

**Utilização de resíduos agrícolas para geração de bioenergia:
apresentação de cinco ideias para os setores industriais**

Use of agricultural waste to generate bioenergy: presentation of five ideas for industrial sectors

Aprovechamiento de residuos agrícolas para generar bioenergía: presentación de cinco ideas para sectores industriales

Guilherme Fernando Ribeiro

Professor Mestre, UTFPR, Brasil
ribeiro.guilherme91@gmail.com

Aldo Braghini Junior

Professor Doutor, UTFPR, Brasil
aldo@utfpr.edu.br

RESUMO

Promover o uso de fontes de energia renováveis está se tornando mundialmente uma importante estratégia política para mitigar as mudanças climáticas e melhorar a segurança energética e a sustentabilidade econômica, além de contribuir para os compromissos assumidos internacionalmente por diversos países para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. É essencial usar novas fontes de energia para superar os problemas causados pelas fontes de energia não renováveis. Com o intuito de investigar, e compreender, as oportunidades de implementação de novas fontes de energia renováveis, uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) foi planejada e executada. Constatou-se que os resíduos agrícolas tem grandes potenciais para receber atenção significativa em todo o mundo como fonte de energia alternativa, sustentável e verde. Porém, de modo geral, os estudos existentes sobre resíduos agrícolas para geração de bioenergia são relativamente poucos, e ainda apresentam lacunas importantes, se comparado com outras fontes de energia renováveis que receberam muita atenção nos últimos dez anos (2012-2022), como é o caso da energia eólica e solar. A utilização dos resíduos agrícolas para geração de bioenergia, é um cenário amplo e propício para exploração. Identificou-se caminhos, quase não explorados, com potencial de realização de estudos que visam contribuir e estimular pesquisadores e os setores industriais visando entregar soluções tecnológicas para a sociedade e setores industriais visando incentivar a utilização dos resíduos agrícolas, para a produção de briquetes e pellets, como alternativa sustentável, para fins de geração de bioenergia, visando contribuir para uma matriz energética cada vez mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa. Resíduos agrícolas. Briquetes.

ABSTRACT

Promoting the use of renewable energy sources is becoming an important political strategy worldwide to mitigate climate change and improve energy security and economic sustainability, in addition to contributing to the commitments assumed internationally by several countries to reduce carbon dioxide emissions. carbon (CO₂) in the atmosphere. It is essential to use new energy sources to overcome the problems caused by non-renewable energy sources. In order to investigate and understand the opportunities for implementing new renewable energy sources, a Systematic Bibliographic Review (SBR) was planned and executed. It was found that agricultural waste has great potential to receive significant attention around the world as an alternative, sustainable and green energy source. However, in general, existing studies on agricultural residues for bioenergy generation are relatively few, and still have important gaps, compared to other renewable energy sources that have received much attention in the last ten years (2012-2022), as is the case of wind and solar energy. The use of agricultural residues to generate bioenergy is a broad and favorable scenario for exploration. Paths, almost unexplored, were identified with potential for carrying out studies that aim to contribute and stimulate researchers and industrial sectors in order to deliver technological solutions to society and industrial sectors in order to encourage the use of agricultural residues, for the production of briquettes and pellets, as a sustainable alternative, for the purpose of generating bioenergy, aiming to contribute to an increasingly sustainable energy matrix.

KEYWORDS: Biomass. Agricultural waste. Briquettes.

RESUMEN

Promover el uso de fuentes de energía renovables se está convirtiendo en una importante estrategia política a nivel mundial para mitigar el cambio climático y mejorar la seguridad energética y la sostenibilidad económica, además de contribuir a los compromisos asumidos internacionalmente por varios países para reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el atmósfera. Es fundamental utilizar nuevas fuentes de energía para superar los problemas causados por las fuentes de energía no renovables. Con el fin de investigar y comprender las oportunidades de implementación de nuevas fuentes de energía renovable, se planificó y ejecutó una Revisión Bibliográfica Sistemática (SBR). Se encontró que los desechos agrícolas tienen un gran potencial para recibir una atención significativa en todo el mundo como fuente de energía alternativa, sostenible y verde. Sin embargo, en general, los estudios existentes sobre residuos agrícolas para la generación de bioenergía son relativamente pocos, y aún presentan vacíos importantes, en comparación con otras fuentes de energía renovable que han recibido mucha atención en los últimos diez años (2012-2022), como es el caso de energía eólica y solar. El aprovechamiento de residuos agrícolas para generar bioenergía es un escenario amplio y propicio para la exploración. Se identificaron caminos, casi inexplorados, con potencial para la realización de estudios que apunten a contribuir y dinamizar a investigadores y sectores industriales a fin de entregar soluciones tecnológicas a la sociedad y sectores industriales con el fin de incentivar el aprovechamiento de residuos agrícolas, para la producción de briquetas y pellets, como alternativa sustentable, con el propósito de generar bioenergía, con el objetivo de contribuir a una matriz energética cada vez más sustentable.

PALABRAS CLAVE: Biomasa. Residuos agrícolas. Briquetas.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, o homem usa energia para realizar as tarefas que garantiam sua sobrevivência como, a capacidade de produção do fogo – primeira forma de energia dominada pelo homem, depois da força. Após a Revolução Industrial houve um aumento significativo do consumo de energia, pois as indústrias se multiplicaram criando a necessidade de se utilizar novos combustíveis.

Alguns anos se passaram e é nítida nossa dependência de fontes de energia, sendo ela essencial para realização de diversas atividades (ou quase todas). Com os avanços tecnológicos, surgiram diversas formas de exploração, geração e distribuição de energia a partir de diferentes matérias-primas energéticas.

Fontes de energia renováveis, podem reduzir a dependência da sociedade em relação aos combustíveis fósseis (fontes de energia não renováveis) e, com isso, reduzir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera – que vêm alterando, ao longo dos anos, o meio ambiente (SHEZAN et al., 2016).

Existem diversas fontes de energia renováveis, que são representadas por recursos naturais disponíveis de forma praticamente infinita na natureza: como o vento (energia eólica), o sol (energia solar fotovoltaica) e o bagaço da cana-de-açúcar (energia de biomassa) que podem, em um curto período de tempo, trazer uma contribuição significativa para a geração de energia limpa.

Os combustíveis fósseis não podem fornecer toda a energia necessária no futuro devido à sua exaustibilidade. Sua utilização também leva a enormes problemas ambientais. Portanto, é vital encontrar novas fontes de energia inesgotáveis e limpas que possam ser armazenadas e transportadas.

O Brasil é responsável por, aproximadamente, um terço das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da América Latina e Caribe, um terço da população da região e um terço do Produto Interno Bruto (PIB) da região, estando, portanto, no centro do palco das discussões sobre o clima global e o uso das fontes de energia renováveis (CARVALHO *et al.*, 2020).

De acordo com Jenner, Groba e Indvik (2013), é importante salientar que o uso de cada uma das fontes de energia renováveis possui diferentes vantagens e desvantagens, que vão desde os custos da tecnologia, até a sazonalidade da produção e a variabilidade do recurso energético, e por essa razão, o aproveitamento das mais diversas fontes de energia, se torna oportuno.

A busca por fontes de energia renováveis garante o desenvolvimento sustentável dos países, contemplando os aspectos ambientais, estratégicos e econômicos. Assim, existe uma série de alternativas a serem exploradas no Brasil, com vistas à geração de energia.

Gawel *et al.* (2017) consideram que o aumento do investimento em fontes de energia renováveis é necessário para atender o crescimento da demanda por energia, de forma sustentável e com baixa emissão de dióxido carbônico (CO₂).

Líderes de diversos países passaram a se engajar, dar atenção e firmar políticas e acordos internacionais de curto, médio e longo prazo em prol do uso de fontes de energia renováveis para a geração de energia, visando reduzir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) – contribuindo com a diversificação da matriz energética e, conseqüentemente, mitigando os riscos de mudanças climáticas e visando à promoção do desenvolvimento sustentável (HUENTELER, 2014).

Como consequência, diversas conferências e acordos ambientais vem sendo firmados por vários países (ZHAO *et al.*, 2022). Na Figura 1, apresenta-se os marcos das principais conferências ambientais bem como seus principais destaques.

Figura 1 – Marcos e destaques das principais conferências ambientais



Fonte: Autoria Própria

O grande desafio desses acordos é desenvolver novas matrizes energéticas a partir de fontes alternativas para geração de energia de baixo custo, tornando-as competitivas

economicamente. Diante desta situação, vários centros de pesquisas do país, têm se esforçado para desenvolver novas alternativas de fontes de energia renováveis.

Entre as diversas possibilidades, destaca-se o da utilização de resíduos de biomassa para geração de energia através da combustão dos mesmos. E, com isso, os briquetes e pellets produzidos a partir dos resíduos agrícolas (que é considerado um tipo de biomassa) para fins de geração de bioenergia, apresentam diversas vantagens e torna-se extremamente oportuno.

Na Figura 2, a partir dos conceitos principais envolvidos neste artigo, apresenta-se a temática central desta pesquisa – que é a utilização dos resíduos agrícolas para geração de energia renovável.



Fonte: Autoria Própria

Com a preocupação com o desenvolvimento sustentável torna-se de extrema importância realizar estudos que visam a multiplicação de práticas de aproveitamento de recursos renováveis. Ou seja, garantir mudanças para potencializar iniciativas e contribuir para o processo de transformação desses resíduos agrícolas em energia limpa. Assim, pode-se dizer que existem condições favoráveis para utilizar resíduos agrícolas, como fontes de energia renováveis, para geração de bioenergia, e esse tema se torna extremamente importante e relevante, além de abrir caminhos e discussões para que se possa atingir uma matriz energética cada vez mais sustentável.

2 OBJETIVOS

Visando atender as necessidades da diversificação da matriz energética e, bem como, avançar nas pesquisas em relação a utilização dos resíduos agrícolas para geração de bioenergia, esta pesquisa tem os seguintes objetivos:

2.1 Objetivo Geral

Visando elucidar o problema de pesquisa apresentado, estabeleceu-se como Objetivo Geral: **Apresentar ideias promissoras, aos setores industriais, para utilização de resíduos agrícolas para geração de bioenergia.**

2.2 Objetivos Específicos

a) Realizar uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) para identificar as temáticas, sugestões importantes e as lacunas para avançar nas pesquisas em relação a utilização dos resíduos agrícolas para geração de bioenergia;

b) Evidenciar as possíveis oportunidades promissoras, para a coleta dos resíduos agrícolas e produção de briquetes e pellets a partir dos mesmos;

c) Propor cinco ideias e possibilidades envolvendo desde a coleta dos resíduos agrícolas, até os aspectos operacionais como produção, comercialização e utilização dos briquetes e pellets.

Vale mencionar ainda que esta pesquisa justifica-se também pelo fato de contribuir com quatro dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), destacando-se que, dois deles têm relação direta com a temática da pesquisa aqui apresentada, são eles: **7) energia limpa e acessível** e **13) ação contra a mudança global do clima**. E ainda que, de acordo com os direcionamentos posteriores com as ideias que serão apresentadas, esta pesquisa fornecerá sugestões que contribuirão para outros dois Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo eles: **9) Indústria, inovação e infraestrutura** e **11) Cidade e comunidades sustentáveis**.

3 METODOLOGIA

Para classificação da pesquisa utilizou-se Gil (2008). Do ponto de vista do objeto, a pesquisa classifica-se como bibliográfica e de campo. Bibliográfica, pelo uso de literatura técnica pertinente ao tema abordado para a elaboração da teoria de base, neste caso, predominantemente artigos de periódicos. E de campo, pois envolveu a coleta dos dados com um grupo significativo de especialistas acerca do problema estudado, participação em eventos científicos da área, e visitas técnicas para, em seguida, obter as conclusões das ideias apresentadas.

Do ponto de vista da sua natureza, esta pesquisa classifica-se como uma pesquisa aplicada, pois servirá para gerar conhecimentos para aplicação prática na solução de um problema específico, além de caracterizar-se como uma investigação concebida pelo interesse em adquirir novos conhecimentos. A pesquisa aplicada é a junção do conhecimento disponível e sua ampliação.

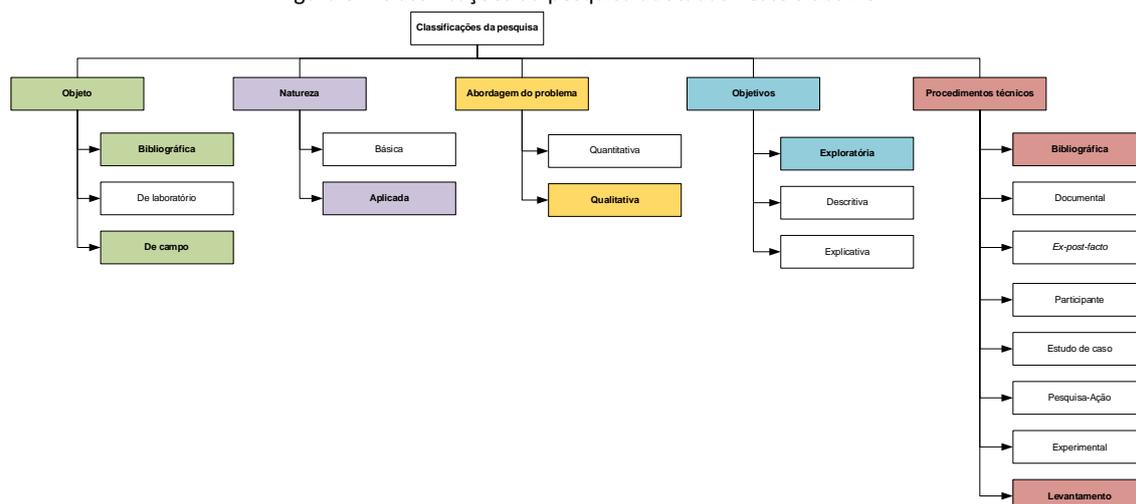
Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois o método utilizado na análise dos dados considera experiências, percepções e intuições lógicas e completas de especialistas, ou seja, busca aproximar-se da realidade incluindo e medindo todos os fatores qualitativamente mensuráveis, tangíveis ou intangíveis.

Do ponto de vista de seus objetivos, assume o perfil de pesquisa como exploratória, que é um tipo de pesquisa que está em consonância com outras fontes que darão base ao assunto abordado, como é o caso da pesquisa aqui apresentada, que utiliza-se bibliografias (literatura técnica) e entrevistas com os especialistas e visitas técnicas.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa apresenta características de pesquisa bibliográfica e levantamento. Bibliográfica, pois é necessária a exploração de estudos sobre a utilização dos resíduos agrícolas para geração de bioenergia. Levantamento, pois segue as seguintes etapas: definição do objetivo da pesquisa, especialistas que foram entrevistados e as visitas técnicas realizadas.

Na Figura 3 apresenta-se, de forma geral, as classificações da pesquisa. As características adotadas nesta pesquisa, em cada classificação da pesquisa, encontram-se em destaque.

Figura 3 – Classificações da pesquisa adotadas neste trabalho



Fonte: Autoria Própria

Inicialmente realizou-se uma Revisão Bibliográfica Inicial (RBI), que teve como objetivo obter conhecimento da aplicação das etapas de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) como metodologia de pesquisa para servir de base para a organização e desenvolvimento da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) aqui apresentada.

Em seguida, realizou-se uma Revisão Bibliográfica Preliminar (RBP), que serviu como conhecimento inicial para a realização da pesquisa, ou seja, obteve-se uma primeira familiarização com os temas e a definição de *strings* de pesquisa e palavras-chaves adequadas para a realização da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS).

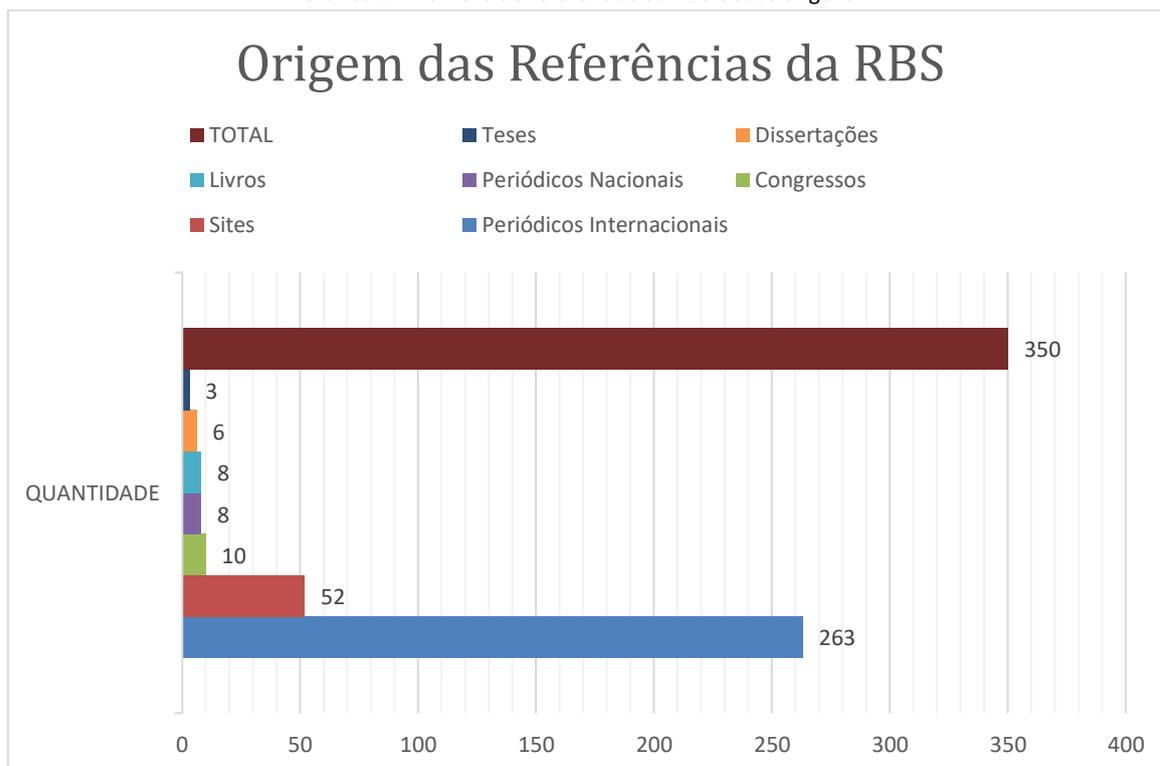
Com o intuito de investigar e compreender os resíduos agrícolas como fonte de energia renovável, bem como identificar os trabalhos relacionados a essa pesquisa, uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) foi planejada e executada.

Realizou-se o passo a passo da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), em que baseou-se no trabalho apresentado por Conforto, Amaral e Silva (2011), com algumas adaptações. O modelo foi baseado em boas práticas de Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) adotadas por diferentes pesquisadores, como: Levy e Ellis (2006); Biolchini *et al.* (2007) e; Dybå e Dingsøyr (2008).

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) foi organizada em 15 etapas distribuídas em 3 fases (Entrada, Processamento e Saída). A descrição detalhada de cada uma das etapas da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) encontra-se disponível em Ribeiro e Braghini Junior (2022).

No Gráfico 1, apresenta-se as quantidades de referências utilizadas na RBS e, bem como, o tipo da origem: teses, dissertações, livros, periódicos nacionais, congressos, sites e artigos publicados em periódicos reconhecidos – com alto fator de impacto (periódicos internacionais).

Gráfico 1 – Número de referências da RBS e suas origens



Fonte: Autoria Própria

No Gráfico 1, pode-se observar que, do total das 350 referências citadas na RBS tem-se que 263 referências são internacionais – que correspondem um total de, aproximadamente, 75% das referências.

Das 350 referências, tem-se que 3 são teses (aproximadamente 1%), 6 são dissertações (aproximadamente 2%), 8 são livros (aproximadamente 2,5%), 8 são periódicos nacionais (aproximadamente 2,5%), 10 são congressos (aproximadamente 3%), 52 são sites (aproximadamente 14%), o que correspondem em, aproximadamente 25% das referências. O número expressivo de sites deve-se ao fato de que muitos documentos (relatórios), extremamente importantes com a temática aqui apresentada, estão disponíveis nos mesmos.

Deste modo, com o desenvolvimento da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), observou-se os estudos relevantes sobre as contribuições para a matriz energética, a partir dos resíduos agrícolas, como fonte de energia renovável, com o intuito de avançar nas pesquisas já existentes, buscando identificar como realmente utilizar os resíduos agrícolas para produção de briquetes e pellets para geração de bioenergia.

Para inovar adequadamente, o pesquisador precisa estar em sintonia com o cenário atual. Nesse sentido, este estudo visa contribuir e mostrar quais os caminhos reais, para produção de briquetes e pellets, a partir dos resíduos agrícolas, para fins de geração de bioenergia. Esses resultados podem estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e novos estudos na geração de energia verde.

4 RESULTADOS

Para que os resíduos agrícolas possam ser utilizados para produção de bioenergia e, bem como, para que possam fazer parte da diversificação da matriz energética mundial, existem

um conjunto de questões que devem ser respondidas de modo a contribuir e beneficiar a sociedade em geral, não necessariamente apenas ligadas a academia, como também para que empresas possam desenvolver e gerar novas tecnologias de modo que a sociedade possa usufruir dessas fontes renováveis, tais como:

1) Torna-se coerente estudar a biomassa proveniente de resíduos agrícolas, em pellets ou briquetes, para serem utilizados para fins residencial (para aquecimento de lareiras e utilizados nas cozinhas em fogões a lenha, podendo esse último ser relacionado com o uso e consumo de Gás Liquefeito de Petróleo – GLP), comercial (churrasqueiras e fornos a lenha de restaurantes e pizzarias), industrial (caldeiras a vapor – que é utilizado em turbinas para movimentar equipamentos, aquecimento de produtos e na geração de energia elétrica, fornos a lenha, indústrias de alimentos, fábricas de cerâmicas e tijolos, altos-fornos como auxílio para o carvão vegetal). Até mesmo na própria agricultura, nos fornos para secagem de grãos armazenados, e controle de temperatura em regiões frias, ou ainda em aviários para controle térmico dos frangos de granjas, ou seja, pellets ou briquetes como combustível sólido para produção de bioenergia;

2) Estimula-se ainda realizar uma comparação entre as duas rotas tecnológicas para a obtenção de pellets ou briquetes de resíduos agrícolas: a opção peletização ou briquetagem-carbonização e a opção carbonização-briquetagem ou peletização. Na primeira opção, a biomassa é compactada para a obtenção de um briquete. Em seguida, o briquete é carbonizado para produzir um briquete de carvão. Na segunda opção, a biomassa é primeiro carbonizada e triturada para obtenção do carvão vegetal, que é então briquetado. Podendo relacionar: resultados e rendimentos, valor calorífico, opção ecologicamente correta, adequado para produção em pequena, média e grande escala;

3) Torna-se vantajoso realizar um estudo envolvendo a importância da peletização ou briquetagem, como tecnologia de densificação que converte resíduos com baixo valor de aquecimento por unidade de volume em combustíveis de alta densidade e concentrados de energia (aumento da eficiência energética, pois devido à pressão de compactação ocorre um aumento no poder calorífico), demonstrando que a peletização ou briquetagem pode influenciar de maneira positiva nas propriedades físico-químicas dos resíduos, oferecendo vantagens como o aumento da densidade do resíduo, melhorando o armazenamento dos mesmos, e prevenindo de sua possível escassez nos períodos de entressafra, além também das condições de transporte dos pellets ou briquetes, permitindo que os resíduos cheguem mais facilmente nos locais de geração de energia, ou seja, analisar se os pellets ou briquetes são uma melhor forma de manuseio desses resíduos agrícolas como fonte de energia;

4) Faz necessário analisar a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social da produção de pellets ou briquetes de resíduos agrícolas direto no campo das propriedades rurais, logo após a colheita, e apresentar um layout de produção viável (detalhando todos os investimentos e equipamentos necessários para realizar a peletização ou briquetagem), do início ao fim da produção desses pellets ou briquetes para a realização dessa atividade visando o consumo próprio do produtor ou para fins comerciais. Apresentar os preços *spot* dos pellets ou briquetes e as receitas líquidas que podem ser geradas em um layout para produção em pequena, média e grande escala, propondo arranjos físicos e layouts diferenciados, baseado na quantidade de resíduos agrícolas disponíveis no local ou na região. Uma análise do Retorno Sobre o Investimento (ROI) e o *Operational Expenditure* (OPEX) e *Capital Expenditure* (CAPEX) e custos variáveis para cada proposta de arranjos físicos e layouts propostos é estimulada;

5) Um estudo prático fundamental é propor um conjunto de fluxogramas, como esquema de otimização, para auxiliar no processo de tomada de decisão, baseado no tipo de resíduos agrícolas (cultura), quantidades disponíveis desses resíduos – bem como se é uma produção em pequena, média ou grande escala, identificando as melhores rotas de conversão energética que são mais adequadas para cada tipo de resíduo agrícola – em relação ao seu poder calorífico, relacionando ainda com a localização e distribuição desses produtos finais (pellets ou briquetes) até os potenciais consumidores – otimização em relação a cadeia de suprimentos e a

logística de distribuição, e também suas aplicações mais apropriadas em relação aos processos e equipamentos que serão utilizados. Um esquema que pode ser proposto ainda são os melhores métodos de armazenamento desses resíduos agrícolas in natura, em pellets ou em briquetes visando reduzir perdas. Podendo também realizar uma simulação das melhores rotas de decisão propostas para alguns cenários estudados;

E, como em toda e qualquer área de pesquisa: é fundamental propor um estudo apresentando as limitações e as possíveis desvantagens do uso de resíduos agrícolas para produção de bioenergia também é estimulado.

Por fim, e menos expressivo, mas talvez interessante, em nenhum momento a biomassa e resíduos agrícolas das raízes foram citadas, pelo contrário, foram consideradas como dificuldades práticas de seu uso e constatou-se a falta de informação do uso da mesma para produção de bioenergia, acredita-se que seja pelas dificuldades em relação a coleta e acúmulo e separação de terra, e também das mesmas permanecerem e serem suficientes para contribuição da correção do solo, garantindo assim a retirada dos demais resíduos sem interferir no processo de nutrientes disponíveis no solo, ou seja, torna-se também uma oportunidade a ser explorada.

Para contornar a crise energética, deve-se desenvolver a capacidade geradora de energia a partir de fontes alternativas, visando diversificar ao máximo as fontes do consumo energético. Assim, estudar e compreender a evolução das fontes e demandas energéticas ao longo dos tempos é essencial para projetar futuros cenários possíveis e se preparar para eles, de forma a ter energia suficiente para garantir o avanço socioeconômico.

De modo geral, atualmente, percebe-se que o grande desafio está relacionado com a coleta desses resíduos agrícolas e também a questão logística e de distribuição dos mesmos como matérias-primas para produção de pellets ou briquetes, os quais possibilitam apresentação de diversas soluções e oportunidades conforme mencionado nas diversas direções de pesquisas futuras citadas acima.

Discutir essas recomendações e oportunidades, apresentando problemas e propondo soluções, novas ideias e tecnologias inovadoras, visando contribuir para a comunidade científica, o setor privado e os formuladores de políticas e tomadores de decisão, permite chegar a conclusões para apoiar a transição para um futuro de baixo carbono e atingir as metas de emissões globais conforme estabelecidas nas conferências e acordos internacionais e, como consequência, um crescimento econômico e sustentável no curto, médio e longo prazo. Vale destacar que todas as oportunidades listadas podem ser pesquisadas de forma isolada, ou ainda, uma combinação entre as diversas lacunas identificadas.

5 CONCLUSÃO

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) realizada, indicou fortes evidências de possibilidades de substituição entre biomassa e combustíveis fósseis indicando que os países podem continuar com suas políticas de crescimento e sustentabilidade usando mais biomassa e menos combustíveis fósseis.

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) também ajudou a comunidade científica que trabalha com geração de energia, a partir de resíduos agrícolas, para construir um entendimento comum dos desafios que devem ser enfrentados ao investigar o potencial energético desses resíduos.

A participação de biomassa na matriz energética está aumentando, o que mostra uma tendência de aceitação do mercado mundial dessas fontes energia renováveis. A biomassa também oferece a possibilidade de ser produzida a partir de uma grande variedade de materiais, proporcionando flexibilidade e segurança ao mercado, diferente dos próprios combustíveis fósseis, principalmente do petróleo.

Uma grande quantidade de biomassa de resíduos agrícolas é gerada a partir da produção e da atividade do agronegócio e, parcialmente, permanecem no campo das propriedades rurais após a colheita. Remover o excesso desses resíduos agrícolas após a colheita pode aumentar a renda do agricultor, contribuindo para a agregação de valor, além de fornecer matéria-prima que pode ser usada para fins industriais e energéticos. Outro ponto é que, ao utilizar resíduos agrícolas para produção de bioenergia, estes estão recebendo um destino mais sustentável do que o simples descarte.

Ainda assim, a utilização de resíduos agrícolas para produção de bioenergia visa contribuir para a diversificação da matriz energética, principalmente visando aumentar a parcela de participação das fontes de energia renováveis a partir de biomassa, uma vez que identificou-se que existem inúmeros problemas e grandes preocupações em relação as fontes de energia hídrica, solar e eólica (citadas como fontes de energia renováveis instáveis), que lideram a matriz energética sustentável.

Observa-se que mais estudos são necessários para investigar a relação entre o uso de resíduos agrícolas para produção de bioenergia e as fontes de energia renováveis como meio de contribuir para uma matriz energética cada vez mais diversificada.

Percebe-se também que o uso de fontes de energia renováveis tem impacto positivo na sustentabilidade ambiental. O uso de fontes de energia renováveis, em particular a biomassa de resíduos agrícolas, irá reduzir a dependência energética de combustíveis fósseis, reduzindo as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), reduzindo assim a poluição ambiental e contribuindo para a redução do aquecimento global.

Os objetivos principais desse artigo foram alcançados, uma vez que apresentou-se uma visão geral do panorama atual existente com as possibilidades de realização de pesquisas envolvendo a substituição de combustíveis fósseis por meio de energia renovável e sustentável, ou seja, um pensamento crítico – como é o caso das inúmeras oportunidades citadas em relação ao potencial de utilização de resíduos agrícolas para produção de bioenergia.

Além disso, observa-se também que os desafios citados na seção anterior retratam o que ainda precisa ser desenvolvido para que os resíduos agrícolas também possam se tornar uma fonte de energia renovável representativa na matriz energética mundial.

Apesar da reconhecida quantidade de pesquisas publicadas com a temática de fontes de energia renováveis, constatou-se que pesquisas envolvendo resíduos agrícolas para produção de bioenergia é uma temática promissora, com inúmeras oportunidades, pois contempla diversos temas a serem explorados que ainda são bastante restritos, ou seja, a utilização de resíduos agrícolas para produção de bioenergia, é um cenário amplo e propício para exploração.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Biolchini, J. C. A.; Mian, P. G.; Natali, A. C. C.; Conte, T. U.; Travassos, G. H. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, v. 21(2): p. 133–151, 2007.

Carvalho, N. B.; Berrêdo, V. D.; Muylaert de Araújo, M. S.; Lampreia J.; Gomes M. S. P.; Freitas M. A. V. How likely is Brazil to achieve its NDC commitments in the energy sector? A review on Brazilian low-carbon energy perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 133, p. 110343, 2020.

Conforto, E.C.; Amaral D. C.; Silva S. L. **Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: Aplicação no Desenvolvimento de Produtos e Gerenciamento de Projetos**. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto (CBGDP), Porto Alegre, 2011.

Dybå, T.; Dingsøyr, T. Empirical studies of agile software development: a systematic review. **Information and Software Technology**, v. 50(9–10), p. 833–859, 2008.

Gawel, K.; Todorovic, J.; Liebscher, A.; Wiese, B.; Opedal, N. Study of Materials Retrieved from a Ketzin CO₂ Monitoring Well. **Energy Procedia**, v. 114, p. 5799-5815, 2017.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed., São Paulo: Atlas, 2008.

Huenteler, J.; Niebuhr, C.; Schmidt, T. S. The Effect of Local and Global Learning on the Cost of Renewable Energy in Developing Countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 128, p. 6-21, 2014.

Jenner, S.; Groba, F.; Indvik, J. Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity in feed-in tariffs in European Union countries. **Energy Policy**, v. 52, p. 385-401, 2013.

Levy, Y.; Ellis T. J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v. 9, p. 181–212, 2006.

Ribeiro, G. F.; Braghini Junior, A. **Roteiro para o desenvolvimento e condução de uma revisão bibliográfica sistemática**. Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.22533/at.ed.209221504>> Acesso em: 20 abr. 2023.

Shezan, S. A.; Julai, S.; Kibria, M. A.; Ullah, K. R.; Saidur, R.; Chong, W. T.; Akikur, R. K. Performance analysis of an off-grid wind-PV-diesel-battery hybrid energy system feasible for remote areas. **Journal of Cleaner Production**, n. 125, p. 121-132, 2016.

Zhao, J.; Patwary, A. K.; Qayyu, A.; Alharthi, M.; Bashir, F.; Mohsin, M.; *et al.* The determinants of renewable energies sources for the fueling of green and sustainable economy. **Energy**, v. 238, p. 122029, 2002.