

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

Autorização Decreto nº 9237/86. DOU 18/07/96. Reconhecimento:
Portaria 909/95, DOU 01/08-95

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS
SOCIAISCAMPUS III – JUAZEIRO

Colegiado de Engenharia Agrônômica



NAIARA FERREIRA DE OLIVEIRA

**BIOINSUMOS E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL
NO BRASIL – TECNOLOGIAS E DESAFIOS PARA A
FERTILIDADE DO SOLO**

Juazeiro-BA,

2023

NAIARA FERREIRA DE OLIVEIRA

**BIOINSUMOS E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL
NO BRASIL – TECNOLOGIAS E DESAFIOS PARA A
FERTILIDADE DO SOLO**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS campus III, colegiado de Engenharia Agrônômica como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Orientador(a): Prof. Dra. Lindete Míria Vieira Martins

Juazeiro-BA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

NAIARA FERREIRA DE OLIVEIRA

**BIOINSUMOS E A PRODUÇÃO ORGÂNICA E
AGROECOLÓGICA NO BRASIL – TECNOLOGIAS E DESAFIOS
PARA A FERTILIDADE DO SOLO**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS campus III, colegiado de Engenharia Agrônômica como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Aprovado em 14/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



LINDETE MIRIA VIEIRA MARTINS

Data: 29/02/2024 18:11:41-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dra. Lindete Míria Martins Vieira (presidente/orientadora)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III

Documento assinado digitalmente



CRISTIANE DOMINGOS DA PAZ

Data: 29/02/2024 16:51:42-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dra. Cristiane Domingos da Paz (primeira examinadora)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III

Prof. Me. Rubens Silva Carvalho (segundo examinador)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III

Juazeiro-BA

2023

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer coisa, agradeço a professora Lindete Martins por todo apoio na orientação, pela partilha de seus conhecimentos, pela sabedoria sempre presente nas observações, por fazer os lembretes mais pertinentes desde bem antes do projeto. No que envolve este trabalho de conclusão de curso separadamente, agradeço ao professor Jairton Araújo pela inspiração deste tema que veio como uma dádiva, tornando mais fácil realizar a escrita. Por fim, minha gratidão à professora Joselita de Souza, que contribuiu com elegância e mansidão além do que se espera nas primeiras etapas da elaboração.

Pela conclusão e toda trajetória do curso, agradeço a Deus por me permitir viver esse grande pacote de experiências, no qual eu jamais teria condições de imaginar os desafios e as conquistas envolvidas nesse percurso. Agradeço especialmente a minha mãe, Maria, por ser o suporte, por me transferir a calma quando precisei e por incansavelmente renovar minhas esperanças.

A Tainá, dedico a “primeira culpa” e a primeira cumplicidade na jornada agrônômica (sem ela as coisas teriam ido um pouco mais devagar), gratidão por todos os grandes “empurrõezinhos” e por tudo mais. Mais gratidão a Hanna pela grande amizade que fizemos nesse tempo e a Willyanne juntamente com ela, a Willian que também se junta aos nomes nesse parágrafo na missão natural de ter deixado essa graduação mais leve e ainda mais memorável.

Meu agradecimento a Cristiele por estar presente desde o início e pela força agora nos últimos períodos, estendendo também a Quésia, a Reivandersom (desde os tempos do CETEP), a Helen por compartilhar vários momentos, a Ana Gardênia por ter se achegado na reta final e a todos os colegas, cujos nomes encheriam algumas páginas, por dividirem sensações e estenderem a mão durante esse intervalo.

Agradeço especialmente a todos os professores dedicados ao seu trabalho que inevitavelmente trouxeram inúmeras inspirações para mim que com certeza levarei por onde eu for. Minha gratidão também à UNEB e à todo o corpo de funcionários durante o meu período de curso. Sou grata também a Verônica Leal pelo período de convivência no Laboratório de Microbiologia do Solo, onde juntamente com a professora Lindete, me ensinou algumas das partes mais empolgantes que a Agronomia abrange.

A todos, o meu mais sincero abraço!

RESUMO

Os bioinsumos surgem como uma alternativa de baixo impacto e grande potencial de eficiência para auxiliar na mitigação dos problemas agrícolas mais comuns, tanto na área de fitossanidade, bem como recuperação e fertilização de solos. Resultados na eficiência de produtos de base biológica destinados à cultivos em grande escala têm instigado o investimento em pesquisa e fabricação de produtos do gênero que sejam capazes de garantir um incremento na fertilidade dos solos de maneira sustentável. A descoberta dessas alternativas pode gerar uma economia considerável, reduzindo o uso de agrotóxicos e substituindo-os por compostos de mais fácil degradação, sem resíduos tóxicos prejudiciais à vida, podendo ainda, serem produzidos no Brasil, suprimindo a dependência externa na compra de insumos importados. Essa revisão buscou trazer os tópicos mais recentes no que tange ao desenvolvimento e resultados dessa área em expansão. A obtenção das publicações utilizadas foi baseada na metodologia PRISMA onde os artigos são selecionados em etapas obedecendo uma organização e critérios padronizados. As pesquisas atuais se voltam para observar o comportamento de novas espécies e sua eficiência como bioinsumos, às vezes se utilizando de combinações com outros insumos e comparando as respostas com produtos já estabelecidos no mercado. A maneira que os órgãos competentes devem proceder para proteger a independência na fabricação e garantir a qualidade dos produtos finais a serem aplicados em campo, é de preocupação tanto para o setor pautado na agroecologia como para as empresas desenvolvedoras de produtos comerciais.

Palavras-chave: bioinoculantes, bioeconomia, sustentabilidade agrícola

ABSTRACT

The bioinputs arise like a low-impact alternative with great efficiency potential to contribute to the mitigation of the most common agricultural problems, which can be in the area of plant health, as well as soil recovery and fertilization. Results in the efficiency of biological-based products destined for large-scale cultivation have promoted investment in research and fabrication of products of this kind, which are capable of guaranteeing an increase in soil fertility in a sustainable way. The discovery of these alternatives can generate considerable savings, reducing the use of agrochemical and replacing them with compounds that are more easily degraded, without toxic residues harmful to life, and can also be produced in Brazil, eliminating external dependence on the purchase of imported inputs. This bibliographic review sought to bring the most recent topics on the development and results of this expanding topic. Obtaining the publications used was based on the PRISMA statement in which articles are selected in stages following a standardized organization and parameters. Current research focuses on observing the behavior of new species and their efficiency as bioinputs, sometimes using combinations with other inputs and comparing the effects with products already established on the market. The way in which competent bodies must proceed to protect independence in manufacturing and ensure the quality of final products to be applied in the field is a concern that covers both the sector based on agroecology and companies developing commercial products.

Keywords: bioinoculantes, bioeconomy, agricultural sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama baseado na metodologia PRISMA, apontando todas as etapas de seleção de arquivos publicados para a elaboração deste trabalho.....	13
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. METODOLOGIA	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Relevância dos bioinsumos para o manejo sustentável e o aumento da produtividade agrícola	14
3.2. Resultados recentes na aplicação de biocompostos conjugados ou não	15
3.3. Inserção dos bioinsumos em sistemas agrícolas convencionais	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Plano Nacional de Bioinsumos (PNB), bioinsumos são produtos que possuem em sua composição pelo menos uma substância natural proveniente de organismos vivos, cujo intuito é atuarem no beneficiamento de outras espécies – direcionadas para o agronegócio ou para recuperação de áreas degradadas – em seu desenvolvimento ou no tratamento de infecções ou infestações (BRASIL, 2020).

O uso primitivo de soluções de base biológica na agricultura acontece desde tempos mais remotos, como no caso do uso de formigas usadas para contenção de praga em *Citrus* citado em registros históricos chineses de aproximadamente 3000 anos atrás (GALLO, 2002). Adubos feitos a partir de resíduos orgânicos vegetais e animais também foram descobertos por civilizações antigas como China (registros de 8 mil a.C.) e Egito (600 a.C.), as quais passaram a manipular materiais como esterco e restos culturais e se utilizar dos fenômenos naturais de deposição de matéria orgânica a fim de incrementar o rendimento de suas plantações (DIAS, 2005). Porém, devido à descoberta dos adubos inorgânicos e defensivos químicos difundidos na Revolução Verde entre as décadas de 1960 e 1970 (WACHEKOWSKI, 2021), práticas empíricas perderam o protagonismo nos sistemas de produção agrícola convencional.

Embora o modelo de agricultura endossado pela Revolução Verde tenha gerado um incremento significativo para os resultados de produtividade (STEFFEN, 2011), o uso dos defensivos e fertilizantes químicos acarretaram sérios problemas de infestação de pragas que se tornaram resistentes aos inseticidas, degradação de solos devido ao excesso de resíduos tóxicos, bem como a poluição de recursos hídricos e contaminação de alimentos pela presença desses mesmos resíduos. Tal toxicidade vem se tornando uma preocupação crescente dos consumidores em relação a segurança alimentar ao longo do tempo e por essa razão, os produtores tem aceitado novas práticas que diminuam os impactos causados pela aplicação desses agrotóxicos para acompanhar o mercado consumidor (NUNES et al, 2020), gerando assim a demanda por alternativas sustentáveis e suficientemente produtivas.

A produção sustentável de alimentos e a melhoria no aproveitamento das colheitas dentro da agricultura mundial foram temas abordados em 2020 pela Organização das

Nações Unidas (VIDAL et al., 2022), a instituição intergovernamental entende que evitar o desperdício de parte de todo alimento colhido devido aos danos causados por pragas e doenças em campo e na pós-colheita, pode ser capaz de suprir uma parcela importante da necessidade nutricional da população mundial sendo uma significativa estratégia de combate à insegurança alimentar ao redor do planeta, favorecendo uma produção de alimentos de qualidade, livres de resíduos tóxicos que seria de grande valia para o desenvolvimento da humanidade.

Nas últimas décadas o agronegócio tem testemunhado a eficiência do uso de bioinsumos no Brasil, a exemplo da resposta significativamente satisfatória em relação à descoberta e aplicação de cepas selecionadas para a inoculação, as quais têm gerado uma economia de mais de 37 bilhões de dólares na cultura da soja atualmente através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (HUNGRIA et al., 2022). Portanto, o conhecimento a respeito das substâncias naturalmente produzidas por agentes biológicos com potencial de usos diversos é um assunto de relevância crescente para a ciência agrícola e principalmente para o mercado (MEYER et al., 2022). Tais perspectivas reunidas geraram a necessidade de criação de novos setores regulamentadores desses produtos como o Plano Nacional de Bioinsumos criado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 2020 a partir do decreto nº 10.375 de 26 de maio de 2020.

A concepção do desenvolvimento de bioinsumos pode mudar o cenário no que diz respeito a importação de insumos agrícolas no Brasil, que atualmente corresponde a uma parcela de cerca de 80% do volume de fertilizantes (CARDOSO et al, 2022) de modo que o país poderia reduzir seu consumo de produtos químicos importados destinados à agricultura, podendo ainda se tornar um possível exportador de produtos locais menos nocivos ao meio-ambiente e promotores de sustentabilidade. Esse potencial se fundamenta na biodiversidade do território brasileiro e elaborar investigações nessa área pode ter grande capacidade de contribuir para a promoção da autonomia do mercado interno de insumos agrícolas e fabricação desses produtos de maneira competitiva (CALIGARIS, 2022), sem desprezar a colaboração na conservação de recursos naturais, desenvolvimento dos sistemas de produção agroecológica e na redução de custos dentro dos sistemas produtivos em geral. Portanto, o objetivo do presente trabalho de revisão é apurar os resultados atuais sobre os estudos a respeito dos bioinsumos, com ênfase nos avanços direcionados para a fertilidade do solo e a agricultura sustentável.

2. METODOLOGIA

A presente revisão bibliográfica foi desenvolvida de maneira sistemática, agrupando dados quantitativos e qualitativos a fim de equipará-los e construir discussões coesas a partir de sua importância em torno do tema central. Segundo Page (2021), esse tipo de estudo tem capacidade de se tornar indicador de prioridades nos trabalhos de pesquisa que virão a ser feitos no futuro, de reunir dados quantitativos de diferentes trabalhos, ou até mesmo sugerir a retificação de pesquisas primárias baseando-se em novas informações. Em vista disso, é imprescindível para a construção de uma boa revisão a clareza na formulação do problema, objetivos bem definidos e uma esquematização de coleta de dados satisfatória (ECHER, 2001).

Na implementação de um plano plausível de rastreamento de artigos para realizar a revisão bibliográfica é importante manter a ordem na obtenção de resultados. Pensando nisso, as buscas feitas para esse trabalho foram organizadas com inspiração na última atualização da sistematização *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA statement)*, cuja primeira versão foi desenvolvida em 2009. A importância no conjunto de recursos que o método PRISMA compreende, se dá através da necessidade de estabelecer um padrão de qualidade para os trabalhos dessa natureza, evitando a redundância, desbalanço na seleção das evidências apuradas ou quaisquer outras falhas inerentes a heterogeneidade característica desse tipo de execução (MARAOLLO, 2021).

Realizou-se uma busca abrangente por material científico publicado em inglês, português e espanhol a partir da metodologia citada, publicados entre os anos de 2013 e 2023, utilizando as seguintes bases de dados on-line: Google Acadêmico, Periódicos da Capes, *ScienceDirect*, *SciELO*, *Scopus* e *Web of Science* (Figura 1). A busca foi feita mediante o uso de duas palavras-chave e suas respectivas traduções “bioinsumos AND fertilidade do solo” e “bioinsumos AND solo”. Cada estágio da seleção representado na Figura 1, foi devidamente registrado em planilha individualmente fazendo referência a cada base de dados e a cada palavra-chave. Os critérios de eliminação foram baseados na contribuição coerente com os objetivos específicos desta revisão, de forma que, publicações com ênfase em outros assuntos alheios ao uso de insumos biológicos para o incremento e recuperação da fertilidade do solo, foram excluídos. Acrescentou-se alguns trabalhos de referência datados de anos anteriores ao ano de 2013 com a finalidade de

embasamento para conceituar e informar fatos relevantes à compreensão dos assuntos que o tema abrange.

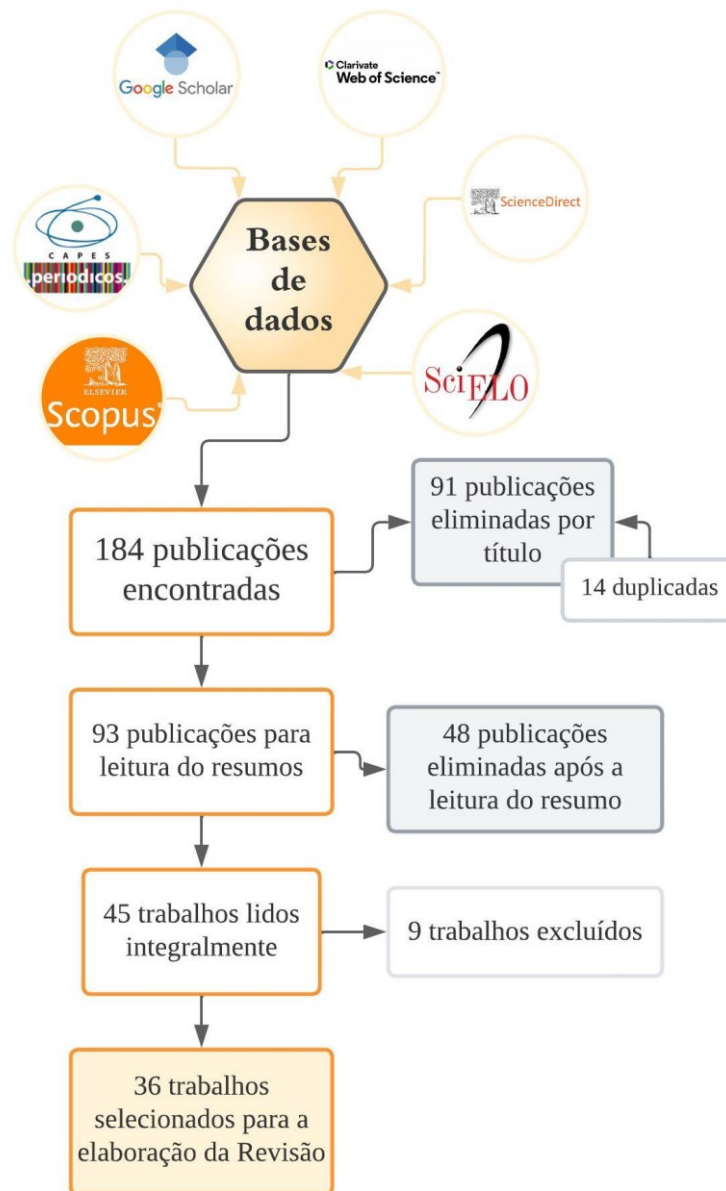


Figura 1 – Diagrama baseado na metodologia PRISMA, apontando todas as etapas de seleção de arquivos publicados para a elaboração deste trabalho

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O interesse e a busca pelo desenvolvimento de insumos biológicos estão mais intensos e organizados nos últimos anos, ainda que os estudos pioneiros voltados para produtos dessa natureza com ação direta na melhoria das condições do solo sejam datados de décadas atrás, no Brasil a regulamentação e popularização acontece principalmente após a instituição do PNB que conceituou os termos que envolvem os insumos de base biológica. Assim, as pesquisas científicas ainda não são tão numerosas atualmente e se encontram nas primeiras etapas do desenvolvimento.

3.1.Relevância dos bioinsumos para o manejo sustentável e o aumento da produtividade agrícola

O manejo do solo baseado em uma visão exploratória sem levar em conta a preservação dos recursos naturais durante o cultivo, causa alterações em diversos tipos de solos, sobretudo em solos mais pobres em nutrientes, podendo aumentar o risco de erosões e comprometer a ciclagem natural de nutrientes como observou Marchetti et al. (2023) em solos do extremo sul baiano.

Para a agroecologia as boas práticas de manejo relacionadas com a sustentabilidade são amplamente estudadas e aplicadas ao longo das últimas décadas, porém neste novo momento, há um direcionamento para estudar os microrganismos envolvidos em técnicas, como por exemplo: a eficiência na mineralização e a capacidade de contribuir na recuperação de áreas com baixa fertilidade pelos agentes biológicos envolvidos na compostagem (SOOBHANY, 2019). Esse aprofundamento tem atingido o interesse no cenário agrícola como um todo.

Steffen (2021), comenta o crescimento da popularidade na adoção de produtos de proveniência natural também entre os produtores da agricultura convencional, onde a aceitação do uso de bioinsumos acontece devido à visualização dos benefícios em campo no que tange maior resistência a fatores externos (acometimento por pragas e doenças e estresses diversos) e maior vigor pelos vegetais em seu desenvolvimento e consequente aumento de produtividade. Assim, os produtos que antes eram obrigatoriamente utilizados na agricultura orgânica ou de base agroecológica, agora se difundem no meio

convencional, uma realidade que está firmada no contexto da produção de soja (VIDAL et al, 2020), onde as vantagens na utilização de bioinoculantes já ultrapassaram os resultados dos fertilizantes de natureza química de maneira definitiva. Além disso, um efeito advindo do uso de bioinsumos discutido por Melo et al. (2015) é o cuidado impreterível com a compatibilidade entre o uso de agroquímicos nas culturas que recebem a aplicação de insumos com microrganismos vivos, tendo que se observar a toxicidade dos demais produtos aplicados, por consequência, gerando uma redução no uso de agrotóxicos tanto por se tornar dispensável — mediante a eficiência dos produtos aplicados, como para garantir o sucesso na interação simbiótica.

A poluição está inclusa em todo o processo que envolve os agrotóxicos e por isso Maitra et al. (2022) destaca a produção de gases de efeito estufa na fabricação e aplicação de agroquímicos diversos, além de citar a poluição causada também nos lençóis freáticos e no solo pelo nitrogênio residual. Frente a tais problemas sugere que o uso de bioinsumos seja capaz de minimizar os efeitos poluentes sobre os recursos naturais, gerando uma agricultura mais prudente que visa melhorar a produtividade evitando o agravamento das mudanças climáticas. Segundo Vidal et al. (2020), a expectativa é que os insumos biológicos sejam capazes de promover o acordo de interesses dentro do cenário agrícola, enquanto atendem as exigências da população consumidora em termos de saúde e preservação ambiental, além de reduzir os custos ao longo da cadeia de produção.

3.2. Resultados recentes na aplicação de biocompostos conjugados ou não

O avanço na produção de insumos biológicos de eficiência real, depende de uma série de etapas e pesquisas específicas para garantir a qualidade do produto seja estável e que cumpra o objetivo para que foi designado. Na soja, Meyer et al. (2022) destaca que os principais aspectos a serem investigados são:

“a identidade do microrganismo, concentração de unidades infectivas e/ou vigorosas por kg ou L da preparação ou formulação, virulência das unidades infectivas (quando o produto é registrado em conformidade com a estratégia inundativa de controle biológico), natureza e teor de contaminantes, vida de prateleira em temperatura representativa e características físico-químicas associadas ao produto.”

Dessa forma os testes iniciam na etapa de identificação dos agentes biológicos com aptidão para uso em bioinsumos, depois se sucedem outras análises para a determinação da viabilidade. García et al. (2019) apurou a eficiência de *Paraburkholderia tropica* em cevada, cujas cepas foram isoladas a partir da rizosfera de vegetais da mesma família (Poaceae) no território latino-americano, sobretudo, no Brasil em plantas de cana-de açúcar e no México em plantas de milho. Nesse caso foram analisados além dos aspectos de crescimento vegetal, a formação de biofilme capaz de criar uma barreira protetora em volta das raízes, realizou-se ainda observações feitas por análise da microscopia e aplicação de técnicas de biologia molecular. A avaliação minuciosa em várias camadas e tecidos vegetais constatou a eficiência da estirpe utilizada na inoculação de cevada, tendo qualificado o material para aplicação de experimento *in situ*, a fim de obter resultados ainda mais consistentes diante de fatores de interferência como a presença de outros organismos, temperatura, condições de solo, entre outras.

Coniglio et al. (2020), após o teste de um protocolo de identificação mais simples para a aplicação mais frequente nas pesquisas do bioinsumo comercial de base microbiológica *Azospirillum brasiliense* Az39, concluiu que experimentos em campo são capazes de atestar com mais rigor as vantagens ao usar um produto, todavia, os estudos em laboratório visando o detalhamento fenotípico são capazes de informar a proporção da inoculação em termos numéricos. Portanto, o desenvolvimento técnico é de suma importância na descoberta dos potenciais insumos, a fim de quantificá-los e qualificá-los para o uso.

Dentro de uma perspectiva semelhante, a pesquisa realizada por Senger (2022) comparou métodos de contagem de unidades formadoras de colônia, aplicando ao inoculante de *Bacillus simplex* realizando os testes em campo em soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) nos estados do Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. O resultado mostrou que o efeito do *B. simplex* é comparável ao *A. brasiliense*, o qual tem diversas pesquisas e é comprovado como promotor de crescimento vegetal para o milho. Os métodos comparados foram eficientes, isso possibilita ao pesquisador fazer a escolha do protocolo que mais se adeque às condições e materiais disponíveis.

No estado do Acre um experimento realizado expôs que a resposta de determinadas variedades de milho à inoculação com *A. brasiliense* já se provou

correspondente aos efeitos da adubação química nitrogenada no que diz respeito ao crescimento dos tecidos vegetais e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (MORENO et al., 2019). Devido à importância dessa espécie para o consumo mundial, humano ou animal, outros pesquisadores brasileiros, tem buscado realizar novas pesquisas para observar a ação de outros bioinoculantes em interação com plantas de milho. No Rio Grande do Sul a aplicação de uma cepa do fungo *Trichoderma harzianum* foi capaz de realizar o incremento da produção de milho em mais de 40 sacas/há⁻¹, a autora afirma que o aumento é devido a maior capacidade de transporte de água e nutrientes pelas plantas inoculadas, tendo o maior volume radicular como indicativo desse efeito (STEFFEN, 2021). No norte do Pará, de Souza et al. (2021) combinou um bioinoculante também de *T. harzianum* com manipueira e biofertilizante bovino, mas não obteve desenvolvimento adicional de parte aérea comparado ao tratamento sem aplicação, houve diferença significativa apenas para a massa fresca da espiga verde sem palha. Entende-se que fatores edafoclimáticos podem ter interferido no resultado e como a espiga é o produto de interesse, tais compostos biológicos podem ser considerados para substituição da adubação química.

Os bioinsumos também são capazes de ajudar na mineralização de nutrientes do solo, aumentando a disponibilidade e a solubilidade de adubos de diversos tipos. Entre eles estão os pós de rocha comumente utilizados na agricultura de base orgânica, mas que tem a desvantagem de não ser de tão fácil incorporação a solução do solo, nem tão absorvível pelos vegetais. Nbali et al. (2022) obteve sucesso ao testar em vasos o biocomposto anaeróbico do tipo “bokashi” conjugado com três tipos de rochagem (Olivina Melilito, Fonolito e Lamprófito), também em plantas de milho, tendo encontrado melhor desenvolvimento de raízes nas doses menores de rochas e melhor crescimento vegetativo nas doses mais altas, comprovando que o uso de agentes biológicos na mineralização pode ser um aliado no aproveitamento dos demais insumos.

A aplicação de estirpes bacterianas em hortaliças não convencionais teve diferentes resultados, no experimento conduzido por Cassimiro et al. (2022). De três espécies cultivadas (*Tropaeolum majus* L., *Hibiscus sabdariffa* L. e *Basella rubra* L.) apenas a *T. majus* teve acréscimo no crescimento vegetativo comparado aos tratamentos não-inoculados. Os autores acreditam na hipótese que a rusticidade das plantas alimentícias não convencionais, impedem a entrada dos microrganismos, inclusive os

benéficos e também conferem à planta uma absorção e acumulação de nutrientes mais eficiente do que no caso de espécies mais sensíveis, domesticadas ao longo do tempo.

A observação de efeitos em campo, como esses abordados neste trabalho, tende a enriquecer o grupo de bioinsumos eficientes inclusive para a possível recuperação de áreas degradadas, capazes de superar até mesmo as condições de baixa fertilidade e alta toxidez do solo. Como no caso de Burak et al. (2021) que não pode obter resultados tão expressivos no uso de bioinoculantes isoladamente para a recuperação de pastagens, mas teve melhor resposta a partir do uso de bioestimulantes à base de componentes húmicos, apontando que insumos biológicos em conjunto com biocompostos ricos em matéria orgânica, podem gerar uma supressão de 60% em aplicação de fertilizantes recomendados para ancorar o restabelecimento de pastagens em degradação.

No estado do Rio de Janeiro, Canellas et al. (2022) realizou um experimento em uma propriedade anteriormente ocupada com cana-de-açúcar e agora destinada ao policultivo de fruteiras tropicais, empregando ácidos húmicos (de vermicompostagem de esterco bovino) combinados com bactérias promotoras de crescimento (*Herbaspirillum seropedicae*), já na intenção de fornecer a matéria orgânica visando a preparação do ambiente de desenvolvimento dos microrganismos. Os tratamentos inoculados apresentaram benefícios para todas as culturas implantadas. Houve aumento na resistência de mudas à seca de 35% a mais que o controle e também na produção de *Musa paradisiaca*, cv. Maravilha onde o tratamento inoculado produziu cerca de 9t/ha⁻¹, enquanto o não inoculado, 5t/ha⁻¹. *Carica papaya* var. UENF/Calimã também mostrou incremento no número de frutos por planta. Para *Ananas comosus* var. pérola não ocorreu aumento de produtividade, mas os tratamentos inoculados tiveram o período de frutificação estendido e aumento na emissão de mudas. Por fim, *Passiflora edulis* cv. Vermelho foi a cultura de maior expressividade no aumento da produtividade (mais flores e frutos por planta) e maior estabilidade na produção no momento de queda dentro do ciclo produtivo. Tais resultados corroboram para a confirmação da eficiência de bactérias promotoras de crescimento combinadas com ácidos húmicos.

O equilíbrio físico, químico e biológico é essencial para o cultivo de plantas vigorosas e mais resistentes a pragas e doenças, por consequência, os bioinsumos de atuação nas condições do solo podem contribuir nas plantas inoculadas. Ademais alguns

microrganismos promotores de crescimento vegetal apresentam características antagônicas a patógenos. Moreno (2020) se baseou em estudos anteriores para buscar espécies bacterianas diazotróficas com potencial de produção de enzimas (quitinase e endoglucanase) para atuarem no controle do *Fusarium oxysporum f.sp lycopersic*. Após várias etapas de seleção em laboratório, algumas estirpes (uma do gênero *Burkholderia* duas *Gluconacetobacter* e duas *Serratia*) foram escolhidas com base em dois critérios: maior possibilidade de produzir enzimas antagônicas ao fungo patogênico e maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio. A partir disso novos estudos devem avaliar os potenciais efeitos e investigar fatores como competitividade em campo e estabilidade, para então classifica-los como bioinsumos.

3.3.Inserção dos bioinsumos em sistemas agrícolas convencionais

A elaboração de produtos nas propriedades para uso local, como o composto orgânico e o biofertilizante por exemplo, é uma alternativa comum, principalmente para os pequenos produtores e para os ambientes de produção orgânica, de modo que permite o aproveitamento de materiais residuais e disponíveis como práticas de otimização do ambiente de cultivo, essas são soluções indiscutivelmente sustentáveis.

O conceito de sustentabilidade se baseia em um desenvolvimento ecologicamente adequado, financeiramente disponível, que promova a justiça social e preze pela diversidade cultural. Sendo assim, é necessário levar em conta todos esses fatores ao classificar determinadas apresentações. Vidal, et al. (2020) chama a atenção para a necessidade de haver proteção jurídica para a produção de bioinsumos *on farm* de modo que seja preservado o direito do produtor de continuar sua produção tradicional e independente de biocompostos. Essa demanda se deve ao debate sobre a regulamentação dos produtos fabricados artesanalmente, no qual algumas empresas pedem para que a produção de bioinsumos *on farm* obedeça às mesmas exigências que constam na legislação, em contrapartida, movimentos que visam a democratização dos recursos na agricultura, como o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), se empenham na produção de cursos e eventos semelhantes voltados para a produção e disseminação do uso desses insumos biológicos de maneira simples e acessível para qualquer produtor (MARCHETI, et al. 2023).

Os recentes conflitos entre Rússia e Ucrânia evidenciaram o problema de dependência do uso de insumos importados, tendo contribuído para a aceleração do desenvolvimento do PNB, assim como mudanças no preço do petróleo que alteraram o preço dos fertilizantes nitrogenados e ainda restrições logísticas internacionais, tornando a aquisição de agroquímicos ainda mais onerosa e gerando instabilidade para agricultura brasileira (CALIGARIS, et al. 2022).

Dessarte, o PNB foi instituído para atender de maneira abrangente todas as classes produtoras, não só no aspecto econômico e ambiental, mas com a inclinação para as questões sociais que envolvem essa novidade. De modo, que não se separa o desenvolvimento de tecnologias baseados na biodiversidade brasileira, da proposta de alcance e favorecimento dos produtores de menor escala, através de mecanismos rentáveis capazes de contribuir positivamente em sua qualidade de vida. As últimas ações governamentais voltadas para o incentivo da bioeconomia podem ser destinadas também às pequenas produções, sendo importante que se utilize os recursos locais e que haja potencialização através da união dos esforços entre produtores, cooperativas, extensão rural, universidades, instituições de pesquisa e empresas do setor privado, com a finalidade de fortalecer o novo segmento, assim como a Embrapa tem feito em diversas regiões do Brasil (TORRES, et al. 2022). Cabanillas et al. (2017) corrobora com esse pensamento apontando que o domínio tecnológico é vital para a introdução dos bioinsumos nos agrossistemas atuais, pois o uso de organismos nativos, promove a valorização da biodiversidade local, tem maiores chances de eficiência por já possuir a adaptação natural aos fatores climáticos e ao solo, além de ser menor risco de provocar desequilíbrio ecológico.

A produção de biocompostos *on farm* não exclui o uso de bioinsumos de isolados preparados em laboratório, seu uso pode ser harmonizado visando potencializar os efeitos de ambos. Como visto anteriormente, compostos húmicos são de fácil manejo e permitem fazer uma “ponte” entre o ambiente agrícola convencional e o sustentável, de modo que podem ser classificados como agentes importantes na transição entre os métodos, devido ao fornecimento simplificado e eficiente de matéria orgânica. Para Canellas, et al. (2022) aumentar o teor de matéria orgânica em solos usados em monoculturas é desafiante, porém, é indispensável e abrange todos os aspectos para a recuperação das suas funções,

tornando-os substratos de qualidade que favorecem o sucesso no acolhimento definitivo desse modelo mais sustentável que está surgindo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O prestígio direcionado aos bioinsumos, tem promovido a quebra do paradigma da agricultura baseada em insumos modernos difundidos na Revolução Industrial. A população tende a receber um saldo positivo dessa troca, com o advento de um agrossistema mais moderado, menos impactante ambientalmente e mais coerente no quesito de segurança alimentar.

Importa que as pesquisas e demais trabalhos voltados para o aprimoramento do conhecimento sobre essa nova forma de produzir insumos agrícolas, seja realizada com o máximo apoio em termos de políticas públicas que possibilitem o avanço tecnológico por todo Brasil, de modo que seja possível aos cientistas de diferentes regiões realizarem descobertas em sua própria localidade, aproveitando ao máximo o potencial biodiverso do país e promovendo o incentivo aos produtores para que adotem a utilização dos produtos.

Quanto à produção *on farm*, deve haver esclarecimento e assistência técnica capaz de aproveitar o potencial dessas preparações para obter o melhor rendimento das aplicações. Bem como deve haver fiscalização dos bioinsumos comerciais, objetivando alcançar sucesso em campo, sem comprometer a credibilidade diante dos agricultores. Além disso, é interessante que os profissionais se qualifiquem para estarem aptos tecnicamente a realizar planejamentos sustentáveis dentro da programação de cultivo e assim, consigam experimentar o máximo da eficiência dos produtos.

Conclui-se que os bioinsumos são capazes de substituir completa ou parcialmente o uso de agrotóxicos nos agrossistemas de maneira mais econômica, favorecendo a melhoria das condições do solo em geral, reduzindo os impactos ambientais e possivelmente melhorando a qualidade de vida da população.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos> - Acesso em: 30 de novembro de 2022.
- BURAK, D. L.; DE SÁ MENDONÇA, E.; PEÇANHA, A. L.; VALENTIM, S. B.; PRAÇA, N. M. P.; JÚNIOR, J. L. F.; OLIVARES, F. L. Insumos biológicos na recuperação de pastagens degradadas da região sul do estado do Espírito Santo. In: Fabricio Gomes Gonçalves, F. G.; (org) Caldeira, M. V. W.; Silva, G. S.; Souza, G. S. **Sistemas integrados de produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias**. Editora Científica Digital, v.1, n.1, p 304-326, 2021.
- CALIGARIS, B. S. A., RANGEL, L. E. P., POLIDORO, J. C., & FARIAS, P. I. V. **A importância do Plano Nacional de Fertilizantes para o futuro do agronegócio e do Brasil**. Embrapa: Revista de Política Agrícola, 2022.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, N. O. A.; JINDO, K.; ROSA, R. C. C.; PICCOLO, A. **Challenge of transition: the history of a case study involving tropical fruits polyculture stimulated by humic acids and plant-growth promoting bacteria**. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2022.
- CARDOSO, J. B. V., TEIXEIRA, L., DA SILVA, N., COUTINHO, P., CANO, R., PEREIRA, T. **Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas**.
- CASSIMIRO, A. A.; CARVALHO, G. A.; LIMA, L. F.; FLORENTINO, L. A.; DE OLIVEIRA, F. E.; DE LIMA, F. M. D. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal e uso de pó de rocha na produção inicial de hortaliças não convencionais**. Research, Society and Development, v. 11, n. 4, p. e13311426469-e13311426469, 2022.
- CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; GUALPA, J.; MOLINA, R.; ROSAS, S.; PUENTE, M.; CASSÁN, F. **Desarrollo de marcadores moleculares del tipo SCAR para la identificación de Azospirillum brasilense Az39**. Revista argentina de microbiología, v. 52, n. 1, p. 50-60, 2020.
- DE SOUZA, E. P., DA SILVA, J. E. V. C., MALAQUIAS, M. F., & FERREIRA, L. E. **Bioinsumos no crescimento e produção de plantas de milho**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 9, p. 82-92, 2021.
- DIAS, J. C. **Raízes da Fertilidade**. São Paulo: Calandra Editorial, 2005.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI-FILHO, E.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- MAMANI DE MARCHESE, A., FILIPPONE, M. P. **Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible**. Revista agronómica del noroeste argentino, v. 38, n. 1, 2018, p. 9-21.

- MARCHETTI, F. F.; CAMPELO, F. O.; RANGEL, I. M. L.; LOPES, P. R. **Experiências agroecológicas da escola popular de agroecologia e agrofloresta egídio brunetto e seu potencial para o desenvolvimento de bioinsumos no extremo sul da bahia.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 18, n. 1, p. 193-213, 2023.
- MELO R, A.; ARIZA, P.; LISSBRANT, S.; TOFIÑO, A. **Evaluation of agrochemicals and bioinputs for sustainable bean management on the Caribbean coast of Colombia.** Agronomía Colombiana, v. 33, n. 2, p. 203-211, 2015.
- MEYER, M. C.; DE FREITAS BUENO, A.; MAZARO, S. M.; DA SILVA, J. C. **Bioinsumos na cultura da soja.** Embrapa. 2022.
- MORENO, A. L.; KUSDRA, J. F.; PICAZEVICZ, A. A. C. **Crescimento do milho em resposta a *Azospirillum brasilense* e nitrogênio.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 5, p. 287-294, 2019.
- NBALI, N. N.; MAFRA, A.; KRUKER, G.; SANTOS, J.; MATIAS, T. **Aplicação de remineralizadores e biocomposto tipo “bokashi” na produção de biomassa da cultura do milho.** Ambientes em movimento, v. 2, n. 1, 2022.2021.
- NUNES, A.; NUNES, K.; MARASCHIN, M. **Agroecologia versus Agronegócio: a resistência do cultivo sustentável no país que mais utiliza agrotóxicos.** Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 4, 2020.
- PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71 – Disponível em: <http://www.prisma-statement.org/> - Acesso em 10/09/2022.
- SENGER, M.; MORESCO, E.; DALBOSCO, M.; SANTIN, R.; INDERBITZIN, P.; BARROCAS, E. N. **Methods to quantify *Bacillus simplex*-based inoculant and its effect as a seed treatment on field-grown corn and soybean in Brazil.** Journal of Seed Science, v. 44, 2022.
- SOOBHANY, N. **Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review.** Journal of Cleaner Production, v. 241, p. 118413, 2019.
- STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. **Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos.** Tecnológica, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.
- STEFFEN, G. P. K.; TOMAZZI, D. J.; STEFFEN, R. B.; GABE, N. L.; DA SILVA, R. F.; MORTARI, J. L. M.; MALDANER, J. **Incremento da produtividade de milho pela inoculação de *Trichoderma Harzianum*.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 4455-4468, 2021
- TORRES, D. A. P.; SANTOS, G. S.; GERUM, A. D. A.; SANTANA, M. D. A. **Bioeconomia aplicada a pequenos e médios produtores e a pequenas e médias empresas.** In: TORRES, D. A. P. (org) **Bioeconomia: oportunidades para o setor agropecuário.** BIOECONOMIA, p. 115, 2022

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERÍSSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. Gindri, D. M.; Moreira, P. A. B.; Veríssimo, M. A. A. (org) –1. ed. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

WACHEKOWSKI, G.; FIGUEIREDO, T. C.; RIZZI, J. L.; SOARES, N. V. **Agrotóxicos, revolução verde e seus impactos na sociedade: revisão narrativa de literatura**. Salão do Conhecimento, v. 7, n. 7, 2021.