

ANÁLISE DAS MOTIVAÇÕES DE AGRICULTORES FAMILIARES EM UTILIZAREM BIOFERTILIZANTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

ANALYSIS OF FAMILY FARMERS' MOTIVATIONS TO USE BIOFERTILIZERS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ANÁLISIS DE LAS MOTIVACIONES DE LOS AGRICULTORES FAMILIARES PARA UTILIZAR BIOFERTILIZANTES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Paulo Victor Machado Vieira¹

Armando Fornazier²

Mauro Eduardo Del Grossi³

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar artigos científicos das bases Scopus (Elsevier) e Web of Science (Clarivate) que abordam as motivações da agricultura familiar para a adoção de biofertilizantes. A metodologia utilizada foi uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com aplicação do protocolo *Methodi Ordinatio* (MO) para seleção, ranqueamento e avaliação dos estudos. Foram analisados 30 artigos, os quais evidenciaram três principais dimensões de motivação: econômica (redução de custos e aumento da rentabilidade), ecológica (sustentabilidade ambiental) e social (influência comunitária e acesso à informação). As principais lacunas identificadas na literatura referem-se à transferência tecnológica, à escassez de estudos de opinião com agricultores familiares e à falta de análises sobre os impactos sociais do uso de biofertilizantes. Conclui-se que a adoção dessa tecnologia é impulsionada por fatores interligados e que há necessidade de aprofundamento acadêmico nos aspectos mencionados para subsidiar políticas públicas e práticas sustentáveis.

Palavras-chave: tomada de decisão; agricultura familiar; biofertilizantes; *Methodi Ordinatio*.

ABSTRACT

This study aims to analyze scientific articles from the Scopus (Elsevier) and Web of Science (Clarivate) databases that address the motivations of family farming in adopting biofertilizers. The methodology applied was a Systematic Literature Review (SLR), using the *Methodi Ordinatio* (MO) protocol for the selection, ranking, and evaluation of studies. A total of 30

¹Graduado em Gestão de Agronegócios (UnB), mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade de Brasília, Brasília - DF, Brasil. E-mail: paulovictor3030@gmail.com. Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0008-3338-1782>

²Pós-doutorado em Agricultura e Sociedade (CPDA/UFRRJ), professor associado da Universidade de Brasília, Brasília - DF, Brasil. E-mail: armandouenf@yahoo.com.br. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-6707-9601>

³Pós-doutorado em Medidas de Segurança Alimentar (FAO), professor associado da Universidade de Brasília, Brasília - DF, Brasil. E-mail: delgrossi@unb.com. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-0091-0701>

articles were analyzed, revealing three main dimensions of motivation: economic (cost reduction and increased profitability), ecological (environmental sustainability), and social (community influence and access to information). The main gaps identified in the literature include the lack of research on technology transfer, the scarcity of opinion studies with family farmers, and limited analysis of the social impacts of biofertilizer use. It is concluded that the adoption of this technology is driven by interconnected factors and that further academic investigation is needed to support public policies and sustainable practices.

Keywords: decision making; family farming; biofertilizers; *Methodi Ordination*.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo analizar artículos científicos de las bases de datos Scopus (Elsevier) y Web of Science (Clarivate) que abordan las motivaciones de la agricultura familiar para la adopción de biofertilizantes. La metodología utilizada fue una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), con la aplicación del protocolo Methodi Ordinatio (MO) para la selección, clasificación y evaluación de los estudios. Se analizaron 30 artículos, los cuales evidenciaron tres principales dimensiones de motivación: económica (reducción de costos y aumento de la rentabilidad), ecológica (sostenibilidad ambiental) y social (influencia comunitaria y acceso a la información). Las principales brechas identificadas en la literatura se refieren a la transferencia tecnológica, a la escasez de estudios de opinión con agricultores familiares y a la falta de análisis sobre los impactos sociales del uso de biofertilizantes. Se concluye que la adopción de esta tecnología está impulsada por factores interconectados y que existe la necesidad de un mayor desarrollo académico en los aspectos mencionados para respaldar políticas públicas y prácticas sostenibles.

Palabras clave: toma de decisiones; agricultura familiar; biofertilizantes. *Methodi Ordinatio*.

Como citar este artigo: VIEIRA, Paulo Victor Machado; FORNAZIER, Armando; DEL GROSSI, Mauro Eduardo. Análise das motivações de agricultores familiares em utilizarem biofertilizantes: uma revisão sistemática de literatura. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 15, p. 365-393, 26 jun. 2025. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v15.5381>.

Artigo recebido em: 16/04/2024

Artigo aprovado em: 20/05/2025

Artigo publicado em: 26/06/2025

1 INTRODUÇÃO

Durante a trajetória do Brasil, as políticas públicas voltadas ao incentivo das atividades agropecuárias e ao desenvolvimento rural raramente beneficiaram a agricultura familiar. Pelo contrário, muitas ações do Estado acabaram por limitar seu crescimento e impedir seu potencial, consolidando a imagem desse setor como historicamente bloqueado no país (Borsatto *et al.*, 2020). Esse quadro começou a mudar na década de 1990, impulsionado pela mobilização de movimentos sociais e por estudos acadêmicos que destacavam a importância da agricultura familiar em países desenvolvidos (Borsatto *et al.*, 2020).

A partir do final da década de 1990, firmou-se a compreensão de que esse modelo agrícola desempenha um papel estratégico no desenvolvimento rural. Suas características, como a geração de empregos, a diversidade produtiva, a pluriatividade, a sustentabilidade ambiental e a valorização dos recursos locais, fortalecem as economias regionais e impulsionam o desenvolvimento (Sablayrolles; Azevedo, 2022). Reconhecendo essa relevância, o Estado brasileiro passou a implementar políticas de inclusão produtiva e desenvolvimento territorial voltadas à agricultura familiar, ampliando seu protagonismo. Esse setor não apenas se destaca pela presença em grande parte do território nacional, mas também pela sua capacidade de expansão e contribuição econômica, gerando empregos e movimentando bilhões de reais (Telles *et al.*, 2020).

Além disso, a agricultura familiar é responsável por uma parte expressiva da produção de alimentos no país (Lopes; Almassay Junior, 2023). Dados do Censo Agropecuário de 2017 indicam que ela representa 77% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2017), evidenciando seu peso no cenário agrícola nacional.

Nesse contexto, a agricultura familiar se consolida como uma alternativa viável para um modelo de desenvolvimento mais inclusivo e sustentável. Fortalecer sua presença nos mercados e nas cadeias produtivas, esse segmento supera a visão limitada de atividade de subsistência, afirmando-se como fonte de transformação econômica e social no meio rural (Carbonera *et al.*, 2020).

Ao longo da história, a agricultura convencional tem trazido benefícios econômicos significativos, mas também tem gerado impactos ambientais. A utilização constante de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos tem causado danos ao solo, aos corpos d'água e às plantas, conforme apontado por Cavalcante *et al.* (2019). Além disso, o uso desses tipos de fertilizantes industriais contribui para a diminuição dos recursos naturais, como o petróleo, e tem um impacto negativo no meio ambiente, conforme destacado por Xavier Junior *et al.* (2021). Essas questões estão diretamente ligadas à forma convencional de produção agrícola, que gera diversas externalidades negativas (Cavalcante *et al.*, 2019).

Nesse contexto, a busca por métodos alternativos de adubação e cultivo agroecológico tem se tornado uma opção mais promissora para os agricultores (Xavier Junior *et al.* 2021). Os agricultores estão abandonando os fertilizantes convencionais e optando por biofertilizantes em sua produção. Isso porque os biofertilizantes melhoram a agregação do solo e possuem a capacidade de incorporar compostos orgânicos (Kadam; Biosys; Nirmalnath, 2020). Outro benefício dessa tecnologia é que os biofertilizantes não contêm agrotóxicos e não causam impactos negativos ao meio ambiente, tornando-os uma solução de baixo impacto e alta produtividade (Huito-Tarquino; Garcia-Apaza; Conde-Viscarra, 2022).

A biodiversidade desempenha um papel fundamental na manutenção e no dinamismo da bioindústria, sendo elemento-chave para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse contexto, o campo da bioeconomia se mostra fortemente conectado às práticas tradicionais já desenvolvidas por agricultores familiares, os quais têm sido beneficiados por políticas públicas nacionais voltadas ao fortalecimento do setor (Farias; Pires, 2021).

A bioeconomia configura-se como um modelo econômico centrado no uso de recursos biológicos renováveis para a produção de materiais, energia e produtos químicos, tendo como pilares a biotecnologia e a biorrefinaria. Esse modelo valoriza a sustentabilidade ambiental, a

conservação dos solos, a biodiversidade e a eficiência no uso de energia e nutrientes. Além disso, tem o objetivo de buscar o aproveitamento máximo dos recursos biológicos e a minimização de desperdícios, promovendo práticas como a reutilização, manutenção e reciclagem (Farias; Pires, 2021). Nesse contexto, a bioeconomia abrange todas as atividades econômicas baseadas em produtos e processos biológicos que promovem soluções sustentáveis e eficientes no uso de recursos, enfrentando desafios como alimentação, produção de energia, saúde e proteção ambiental. Ela substitui produtos e fontes de energia fósseis por alternativas renováveis, sendo essencial para enfrentar questões sociais, especialmente na geração de energia limpa (Valli; Russo; Bolzani, 2018).

O Brasil possui condições especialmente favoráveis para liderar a transição rumo à bioeconomia, contando com a maior biodiversidade do mundo, clima adequado, terras abundantes, uma população relativamente pequena e vastos recursos naturais. Para que esse potencial se concretize, no entanto, é fundamental investir na melhoria da infraestrutura e na incorporação de tecnologias mais sustentáveis nos setores industrial e agrícola como os bioinsumos (Valli; Russo; Bolzani, 2018). Nesse contexto, a articulação entre bioeconomia e políticas públicas torna-se essencial. Um exemplo representativo dessa convergência é o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), que tem como principal objetivo reduzir as desigualdades historicamente presentes nas políticas de modernização agrícola no país. O programa consolidou-se como um importante instrumento de apoio à agricultura familiar, especialmente por ampliar o acesso ao crédito facilitado, sendo decisivo para o fortalecimento da produção agropecuária e para a geração de riqueza no meio rural (Aquino; Schneider, 2015). A vertente do PRONAF com enfoque na agroecologia adota princípios relacionados à utilização sustentável dos recursos naturais, alinhando-se com a ideia de multifuncionalidade na agricultura, especialmente no que concerne à segurança alimentar e à promoção do desenvolvimento sustentável. Essa modalidade específica de financiamento busca incentivar a adoção de práticas de conservação e alternativas tecnológicas menos prejudiciais ao meio ambiente. Seu principal objetivo é criar as condições necessárias para acelerar a transição das práticas agrícolas tradicionais para um modelo sustentável, fortalecendo iniciativas dentro das unidades familiares de produção por meio de apoio financeiro e assistência técnica vinculada aos empréstimos. Nesse contexto, os agricultores familiares desempenham um papel destacado na transição em direção a uma economia sustentável, não apenas como produtores de alimentos e outros produtos agrícolas, mas também como agentes fundamentais na preservação da biodiversidade (Aquino; Gazolla; Schneider, 2020).

A adoção de tecnologias e práticas agrossustentáveis também está ligada às demandas dos consumidores modernos, cada vez mais preocupados não apenas com a qualidade dos produtos, mas também com a sua origem. Os consumidores estão mais conscientes sobre suas escolhas alimentares e estão interessados em saber as condições em que o alimento foi produzido, como se fosse feito de forma sustentável e sem agredir o meio ambiente. Essa mudança de comportamento do consumidor, muitas vezes chamada de “mercado verde”, abre oportunidades para novas frentes de mercado, promovendo a valorização de produtos orgânicos e agroecológicos, mais saudáveis e que contribuem para a conservação dos recursos naturais. Essa preocupação do consumidor surgiu principalmente após o reconhecimento da inadequação e insustentabilidade da agricultura durante a “Revolução Verde”, principalmente para os pequenos agricultores do país que ocasionou o seu êxodo rural, pobreza e invisibilidade (Weid, 2004). No entanto, é importante destacar também, que a Revolução Verde trouxe benefícios para a agricultura, como o aumento da produtividade por meio da mecanização, do uso de fertilizantes e sementes híbridas, além da introdução de raças animais mais eficientes. Houve

também avanços no conhecimento sobre a relação entre planta e solo, permitindo a criação de fertilizantes adaptados a diferentes tipos de solo e possibilitando o aproveitamento de áreas antes improdutivas. Além disso, a melhoria na infraestrutura e o desenvolvimento tecnológico facilitaram o escoamento da produção e o abastecimento das propriedades agrícolas (Comin, 2021).

Agricultores familiares bem-sucedidos contribuem para o desenvolvimento regional e promovem o assentamento rural. Os assentamentos rurais são compostos por unidades agrícolas destinadas a famílias sem acesso à terra, as quais devem residir nos lotes e desenvolver atividades produtivas para garantir sua subsistência e contribuir com a economia local (INCRA, 2025). Além dos lotes familiares, esses assentamentos contam com áreas coletivas que abrigam infraestrutura comunitária, como escolas, centros comunitários, agroindústrias e unidades de saúde, e também espaços voltados à preservação ambiental, como reservas legais e áreas de proteção permanente.

Cada lote funciona como uma unidade familiar inserida em um município e, por isso, exige o fornecimento de serviços públicos por todas as esferas de governo, incluindo educação, saúde, infraestrutura viária, crédito rural e assistência técnica (INCRA, 2025).

Assentamentos rurais desempenham papel essencial no desenvolvimento sustentável ao promover a redistribuição de terras, fortalecer a agricultura familiar e equilibrar crescimento econômico, justiça social e preservação ambiental. Esses espaços vão além da produção agrícola, sendo fundamentais para consolidar a agricultura familiar e promover inclusão no meio rural (Oliveira; Sturza; Clemente, 2024).

Consequentemente, esses agricultores aumentam a segurança alimentar, melhoram a qualidade dos alimentos e aumentam sua disponibilidade, o que coletivamente aumenta a sustentabilidade agrícola. Para garantir a segurança alimentar das gerações futuras, a agricultura deve ser priorizada, e os biofertilizantes líquidos surgiram como uma alternativa eficiente e economicamente viável para os agricultores, melhorando a produção e a qualidade ambiental. No Brasil, esses insumos são produzidos por meio da fermentação de materiais orgânicos, como frutas, vermicompostos, plantas frescas ou fertilizantes e esterco de origem animal, incluindo suínos, caprinos e bovinos (Kadam; Biosys; Nirmalnath, 2020).

O objetivo desse estudo é de analisar, nas bases de dados Scopus (Elsevier) e Web of Science (WoS) - Clarivate, artigos de periódicos que abordam a relação entre a motivação da agricultura familiar na adoção de biofertilizantes, através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) utilizando a técnica proposta por Pagani, Resende e Kovaleski (2015), a *Methodi Ordinatio* (MO) para a seleção e avaliação dos estudos encontrados.

Este estudo é uma pesquisa básica e exploratória que visa ampliar o conhecimento teórico e promover a compreensão do tema proposto. O objetivo é responder às seguintes questões: O que a academia já identificou? Quais são as lacunas de pesquisa? Quais são as principais motivações dos agricultores? Ressalta-se que a RLS é um tipo de pesquisa que visa reunir e avaliar os resultados de diversos materiais existentes no campo de estudo. (Cordeiro; Oliveira; Rentería, 2007).

Esse artigo está dividido em introdução, na qual é feita uma apresentação da importância do tema investigado, seguida pelo referencial teórico que contém uma discussão sobre a caracterização e peculiaridades dos agricultores familiares e biofertilizantes dialogando com o

desenvolvimento regional. Na sequência, é exposta a metodologia, procedida pelos resultados e discussão dos artigos selecionados e por fim, as considerações finais.

2 CARACTERIZAÇÃO DE BIOFERTILIZANTES

Biofertilizantes são compostos por microrganismos que melhoram a qualidade dos nutrientes do solo, tornando-os mais acessíveis às plantas. Esses nutrientes são necessários para a produção de safras saudáveis, que são essenciais para atender às demandas de uma população global crescente. No entanto, a utilização excessiva de fertilizantes químicos tem prejudicado o meio ambiente e afetou a saúde humana, tornando os biofertilizantes uma alternativa mais confiável e sustentável, conforme afirmam Kour *et al.* (2020) em seu trabalho no qual realizaram uma revisão sobre a diversidade de micróbios promotores de crescimento vegetal, aspecto comercial e tecnologias para produção de biofertilizantes para sustentabilidade agrícola e ambiental. Ainda segundo os autores os fertilizantes utilizados na agricultura podem ser categorizados em químicos, orgânicos ou biofertilizantes, cada um com suas próprias características e capacidades para aumentar o crescimento da cultura e a fertilidade do solo. Enquanto os fertilizantes químicos fornecem nutrição em alta concentração e trazem resultados rápidos, eles também apresentam eficiência em causar danos ambientais através da sua lavagem e evaporação. Em contraste, os biofertilizantes são vistos como uma alternativa promissora para aumentar a produtividade de forma ecologicamente correta. Eles consistem em microrganismos que melhoram a acessibilidade dos nutrientes do solo às culturas, e são considerados uma forma mais sustentável de fertilização.

Diversos tipos de biofertilizantes comerciais estão disponíveis no mercado, como formulações líquidas, em turfa, granuladas e em pó liofilizado (Kour *et al.*, 2020). Os biofertilizantes granulados se destacam pelo fácil manuseio e armazenamento, além de evitarem o contato direto dos microrganismos com compostos químicos no solo. Essa formulação apresenta vantagens em condições adversas, como acidez e estresse hídrico, contribuindo para a maior viabilidade dos microrganismos (Silva, 2022).

As formulações líquidas, tornaram-se populares pela facilidade de aplicação em sementes ou diretamente no solo. Elas oferecem benefícios em relação aos inoculantes sólidos, incluindo vida útil prolongada de até dois anos. Isso se deve à possibilidade de incorporar nutrientes, protetores celulares e indutores que favorecem a formação de células, esporos ou cistos, garantindo maior estabilidade, pureza, fácil identificação e aplicação. Além disso, requerem doses menores e apresentam alto potencial para exportação (Kour *et al.*, 2020).

A qualidade do biofertilizante é um fator decisivo para sua aceitação pelos agricultores e para o sucesso no campo. Uma formulação ideal deve ser ambientalmente segura, biodegradável, livre de toxicidade, permitir ajustes de pH, utilizar matérias-primas acessíveis e de baixo custo, apresentar longa vida útil e manter elevadas quantidades de microrganismos metabolicamente ativos mesmo em condições desfavoráveis (Kour *et al.*, 2020). Além disso, a qualidade é determinada principalmente por dois critérios: a quantidade adequada de microrganismos e sua atividade biológica. A caracterização da formulação e a avaliação de seu potencial são etapas essenciais para garantir sua aceitação no mercado (Silva, 2022).

Desta forma, é necessário encontrar estratégias alternativas que sejam ecologicamente corretas e, nesse sentido, os biofertilizantes em breve não apenas atuarão como uma alternativa

potencial para alimentar a população emergente, mas também melhorarão a produtividade e apoiarão o crescimento das plantas durante condições estressantes. Portanto, é crucial perceber a importância dos biofertilizantes e sua implementação na agricultura moderna. A agricultura sustentável deve mudar do cultivo de plantas para o cultivo de comunidades microbianas de plantas, o que acabará levando a alta produtividade com o mínimo de energia e investimentos químicos, ao mesmo tempo em que exerce pressões mínimas sobre o meio ambiente (Hamidi *et al.*, 2022; Kour *et al.*, 2020).

Na busca por práticas agrícolas sustentáveis e ecologicamente corretas, a utilização de bioinsumos tem recebido grande atenção. Bioinsumos são bens ou serviços derivados de organismos vivos ou seus processos de transformação, utilizados na produção de outros bens e serviços em sistemas de produção animal e vegetal, abrangendo desde a produção primária até a pós-colheita, processamento e armazenamento. Portanto, os bioinsumos abrangem uma gama de produtos biológicos, incluindo biofertilizantes, biopesticidas e bioestimulantes, aproveitando o poder dos processos e organismos naturais para aumentar o crescimento das plantas, proteger as plantações de pragas e doenças e melhorar a produtividade agrícola geral. Essas soluções inovadoras não apenas fornecem alternativas eficazes aos insumos sintéticos convencionais, mas também contribuem para a preservação da biodiversidade, saúde do solo e equilíbrio do ecossistema (Vidal; Dias, 2023; Bortoloti; Sampaio, 2022).

Atualmente o único marco regulatório existente no Brasil referente a bioinsumos é o Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, que instituiu o Programa Nacional de Bioinsumos que os define como:

Considera-se como bioinsumo o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (BRASIL, 2020, p. 105).

É relevante ressaltar que em 2003, quando a Lei nº 10.831, que trata da agricultura orgânica, foi aprovada, o seu conteúdo foi desenvolvido de maneira colaborativa, envolvendo representantes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) juntamente com diversos representantes do movimento orgânico e do movimento agroecológico (Bortoloti; Sampaio, 2022).

Através da criação da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica e da existência de espaços de colaboração, como a Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (CNAPO), incluindo a Subcomissão Temática de Insumos (ST Insumos) para tratar especificamente dos bioinsumos, foi possível desenvolver a ideia de um Programa Nacional de Bioinsumos. Durante a estruturação do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO) 2016-2019, a principal proposta da ST Insumos foi criar um programa nacional dedicado ao desenvolvimento de insumos adequados aos sistemas orgânicos, chamado Programa Bioinsumos. Esse programa tinha como objetivo propor uma série de iniciativas de responsabilidade do MAPA para promover e investir no desenvolvimento de insumos para os sistemas orgânicos e agroecológicos (Vidal; Dias, 2023).

É possível perceber que há sinais da fragilidade do Programa Nacional de Bioinsumos, como a falta de coordenação e integração das ações entre as diferentes secretarias do MAPA.

Além disso, não há dotação orçamentária para o Programa ou para oportunidades de financiamento que possam abranger, por exemplo, especificações de referência para cepas em coleções abertas de organismos que controlam importantes alvos biológicos para culturas de grande interesse para a agricultura familiar e essenciais para a segurança alimentar. Também faltam oportunidades específicas de financiamento para pesquisa e desenvolvimento de bioinsumos (Vidal; Dias, 2023; Bortoloti; Sampaio, 2022).

Não houve ações de articulação com outras áreas e ministérios relevantes por se tratar de uma temática de aplicação tão ampla, nem com organizações importantes da sociedade civil, principalmente aquelas que, historicamente, foram sempre proativas na estruturação e construção de políticas públicas nessa temática (Vidal; Dias, 2023, p.189).

É fundamental investir em treinamento, capacitação, extensão rural e boas práticas. Somente por meio de uma atuação coordenada envolvendo diversos stakeholders da rede produtiva pode-se alcançar resultados robustos e estruturais que garantam a continuidade dessas iniciativas. Portanto, apesar da crescente demanda para que os agricultores adotem práticas ecologicamente corretas, há uma compreensão limitada dos fatores subjacentes que impulsionam seus comportamentos pró-ambientais. Ao colocar ênfase na identificação dos condutores dos comportamentos dos agricultores, torna-se mais fácil facilitar a mudança desejada para práticas pró-ambientais. Como foi investigado no trabalho de Gholamrezai, Aliabadi e Ataei (2021) no qual procurou como que as normas sociais e pessoais e o controle comportamental percebido sobre o comportamento pró-ambiental das pessoas que moram no meio rural influencia suas decisões. Uma das conclusões do artigo é que para mudar o comportamento humano é necessário identificar as variáveis efetivas para que isso ocorra. No trabalho de Freitas *et al.* (2012) é frisado a importância de uma transferência tecnológica e inovação por meio da sustentabilidade. Nesse estudo, os autores buscaram identificar as formas em que uma sociedade incorpora as tecnologias desenvolvidas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) visando o desenvolvimento sustentável local.

Dessa forma, ao desenvolver políticas públicas que visam promover a adoção de comportamentos ecologicamente corretos entre os agricultores, é fundamental considerar fatores psicológicos e comportamentais, além de outros fatores relevantes. Dada a importância dos comportamentos pró-ambientais dos agricultores e a necessidade de motivá-los a utilizar biofertilizantes (Borges *et al.*, 2014).

2.1 DESENVOLVIMENTO REGIONAL E BIOFERTILIZANTES

O desenvolvimento de uma região requer uma combinação de mudanças, tais como a melhoria da qualidade de vida, a preservação dos recursos naturais e o reforço da educação ambiental, além da promoção da acumulação de capital e investimentos em áreas que tirem proveito do potencial dos territórios sem comprometer as gerações futuras. Para alcançar isso, a região depende de tecnologia e inovação, mas os valores da população também desempenham um papel crucial na garantia de um desenvolvimento equilibrado entre os ganhos de produtividade e a proteção do meio ambiente. Refletir sobre o desenvolvimento regional sustentável implica ponderar sobre um desenvolvimento fundamentado no progresso econômico e na preservação dos recursos naturais (Lima, 2021).

A interligação entre sustentabilidade ambiental e desenvolvimento regional promove a importância de uma visão abrangente, que vai além da produtividade econômica de uma área específica (Inácio *et al.*, 2013). Desta forma, o desenvolvimento sustentável (DS) requer uma série de transformações econômicas e sociais estruturais, visando otimizar a utilização dos recursos econômicos, ao mesmo tempo em que preserva benefícios semelhantes para as gerações futuras (Pearce, 1988).

Da mesma forma o desenvolvimento rural sustentável (DRS) valoriza o potencial local das comunidades, promovendo a adaptação de tecnologias externas. Parte de seus pressupostos sinaliza para o fortalecimento das economias locais, incentivando práticas que aproveitam os recursos do próprio território. Nesse contexto, os biofertilizantes contribuem para o desenvolvimento regional ao utilizar insumos locais, reduzir a dependência de produtos químicos e fortalecer a autonomia dos agricultores, promovendo uma agricultura mais sustentável e conectada à realidade socioeconômica das comunidades rurais (Pinheiro *et al.*, 2023).

Os biofertilizantes representam uma das opções tecnológicas para promover o desenvolvimento rural sustentável contribuindo principalmente para o desenvolvimento regional. De acordo com o estudo de Barrangán-Ocaña e Del-Valle-Rivera (2016) a sobre as percepções dos produtores rurais, do estado de Morelos, México, sobre os efeitos dos biofertilizantes em seu ambiente e em suas vidas. Apresentou resultados foram positivos, indicando que os biofertilizantes contribuem para o aumento da produtividade da terra, a redução do impacto ambiental e o aprimoramento do desenvolvimento social. Observou-se que a percepção do efeito dos biofertilizantes sobre o meio ambiente e sobre a vida dos agricultores foi bem recebida. No entanto, percebe-se também que os produtores com maior educação e recursos técnicos e financeiros têm sido capazes de utilizar os benefícios derivados desta biotecnologia de forma mais abrangente. Portanto, a falta de habilidades técnicas e as condições econômicas características do ambiente rural limitam a maioria dos produtores rurais em seu uso dessas novas opções tecnológicas. Por fim, os autores afirmam que o emprego de biofertilizantes representa uma alternativa viável para os agricultores locais, visto que essa tecnologia favorece o desenvolvimento da região e a preservação do meio ambiente local. Esses benefícios podem ser maximizados mediante uma transferência eficaz de tecnologia e um suporte contínuo da extensão rural aos produtores.

Para alcançar melhores indicadores de qualidade de vida e desenvolvimento regional sustentável, onde a estrutura de produção industrial e agrícola conserve o ecossistema, é necessária uma política de desenvolvimento sustentável focada em equilibrar a educação, a transferência tecnológica eficiente e o uso racional dos recursos naturais com a visão futura da sociedade (Lima, 2021).

No entanto, para alcançar esses objetivos, os agricultores familiares enfrentam diversos desafios, principalmente em um mercado cada vez mais competitivo, exigindo estratégias que ampliem a renda e melhorem as condições de vida dos produtores, como o uso de tecnologias e práticas adequadas. Para garantir sua permanência, é necessário superar limitações tecnológicas e de acesso à orientação técnica, além de promover mudanças de atitude entre agricultores, técnicos e extensionistas (Esau; Deponti, 2020).

O processo de tomada de decisão e a motivação dos agricultores são essenciais para definir as estratégias de ação, envolvendo desde a escolha das atividades a serem desenvolvidas

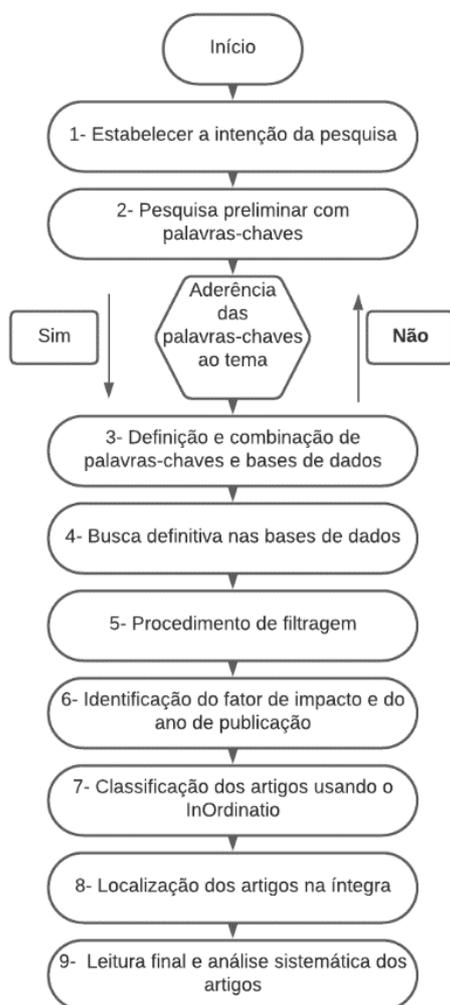
na propriedade até a seleção e uso de tecnologias, momentos e formas de aplicação, público-alvo e uso das informações disponíveis sobre o mercado em que estão inseridos. Essas decisões e motivações refletem hábitos, valores e comportamentos (Esau; Deponti, 2020).

Nesse contexto, a agricultura familiar faz uso de tecnologias, entre as quais os bioinsumos se apresentam como uma alternativa viável. No entanto, sua adoção varia significativamente entre as regiões do país e até mesmo entre grupos de agricultores dentro de uma mesma região, dada a heterogeneidade do setor, como apontam Fornazier e Vieira Filho (2012) e Souza *et al.* (2019) ressaltam que a agricultura familiar é composta por diferentes perfis de produtores, com distintas condições de acesso à terra, tamanhos de estabelecimentos, desempenho econômico, acesso a políticas públicas e inserção nos mercados. Esses autores destacam que, em regiões como o Sul e o Sudeste, os agricultores familiares tendem a adotar mais tecnologias, como insumos, máquinas e equipamentos.

A reconfiguração do meio rural, impulsionada pelas demandas da globalização, dependem de como que os agricultores familiares respondem às transformações em curso (Esau; Deponti, 2020).

3 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é uma parte do processo de pesquisa que envolve localizar, analisar e sintetizar as publicações existentes. Esse método de análise visa definir problemas, identificar conhecimentos atuais e identificar lacunas em um determinado tópico (Bento, 2012). Assim, este estudo adota uma RSL através da utilização dos protocolos estabelecidos por Pagani *et al.* (2015), conhecido como *Methodi Ordinatio* (MO). Seguiram-se então as etapas para a realização de uma RSL, conforme o protocolo da MO é mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas do *Methodi Ordinatio*

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023, adaptado Telles et al. (2020).

Inicialmente, foram definidos os critérios de seleção e as variáveis de análise (Fases 1 e 2). Essas etapas preliminares envolveram buscas experimentais e combinações nas bases de dados. Em seguida, foi realizada uma busca por termos combinados indexados nas bases de dados Scopus (Elsevier) e Web of Science (WoS) – Clarivate, considerando apenas artigos completos (Fases 3 e 4).

A pesquisa foi composta de palavras usando operadores booleanos e símbolos curinga, com o campo tópico, que inclui título, resumo e palavras-chave. A combinação final de palavras-chave foi definida como: (“Decision Analysis” or “Decision Making” or Motivation or Valorization or “Planned Behavior” or Promotion) E (Farm* or “Family Farm*” or Peasant or Smallholder) E (Biofertilize* or “Bio-fertilize” or Bioinputs). A escolha desses termos tem como objetivo uma busca abrangente de temas relacionados a eles. Depois de obtidos os resultados das bases de dados eles foram exportados por formato Radiology Information

System (RIS) para análise posterior por ferramentas como gerenciador de referências Mendeley (Elsevier), para criar uma biblioteca virtual das publicações.

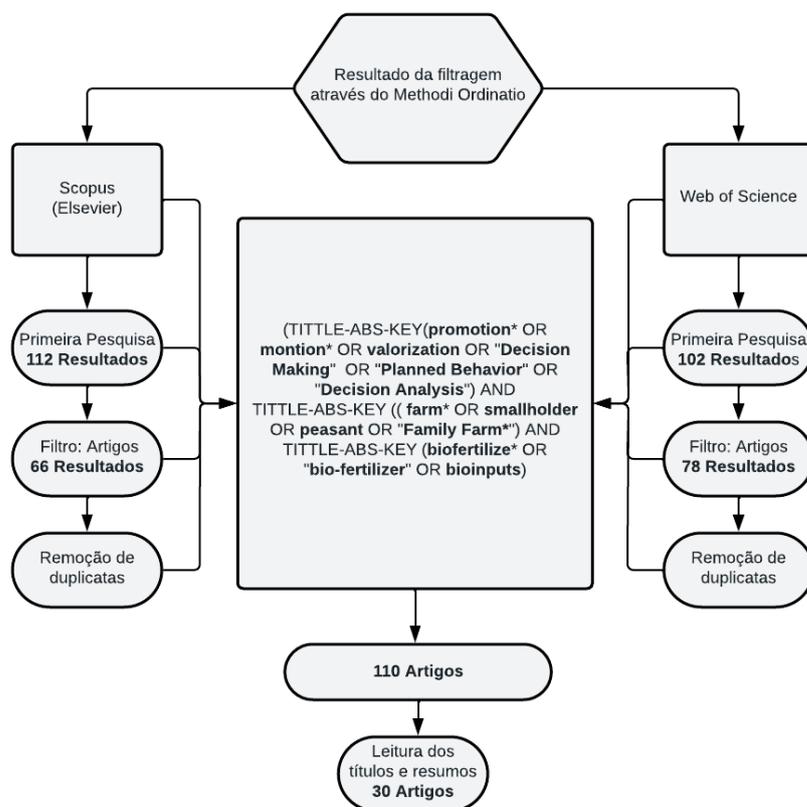
Durante a Fase 5, foram identificados um total de 112 artigos do Scopus e 102 do WOS após a aplicação do filtro “Artigos”. Isso foi reduzido para 66 resultados do Scopus e 78 do WOS, através da leitura dos títulos e resumos. Esse portfólio foi mais uma vez filtrado removendo 34 artigos duplicados ou artigos que não estavam alinhados com o tema e objetivos da pesquisa, resultando em um total de 110 artigos. Após finalizar os procedimentos de seleção e definir o portfólio de pesquisa, cada artigo foi analisado individualmente nas Fases 8 e 9, por meio de variáveis que foram organizadas em planilhas do Microsoft Excel®, incluindo (a) ano de publicação, (b) autores, (c) artigo título, (d) número de citações e InOrdinatio. Os estudos mais relevantes foram identificados com base no número de citações com base no Google Scholar – Acadêmico (coletados em 17 de abril de 2023) e com base no InOrdinatio (equação 1, Fase 7). O Google Acadêmico encontra expressivamente mais citações do que Scopus e WoS em todos os campos de assunto que permitiu estabelecer um ranking dos artigos do portfólio (Martín-Martín et al., 2018).

Fórmula 1:

$$\text{InOrdinatio} = (\text{Fi} / 1000) + \alpha * [10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub})] + (\sum \text{Ci})$$

Onde: “FI”: é o fator de impacto; “ α ” :é um peso (de 1 a 10) atribuído para o ano. Foi definido o peso 10 para esse estudo, determinando o ano da publicação com grande relevância; e “Ci”: representa a soma das vezes em que o artigo foi citado por outros periódicos. Destacamos que com a classificação InOrdinatio objetivou apenas a identificação dos artigos mais relevantes do portfólio, por isso, a Fase 7 foi aplicada ao final, após a Fase 8 e 9, e todos os artigos selecionados foram analisados.

A Figura 2 sintetiza o protocolo da revisão sistemática da literatura realizada para atingir o objetivo deste artigo.

Figura 2 – Resumo dos processos realizados através do *Methodi Ordinatio*

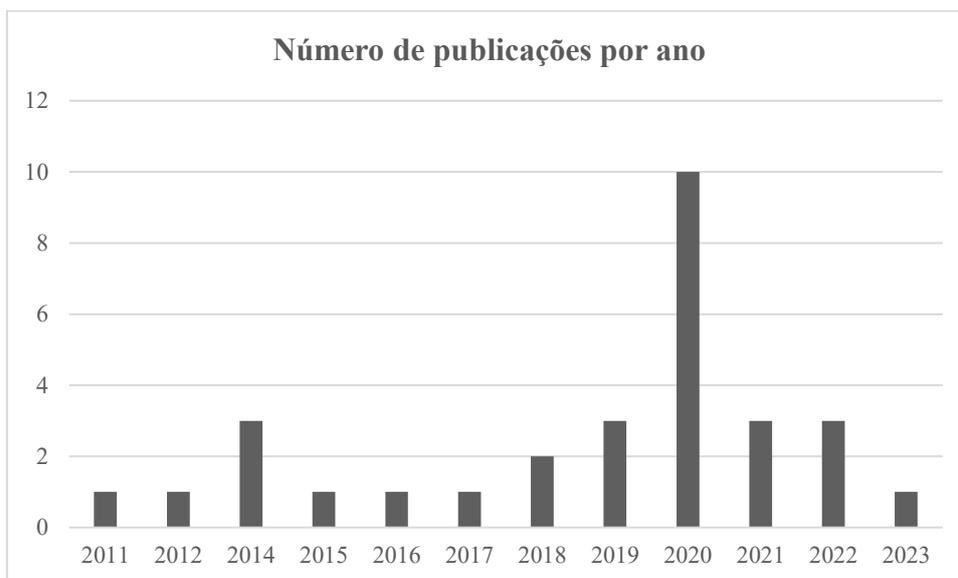
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A partir da aplicação dos filtros, foram identificados 66 artigos na Scopus (Elsevier) e 78 na Web of Science (WoS) - Clarivate. Restou-se um total de 110 artigos após a remoção de duplicatas. Posteriormente, com a leitura de títulos e resumos, foram selecionados 30 artigos para análise mais aprofundada. Esses resultados serão apresentados e analisados nas seções de Resultados e Discussão do presente estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados e discussões dos artigos selecionados para a análise, considerando-se o protocolo de revisão sistemática estabelecida. Foi conduzido uma avaliação da distribuição dos 30 artigos da amostra de acordo com o ano de publicação, conforme ilustrado na figura 3, que evidencia que a maioria dos artigos analisados foram publicados no ano de 2020.

Figura 3 – Distribuição por ano de publicação dos artigos selecionados



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

No Quadro 1 apresentam-se as dimensões encontrados na presente pesquisa através do *Methodi Ordinatio*.

Quadro 1 – Dimensões analisadas nos artigos selecionados

	Subtemas	Autores / Ano
Dimensão ecológica (Variedade de biofertilizantes para mitigação de impactos ambientais)	Revisão de literatura	Kour et al. (2020)
	Biofertilizante a base de algas	Kim et al. (2018) Mukherjee e Patel (2020)
	Combinação de bactérias e fungos	Dukare e Paul (2021) Hamed et al. (2019) Kumar et al. (2021) Matsumoto e Zaw (2020) Nacoon et al. (2020) Pathania et al. (2020) Rani, Bhatia, Kaushik (2021) Rincón-Molina et al. (2020) Thiyageshwari et al. (2018) Wong et al. (2014)
	Biofertilizante a base de excremento larval	Poveda et al. (2019)
Dimensão econômica (Avaliação da produtividade e retornos econômicos)	Avaliação do aumento da produtividade do solo e controle de doenças	Cheng et al. (2021)
	Análises econômicas do uso de biofertilizantes através de software	Pérez-Castro et al. (2017)
	Avaliação do aumento da produtividade das plantas	Reddy e Goyal (2020), Win et al. (2018), Rincón-Molina et al. (2022), Kang et al. (2012), Yanni et al. (2016), Saxena et al. (2015), Khan, Koizumi e Olds (2020)
	Revisão de literatura de como valorizar uma produção e seus resíduos	Wan Mahari et al. (2020)
Dimensão social (Impactos na qualidade de vida)	Motivação dos agricultores	Ataei et al. (2022)
	Biofertilizantes e órgãos de poder	Launio et al. (2020), Bala et al. (2014), Roy e Chandra (2019)
	Papel do biofertilizantes para a qualidade do solo para os agricultores	Picchioni et al., (2020)
	Contribuições do uso de biofertilizantes em produções orgânicas para a comunidade	Thapa e Rattanasuteerakul, (2011)

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

4.1 DIMENSÃO ECOLÓGICA: DIVERSIDADE DOS BIOFERTILIZANTES

Os biofertilizantes são fontes potenciais para aumentar a produtividade vegetal, conforme demonstrado no estudo de Poveda *et al.* (2019), os autores forneceram diversos tipos de alimentos aos insetos “Tenebrios molitores” conhecidos como bicho da farinha o que levou à produção de excretas com diferentes composições. Isso permitiu-os comparar o efeito potencial das excretas no crescimento das plantas e testar sua capacidade de aumentar a

tolerância a estresses abióticos, como seca, excesso de água e salinidade. O trabalho desses autores mostra-se relevante pois atualmente, existem várias pesquisas que observam as mudanças no valor nutricional dos excrementos de diferentes animais, como suínos, ruminantes, galinhas poedeiras, frangos de corte e hamsters, no entanto, este é o primeiro relatório de alterações no *T. molitor*. Poveda *et al.* (2019) finalizam sua pesquisa afirmando que os resultados confirmam que diferentes dietas de *T. molitor* não só determinam a composição dos excrementos, mas também o potencial das fezes para promover o crescimento das plantas e induzir tolerância ao estresse abiótico. Isso confirma que o excremento é de grande interesse para uso como biofertilizante.

Um outro biofertilizante atípico e promissor é a combinação de fungos com bactérias, como foi estudado por Nacoon *et al.* (2020) em que o objetivo foi identificar e descrever as bactérias solubilizadoras de fosfato (PSB) e avaliar os efeitos da co-inoculação dessas bactérias com fungos micorrízicos arbusculares (AMF) no crescimento das plantas hospedeiras. Os autores concluem que a inoculação dupla pode ser uma estratégia promissora para reduzir o custo de fertilizantes sintéticos e aumentar a produção de inulina, trazendo redução de custos para os agricultores. ThiyageshwarI *et al.* (2018) também obtiveram os mesmos resultados promissores com a combinação de fungos e bactérias em seus estudos assim como Rani, Bhatia e Kaushik (2021), Rincón-Molina *et al.* (2020), Wong *et al.* (2014), Pathania, Priyanka *et al.* (2020), Hamed *et al.* (2019), Dukare e Paul, (2021), Kumar *et al.* (2021) e Zaw e Matsumoto (2020) em seus trabalhos.

Os biofertilizantes a base de algas marinhas está entre os mais populares na agricultura atual, tanto na agricultura orgânica quanto na agricultura orgânica integrada, devido às suas propriedades biodegradáveis, não tóxicas e ecologicamente corretas, tornando-o mais vantajoso do que os fertilizantes químicos. Conforme expõem Mukherjee e Patel (2020) o extrato de algas marinhas tem um impacto positivo nas culturas agrícolas, aumentando o crescimento das plantas, o crescimento das mudas e o desenvolvimento dos pelos radiculares e das raízes secundárias. Também auxilia na incorporação de nutrientes, no vingamento dos frutos e melhora as propriedades de resistência contra pragas e doenças, bem como no controle do estresse (como seca, salinidade e temperatura). Estas são as principais razões pelas quais os extratos de algas marinhas são preferidos aos fertilizantes químicos. De acordo com os autores, a utilização direta de algas marinhas no solo agrícola pode modificar o teor de nutrientes e fertilidade do solo, o que pode levar a um aumento significativo na produção agrícola. Os extratos de algas marinhas podem ser usados em forma de pó ou líquido para tratar as sementes. O uso do extrato de algas pode ser combinado com fertilizantes químicos ou utilizado em substituição a eles, resultou em uma redução na quantidade de produtos químicos aplicados no solo, um aspecto importante da agricultura sustentável. Assim como Mukherjee e Patel (2020), os autores Kim *et al.* (2018) também encontraram resultados promissores em seus estudos com biofertilizantes a base de algas, em seu artigo eles investigaram a eficácia da alga de água doce, *Chlorella fusca*.

4.2 DIMENSÃO ECONÔMICA

Para conseguir aumentar o rendimento das culturas e reduzir os custos de cultivo é necessário ter uma nutrição equilibrada das plantas conforme aduzem Reddy e Goyal (2020) em pesquisa que tinha o objetivo de avaliar o efeito da aplicação combinada de Nitrogênio (N)

e biofertilizantes no crescimento, produção e qualidade de morangos em uma casa de vegetação localizada na fazenda de pesquisa do Departamento de Horticultura da Chaudhary Charan Singh Haryana Agricultural University (CCSHAU), em Hisar, Haryana, Índia.

Os resultados do estudo indicaram que o uso de biofertilizantes teve um impacto significativo no desenvolvimento, produção e excelência do morango. As plantas que foram tratadas com *Azotobacter* exibiram as características de crescimento e rendimento mais substanciais. Em termos de qualidade, as plantas tratadas com *Azotobacter* produziram frutos com valores de qualidade superiores. Quando comparada a uma adubação nitrogenada balanceada, maiores doses de N resultaram em menor produtividade do morangueiro. Portanto, pode-se inferir que a incorporação do biofertilizante aos fertilizantes inorgânicos é fundamental para manter a produção de morango, melhorar a qualidade do produto, reduzir a incidência de doenças, produzir frutos mais comercializáveis e aumentar a relação custo-benefício. Win *et al.* (2018) encontraram resultados bastante semelhantes ao de Reddy e Goyal (2020) na pesquisa que visava investigar formas de aumentar os atributos de crescimento, rendimento e absorção de nutrientes do arroz em arrozaís usando uma combinação de biofertilizante *Bacillus pumilus* cepa TUAT-1 e diferentes doses de aplicação de nitrogênio (N) no arrozal experimental da Universidade de Tóquio de Agricultura e Tecnologia em Fuchu Honmachi, Tóquio, Japão.

Assim como Reddy e Goyal (2020) os autores concluíram que o aumento na produtividade de grãos decorrente da aplicação de TUAT-1 combinado com adubação nitrogenada em mudas de arroz na fase de viveiro pode estar relacionado ao aumento do tamanho do sistema radicular na fase de viveiro. O estágio inicial de crescimento, que aumentou a absorção de nutrientes para promover o crescimento de perfilhos (biomassa) e o rendimento. Por fim, Win *et al.* (2018) afirmam que o biofertilizante TUAT-1 deve ser usado com fertilizante N em níveis adequados para maximizar os benefícios em termos de economia de fertilizantes e melhorar o rendimento. Os resultados trazidos por Reddy e Goyal (2020) e Win *et al.* (2018) também foram constados por Rincón-Molina *et al.* (2022) e os autores Khan, Koizumi e Olds (2020), Yanni *et al.* (2016), Saxena *et al.* (2015) e Kang *et al.* (2012).

A bioativação do solo também se apresenta como um meio de contribuir para a eficiência econômica da produção, conforme destacado por Cheng *et al.* (2021). Os autores exploravam o aumento da produtividade do solo e controle de doenças através da fumigação do solo com biofertilizantes, para eles a bioativação do solo é conveniente e eficaz para minimizar o impacto de doenças transmitidas pelo solo, as doenças são mais prejudiciais aos microorganismos benéficos do solo e prejudicam o desenvolvimento das plantas afetando a produção dos agricultores. Os autores concluíram que a incidência de doenças foi significativamente reduzida e a produção aumentou significativamente quando o solo foi bioativado com biofertilizantes. Ainda na visão da dimensão econômica os autores Wan Mahari *et al.* (2020) apresentam uma revisão visando a valorização das espécies de cogumelo ostra e seus resíduos gerados no cultivo, transformando-os em biofertilizantes, demonstrando para os agricultores formas de economizar e lucrar com a mesma produção.

Os autores Rose *et al.* (2014) trouxeram como conclusão do seu estudo uma economia até 52 % do uso de fertilizantes a base de nitrogênio substituído por biofertilizante na produção de arroz após experimentos de campo conduzidos em fazendas de cultivo de arroz no Delta do Mekong, Distrito de Cai Lay e Distrito de Phung Hiep, Vietnã. Pérez-Castro *et al.* (2017) também apontam contribuições econômicas com o seu trabalho, para os agricultores ao desenvolver um software que ajuda a calcular as quantidades de fertilizantes e rega às culturas

mais importantes, bem como a escolher entre os diferentes sistemas de cultivo e a variedade de tecnologias de fertirrigação em Madri, Espanha.

4.3 DIMENSÃO SOCIAL

Apesar dos diversos benefícios da utilização dos biofertilizantes na agricultura, é importante entender as motivações dos agricultores em adotarem esses insumos e práticas agroecológicas em suas produções. Thapa e Rattanasuteerakul (2011) estudaram a adoção e a extensão dos projetos-piloto de cultivo de hortaliças orgânicas na província de Mahasarakham, na Tailândia, com base em dados coletados de 172 agricultores familiares de hortaliças. Os resultados demonstraram que vários fatores têm uma influência significativa no nível de adoção e extensão do projeto-piloto de cultivo de hortaliças orgânicas entre os agricultores familiares nessa província. Esses fatores incluem o papel de liderança das mulheres nesse projeto-piloto, desde que tenham a oportunidade de participar plenamente dos programas promocionais; a motivação das organizações governamentais e não governamental em fornecer os recursos necessários aos agricultores, como fertilizantes orgânicos e biopesticidas mais eficazes, além do preço das hortaliças orgânicas; a motivação dos membros da comunidade e dos grupos de proprietários; a participação em treinamentos, o preço da compra das hortaliças orgânicas e a intensidade do risco de pragas. O estudo ressalta que muitos agricultores dessa área enfrentaram dificuldades para cultivar hortaliças orgânicas devido à escassez de composto e à ineficácia dos biopesticidas no controle de pragas. Como resultado, um programa deve ser desenvolvido e implementado para promover a produção comercial de compostos.

Ainda na dimensão social, sobre os agricultores utilizarem biofertilizantes em suas produções, o estudo do Launio *et al.* (2020) que analisou a adoção de biofertilizantes a base de fungos e controle biológico em sistemas de cultivo de terras altas das Filipinas, os autores mediram a taxa de retornos desses investimentos em tais produtos e encaminharam recomendações para formuladores de políticas públicas do país. Como conclusão os autores apresentam considerações relevantes mesmo que a taxa geral de adoção ainda seja baixa, a tendência das vendas do biofertilizante é crescente e está sendo usado principalmente por produtores orgânicos como biofungicida para o manejo de doenças e como biofertilizante para melhorar a compostagem. As restrições percebidas identificadas com base em entrevistas com informantes-chave com usuários, produtores e distribuidores são: alto preço da cultura pura; equívoco de que o biofertilizante é apenas para agricultores orgânicos; efeito lento da tecnologia; conhecimento e informações limitados levando a aplicação incorreta e manuseio inadequado; e mercados limitados e estratégias de marketing.

Seguindo os mesmos resultados de Launio *et al.* (2020) os autores Bala *et al.* (2014) e Roy e Chandra (2019) também encontraram a necessidade de mais Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e formas inovadoras que incorporassem as intervenções tecnológicas apropriadas em uma estrutura holística e de modo participativo, aplicação de biofertilizantes e nova abordagem de extensão para os agricultores em seus estudos. Com relação a motivação do uso de biofertilizantes os autores iranianos Ataei *et al.* (2022) examinaram os elementos que influenciam a disposição dos agricultores em usar biofertilizantes, com base em um modelo abrangente de comportamento ambiental. Uma amostra de 327 agricultores foi selecionada da população total de agricultores da província de Fars, no Irã, onde os biofertilizantes foram introduzidos (N = 2.200). Os resultados revelaram que a maioria dos fatores psicológicos, que

normalmente se espera que influenciem a disposição dos agricultores em utilizar biofertilizantes, foram estatisticamente mudados. Com base nestas descobertas, suportou-se que os processos normativos exercem uma influência significativa sobre os processos habituais e a intenção de usar biofertilizantes. Em outras palavras, quando os agricultores são mais influenciados por outras pessoas em relação ao uso de biofertilizantes e estão cientes das consequências negativas do uso de fertilizantes químicos e biológicos, sua intenção e comportamentos habituais tendem a favorecer o uso de biofertilizantes. Portanto, esses fatores devem ser considerados ao promover o uso futuro desses produtos. Sobre a viabilidade econômica dos biofertilizantes os autores Picchioni et al. (2020) expõem em seu trabalho (i) um método de modelagem de escolha para avaliar a viabilidade econômica da valorização da casca de cacau e (ii) um ensaio agrônomico avaliando as consequências qualidade do solo e seu papel como fertilizante natural para os agricultores da Indonésia.

4.4 DESAFIOS NA UTILIZAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES NA AGRICULTURA

Os biofertilizantes precisariam ser produzidos em escala industrial para atender às demandas agrícolas. Como resultado, muitos dos processos manuais usados atualmente na produção de biofertilizantes precisam ser mecanizados. Essa ampliação da produção por meio da mecanização é essencial para tornar os biofertilizantes econômicos e competitivos para uso prático. A seleção de componentes para formulações de biofertilizantes determinará o tipo de planejamento industrial necessário. Cada tipo de componente ou ingrediente ativo exigirá equipamentos específicos; por exemplo, os reatores usados para fermentar bactérias diferem daqueles usados para fermentar fungos. Assim, para cada tipo de biofertilizante e volume de produção desejado, é necessário um planejamento cuidadoso e dimensionamento da planta industrial para garantir um processo produtivo eficiente, minimizando interrupções ou perdas durante a fabricação (Beltrán-Pineda; Bernal-Figueroa, 2022).

Com relação à qualidade dos biofertilizantes, as características primárias inicialmente avaliadas são a pureza do produto (ausência de contaminantes) e a concentração adequada de seu princípio ativo. No que diz respeito aos contaminantes, a indústria avançou significativamente com a implementação de programas de controle de qualidade, seleção de matérias-primas de alta qualidade, uso de equipamentos especializados e mão de obra qualificada. Como resultado, os produtos fabricados comercialmente agora têm uma vida útil adequada para uso em campo (Beltrán-Pineda; Bernal-Figueroa, 2022).

No entanto, quando se trata de produção na fazenda (on farm), apesar das melhorias nos sistemas de produção, a presença de contaminantes continua sendo um desafio. Isso pode ser atribuído à falta de equipamentos adequados, matérias-primas de baixa qualidade ou escassez de profissionais especializados. Outro grande desafio observado é a preservação desses produtos, muitas vezes falta o controle de temperatura e são armazenados por períodos prolongados em condições inadequadas (Mazaro *et al.* 2022).

Outro aspecto que requer avanços é a identificação da compatibilidade biológica entre os biofertilizantes. Cada biofertilizante possui características distintas, impossibilitando generalizar a compatibilidade de determinados gêneros ou espécies. É essencial entender o comportamento específico das cepas envolvidas durante a preparação do produto formulado. Além disso, a compatibilidade entre o biofertilizante selecionado e as necessidades específicas

da planta-alvo, bem como a quantidade de aplicação adequada para cada cultura, devem ser cuidadosamente consideradas (Barajas, 2017).

Para assegurar a qualidade na fabricação de biofertilizantes, é necessário estabelecer critérios específicos. Estes critérios podem abranger diversos aspectos relacionados à eficácia do produto, como a quantidade de células viáveis que ele contém. Dito isso, é crucial conscientizar tanto os agricultores quanto os técnicos que os acompanham sobre a importância de tomar precauções especiais ao preparar e utilizar biofertilizantes. Destacar a necessidade de manipulação e armazenamento apropriados é essencial para garantir a eficácia e a qualidade dos biofertilizantes empregados na agricultura. Isso ocorre porque compreender que os biofertilizantes exigem condições ambientais adequadas para serem aplicados representa um dos desafios mais significativos. Portanto, é fundamental que consultores, técnicos, instituições de pesquisa e serviços de extensão rural realizem campanhas de conscientização e ofereçam treinamento enfatizando o papel dessas condições para o sucesso na utilização de biofertilizantes (Mazaro *et al.* 2022; Barajas, 2017).

4.5 LACUNAS DE PESQUISA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE PELOS AGRICULTORES

Por meio da pesquisa, foi possível examinar tanto as principais discussões sobre a utilização de biofertilizantes na agricultura familiar, quanto identificar as áreas de pesquisa que necessitam de mais atenção. Essas áreas representam temas que poderiam ser explorados com maior profundidade para enriquecer o campo de estudo. O Quadro 2 apresenta as principais falhas e pontos em aberto identificados nesta revisão sistemática de literatura.

Quadro 2 – Lacunas de pesquisa em relação dos biofertilizantes na agricultura familiar

Temas	Lacunas
Transferência tecnológica	Estudos que avaliem a transferência tecnológica ou extensão rural de biofertilizantes para agricultores (Marçal <i>et al.</i> 2016).
Estudo de opinião	Estudos que visem conhecer a percepção de pesquisadores, agricultores e demais envolvidos no setor agrícola, em relação ao uso dos biofertilizantes (Silva, 2021).
Impactos sociais	Falta de estudos que investiguem o impacto social dessa tecnologia para entender as possíveis consequências econômicas, sociais e ambientais nas comunidades (Sinsuw, 2021).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Conforme demonstrado no Quadro 2, há necessidade de estudos relacionados à transferência tecnológica dos biofertilizantes que poderiam ser mais explorados. Por exemplo, o artigo de Marçal *et al.* (2016) destaca a importância do Centro de Educação Popular e Formação Social na melhoria da qualidade de vida das famílias do sertão paraibano, ao apresentar um modelo de Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que permite o reaproveitamento de fezes de animais e restos de alimentos para gerar biogás e biofertilizantes. Pesquisas

semelhantes ao Estudo de Opinião realizado por Silva (2021), que buscou compreender a percepção de agricultores, pesquisadores e estudantes sobre a produção e uso de biofertilizantes no Brasil, também merecem mais atenção. Além disso, estudos focados nos impactos sociais gerados por essa tecnologia, como indicado por Sinsuw *et al.* (2021), que investigaram os impactos ambientais e sociais antes e depois da construção de uma planta piloto de um modelo inovador que utiliza bioresíduos de bovinos para o desenvolvimento de uma comunidade rural em Manado, na Indonésia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As motivações dos agricultores familiares para usarem biofertilizantes em suas produções decorre de vários fatores-chave. Em primeiro lugar, os biofertilizantes oferecem uma alternativa sustentável e ambientalmente correta aos fertilizantes químicos, alinhando-se com a crescente preocupação global com práticas agrícolas sustentáveis. Ao utilizar fontes naturais de nutrientes, os biofertilizantes ajudam a reduzir os impactos negativos dos fertilizantes químicos na saúde do solo, na qualidade da água e no equilíbrio geral do ecossistema. Os agricultores reconhecem os benefícios de longo prazo de cuidar de seu solo, garantindo sua fertilidade para as gerações futuras. Fatores sociais e intencionais também influenciam o uso ou não dessa tecnologia, por exemplo, quando os agricultores são mais influenciados por outras pessoas em relação ao uso de biofertilizantes e estão cientes das consequências negativas do uso de fertilizantes químicos e biológicos, sua intenção e comportamentos habituais tendem a favorecer o uso de biofertilizantes. A crescente demanda do consumidor por produtos agroecológicos pressionam os agricultores a adotarem biofertilizantes. E o uso de biofertilizante permite que os agricultores atendam aos requisitos de certificações e alcancem mercados premium, obtendo preços mais altos para seus produtos.

Além disso, os biofertilizantes fornecem uma solução econômica para os agricultores, contribuindo também para o desenvolvimento regional. Aproveitando materiais orgânicos disponíveis localmente, os agricultores podem produzir ou acessar biofertilizantes a um custo menor em comparação com a compra de fertilizantes químicos. Como demonstrado nesta revisão, existe uma larga variedade de fontes e tipos de biofertilizantes que podem ser adequados para diferentes perfis de agricultores e necessidades. Esse fator de acessibilidade torna os biofertilizantes uma opção atraente, principalmente para agricultores de pequena escala e com recursos limitados.

A crescente utilização de produtos biológicos exigirá mudanças legislativas, técnicas e culturais, trazendo desafios aos diversos setores envolvidos. Na perspectiva do governo, são necessários avanços no Programa Nacional de Bioinsumos, com o estabelecimento de novas legislações e regulamentações específicas para produtos biológicos, em consonância com as políticas internacionais. Além disso, são essenciais políticas que facilitem uma colaboração mais estreita entre pesquisa, setores privados e órgãos legislativos. No campo da pesquisa, estimular redes de pesquisadores torna-se fundamental para avançar na prospecção de novos agentes biológicos, entender seus modos de ação, compatibilidades, desenvolver novas formulações, explorar metabólitos, garantir recomendações técnicas precisas e abordar a segurança alimentar e ambiental. Assim, há um extenso campo de futuras pesquisas acerca da temática.

Este trabalho contribuiu principalmente para identificar como estão sendo conduzidos os estudos recentes sobre o assunto e quais têm sido as principais discussões e lacunas de pesquisa neste campo teórico. Os estudos nessa área vêm se expandindo nos últimos anos e fazem parte de diversas áreas de pesquisa, como biologia, sociologia, economia, agronomia, nutrição, entre outras.

A revisão sistemática utilizada neste estudo tem limitações em termos de seu foco na identificação de referências recentes e de alto impacto. Além disso, os critérios de inclusão ou exclusão de artigos podem variar de acordo com a interpretação do pesquisador e o nível de conhecimento teórico. Outra limitação é a exclusão de estudos técnicos como relatórios, atas de congressos e livros. No entanto, apesar dessas limitações, a estrutura do *methodi ordinatio* se mostra útil e pode complementar outras abordagens de pesquisa, incluindo estudos de campo. É importante observar que o método contribui para a compreensão do estado da arte ao identificar que o tema foi explorado por meio de eixos específicos, a partir dos quais foram mapeados em dimensões neste artigo. Além disso, auxilia na identificação de lacunas de pesquisa e fornece material para sugestões de futuras investigações. Assim, pode-se concluir que o objetivo da pesquisa foi alcançado.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AQUINO, J. R.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. Tentativas De Inclusão Da Agricultura De Base Ecológica No Pronaf: Do Otimismo Das Linhas De Crédito Verde Ao Sonho Frustrado Do I Planapo. **Revista Grifos**, v. 30, n. 51, p. 163–189, 2020.

AQUINO, J. R.; SCHNEIDER, S. O Pronaf e o desenvolvimento rural brasileiro: avanços, contradições e desafios para o futuro. **Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil**, Porto Alegre, v. 1, p. 27, 2015.

ATAEI, P. et al. The promotion of biofertilizer application on farms: Farmers' intentional processes. **Environmental Technology and Innovation**, Department of Agricultural Extension & Education, College of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran, v. 28, p. 102722, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85132236350&doi=10.1016%2Fj.eti.2022.102722&partnerID=40&md5=03b27d632b94bbe1a59648b0eb901928>.

BALA, B. K. et al. Modelling of food security in Malaysia. **Simulation modelling practice and theory**, Institute of Agricultural and Food Policy Studies, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia, v. 47, p. 152–164, 2014. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84903943868&doi=10.1016%2Fj.simpat.2014.06.001&partnerID=40&md5=7403bc65c67e334bd7adc53db3c236fd>.

BARAJAS, L. N. A. Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. **Ingeciencia**, v. 2, n. 1, p. 65–76, 2017. Disponível em: https://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2353/2177.

BARRAGÁN-OCAÑA, A.; DEL-VALLE-RIVERA, M. D. C. Rural development and environmental protection through the use of biofertilizers in agriculture: an alternative for underdeveloped countries? **Technology in Society**, v. 46, p. 90-99, 2016.

BORGES, J. A. R. et al. Understanding farmers' intention to adopt improved natural grassland using the theory of planned behavior. **Livestock Science**, v. 169, p. 163-174, 2014.

BORSATTO, R. S. et al. Desafios do programa de aquisição de alimentos (PAA) em fomentar autonomia de agricultores familiares. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 1104–1122, 2020. Doi: 10.24302/drd.v10i0.2897.

BORTOLOTTI, G.; SAMPAIO, R. M. Demandas tecnológicas: os bioinsumos para controle biológico no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. 26927, 2022.

CARBONERA, R.; FERNANDES, S. B. V.; OLIVEIRA, F. G.; MELLO, J. B.; UHDE, E. M.; RIGO, D. S. Diversidade de sistemas produtivos e sustentabilidade na agricultura. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 98–118, 2020. Doi: 10.24302/drd.v10i0.2505.

CHENG, H. Y et al. Bio-activation of soil with beneficial microbes after soil fumigation reduces soil-borne pathogens and increases tomato yield. **Environmental pollution**, v. 283, p. 117160, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117160>.

COMIN, M. A Revolução Verde e o processo de modernização agrícola em Soledade (RS, Brasil) de 1960 a 1990: The Green Revolution and the agricultural modernization process in Soledade/RS from 1960 to 1990. **Revhist - Revista de História da UEG**, Anápolis, v. 10, n. 2, e022122, 2021. Doi: <https://doi.org/10.31668/revistaueg.v10i02.11827>.

DUKARE, A.; PAUL, S. Biological control of Fusarium wilt and growth promotion in pigeon pea (*Cajanus cajan*) by antagonistic rhizobacteria, displaying multiple modes of pathogen inhibition. **Rhizosphere**, ICAR-Central Institute of Post Harvest Engineering and Technology (CIPHET) AboharPunjab 152116, India, v. 17, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096719163&doi=10.1016%2Fj.rhisph.2020.100278&partnerID=40&md5=7a61a26d37315647a07b38caf8b9fafb>.

ESAU, C.; DEPONTI, C. M. Tomada de decisão pela diversificação: uma alternativa para agricultura familiar na microrregião de Santa Cruz do Sul/RS. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 439–460, 2020. DOI: 10.24302/drd.v10i0.2749. Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/2749>. Acesso em: 30 maio. 2025.

FARIA, O.; PIRES, E. A. C. Economia circular e bioeconomia: um novo caminho para a sustentabilidade? **Sinergia – Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis**, v. 25, n. 1, p. 79–88, 2020. Doi: <https://doi.org/10.17648/2236-7608-v25n1-11530>.

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidade Estrutural no Setor Agropecuário Brasileiro: Evidências a Partir do Censo Agropecuário de 2006. **Texto para Discussão (IPEA. Brasília)**, v. 1708, p. 1-34, 2012.

FREITAS, C. C. G. et al. Transferência tecnológica e inovação por meio da sustentabilidade. **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 2, p. 363–384, 2012.

GHOLAMREZAI, S.; ALIABADI, V.; ATAELI, P. Understanding the pro-environmental behavior among green poultry farmers: Application of behavioral theories. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, n. 11, p. 16100–16118, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01331-1>.

HAMED, S. A. et al. Promotion of growth, yield and fiber quality attributes of Egyptian cotton by bacillus strains in combination with mineral fertilizers. **Journal of plant nutrition**, Cotton Research Institute, Agricultural Research Center, Giza, Egypt, v. 42, n. 18, p. 2337–2348, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071247885&doi=10.1080%2F01904167.2019.1655045&partnerID=40&md5=887b517cb245d5d15df18456c88807e9>.

HAMIDI, M. et al. The effect of ascorbic acid and bio fertilizers on basil under drought stress. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e262459, 2022.

HUITO-TARQUINO, L. E.; GARCIA-APAZA, E.; CONDE-VISCARRA, E. Effects of foliar biofertilization on the Water Use Efficiency in different varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.). **Agronomia Mesoamericana**, [s. l.], v. 34, n. 1, 2022.

INÁCIO, R. O. et al. Desenvolvimento regional sustentável: abordagens para um novo paradigma. **Desenvolvimento em Questão**, v. 11, p. 6-40, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/320>. Acesso em: 11 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Assentamentos**: o que é um assentamento? Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/reforma-agraria/assentamentos>. Acesso em: 5 jun. 2025.

KADAM, M.; BIOSYS, K.; NIRMALNATH, J. Bio-Efficacy of Vitormone (Azotobacter Chroococcum) Liquefied Bio-Fertilizer on Crop Growth Components and Yield of Cotton (*Gossypium Hirsutum*). **Pestology Journal**, v. 44, n. August, p. 10, 2020.

KANG, S. M. M. et al. Gibberellin-producing *Promicromonospora* sp SE188 improves *Solanum lycopersicum* plant growth and influences endogenous plant hormones. **Journal of microbiology**, School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, South Korea, v. 50, n. 6, p. 902–909, 2012. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84871783921&doi=10.1007%2Fs12275-012-2273-4&partnerID=40&md5=0558e4d1d84463b7de9d348da3d8ff8d.

KHAN, M. S; KOIZUMI, N; OLDS, J. L. Biofixation of atmospheric nitrogen in the context of world staple crop production: Policy perspectives. **Science of the Total Environment**, Schar School of Policy & Government, George Mason University, Arlington, VA 22201, United States, v. 701, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074888232&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2019.134945&partnerID=40&md5=909c18a01ad04d435b5b5e4e1153b470>.

KIM, M. J. et al. Effect of Biostimulator, *Chlorella fusca* on Improving Growth and Qualities of Chinese Chives and Spinach in Organic Farm. **Plant pathology journal**, v. 34, n. 6, p. 567–574, 2018.

KOUR, D. et al. Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 23, 2020.

KUMAR, S. et al. Cyclic siloxane biosurfactant-producing *Bacillus cereus* BS14 biocontrols charcoal rot pathogen *Macrophomina phaseolina* and induces growth promotion in *Vigna mungo* L. **Archives of Microbiology**, Department of Botany and Microbiology, Gurukula Kangri (Deemed to be University), Haridwar, Uttarakhand 249 404, India, v. 203, n. 8, p. 5043–5054, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111088503&doi=10.1007%2Fs00203-021-02492-3&partnerID=40&md5=365c718e87e08df1576e1f3479ae2b1d>.

LAUNIO, C. C. et al. Adoption and economic analysis of using biological control in Philippine highland farms: Case of *Trichoderma koningii* strain KA. **Crop protection**, Benguet State University, La Trinidad, Benguet 2601, Philippines, v. 136, 2020.

LIMA, J. F. Desenvolvimento regional sustentável. **DRd - Desenvolvimento Regional em debttate**, v. 11, p. 132–143, 2021. Doi: 10.24302/drd.v11.3454.

LOPES, M. R. C. A.; ALMASSY JUNIOR, A. A. O financiamento da produção sustentável na agricultura familiar: uma análise do PRONAF no estado da Bahia. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 13, p. 63–84, 2023. Doi: 10.24302/drd.v13.4405.

MARÇAL, N. et al. **Gestão ambiental**: tecnologia sustentável para o desenvolvimento no sertão paraibano. Um ambiente ecologicamente sustentável vem sendo bastante discutido nos últimos anos, p. 139–159, 2016.

MAZARO, S. M. et al. Desafios na adoção de bioinsumos: In. Bioinsumos na cultura da soja. **Embrapa Soja**, p. 550, 2022. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1143066>.

MUKHERJEE, A.; PATEL, J. S. Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. **International Journal of Environmental Science and Technology**, Institute of Environment and Sustainable Development, Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh, India, v. 17, n. 1, p. 553–558, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85068324928&doi=10.1007%2Fs13762-019-02442-z&partnerID=40&md5=a12aa87298d2ba6d537ff413d30f227d.

NACCOON, S. et al. Interaction between Phosphate Solubilizing Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth Promotion and Tuber Inulin Content of *Helianthus tuberosus* L. **Scientific Reports**, Department of Microbiology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand, v. 10, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082091630&doi=10.1038%2Fs41598-020-61846-x&partnerID=40&md5=31ead417f440cc9f0a7e75977f8c501f>.

OLIVEIRA, I.; STURZA, J. A. I.; CLEMENTE, E. C. Agricultura familiar e os assentamentos rurais no Brasil: a superação na promoção do desenvolvimento rural sustentável. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 2, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/10061>. Acesso em: 5 jun. 2025.

PATHANIA, P. et al. Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 30, p. 101842, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101842>.

PEARCE, D. W. Sustainable Development. **Futures**, v. 20, n. 06, p. 598-605, 1988.

PEREIRA, L. C B. Ideologias econômicas e democracia no Brasil. **Estudos avançados**, v. 3, n. 6, p. 46-63, 1989.

PÉREZ-CASTRO, A. et al. cFertigUAL: A fertigation management app for greenhouse vegetable crops. **Agricultural Water Management**, Dept. of Computer Sciences and Automatic Control, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, Spain, v. 183, p. 186–193, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.013>.

PICCHIONI, F. et al. Valorisation of natural resources and the need for economic and sustainability assessment: The case of cocoa pod husk in Indonesia. Sustainability (Switzerland), Natural Resources Institute, University of Greenwich, Chatham MaritimeME4 4TB, United Kingdom, v. 12, n. 21, p. 1–16, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094595927&doi=10.3390%2Fs12218962&partnerID=40&md5=a5a7b500c79e4811d8a67a6f2817e6bd>.

PINHEIRO, V. F. et al. Percepção ambiental na construção do desenvolvimento rural sustentável: uma avaliação junto a agricultores familiares da comunidade rural do Sítio Malhada – Crato/CE. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 13, p. 279–304, 2023. Doi: 10.24302/drd.v13.3848.

POVEDA, J. et al. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. **Applied soil ecology**, v. 142, p. 110–122, 2019.

RAMOS, M. G.; LIMA, M. V. R.; AMARAL-ROSA, M. P. IRAMUTEQ software and discursive textual analysis: interpretive possibilities. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 861, p. 58–72, 2019.

RANI, V.; BHATIA, A.; KAUSHIK, R. Inoculation of plant growth promoting-methane utilizing bacteria in different N-fertilizer regime influences methane emission and crop growth of flooded paddy. **Science of the total environment**, Division of Microbiology, ICAR-Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 110012, India, v. 775, p. 145826, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85101420927&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2021.145826&partnerID=40&md5=9cb0a57c6df8e5b254c10ad6bd882117>.

REDDY, G. C.; GOYAL, R. K. Growth, yield and quality of strawberry as affected by fertilizer N rate and biofertilizers inoculation under greenhouse conditions. **Journal of plant nutrition**, v. 44, n. 1, p. 46–58, 2020.

RINCÓN-MOLINA, C. I. et al. Growth Promotion of Guava “Pear” (*Psidium guajava* cv.) by *Sinorhizobium mexicanum* in Southern Mexican Agricultural Fields. **Sustainability**, Laboratorio de Ecología Genómica, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, 29050, Mexico, v. 14, n. 19, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85139934255&doi=10.3390%2Fsu141912391&partnerID=40&md5=522aa2d8968199ca61203e6cd9f536eb>.

RINCÓN-MOLINA, C. I. et al. Plant growth-promoting potential of bacteria associated to pioneer plants from an active volcanic site of Chiapas (Mexico). **Applied soil ecology**, Laboratorio de Ecología Genómica, Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla, Carretera Panamericana km. 1080, Tuxtla Gutiérrez, C.P. 29050, Mexico, v. 146, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073827204&doi=10.1016%2Fj.apsoil.2019.103390&partnerID=40&md5=1ca862fbe5bf0c15643e112d9491f4e4>.

ROSE, M. T. et al. Up to 52 % N fertilizer replaced by biofertilizer in lowland rice via farmer participatory research. **Agronomy for sustainable development**, v. 34, n. 4, p. 857–868, 2014.

ROY, M. M.; CHANDRA, A. Potential Role of Appropriate Technological Interventions in Enhancing Income of Sugarcane Farmers in Subtropical India. **Agricultural Research**, ICAR - Indian Institute of Sugarcane Research, Lucknow, UP 226017, India, v. 8, n. 4, p. 531–539, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075672638&doi=10.1007%2Fs40003-018-0387-6&partnerID=40&md5=9542cbcc220e6df250cb9da4299ad6b0>.

SABLAYROLLES, P. J. L.; AZEVEDO, A. B. A. Assistência técnica pública para organizações econômicas da agricultura familiar: evidências a partir da Bahia. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 12, n. ed.esp.2 (Dossie Cooperativismo), p. 96–120, 2022. Doi: 10.24302/drd.v12ied.esp.2(DossieCooperativismo).3663.

SAXENA, J. et al. Consortium of Phosphate-solubilizing Bacteria and Fungi for Promotion of Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum*). **Journal of Crop Improvement**, Biochemical Engineering Department, BT Kumaon Institute of Technology Uttarakhand, India, v. 29, n. 3, p. 353–369, 2015. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84930586382&doi=10.1080%2F15427528.2015.1027979&partnerID=40&md5=46aad8673f674f39d60457d6cf46d725>.

SILVA, A. C. M. **Estudo de opinião, tendência das pesquisas e estudo de opinião, tendência das pesquisas**. 2021. 79 f. - Universidade de Brasília campus Planaltina, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/41926>.

SILVA, P. V. **Caracterização e uso formulação de biofertilizante à base de *Aspergillus niger***. 2022. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Informações) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Doi: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.144>.

SINSUW, A. A. E. et al. Assessment of environmental and social impacts on rural community by two-stage biogas production pilot plant from slaughterhouse wastewater. **Journal of Water Process Engineering**, v. 40, p. 101796, 2021.

SOUZA, P. M. et al. Diferenças regionais de tecnologia na agricultura familiar no Brasil. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 57, p. 594-617, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.169354>

TELLES, L. B. et al. Análise da produção científica brasileira sobre agricultura familiar e desenvolvimento rural no período de 2011 a 2020 analysis of brazilian scientific production about family. v. 7, p. 1–25, 2020.

THAPA, G. B; RATTANASUTEERAKUL, K. Adoption and extent of organic vegetable farming in Mahasarakham province, Thailand. **Applied Geography**, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, PO Box 4, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand, v. 31, n. 1, p. 201–209, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-78649446844&doi=10.1016%2Fj.apgeog.2010.04.004&partnerID=40&md5=a12325b4a16394d6988f4f8886c34300>.

THIYAGESHWARI, S et al. Exploration of rice husk compost as an alternate organic manure to enhance the productivity of blackgram in typic haplustalf and typic rhodustalf. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Department of Soils & Environment, Agricultural College and Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Madurai, 625 104, India, v. 15, n. 2, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85042300134&doi=10.3390%2Fijerph15020358&partnerID=40&md5=8ef16494922973520240f3f64eb8d1a4>.

VALLI, M.; RUSSO, H. M.; BOLZANI, V. S. The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 1 supl. 1, p. 763–778, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170653>. Acesso em: 5 jun. 2025.

VIDAL, M. C.; DIAS, R. P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 1, p. 171–192, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1151844/1/Vidal-e-Dias.-Bioinsumos-a-partir-das-construicoes-da-agroecologia.-RBA.pdf>.

WAN MAHARI, W. A. et al. A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. **Journal of Hazardous Materials**, Henan Province Engineering Research Center for Biomass Value-Added Products, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China, v. 400, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85086662965&doi=10.1016%2Fj.jhazmat.2020.123156&partnerID=40&md5=775cfbf01f3ee5cf2035fe2722d93dd3.

WEID, J. M. V. D. Agroecologia: Condição para a segurança alimentar 1 – A fome no Brasil e no mundo não deriva de insuficiência na. **Agriculturas: experiências**, v. 1, p. 4–7, 2004. Disponível em: <https://orprints.org/id/eprint/19949/>.

WIN, K. T. et al. Bacillus Pumilus Strain TUAT-1 and Nitrogen Application in Nursery Phase Promote Growth of Rice Plants under Field Conditions. **Agronomy**, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho 3-5-8, Fuchu, Tokyo, 183-8509, Japan, v. 8, n. 10, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055100928&doi=10.3390%2Fagronomy8100216&partnerID=40&md5=811f8614c1aaa2b4f7b7dcd5fdc50286>.

WONG, W.T. T. et al. Promoting effects of a single Rhodopseudomonas palustris inoculant on plant growth by Brassica rapa chinensis under low fertilizer input. **Microbes and environments**, Department of Agronomy, National Taiwan University, n. 1, Sec. 4, Roosevelt Road Taipei 106, Taiwan, v. 29, n. 3, p. 303–313, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84908056257&doi=10.1264%2Fjsme2.ME14056&partnerID=40&md5=1060570262a669e2c1877070185d4416>.

XAVIER JUNIOR, O. S. et al. Utilização de biofertilizantes alternativos no cultivo de palma forrageira: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e46110616024, 2021.

YANNI, Y. G. et al. Assessment of the natural endophytic association between Rhizobium and wheat and its ability to increase wheat production in the Nile delta. **Plant and Soil**, Department of Microbiology, Sakha Agricultural Research Station, Kafr El-Sheikh, 33717, Egypt, v. 407, n. 1–2, p. 367–383, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84964343999&doi=10.1007%2Fs11104-016-2895-0&partnerID=40&md5=79fe9bef0c80b0b1ecb77814e7a75252>.

ZAW, M; MATSUMOTO, M. Plant growth promotion of trichoderma virens, Tv911 on some vegetables and its antagonistic effect on fusarium wilt of tomato. **Environmental Control in Biology**, Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka, 819-0395, Japan, v. 58, n. 1, p. 7–14, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082521390&doi=10.2525%2Fecb.58.7&partnerID=40&md5=9efdaf74b52e15142c9de167475d494f>.