno. Muitas vezes o milho brasileiro tem preço inferior ao mercado internacional, assim, facilitando seu uso para a fabricação de álcool, que agrega valor a essa matéria prima. Outro motivo que impulsionou o uso do milho para etanol é a dificuldade de escoamento em regiões grandes produtoras de milho como Mato Grosso e Rondônia; os custos de logística para escoamento ao porto são muito elevados, dificultando a exportação desse milho. Dessa maneira, a produção de etanol nessas regiões é muito beneficiada, além do aumento do valor agregado no milho, a facilidade na logística para entrega do etanol às regiões Norte e Nordeste ajudam a rentabilizar o grande volume de milho produzido.

A capacidade de processamento de milho é de 16,3 milhões de toneladas e a referente à produção de etanol se situa em 4,6 bilhões de litros, a partir de 24 unidades (10 flex , 12 full e duas de soja/cereais) (ANP, 2022b; MAPA, 2022; UNEM, 2022). Para maior entendimento e facilidade, nos relatórios do BEN a Empresa de Pesquisa

Energética (EPE) une a produção de etanol de milho junto outros cereais e com a soja, representados pela fonte “Outras renováveis” na Tabela 1.

Usinas flex são aquelas unidades capazes de produzir etanol a partir de cana e grãos. Usinas full são as capazes de produzir etanol a partir de somente uma das matérias primas. Hoje o Brasil conta com 378 unidades produtoras de etanol e açúcar, cuja capacidade instalada efetiva de moagem é de cerca de 750 Mtc (como um fator de capacidade de 90% do valor nominal) e, aproximadamente, 70% dessas usinas são flex. (EPE, 2022).

O crescente consumo de biodiesel no Brasil é impulsionado pela política de adição deste combustível no diesel fóssil, como pode-se observar na Figura 2. À medida que o percentual de biodiesel foi aumentando, de B2 para B12, no diesel de petróleo, o consumo nacional de biodiesel passou de valor insignificante, no início, para 6,8 bilhões de litros, em 2022.

Figura 2 - Evolução dos marcos legais e do consumo anual de biodiesel no Brasil.



Fonte: EPE 2023.

Outro marco político importante para os biocombustíveis foi o RenovaBio. O RenovaBio é a Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576/2017, com os seguintes objetivos: fornecer importante contribuição para o cumprimento dos compromissos determinados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris; promover a

adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis (ANP, 2018).

Todas essas informações mostram a importância da agricultura para o setor energético brasileiro e, acima de tudo, utilizando cada vez mais fontes de energia renovável, com menor agressão ao meio ambiente e, conseqüentemente, diminuindo a utilização de energia não renovável, principalmente do petróleo e seus derivados.

Como desvantagens da energia de biomassa, podem ser citados o menor poder calorífico e a maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera. Isto significa maior custo de investimento para a caldeira e os equipamentos para remoção de material particulado e dificuldades no estoque e armazenamento.

Os resultados que envolvem a cana-de-açúcar abrangem tanto a produção de biocombustível (o etanol), como a produção de energia elétrica através da cogeração, que é o sistema já adotado pela maioria das usinas sucroenergéticas espalhadas no território brasileiro e, atualmente, em praticamente todas as usinas no Estado de São Paulo. Todas possuem autossuficiência energética, sendo que algumas produzem excedentes de eletricidade para serem vendidos a concessionárias de energia elétrica estaduais.

Ribeiro e Morelli (2009) mostram que processos de reutilização e reaproveitamento de resíduos como os citados acima economizam recursos naturais e reduzem os impactos ambientais ao serem utilizados em seu processo produtivo, quando comparados aos processos que utilizam matérias-primas virgens.

No mundo, a oferta de biomassa é crescente, mas ainda é baixa e menor ainda a disponibilidade de derivados da cana. As fontes de energia mais utilizadas no mundo ainda são o petróleo, carvão mineral, gás natural e derivados, com as dificuldades de sua substituição aparentando ser intransponíveis, muitas vezes. Além disso, diversos países dependem da importação de parte da energia ou de suas fontes não renováveis para garantir o abastecimento interno.

É importante perceber que, indiretamente, a biomassa contribui para a redução do uso de combustíveis fósseis, à medida que permite substituir o petróleo como fonte interna para produção de energia térmica, elétrica ou para ser usada, como combustível líquido, em veículos de passageiros e carga.

3.2.2 – Energia Eólica e Solar Fotovoltaica

O Nordeste é a principal região brasileira produtora de energia eólica. Em 2023 o Brasil chegou a 904 parques eólicos instalados e 25GW de potência instalada. Estão situados no Nordeste 666 parques, com aproximadamente 20GW de potência instalada, assim a região chega a produzir 80% de toda a energia eólica brasileira. (ENEL, 2024).

Na Figura 3 fica evidenciada a grande concentração de energia eólica no Nordeste, parte na chamada Zona da Mata, e outra no Semiárido. Os pontos coloridos no mapa representam a fase de construção em que o parque eólico se encontra, os pontos azuis representam os parques eólicos em funcionamento e devidamente regulamentados, os pontos rosas representam parques eólicos que estão em construção ou ainda esperando a devida regulamentação para poder atuar, já os pontos amarelos representam parques eólicos que já estão estipulados para serem construídos, mas ainda não começaram sua construção.

Figura 3 - Usinas eólicas brasileiras instaladas e em construção.



Fonte: EPE (2024).

3.3. Utilização do espaço agrícola

Locais como o Rio Grande do Sul demonstram grande potencial eólico, em especial a região sudoeste, devido a flora e topografia que possuem grande influência na velocidade e constância dos ventos. A região possui vegetação média-baixa e altitudes máximas abaixo de 500 metros, que favorecem o potencial eólico. Essa região é muito importante para a produção de arroz nacional, e seu potencial eólico é significativamente alto. Uma forma de diminuir os custos de produção, podendo até gerar certa margem de lucro é o produtor de arroz arrendar pequena porção de terra para a geração de energia eólica, sem incorrer em custos para instalação de aerogeradores. Considerando-se que o resultado obtido por hectare de arroz pode ser completamente afetado por variações no mercado e por intempéries da natureza, alugar o espaço da propriedade de cerca de um

hectare para a implantação de turbinas eólicas pode render um valor fixo ao proprietário garantindo maior segurança ao seu empreendimento.

Como dito anteriormente, o Nordeste é a região onde mais se encontram parques eólicos, também é uma região que poderia se beneficiar com esse consórcio entre agricultura e geração de energia eólica.

Nos Estados Unidos da América existem fazendeiros que recebem mais alugando suas propriedades para construção de parques eólicos do que plantando em suas terras (SOUZA et al., 2016). No caso brasileiro, poderiam alugar e cultivar em suas terras, tendo em vista que uma atividade não impede a outra. Assim, além de receber aluguel por suas terras, poderiam utilizar a energia eólica gerada para baixar os custos de produção agrícola, contanto que fizessem um contrato com as devidas precauções.

Observando essa situação com a energia eólica, podemos levar a mesma hipótese para outras regiões, porém utilizando a energia solar, regiões com alta incidência de luz e com terras inaptas para o cultivo podem ser utilizadas como usinas fotovoltaicas.

Desde 2012, o Brasil vem discutindo algumas formas de incentivo a inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica nacional através de um conjunto de elementos como novas regulamentações e abertura de leilões (MAIA, 2018).

Segundo Caldas e Moisés, (2016), existem três tipos de subsistemas para a geração de energia solar fotovoltaica. Uma delas é a geração centralizada formada por grandes usinas que, geralmente, ficam afastadas dos centros de consumo, necessitando assim de extensas linhas de transmissão. Há também o sistema solar fotovoltaico distribuído on-grid formado geralmente por pequenas usinas instaladas no ponto de consumo ou próximo. Neste sistema o proprietário pode produzir sua própria energia e seus excedentes podem ser revertidos em créditos e abatidos nas faturas mensais se inserindo

ao modelo centralizado, como acontece no Brasil (CALDAS e MOISÉS, 2016). Além disso, há também o chamado sistema solar fotovoltaico isolado ou off-grid, aquele em que a energia é produzida e o excedente precisa ser armazenado em bateria. Esse tipo de geração ocorre em locais remotos ou de difícil acesso e são necessários por estarem distantes dos sistemas interligados, (CALDAS e MOISÉS, 2016).

3.4. Potencial da energia fotovoltaica e eólica na agricultura

O crescimento mundial da energia fotovoltaica se apresenta como uma curva exponencial entre os anos 1992 e 2022. Durante esse período, a energia fotovoltaica evoluiu de um nicho de mercado de aplicações de pequena escala para uma fonte de eletricidade convencional (IEA, 2023). Após os sistemas solares fotovoltaicos serem reconhecidos como uma tecnologia de energia renovável de aplicação em larga escala, programas como as tarifas feed-in foram implementados em vários países para fornecer incentivos econômicos para investimentos.

De acordo com Kaunda, et al. (2014), o objetivo das tarifas feed-in é oferecer compensação baseada em custo aos produtores de energias renováveis, proporcionando segurança de preço e contratos de longo prazo que ajudem a financiar investimentos em energias renováveis.

Esse programa faz parte de um mecanismo de política projetado para acelerar investimento em tecnologias de energia alternativa, permitindo o oferecimento de contratos de longo prazo para produtores de energias renováveis baseando-se nos custos de geração de cada tecnologia (COUTURE et al, 2010).

Durante vários anos, o crescimento da energia solar fotovoltaica foi impulsionado principalmente pelo Japão e pelos países europeus pioneiros. Como consequência, o custo

da energia solar diminuiu significativamente devido aos efeitos da curva de experiência, com o desenvolvimento da tecnologia e da economia (MAIA, 2018).

As energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica, tornaram-se uma alternativa energética para vários países, principalmente após o desastre nuclear de Fukushima (Japão), em 2011. Os alemães, por exemplo, intensificaram a desativação de suas usinas nucleares e deram início a implementação de fontes renováveis com destaque para a eólica e a solar fotovoltaica.

A energia solar fotovoltaica pode ser adicionada à agricultura como uma alternativa de renda extra e até mesmo de todo um empreendimento baseado na concepção de usinas fotovoltaicas. Hoje já existem usinas fotovoltaicas operantes no Brasil, principalmente na região Nordeste e nota-se crescimento em Minas Gerais.

Em 2022, foi registrado que o Brasil chegou à marca de 5 gigawatts (GW) de capacidade instalada em usinas solares fotovoltaicas com geração centralizada, ou seja, geradoras que receberam concessão governamental e que estão conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Entre os estados com maior capacidade instalada proveniente de usinas fotovoltaicas centralizadas se destacam a Bahia, com 1,35 GW, o Piauí, com 1,16 GW, e Minas Gerais, com 730 MW (ANEEL, 2022).

Usinas fotovoltaicas se mostram como uma grande alternativa para energia renovável, trazendo benefícios para toda a cadeia energética e também para a agrícola, levando em consideração que os produtores agrícolas podem optar por realizar instalação de geradores fotovoltaicos, ou até mesmo alugar a sua terra para uma usina fotovoltaica, que arcará com os custos de instalação e regulamentação do empreendimento, gerando receita fixa ao produtor que poderá expandir e desenvolver sua produção agrícola,

adicionando tecnologia melhores às práticas agrícolas e expandindo a parte agrícola de seu empreendimento.

Em 2019, segundo os dados do BEN (2023), China, Estados Unidos, e Japão ocupavam as posições de maiores produtores de energia solar fotovoltaica, porém com grande margem da China para os outros produtores. A China produziu, aproximadamente, 224 TWh, 32,9% de toda a produção solar fotovoltaica do mundo, enquanto Estados Unidos e Japão juntos produziram 163 TWh, 23,9% da produção mundial. O mesmo estudo comprovou que a China também é o país com maior capacidade instalada, 205,2 GW, em 2019, aproximadamente três vezes maior do que a capacidade instalada nos Estados Unidos, e 34% de toda a capacidade instalada no mundo.

Apesar da China ser o maior produtor, a energia fotovoltaica chinesa representa somente 3% de toda geração interna de energia do país. Os países com maior participação da energia solar em sua matriz interna são Itália, Alemanha, e Japão, 8,1%, 7,6%, e 6,6%, respectivamente. A Itália, apesar de ser a sexta colocada em produção mundial de energia solar em quantidade, é a nação mais beneficiada por ela, isso devido à falta de capacidade de geração de outros meios de energia no país. Isso mostra a relevância da geração solar fotovoltaica no mundo, pois países e regiões com menor capacidade produtiva de energia convencional consegue produzir energia limpa para seu próprio uso e em seu próprio território muitas vezes utilizando áreas inabitadas ou até impróprias para uso de outras funções.

No mesmo estudo também foi abordado a geração de energia eólica mundial. A China também é o maior produtor mundial com 406 TWh produzidos, seguido de Estados Unidos e Alemanha, com 298 TWh, e 126 TWh, respectivamente. Na geração eólica, a China representa 28,4% da geração mundial, os Estados Unidos, 21%, e a Alemanha

representa 8,8%. O Brasil aparece em sexto lugar com 56 TWh, aproximadamente 4% da produção mundial de energia eólica. Porém se tratando da relevância da energia eólica na matriz energética interna do país, o Brasil é o quarto colocado com 8,9% de toda a energia elétrica gerada no país advinda de fontes eólicas. Os países com maior relevância da energia eólica em sua própria matriz energética são Alemanha, Espanha, e Reino Unido, com 20,7%, 20,4%, e 19,9%, respectivamente.

Pode-se notar a grande relevância da energia eólica, quando comparado à energia solar fotovoltaica. Isso é atribuído ao fato da tecnologia para energia eólica ter sido desenvolvida antes, fazendo com que seu preço já tenha se tornado mais acessível a diferentes países, além do conhecimento e pesquisa realizada na área que também contribuem para melhor desempenho dessa fonte de energia. Esses dados também mostram o espaço que a energia fotovoltaica ainda tem a se desenvolver, caso se prove efetiva como a energia eólica com estudos e pesquisas realizadas na área, é possível que a energia solar alcance patamares parecidos com a energia eólica, assim aumentando a energia renovável produzida por todo o mundo.

4- Resultados – Participação da Agricultura na Geração de Energia

Construiu-se a tabela 2 dividindo-se a participação da agricultura em duas formas. Na direta, considera-se a agricultura como fornecedora de matéria-prima; na indireta como concessora do espaço para produção de energia. É importante esclarecer que no caso da eólica, tomar sua totalidade de produção como ocorrendo na agricultura não resulta em super estimativa. No caso da solar fotovoltaica, há uma superestimativa, mas que deverá diminuir com o tempo, à medida que o espaço rural for mais usado para instalação de grandes usinas.

Tabela 2 – Participação direta e indireta, em porcentagem, da agricultura na geração de energia total no Brasil, 2000 a 2022.

Ano	Direta	Indireta	Ano	Direta	Indireta
2000	25,32	0,00	2012	28,10	0,26
2001	25,79	0,01	2013	32,76	0,40
2002	27,24	0,01	2014	31,80	0,58
2003	29,10	0,01	2015	31,28	0,86
2004	29,42	0,02	2016	30,40	1,20
2005	29,71	0,02	2017	30,26	1,46
2006	30,17	0,06	2018	31,24	1,69
2007	30,90	0,12	2019	30,36	1,89
2008	32,00	0,12	2020	30,27	1,96
2009	32,20	0,14	2021	29,86	2,54
2010	30,81	0,16	2022	29,14	2,99
2011	28,94	0,22	Média	29,87	0,73

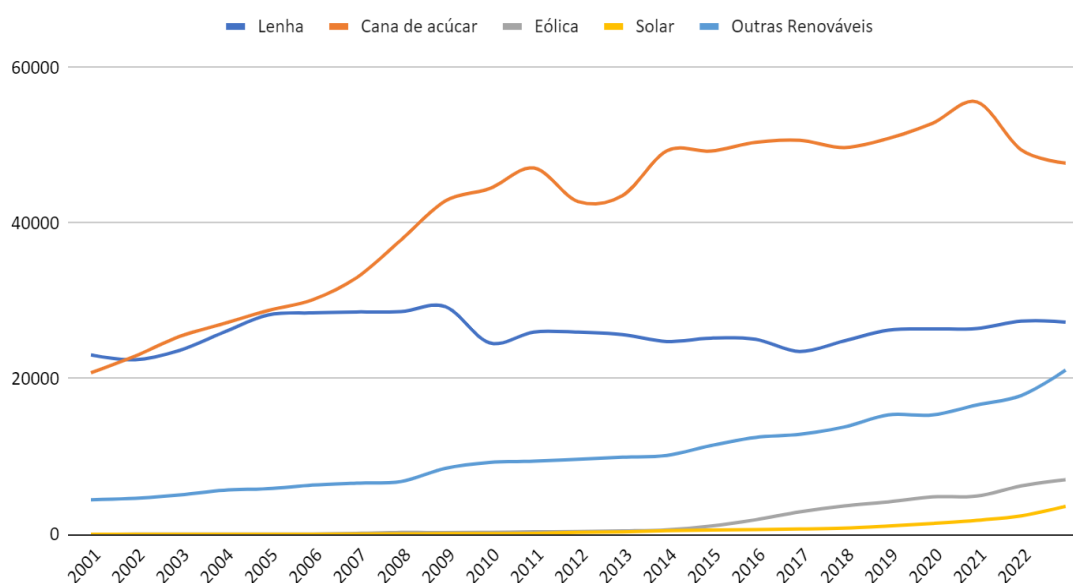
Fonte: Séries Históricas BEN 2000-2022.

A participação de forma direta da agricultura já era grande no início do período e tendeu a apresentar pequeno crescimento ao longo dos anos. Na média, as matérias primas

agrícolas contribuíram, praticamente, com 30% da energia consumida no Brasil, entre 2000 e 2022.

No caso da participação indireta, a média ainda não representa 1% da energia consumida no Brasil. Mas seu crescimento, de 0% para perto de 3%, mostra-se muito significativo. Mesmo com o aumento da produção nacional de petróleo, ocorrida após 2006, o Brasil tem conseguido manter uma matriz energética com forte participação de energias renováveis. E, neste caso, com ampliação do número de suas fontes. Isto se evidencia na figura 4.

Figura 4 – Produção de energia por fontes renováveis (excluindo hidroeleticidade), Brasil, 2001 a 2022, em Mtep.



Fonte: Séries Históricas BEN 2000-2022.

A energia proveniente da cana-de-açúcar apresentou crescimento significativo até 2011. Neste período, diante do encarecimento do preço do petróleo, o mundo viveu o chamado *boom* dos biocombustíveis, com as possibilidades de exportação do etanol brasileiro aumentando. Isto teve descontinuidade a partir de 2011, com o crescimento da energia derivada da cana arrefecendo e, muito provavelmente, mais vinculado à produção de energia elétrica, a partir da queima do bagaço (BACCARIN, 2023).

A fonte mais tradicional de energia renovável, proveniente da madeira e do carvão vegetal derivado, não tem crescido neste século. Em termos ambientais, isto pode não ser uma má notícia, sabendo que muitas vezes se promoveu devastação para obtenção de carvão vegetal. Além disto, a fonte de lenha mais importante, atualmente, é o eucalipto, cujo plantio pode ser feito.

O grupo Outras renováveis, por sua vez, tem apresentado crescimento constante e, provavelmente, em poucos anos ultrapassará a madeira. Neste caso, deve-se destacar a contribuição do biodiesel, proveniente do óleo de soja. Percebe-se que, em 2008, há elevação mais forte da sua produção. Nesse ano foi criado o Programa Biodiesel, prevendo a adição de 5% do biodiesel no diesel do petróleo. Este percentual cresceu com o tempo, alcançando 12%. É de se destacar que, embora inicialmente pensasse-se em utilizar diferentes matérias-primas agrícolas, a obtenção de biodiesel tem sido realizada, quase que exclusivamente, a partir do óleo de soja.

Por fim, ainda considerando a figura 4, percebe-se que, de 2015 em diante, a energia eólica e a fotovoltaica passam a ganhar maior destaque. Ainda têm participação pequena, mas com imenso potencial. A fotovoltaica podendo ter seus painéis instalados praticamente em todo o Brasil. A eólica, com maiores possibilidades no extremo sul e na Região do Nordeste, sem desconsiderar a perspectiva de instalações de torres de geração nas águas do Oceano Atlântico.

A hidroeletricidade foi excluída da figura 4 por não ter participação na agricultura, mas tem grande importância para a oferta de energia interna brasileira. Há mais de 10 anos a energia hidráulica é responsável por produzir aproximadamente 12% de toda a energia interna, sendo a maior fonte de energia elétrica brasileira. Em 2022, produziu 61,9% da energia elétrica, vindo a seguir a energia eólica, com 11,8% de participação.

Com os dados coletados foi elaborada a tabela 3 para comparação da participação da agricultura na geração de energia nos últimos anos.

Tabela 3. Porcentagem da participação da agricultura na geração de energia renovável e total, 2013 a 2022.

Tipo	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Renovável	71,34	72,72	74,02	72,92	73,82	73,73	73,68	74,34	75,12	76,84
Total	32,76	31,80	31,28	30,40	30,26	31,24	30,36	30,27	29,86	29,14

Fonte: EPE (2023).

A tabela 3 mostra a porcentagem da participação da agricultura nas fontes renováveis, e na totalidade das fontes de energia. É notável o aumento da participação da agricultura nas fontes renováveis, um aumento de 5,5% na participação no decorrer de 9 anos. Enquanto isto, na totalidade da geração de energia, a agricultura não aumentou seu espaço, mantendo sua participação próxima ao mesmo patamar que esteve nos últimos anos.

Com o enfoque mundial atual na produção de energia renovável e diminuição no uso de combustíveis não renováveis, e sendo impulsionados por ações governamentais como o ODS 7 (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), a geração de energia renovável tende a aumentar nos próximos anos não somente no Brasil, mas muito provavelmente em todo o mundo, consequentemente levando a maior participação da agricultura na geração de energia mundial.

4.1 Potencial de Geração de Energia pela Agricultura

O EPE, juntamente com o MME produzem a previsão da matriz energética brasileira a cada 10 anos, utilizando dessa projeção já realizada por eles, conseguimos analisar o potencial da geração de energia pela agricultura para os próximos anos.

Tabela 4 – Previsão da oferta de energia interna Brasileira 2005, 2010, 2020, 2030, em porcentagem.

Fontes	2005	2010	2020	2030
Energia não renovável	55,5	57,0	54,2	53,4
Petróleo e derivados	38,7	34,8	29,9	28,0
Gás natural	9,4	13,4	14,2	15,5
Carvão min., coque	6,3	7,2	7,6	6,9
Urânio	1,2	1,7	2,5	3,0
Energia renovável	44,5	43,0	45,8	46,6
Hidráulica	14,8	13,5	13,7	13,5
Lenha, carvão veg.	13,0	10,1	7,0	5,5
Derivados da Cana	13,8	14,1	17,4	18,5
Outras renováveis	2,9	5,3	7,6	9,1
TOTAL	100	100	100	100

Fonte: Matriz Energética Nacional 2030. EPE (2020).

Com a análise da Tabela 4, conseguimos comprovar o aumento potencial da energia renovável na matriz energética brasileira. Em relação ao potencial da participação da agricultura, os derivados da cana e outras renováveis apresentam aumento considerável, enquanto a lenha e carvão vegetal, os outros componentes da agricultura na energia renovável, mantiveram em queda de participação como nos últimos anos.

Outro aspecto importante observado no potencial estipulado para matriz

energética em 2030 pelo EPE, é a diminuição da utilização do petróleo e seus derivados, juntamente com o aumento dos derivados da cana e outras renováveis (biodiesel), mostrando como os biocombustíveis ainda continuarão tomando espaço do combustível fóssil, e conseqüentemente aumentando a renovabilidade da matriz energética brasileira nos próximos anos.

Com os dados da Tabela 4 foi feita a Tabela 5 mostrando a participação da agricultura na geração de energia renovável e total em 2005, 2010, 2020 e 2030.

Tabela 5. Participação da agricultura no potencial de geração de energia brasileira, em porcentagem.

Tipo	2005	2010	2020	2030
Renovável	66,74	68,60	69,86	71,10
Total	29,70	29,70	32,00	33,10

Fonte: Autor através dos dados da Matriz Energética Nacional 2030, (EPE, 2020).

A tabela 5 evidencia que a participação da agricultura ainda deve continuar se desenvolvendo com o passar dos anos, enfatizando mais uma vez como a agricultura é uma das principais responsáveis para a diminuição da utilização de combustíveis fósseis, e renovabilidade da matriz energética brasileira.

5- Considerações Finais

Com as informações obtidas neste estudo pode-se concluir que os empreendimentos agrícolas brasileiros já realizam uma grande função no setor de geração energia, levando o país a ter uma participação de energia renovável no total de energia, bem acima da média mundial. Além da agricultura, a hidroeletricidade tem grande contribuição para o estabelecimento de tal situação.

Em relação ao futuro, há ainda grande potencial para explorar-se a agricultura, direta e indiretamente, como fonte de energia renovável. Este cenário seria fortalecido se houvesse aumento da participação da agricultura como fornecedora de combustíveis líquidos, aos moldes do que acontece com o etanol e o biodiesel.

Neste ambiente, abre-se a possibilidade de o Brasil exportar uma quantidade bem maior de sua fonte não renovável de energia, o petróleo e derivados, ganhando um grande retorno monetário e, ainda, se sustentando de maneira limpa, ferindo o meio ambiente o mínimo possível.

Referências –

BACCARIN, José Giacomo. Estratégias competitivas e efeitos no perfil ocupacional de empresas do setor sucroenergético: Estado de São Paulo – Brasil, 2007-2019. RBEST Revista Brasileira de Economia Social e do Trabalho, 5(00), e023015. <https://doi.org/10.20396/rbest.v5i00.17448>.

CALDAS, Helder Henri Silva e.; MOISÉS, Antonio Luis Silva. Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – Ba.; Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 164-180, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/45270/pdf>. Acesso em agosto de 2023.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. Cana-de-açúcar no Brasil. Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE. Universidade de São Paulo. São Paulo: CENBIO, 2001. Disponível em: <http://www.iee.usp.br>. Acesso ago. 2023.

COUTURE, Toby D. Et al.; A Policymaker's Guide to Feed-in Tariff Policy Design.; U.S. Department of State. 2010. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/44849.pdf>. Acesso em agosto de 2023.

GONÇALVES, José E.; SARTORI, Maria M. P.; LEÃO, Alcides L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.657-661, 2009.

LEME, Rodrigo Marcelo. Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa da cana-de-açúcar. 2005. 144f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

LEITE, Valderi Duarte; SOUSA, José T.; PRASAD, Shiva; LOPES, Wilton Silva; ATHAYDE JÚNIOR, Gilson Barbosa; Dantas, Adalmir Mortera; Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, p.318-322, 2003.

MAIA, Rian Sardinha.; Energia Solar: O desenvolvimento de um novo mercado.; Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. 18, 71 p.: il.; 29,7 cm. Disponível em:

<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024980.pdf>. Acesso em agosto de 2023.

SOUZA, Gustavo Brandão Haydt de et al. Eólica. In: TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno (Org.). Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. 1. ed. Rio de Janeiro: EPE, 2016. cap. 4, p. 237-309. v. 1. Disponível em: . Acesso em: agosto de 2023

SOUZA, Ozair ; FEDERIZZI, Mauro; Coelho, Bruna; Wagner, Theodoro; Wisbeck, Elisabeth Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.438-443, 2010.

QUADROS, Danilo G.; OLIVER, André P. M.; VALLADARES, Renata; SOUZA, Pedro 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, p.326-332, 2010.