



**INSTITUTO LATINO-
AMERICANO DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA
NATUREZA (ILACVN)**

BIOTECNOLOGIA

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOLÓGICOS *ON-FARM* E SEU PAPEL NO
SETOR AGRÍCOLA**

NATHÁLIA FELIPE DELGADO

Foz do Iguaçu
2023



**INSTITUTO LATINO-
AMERICANO DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA
NATUREZA (ILACVN)**

BIOTECNOLOGIA

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOLÓGICOS *ON-FARM* E SEU PAPEL NO SETOR AGRÍCOLA

NATHÁLIA FELIPE DELGADO

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia

Orientadora: Profa. Dra. Nathália Corrêa Chagas de Souza

Foz do Iguaçu
2023

NATHÁLIA FELIPE DELGADO

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOLÓGICOS *ON-FARM* E SEU PAPEL NO SETOR
AGRÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **NATHALIA CORREA CHAGAS DE SOUZA**
Data: 03/11/2023 16:17:12-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Orientadora: Prof. Dra. Nathália Corrêa Chagas de Souza.
UNILA

Documento assinado digitalmente
 **ODAIR JOSE ANDRADE PAIS DOS SANTOS**
Data: 03/11/2023 15:45:17-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

MSc. Odair Jose Andrade Pais dos Santos.

Documento assinado digitalmente
 **RAFAELLA COSTA BONUGLI SANTOS**
Data: 15/11/2023 10:15:07-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dra. Rafaella Costa Bonugli Santos.
UNILA

Foz do Iguaçu, 01 de novembro de 2023.

Dedico este trabalho aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pela minha vida, minha família e meus amigos.

Agradeço a minha família, por todo apoio e incentivo no decorrer de toda minha vida, tanto no âmbito pessoal quanto profissional, sem vocês nada do que conquistei até hoje seria possível. Vocês são minha fonte constante de inspiração, meus mais profundos agradecimentos.

A minha orientadora não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo por aceitar essa minha última etapa da graduação comigo sem ao menos me conhecer.

Ao professor Dr. Jorge Ruiz, que foi meu primeiro orientador, que me ensinou a base da pesquisa promovendo meu amadurecimento científico.

Ao João Luiz Martins Dias, pelo todo apoio e ajuda técnica especializada em *On-Farm*.

Aos colegas do curso de Biotecnologia, em especial aos da turma de 2015, pelo companheirismo e amizade.

Às minhas grandes amigas Patrícia Oliveira, Mariana Lima, Laryanne Rodrigues, Ema Barcellos, Nathália Cecchet, Hellen Carriel pelo todo carinho, apoio, companheirismo, conselhos e por todos os momentos juntas apoiando uma à outra e tornando os dias na universidade mais leves.

Agradeço a cada professor que passou pela minha vida, por todo conhecimento que compartilharam e toda dedicação para ensinar nós alunos.

Agradeço ao governo que sancionou a lei da criação da Unila.

Agradeço a própria Unila, por ter me proporcionado todo estudo, sem ela não seria possível ter o título de graduação.

Aos professores da banca pelas orientações, ensinamentos e conselhos.

Quem acredita, sempre alcança.
Renato Russo

RESUMO

A crescente demanda por produtos agrícolas causou impactos no meio ambiente, com isso, começou-se a se desenvolver pesquisas quanto as alternativas no processo produtivo para o uso de microrganismos que atuam no fornecimento de nutrientes e no controle de pragas. Além da difusão e implementação de boas práticas, inclusive nos casos em que os produtores rurais passam a produzir seu próprio produto biológico, no sistema chamado *On-Farm*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os sistemas de produção de produtos biológicos, de forma *On-Farm*, como alternativa sustentável para a agricultura. Para tanto, a metodologia constituiu em uma revisão da literatura, buscando nas plataformas online as palavras-chave: “Produção de microrganismos *On-Farm*”; “agricultura sustentável”; “*Bacillus subtilis*” e “*Trichoderma*”, além de uma combinação fatorial delas e de suas versões em inglês. Priorizou-se as publicações posteriores ao ano de 2018, encontrou-se 25 artigos que tratam diretamente sobre a produção *On-Farm*, os quais apontaram que esse processo ainda carece de profissionalização, porém a sua implementação é benéfica e possível, desde que as informações de cunho técnico-científico sejam corretamente utilizadas nesse meio produtivo. Além disso, foi possível perceber vantagens e desvantagens relacionadas ao processo, como menor custo final e maior sustentabilidade em relação aos produtos químicos e riscos de contaminação com patógenos e a necessidade de conhecimento técnico, por exemplo. Desta forma, estudos como estes se justificam pela necessidade da devida compilação dos dados, que podem contribuir para a melhor compreensão e estabelecimento do processo, especialmente em relação às boas práticas de manejo dos produtos biológicos. Assim, como uma forma de contribuir neste âmbito, foi elaborado, e está disponível neste estudo, um material de apoio, aqueles que tenham interesse pelo tema, com enfoque nos principais pontos que devem ser observados, para que se obtenha qualidade nos produtos *On-Farm*.

Palavras-chave: Produção *On-Farm*; Fitossanitários; Biotecnologia Agrícola; Agricultura sustentável.

RESUMEN

La creciente demanda de productos agrícolas ha tenido impactos en el medio ambiente, lo que ha llevado al desarrollo de investigaciones sobre alternativas en el proceso productivo para el uso de microorganismos que actúan en el suministro de nutrientes y en el control de plagas. Además de la difusión e implementación de buenas prácticas, esto incluye casos en los que los productores rurales comienzan a producir su propio producto biológico en el sistema llamado *On-Farm*. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar los sistemas de producción de productos biológicos, de forma *On-Farm*, como alternativa sostenible para la agricultura. Para ello, la metodología consistió en una revisión de la literatura, buscando en plataformas en línea las palabras clave: "Producción de microorganismos *On-Farm*"; "agricultura sostenible"; "*Bacillus subtilis*" y "*Trichoderma*", además de una combinación factorial de estas palabras clave y sus versiones en inglés. Se dio prioridad a las publicaciones posteriores al año 2018 y se encontraron 25 artículos que tratan directamente sobre la producción *On-Farm*. Estos artículos señalaron que este proceso aún carece de profesionalización; sin embargo, su implementación es beneficiosa y posible, siempre que la información técnico-científica se utilice correctamente en este entorno productivo. Además, se pudo identificar ventajas y desventajas relacionadas con el proceso, como un menor costo final y una mayor sostenibilidad en comparación con los productos químicos, así como riesgos de contaminación con patógenos y la necesidad de conocimientos técnicos, por ejemplo. Así, estudios como estos se justifican por la necesidad de una compilación adecuada de datos, que puede contribuir a una mejor comprensión y establecimiento del proceso, especialmente en relación con las buenas prácticas de manejo de los productos biológicos. Como una forma de contribuir en este ámbito, se elaboró y está disponible en este estudio un material de apoyo para aquellos interesados en el tema, centrándose en los puntos clave que deben observarse para garantizar la calidad de los productos *On-Farm*.

Palabras clave: Producción *On-Farm*; Fitosanitarios; Biotecnología Agrícola; Agricultura sostenible.

ABSTRACT

The increasing demand for agricultural products has caused environmental impacts, prompting the development of research on alternatives in the production process for the use of microorganisms in nutrient supply and pest control. In addition to the dissemination and implementation of best practices, including cases where rural producers start producing their own biological products in the system called On-Farm. Thus, the aim of this work was to assess On-Farm systems to produce biological products as a sustainable alternative for agriculture. The methodology involved a literature review, searching online platforms using keywords such as "On-Farm microorganism production"; "sustainable agriculture"; "Bacillus subtilis" and "Trichoderma," along with a factorial combination of these keywords and their English versions. Priority was given to publications after the year 2018, and 25 articles directly addressing On-Farm production were found. These articles indicated that this process still lacks professionalization; however, its implementation is beneficial and feasible, provided that technical-scientific information is correctly utilized in this productive environment. Furthermore, it was possible to identify advantages and disadvantages related to the process, such as lower final cost and greater sustainability compared to chemical products, as well as risks of contamination with pathogens and the need for technical knowledge, for example. Thus, studies like these are justified by the need for proper data compilation, which can contribute to a better understanding and establishment of the process, especially regarding the best management practices for biological products. As a contribution to this field, a support material has been developed and is available in this study for those interested in the topic, focusing on the key points to be observed to ensure the quality of On-Farm products.

Keywords: On-Farm Production; Phytosanitary; Agricultural Biotechnology; Sustainable Agriculture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 O PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA.....	19
2.1.1 Evolução e desafios da produção agrícola	19
2.1.2 Fertilizantes: demanda por sustentabilidade.....	20
2.1.3 Os biopesticidas como alternativa aos agrotóxicos sintéticos.....	21
2.1.4 Impactos ambientais e na saúde humana relacionados ao uso de produtos químicos e biológicos.....	22
2.1.5 Desenvolvimento de mercado dos produtos biológicos para a agricultura.....	23
3 OBJETIVOS 27	
3.1 OBJETIVO GERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4 METODOLOGIA.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 SELEÇÃO DE ARTIGOS	29
5.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO <i>ON-FARM</i>	30
5.2.1 Fatores que influenciam as condições de cultivo de microrganismos relacionados a produtos biológicos <i>On-Farm</i>	32
5.2.2 Aplicação dos agentes biológicos no processo <i>On-Farm</i>	35
5.2.3 Aspectos legais da produção <i>On-Farm</i>	39
5.2.4 Impactos econômicos da produção <i>On-Farm</i> na propriedade rural	40
5.2.5 Vantagens e desvantagens da multiplicação <i>On-Farm</i>	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A alta da população e da demanda por alimentos crescem ano após ano. Em uma escala global, é preciso conciliar esse aumento na produção com a sustentabilidade, ou seja, que os empreendedores obtenham lucros desde o campo ao varejo de forma ecologicamente sustentável e responsável, a partir de sistemas de produção socialmente justos (Epstein, 2014). Neste sentido, há uma preocupação em relação à substituição de produtos químicos, que podem ser danosos ao meio ambiente e à saúde humana, por produtos de origem biológica que tenham os mesmos efeitos benéficos, porém, sem as consequências negativas (Abuhena *et al.*, 2022).

É notório o avanço nas pesquisas referentes ao desenvolvimento de biofertilizantes e produtos fitossanitários (inseticidas, fungicidas e nematicidas) de origem biológica, sendo que, nos últimos anos, vem crescendo o número de bioprodutos devidamente registrados e disponíveis comercialmente para o uso agrícola (Santos 2017). Destaca-se, por exemplo, a produção a nível industrial da espécie *Bacillus subtilis*, a qual apresenta diversos efeitos benéficos à produção agrícola como: a promoção do crescimento de plantas, atividade fungicida e nematicida, além da produção de biossurfactantes (Gudiña *et al.*, 2015). Para que haja efetividade, os produtos devem apresentar alta população e ser isentos de contaminações. Para tanto é necessário o domínio das condições de cultivo, assim como de formulações que utilizem substratos alternativos, classificados como coprodutos de outros processos industriais (Wu *et al.*, 2019).

Com a evolução das técnicas industriais e o registro de novos produtos, foi observada a tendência de que produtores rurais se interessassem em replicar a produção industrial em suas propriedades em um processo denominado *On-Farm*. Isso gerou preocupações de entidades reguladoras quanto à qualidade e segurança destes produtos, visto que, em alguns casos, foram verificadas produções de microrganismos em adaptações de caixas d'água não-estéreis e sem controles de boas práticas microbiológicas, desta forma, ocorreu o crescimento de contaminantes, inclusive espécies patogênicas. Como consequência, o produtor de biológicos *On-Farm* pode obter um produto ineficiente na melhoria da produção agrícola, além de correr o risco de infecções de caráter biológico (Lana *et al.*, 2019).

A adoção generalizada de práticas *On-Farm* na agricultura tem o potencial de

transformar significativamente a sustentabilidade do setor agrícola. A possibilidade central deste trabalho de revisão bibliográfica é de elucidar a implementação do sistema *On-Farm* e de como pode ser feita a divulgação de boas práticas relacionadas a essa prática.

Assim, esse trabalho se justifica por reunir informações, disponíveis na literatura, fornecendo uma visão geral e atualizada a respeito da área emergente de produção *On-Farm*, de forma a conciliar os conhecimentos existentes a respeito da técnica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA

2.1.1 Evolução e desafios da produção agrícola

A agricultura, principal fonte de alimentos, responde por cerca de 40% das terras disponíveis. Além disso, desempenha um papel central no desenvolvimento econômico de vários países. No início do século XX surgiu a Revolução Verde, um modelo agrícola baseado no uso intensivo de agrotóxicos, variedades de alto rendimento e técnicas de manejo centralizado que foi capaz de sustentar ou ser responsável por induzir o aumento exponencial da população mundial (Singh *et al*, 2019). Essa revolução incluiu o aumento significativo do uso de fertilizantes e pesticidas inorgânicos, a melhoria dos sistemas de irrigação, o aumento da área plantada, o cultivo de duas safras por ano, o uso de sementes de alto rendimento, a melhoria do maquinário agrícola e a proteção das culturas (Miller, 2008).

Desde que ela ocorreu, a produção de cereais triplicou, mas a área cultivada aumentou apenas 30%, com algumas exceções, em todo o mundo (John; Babu, 2021). Além disso, há simulações que consideram que sem a Revolução Verde, os preços dos alimentos seriam maiores entre 30 e 60 % e que as calorias disponíveis à população teriam diminuído cerca de 11 a 13% (Pingali, 2012). Pesquisas, para melhorar as colheitas, em questões genéticas e de tratamentos culturais, conseguiram evitar que novas regiões fossem convertidas em terras agrícolas resultaram em rendimentos mais altos (Campagnolla; Macêdo, 2022). A Revolução Verde ajudou os países na transição de importadores de grãos para autossuficientes e teve um impacto positivo na segurança alimentar (John; Babu, 2021).

Embora o movimento de modernização na agricultura, inicialmente, tenha produzido resultados vantajosos em termos de elevação da produção agrícola, ela também teve muitos efeitos negativos. Podem ser citados como exemplos: o uso excessivo de fertilizantes e de pesticidas que poluem o solo e a água, afetando a biodiversidade (Epstein, 2014), e a perda de diversidade genética nas plantações, que aumenta a vulnerabilidade a pragas e resulta em mais produtos químicos e deterioração do solo. Além disso, estudos mostram que algumas culturas ainda não atingiram o seu máximo rendimento ecológico, ou seja, a capacidade genética máxima de uma determinada cultura em utilizar insumos

aplicados e condições ambientais ótimas para converter em produção agrícola (Singh *et al.*, 2019)). Desta forma, tecnologias alternativas focadas em produtividade sustentável são necessárias para atender à demanda global, melhorar a saúde do solo e garantir segurança alimentar. Isso inclui o uso de fertilizantes orgânicos, pesticidas biológicos e matéria orgânica. Pode-se afirmar, assim, que a transição para a agricultura sustentável é crucial para enfrentar desafios e alcançar impactos positivos de longo prazo, considerando melhorias na economia, fatores sociais e meio ambiente (John; Babu, 2021).

2.1.2 Fertilizantes: demanda por sustentabilidade

A utilização de fertilizantes químicos desempenhou um papel crucial na melhoria da produção agrícola ao longo dos anos. O que reforça a necessidade da implementação de boas práticas, melhoria no acesso dos agricultores aos fertilizantes minerais e melhoramento genético direcionado para a eficiência no uso de fertilizantes (Good *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2016; Martey *et al.*, 2019). Políticas e regulamentos que incentivam a utilização eficaz e ambientalmente amigável de fertilizantes são fundamentais para melhorar a qualidade do solo e prevenir efeitos adversos sobre a saúde humana e o meio. Além disso, a pesquisa contínua sobre diferentes concentrações e composições de fertilizantes é essencial para melhorar o crescimento das plantas e maximizar a eficiência do uso de nutrientes. Esses esforços podem contribuir para o desenvolvimento de fertilizantes com múltiplos nutrientes balanceados, liberados de forma gradual, que atendam às necessidades de plantas e seres humanos, ao mesmo tempo em que minimizam os efeitos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente (Kulkarni; Goswami, 2019; Sun *et al.*, 2019; Dimkpa *et al.*, 2020).

No entanto, é importante considerar alternativas para reduzir a dependência dos fertilizantes químicos e promover práticas agrícolas mais sustentáveis. Por se tratar de recursos finitos, com reservas relativamente baixas de alguns nutrientes, como o fósforo (Scholz *et al.* 2013). Além disso, para que os nutrientes estejam em uma forma solúvel e aproveitável para as plantas, são necessários processos químicos poluentes e com alto consumo energético (Wu *et al.* 2021; Singh *et al.*, 2019). A combinação de inoculantes de ‘Promotores de Crescimento de Plantas’ e fertilizantes mostrou-se promissora, como uma forma de diminuir o uso de fertilizantes químicos (Matsumura *et al.*, 2015). Estudos indicam que essa abordagem pode levar a uma prática agrícola mais sustentável, proporcionando benefícios tanto para a redução da fertilização química quanto para o aumento da produção

agrícola (Spolaor *et al.*, 2016; Scagliola *et al.*, 2021).

O uso de biofertilizantes pode ser uma estratégia de baixo custo e ambientalmente amigável para uma produção agrícola sustentável. Estudos destacam que a aplicação de biofertilizantes pode manter a fertilidade do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e contribuindo para a obtenção de metas de produção com menor custo (Hungria *et al.*, 2010; Oteino *et al.*, 2015; Mondal *et al.*, 2017). Assim, pode ser possível equilibrar a produtividade agrícola com a preservação do meio ambiente e da saúde humana (Marcelino *et al.*, 2016; Kamaei *et al.*, 2019).

2.1.3 Os biopesticidas como alternativa aos agrotóxicos sintéticos

O uso de pesticidas químicos tem desempenhado um papel fundamental na proteção das culturas agrícolas e no controle de pragas, no sentido de proteger e garantir a produtividade. Como resultado, em muitos casos, ocorre resistência dos agricultores em substituir abordagens convencionais por bioprodutos com potencial de pesticidas (Parajuli *et al.*, 2022; Bernieri *et al.*, 2019; Petrescu-Mag *et al.*, 2019). Estudos também demonstram que certos fatores, como a experiência pessoal dos agricultores, podem influenciar no uso de pesticidas. Agricultores mais idosos, autossuficientes, de pequena escala e que vivem longe de centros urbanos tendem a utilizar pesticidas com base em sua experiência pessoal (Huang *et al.*, 2020). Porém, é importante considerar os efeitos prejudiciais dos pesticidas no solo e na biodiversidade presentes nele, pois estes produtos químicos podem ter como efeitos secundários a alteração do pH e da salinidade dos solos, fluir para os cursos d'água, assim como podem causar a morte de micro e macroorganismos que atuam na ciclagem dos nutrientes e na predação de pragas (Riedo *et al.*, 2021).

Nesse contexto, os biopesticidas surgem como uma abordagem inovadora e economicamente viável para a redução do nível de pesticidas residuais nos solos e água. Eles apresentam vantagens significativas, como segurança ambiental, biodegradabilidade, eficácia e especificidade de alvo (Bhat *et al.*, 2022). Além disso, são seguros para os humanos e o meio ambiente, o que ressalta a importância de fabricá-los localmente e disponibilizá-los aos agricultores (Oliveira-Jr., 2021; Parajuli *et al.*, 2022). Para promover o uso de biopesticidas, é recomendado investir na profissionalização dos agricultores, fortalecer a divulgação da produção sustentável e acelerar o desenvolvimento do mercado de biopesticidas. Assim, será possível uma transição mais sustentável no controle de

pragas e proteção de culturas agrícolas (Quiroz *et al.*, 2019; Guo *et al.*, 2021).

2.1.4 Impactos ambientais e na saúde humana relacionados ao uso de produtos químicos e biológicos

Trabalhos indicam que uma aplicação otimizada e sustentável de pesticidas, em áreas agrícolas intensivas e de alto rendimento, pode reduzir a poluição ambiental (Manjarres-López *et al.*, 2021). Porém, esse não é o manejo mais comum, o que pode ser percebido pelo consumo de pesticidas, que pode chegar a uma média de 17 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, em países com alto índice de industrialização, sendo que a distribuição do uso destes produtos é de: herbicidas em 47 %, inseticidas em 29 %, fungicidas 17 % e demais produtos 12 % (Pandey *et al.*, 2021). Apesar de os impactos pelos pesticidas, devido ao risco de resíduos e da exposição combinada entre os produtos, que podem interagir com nutrientes e causar efeitos adversos na saúde humana, ainda serem subestimados, há discussões cada vez mais frequentes (Cano-Sancho; Casas, 2021). Foram observadas evidências científicas dos impactos negativos de produtos químicos na saúde humana, como os inseticidas organoclorados, como o Dicloro-Difenil-Tricloroetano, foi comprovado como carcinogênico (Petrescu-Mag *et al.*, 2019), o nematicida 1,2-dibromo-3-cloropropano causa esterilidade humana e mostrava persistência nos solos e lençol freático (Epstein, 2014). Mesmo alguns fertilizantes e herbicidas podem causar acúmulo de metais pesados, como chumbo, arsênio e cádmio, além da alteração do pH dos solos, o que, indiretamente, favorece a erosão dos solos e a biomagnificação trófica¹ (John; Babu, 2021).

Uma abordagem recomendada é aumentar a conscientização dos agricultores e fornecer treinamento sobre agricultura sustentável, uso de agroquímicos e manejo integrado de pragas. Isso visa reduzir os potenciais efeitos nocivos desses produtos químicos na saúde (Mwalilino *et al.*, 2020). Os biofertilizantes têm demonstrado potencial para fornecer nutrientes essenciais às culturas sem causar impactos negativos no ambiente e ainda podem contribuir para o aumento da produção agrícola e a saúde do solo (Rana *et al.*, 2011; Kour *et al.*, 2020). Os bioprodutos são biodegradáveis, portanto, não se acumulam na natureza (Parajuli *et al.*, 2022), além de terem evoluído em conjunto com as pragas, eles têm modo de ação e alvos específicos, o que confere a eles vantagem ecológica e leva a

¹ **Biomagnificação trófica** - processo no qual a concentração de substâncias tóxicas aumenta à medida que passam de um nível trófico para outro em uma cadeia alimentar, colocando predadores, no topo da cadeia alimentar, em maior risco de exposição.

menor indução de resistência genética (Bhat *et al.*, 2022). No caso das bactérias fixadoras de nitrogênio, por exemplo, ocorre a disponibilização gradual do nitrogênio, evitando o desperdício de nutrientes, assim como o uso de energia não renovável para o processo industrial de produção de ureia (Kour *et al.*, 2020). Os bioprodutos podem agir, além de seu uso principal, como promotores do crescimento de plantas, pela promoção de crescimento de raízes, aquisição de fósforo, resistência a estresses hídricos e indução de resistência contra pragas (Cortivo *et al.*, 2020). Não obstante, pesquisas adicionais devem garantir os benefícios destes bioprodutos na agricultura sustentável, o que contribui para um manejo mais equilibrado e seguro dos recursos naturais, preservando o meio ambiente e a saúde humana (Mascarin *et al.*, 2023; Cortivo *et al.*, 2020).

2.1.5 Desenvolvimento de mercado dos produtos biológicos para a agricultura

Em resposta a busca de resolução da problemática ambiental, houve o impulsionamento da pesquisa por alternativas no controle de pragas que resultou em várias pesquisas e no desenvolvimento de métodos adequados para a produção industrial de microrganismos benéficos à agricultura (Issaly *et al.*, 2005). Essa nova cadeia produtiva despertou o interesse empreendedor de produtores industriais de fertilizantes líquidos e pesquisadores em microbiologia agrícola quanto a formação de novas unidades fabris, além de atividades de pesquisa, consultoria e novos modelos de negócios, representados pela formação de *startups* ligadas à biotecnologia. Como exemplo disso, em 2018, havia mais de 50 plantas comerciais de produtos microbiológicos, as quais responderam por um aumento de perto de 70% naquele ano, além da movimentação de quase meio bilhão de reais (Lana *et al.*, 2019).

Atualmente, existem diversos produtos com atividade predatória contra pragas na agricultura com base em organismos biológicos, os quais são classificados em três categorias na ANVISA: agentes microbiológicos de controle (Instrução Normativa Conjunta nº 3, de 10 de março de 2006) (Brasil, 2006c), agentes biológicos de controle (Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 23 de janeiro de 2006) (Brasil, 2006b) e semioquímicos (Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 23 de janeiro de 2006) (Brasil, 2006a). Porém, para facilitar a compreensão, os agentes semioquímicos e bioquímicos são considerados na literatura em geral substâncias químicas naturais, uma vez que, alguns agentes bioquímicos se enquadram na INC nº 1. E os agentes biológicos de controle englobam tanto os agentes microbiológicos quanto os agentes de controle (que são os

macrobiológicos) (Figura 1) (ANVISA, 2020).

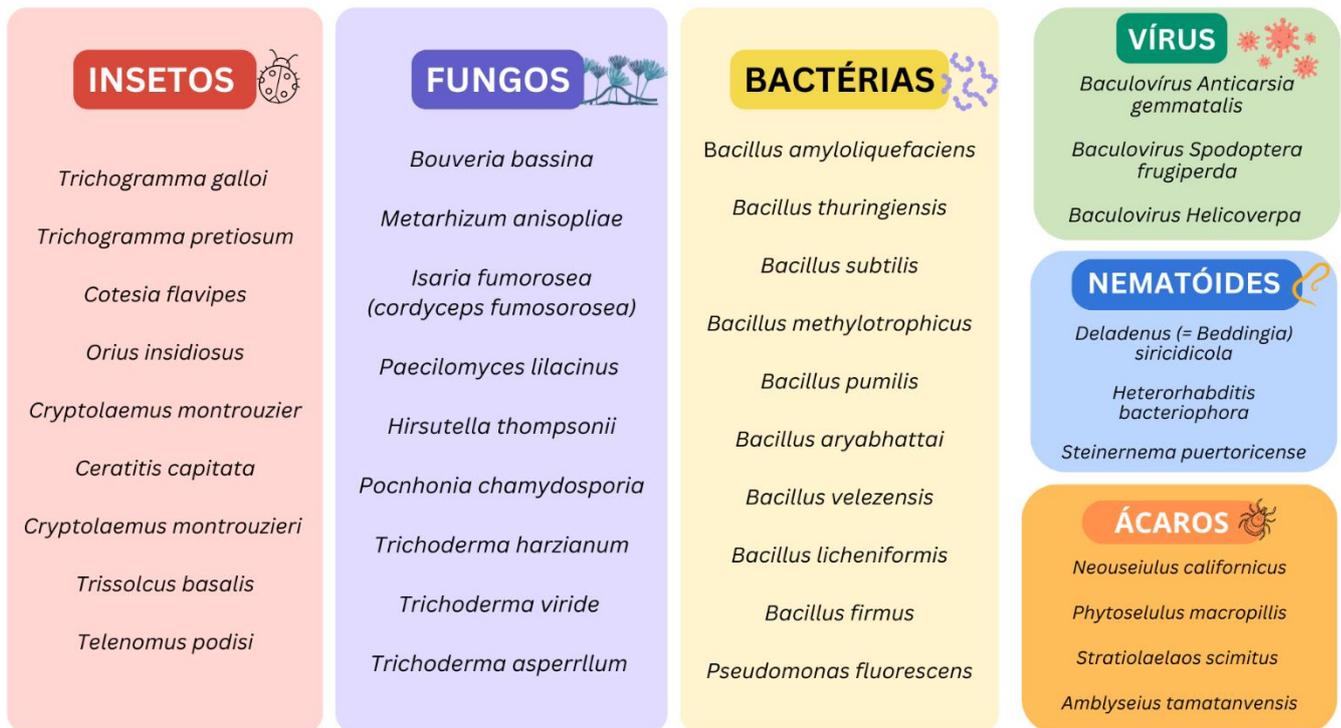
Figura 1 – Classificação dos produtos biológicos no Brasil



Fonte: Croplife, 2020 a.

Esses agentes biológicos (Figura 2) desempenham um papel benéfico na agricultura e são um componente essencial de uma ampla variedade de produtos destinados à proteção de plantas (Croplife, 2020 a). Para atingir esse propósito, tais organismos são submetidos a estudos minuciosos e incorporados em formulações que permitem recomendações de uso específicas para diferentes culturas, levando em consideração as pragas e doenças que afetam cada uma delas (Croplife, 2020 a). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) tem registro de mais de 300 produtos biológicos, que podem ser categorizados com base em sua formulação, princípio ativo e os efeitos que têm sobre as plantas (Croplife, 2020 a), alguns exemplos desses agentes e suas ações podem ser visualizados no Quadro 1.

Figura 2 – Exemplos de Agentes Biológicos utilizados para o controle de pragas na agricultura, com autorização e/ou registro no Brasil



Fonte: Adaptado de AGROFIT, 2023; MAPA, 2023.

Quadro 1 – Bioprodutos e sua função em campo

Tipo de Agente	Agente de Controle Biológico	Função na Agricultura
Vírus	<i>Baculovirus</i> ¹	Infectam lagartas, matando-as e controlando-as.
Ácaros	<i>Phytoseiidae</i> ¹ (Ácaros Predadores)	Controla ácaros fitófagos.
	<i>Neoseiulus</i> ¹ <i>californicus</i> (McGregor)	Controle do ácaro-rajado, principalmente em cultivos de morango.
Fungos	<i>Beauveria bassiana</i> ²	Infectam insetos (broca da cana).
	<i>Trichoderma</i> sp. ^{3, 4}	Controle de fitopatógenos
	<i>Metarhizium anisopliae</i> ⁵	Patogênicos para insetos (cigarrinhas)
Bactérias	<i>Bacillus thuringiensis</i> ⁶	Produz proteínas tóxicas (Cry) para larvas e insetos (<i>Lepidoptera</i> e <i>Coleoptera</i>).
	<i>Pseudomonas Fluorescens</i> ¹	Controle de fitopatógenos.
	<i>Bacillus subtilis</i> ⁷	Controle de nematoides
	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> ⁸	Controle de nematoides.
Insetos	<i>Cotesia flavipes</i> ¹	Parasitóide de Lagartas.
	<i>Trichogramma</i> ¹	Parasitóide de Ovos de Insetos.
Nematoides	<i>Steinernema feltiae</i> ¹	Parasitam larvas de insetos.
	<i>Heterorhabdite Bacteriophora</i> ¹	Parasitam insetos, incluindo larvas de besouros e moscas-das-frutas.

Fontes: ¹Fontes; Valadares-Inglis, 2020; ²Barboza, 2022; ³Alfiky; Weisskopf, 2021; ⁴Aguilera *et al.* 2020; ⁵ Issaly *et al.*, 2005; ⁶ Lana *et al.*, 2019; ⁷Xia *et al.*, 2011; ⁸Liu *et al.*, 2013.

Seguindo a esteira do aumento e popularização do uso de produtos biológicos para agricultura, foi verificado que havia brechas na legislação que possibilitavam que os produtores se aproveitassem da característica natural dos microrganismos de se multiplicarem, surge assim o sistema *On-Farm*.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a produção, características e qualidade dos produtos biológicos de origem *On-Farm* através de uma revisão sistemática.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

i) Realizar uma seleção estratégica de palavras-chave para busca e seleção de artigos específicos sobre o tema.

ii) Analisar a demanda crescente por alta produtividade e sustentabilidade na agricultura;

iii) Demonstrar alternativas sustentáveis para controle de pragas na agricultura;

iv) Descrever o processo produtivo de produção de biológicos para agricultura;

v) Descrever as adaptações para a produção *On-Farm*;

vi) Apresentar estudos de casos de produção de biológicos *On-Farm*;

vii) Sintetizar aspectos legais da produção *On-Farm*;

viii) Identificar as principais boas práticas que podem melhorar a qualidade dos produtos *On-Farm* para elaboração de um folder.

4 METODOLOGIA

Foi realizada uma busca qualitativa de materiais científicos por meio da plataforma ‘Google acadêmico’ para pesquisa em bancos de dados: ‘Scielo’; ‘ScienceDirect’; ‘ISI Web of Science’; bancos de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso de universidades brasileiras.

Foram utilizadas as palavras-chave: “Produção de microrganismos *On-Farm*”; “agricultura sustentável”; “*Bacillus subtilis*” e “*Trichoderma*”, além de uma combinação fatorial delas. Os termos da pesquisa foram escritos tanto em português quanto em inglês. Foi dada prioridade às publicações posteriores ao ano de 2018, todavia, alguns trabalhos mais antigos foram utilizados por se tratar de materiais relevantes, assim como, quando não foi possível encontrar artigos mais recentes. Essa seleção se deu de acordo com a aderência aos objetivos deste trabalho e a relevância do trabalho no meio científico.

Com base nas principais informações encontradas, a respeito dos fatores que influenciam na qualidade dos produtos *On-Farm*, elaborou-se um folder a ser disponibilizado aos interessados no tema, especialmente pequenos produtores rurais. A criação do folder se deu com base na revisão da literatura, identificando os pontos mais relevantes e as etapas mais críticas do processo da multiplicação *On Farm* para serem incluídos no folder. Além disso, considerou-se o uso de imagens ilustrativas bem como a utilização de linguagem clara e concisa para transmitir informações complexas de forma acessível. Por fim, a validação do conteúdo por um especialista técnico (Coordenador de Biológicos na Regional Cerrado da Prime Agro, Ms. João Luiz Martins Dias), juntamente com a experiência profissional da autora, foram essenciais para assegurar a relevância e a precisão das informações apresentadas no folder.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SELEÇÃO DE ARTIGOS

Foram encontrados 25 trabalhos, que abordavam diretamente sobre o sistema *On-Farm*, visualizados no Quadro 2. Com livre acesso, ou seja, aqueles que estavam disponíveis para download, com isso, foi possível a leitura do texto completo para evitar interpretações equivocadas pela leitura parcial. Os trabalhos que não atendiam aos temas abordados foram descartados.

Quadro 2 – As citações dos 25 trabalhos encontrados para o desenvolvimento do texto que abrange o sistema *On-Farm*.

Citação
Abrunhosa, 2019
Abuhena <i>et al.</i> , 2022
Aguillera, 2020
Andrade, 2022
Barboza, 2022
Barros, 2007;
Bocatti <i>et al.</i> , 2022
Brasil, 2020
Croplife, 2022
Cruvinell <i>et al.</i> 2022
Embrapa, 2021
Gabardo <i>et al.</i> , 2021
Gabardo <i>et al.</i> , 2021,
Lana <i>et al.</i> , 2019
Mapa, 2020
Matos; Silva, 2023
Monteiro <i>et al.</i> , 2014
Oliveira-Jr, 2021
Pandey <i>et al.</i> , 2021
Pereira, 2022
Rosiello, 2017
Saju <i>et al.</i> , 2002
Santos <i>et al.</i> , 2020
Santos <i>et al.</i> , 2017
Valicente <i>et al.</i> 2018

Fonte: autoria própria, 2023.

5.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO ON-FARM

Os primeiros sistemas de produção *On-Farm* se baseavam na simples utilização de caixas d'água ou bombonas de plástico (Figura 3), nas quais era adicionada uma solução nutritiva e um bioproduto comercial como fonte de inóculo, e a aeração geralmente era realizada pela recirculação do líquido com o auxílio de bomba d'água (Santos *et al.*, 2017). Como esperado, em muitos casos, ocorria uma baixa produção do microrganismo-alvo e uma alta taxa de contaminação, inclusive com a presença de microrganismos com potencial patogênico (Abrunhosa, 2019; Lana *et al.*, 2019).

Figura 3 – Exemplos de sistema de produção *On-Farm* em caixas d'água e bombonas de plástico



Fonte: (A e C) Santos *et al.*, 2020; (B) Anfrut Biológicos, 2021; (D) Pucinik, Gabriel, 2022.

A busca pela produção e aplicação de agentes biológicos, de forma independente e para consumo próprio, embora não seja ilegal, não tem uma regulamentação oficial até o

momento, fato que estimula críticas de alguns órgãos governamentais e mesmo de alguns produtores que, após utilizarem produtos com baixa efetividade e alto índice de contaminação, formaram opinião contrária a produção *On-Farm* (Lana *et al.* 2019, Abrunhosa, 2019).

Todavia, algumas empresas fabricantes de produtos biológicos viram nesse movimento o surgimento de um nicho lucrativo, com a possibilidade de consignar um maquinário mínimo necessário ao cultivo *On-Farm* aos produtores, tendo como contrapartida contratos de exclusividade na compra de inóculos de qualidade, meios de cultivo, além de prestação de assistência técnica especializada (Oliveira-Jr, 2021).

Após a otimização das condições de cultivo e da determinação da formulação, geralmente em condições de laboratório, torna-se necessário o aumento de escala para que se obtenha volume produtivo adequado ao fornecimento de produtos ao mercado, com isso, surgem novos desafios como a eficiência de mistura dos componentes, o suprimento de oxigênio, a esterilização de grandes volumes de meios de cultivo e o envase asséptico da produção (Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013). As biofábricas podem apresentar diferentes níveis de tecnologia, sendo utilizados biorreatores, em sistema fechado, com o uso de aquecimento elétrico, vapor ou produtos químicos no processo de esterilização, mecanismo de homogeneização e grau de automação dos processos (Wu *et al.*, 2019; Abuhena *et al.*, 2022). Assim, o aumento em escala é considerado um processo complexo, porém, resulta em produtos de alta qualidade e com custo menor em comparação aos produtos químicos, a Figura 4 ilustra esse processo.

Figura 4 – Processo de Otimização e Aumento de Escala de Bioprodutos



Fonte: Adaptado de Croplife, 2020 b.

Apesar disso, tem sido observada uma tendência de que alguns agricultores tentem multiplicar os bioprodutos em suas propriedades, com a utilização de adaptações simplificadas das biofábricas (Bocatti *et al.*, 2022).

5.2.1 Fatores que influenciam as condições de cultivo de microrganismos relacionados a produtos biológicos *On-Farm*

Para que os bioprodutos sejam plenamente funcionais é necessário que o processo produtivo seja otimizado para que se obtenha alta população, formação de esporos, produção de metabólitos de interesse, além de que a produção deve ocorrer de forma rápida, com baixo consumo de energia e com baixo custo de matérias-primas (Chen *et al.*, 2010; Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013). Adicionalmente, os produtos comerciais também necessitam de simplicidade nos processos, componentes compatíveis e de baixo custo, além de apresentar tempo de prateleira adequado, atendendo às normas vigentes em cada país (Stojanović *et al.*, 2019).

Independentemente das condições de instalação, deve se considerar que todos os sistemas empregados estão sujeitos a possíveis contaminações, que podem advir do ar, da água, do meio de cultura, de agentes antiespumantes, açúcar e até mesmo do próprio processo (Gabardo *et al.*, 2021). Quando se consideram os equipamentos adequados para

os processos de fermentação de microrganismos, a redução das chances de contaminação no produto final emerge como um dos aspectos mais críticos. Isso é alcançado por meio do uso de reatores hermeticamente fechados com entradas esterilizadas para ar, água e nutrientes, juntamente com um controle rigoroso de parâmetros físico-químicos (Gabardo *et al.*, 2021).

Entre os fatores físico-químicos, o pH, a temperatura e a agitação apresentam influência sobre os resultados tanto no processo de biofábricas quanto no *On-Farm*. O pH do meio de cultivo, que idealmente deve ser mantido entre 6,8 e 7,2 inicialmente para bactérias, e entre 3,5 e 5,5 para fungos (Gabardo *et al.*, 2021). A temperatura ideal varia dependendo do microrganismo a ser multiplicado, normalmente situando-se entre 28 e 32°C (Gabardo *et al.*, 2021). Por exemplo, a temperatura de cultivo para *Bacillus subtilis* (BS) em experimentos varia de 28° a 37° C (Karava; Bracharz; Kabisch, 2019; Abuhena *et al.*, 2022), pois, em temperaturas menores verifica-se menor crescimento, já em temperaturas maiores pode ocorrer a inibição da esporulação (Jaronski; Mascarin, 2017; El-Bendari, 2006). A agitação tem sido estudada entre 150 e 220 rpm (rotações por minuto). Embora um ambiente com maior aeração resulte em maior crescimento e esporulação, devido ao rápido crescimento do microrganismo, pode haver limitações dos equipamentos ao trabalhar com agitações superiores (Monteiro *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2019). O tempo de crescimento varia de acordo com o tipo de microrganismo, sendo de 24 a 48 horas para bactérias e até 96 horas para fungos ou bactérias que produzem metabólitos. A utilização de antibióticos ou inibidores de contaminantes pode aumentar o tempo necessário para a multiplicação fúngica, resultando em uma vida útil mais curta, requerendo assim um uso imediato (Gabardo *et al.*, 2021).

O meio de cultura necessita conter fontes de carbono, como sacarose, glicose, amido, entre outros, juntamente com fontes orgânicas, incluindo extrato de levedura, farinha de soja, peptonas, aminoácidos, proteínas e, também, fontes inorgânicas, como sais e minerais, tais como fósforo, cálcio, potássio, ferro, magnésio, entre outros (Gabardo *et al.*, 2021). O uso de meio sintético, ou seja, um meio de cultivo que contém apenas compostos químicos conhecidos ou definidos, apresenta vantagens por favorecer a homogeneidade das respostas do cultivo ao longo do tempo. Pois, os meios complexos, os quais utilizam compostos com extratos de microrganismos ou de plantas, podem apresentar variação tanto entre os lotes de produtos quanto por origem de diferentes fornecedores (Monteiro *et*

al., 2014). Como desvantagem, o uso de fontes puramente sintéticas pode resultar em maiores custos de produção e na aplicação de algumas legislações específicas, como necessidade de permissões da Receita Federal (para reagentes com potencial uso na produção de entorpecentes) ou do Exército Brasileiro (para reagentes com potencial uso na produção de explosivos) (Brasil, 2021).

Todavia, tem sido postulado que a utilização de fontes consideradas como coprodutos da produção industrial de outros produtos, como farelo de trigo ou arroz, farinha de soja, melação de soja ou de cana-de-açúcar, linter de algodão, farinha de peixe e a milhocina, podem favorecer altas populações microbianas e esporos de alta qualidade, o que pode resultar em maior eficiência dos bioprodutos (Bueno, 2018; Stojanović *et al.*, 2019). Além disso, o uso dos coprodutos pode apresentar vantagens na redução de custos, estímulos ao aumento da sustentabilidade e na redução da poluição (Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013).

Estudos que buscam alternativas a partir de coprodutos agroindustriais propõem, por exemplo, a utilização de manipueira, soro de leite e farinha de soja. A manipueira é um produto líquido considerado efluente da produção de farinha de mandioca, sendo que, pode se tornar um problema ambiental se descartado inadequadamente, devido à alta demanda bioquímica de oxigênio. Todavia, este produto possui em sua composição carboidratos, nitratos e outros minerais, os quais podem ser utilizados em diversas aplicações, como substrato de crescimento para microrganismos (Costa, 2015). O soro de leite é um coproduto da cadeia produtiva de queijo ou caseína, tem em sua composição cerca de 1 % de proteínas e aminoácidos. Este composto tem sido valorizado pela utilização em diversas aplicações na indústria de produtos biotecnológicos e de alimentos (Silva; Schmaedecke; Ayub, 2011). Enquanto a farinha de soja é um produto primário amplamente produzido no Brasil, que tem em sua composição cerca de 24 % de proteínas e 18 % de gorduras. Devido ao seu custo, pode ter valor agregado ao ser utilizada como substrato na produção de microrganismos (Chen *et al.* 2010).

No que diz respeito às fontes de inóculos, elas podem ser adquiridas a partir de diversas origens, inóculos destinados à multiplicação oferecidos por empresas especializadas, inóculos provenientes de instituições respeitadas, como a EMBRAPA, o Instituto Biológico de Campinas, entre outras, bem como produtos comerciais, embora, esta última não é recomendada, pois acarreta um elevado risco de contaminação, uma vez que

esses produtos contêm estabilizantes e conservantes que podem interferir no processo de fermentação (Gabardo *et al.*, 2021).

5.2.2 Aplicação dos agentes biológicos no processo *On-Farm*

Dentre os agentes biológicos comumente utilizados no sistema *On-Farm*, pode-se destacar o emprego de dois deles: *Bacillus subtilis* (BS) e *Trichoderma sp.* (TR), tanto pelas aplicações bem-sucedidas quanto pelos diversos exemplos relatados na literatura.

5.2.2.1 Aplicações do agente biológico *Bacillus subtilis*

As bactérias do gênero *Bacillus* têm se destacado como agentes de controle de patógenos e insetos, sendo que há no mercado vários produtos comerciais registrados com espécies destes microrganismos. Este gênero se divide em dois principais clados: o *B. cereus* e o BS (Gupta *et al.*, 2020). As bactérias do gênero *Bacillus* apresentam características biológicas como geralmente gram-positivas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, rápida adaptação à mudanças de meio e condições nutricionais, além de produzirem um amplo espectro de metabólitos, alguns dos quais de interesse biotecnológico, como compostos antifúngicos e antibacterianos, enzimas, lipopeptídeos e biosurfactantes, assim há um crescente interesse no isolamento de novas espécies e cepas de *Bacillus*, assim como na pesquisa para a otimização de condições de cultivo destas bactérias (Pajčin *et al.*, 2019).

O clado '*subtilis*' contém algumas das espécies comumente encontradas em produtos comerciais como: *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* e *B. subtilis*. A espécie *Bacillus subtilis* já é conhecida há séculos pelo seu uso no preparo alimentício da soja fermentada ou 'natô', no Japão, sendo classificada no Brasil como 'Classe de Risco 1', da mesma forma recebe a classificação de 'nível 1' de risco biotecnológico, ou seja, apresenta baixo risco de provocar infecções no homem e demais animais (Brasil, 1997; Korsten; Cook, 1996).

Enquanto bactéria promotora do crescimento vegetal, o BS atua em vários mecanismos de ação para melhorar o desenvolvimento das plantas: atua na solubilização de nutrientes presentes no solo, pode fixar nitrogênio atmosférico e defende seu nicho de interação com as plantas produzindo substâncias nematicidas e fungicidas. Como resultado

tem sido observado aumento de até 40% na produtividade de cultivos agrícolas (Abuhena *et al.*, 2022). Entre os metabólitos de interesse biotecnológico, o BS produz lipopetídeos que atuam como biossurfactantes, os quais atuam na redução da tensão superficial, logo, possuem ampla aplicação em diferentes processos industriais, na saúde e na agricultura, como produto emulsificante, antimicrobiano, antiviral e antitumoral (Gudiña *et al.*, 2015).

5.2.2.1.1 Produção On-Farm de *Bacillus subtilis*

Para que os bioprodutos a base de BS sejam plenamente funcionais é necessário que o processo produtivo seja otimizado de forma que se obtenha alta população, formação de esporos, produção de metabólitos de interesse (Chen *et al.*, 2010; Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013). Entre os fatores físico-químicos, a temperatura de cultivo para BS varia de 28° a 37° C (Karava; Bracharz; Kabisch, 2019; Abuhena *et al.*, 2022). A agitação, em rotações por minuto, entre 150 e 220 rpm (Monteiro *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2019). No caso da formulação, são utilizadas fontes como glicose, extrato de levedura, e fontes alternativas de carbono e nitrogênio como milhocina, manipueira, soro de leite entre outros coprodutos agroindustriais (Laloo *et al.*, 2009; Monteiro *et al.*, 2014; Abuhena *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2022). Além das fontes de carbono e nitrogênio, a proporção entre estes compostos (C:N) apresenta efeito sobre a velocidade de desenvolvimento, a população final e a indução de esporulação de espécies de *Bacillus*. No caso de bactérias do gênero *Bacillus*, as proporções C:N podem variar de 5 a 23 (Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013; Saberi *et al.*, 2020), enquanto, para os fungos, as relações C:N que podem alcançar valores acima de 50 (Issaly *et al.*, 2005),

5.2.2.1.2 Resultados de campo e avaliação da eficiência de BS produzido On-Farm

Utilizando glicose (20 g.L⁻¹) como fonte de carbono e a combinação de sulfato de amônia com fosfato de amônia (0,4 g.L⁻¹ cada), com a adição de cálcio (0,6 g.L⁻¹) e tiamina (0,01 g.L⁻¹) foi possível a obtenção de até 3,6 x 10¹⁰ esporos.mL⁻¹ (Monteiro *et al.*, 2014). O uso de manipueira para cultivo de BS tem sido sugerido em estudos para produção de inoculantes agrícolas e para a produção de biossurfactantes, sendo observadas produções de 1x10⁹ a 6x10¹¹ células totais do microrganismo (Barros, 2007; Rosiello, 2017). Já a

utilização da farinha de soja apresentou rendimentos de até 1×10^9 esporos de BS por mL (Chen *et al.*, 2010).

5.2.2.2 *Trichoderma spp.*

Os fungos filamentosos do gênero *Trichoderma* (teleomorfo: *Hypocrea*), pertencem biologicamente a: reino – Fungi; Filo – Ascomicota; sub-filo – Pezizomicotina; Classe – Sordariomiceto; Ordem – *Hypocreales*; Família – *Hypocreaceae* (Pandey *et al.*, 2021; Waghunde; *et al.*, 2016). Os primeiros relatos destes fungos datam de cerca de 1794, quando Persoon isolou quatro amostras e realizou caracterizações, das quais apenas o *T. viride* ainda permanece como identificado como *Trichoderma*. Desde então, com os avanços da biologia molecular, principalmente com o uso do sequenciamento do gene rpb2 (responsável pela RNA-polimerase sub-unidade II), foi possível caracterizar mais de 200 espécies deste gênero. A reprodução de *Trichoderma spp.* (TR) é geralmente observada na forma assexuada, sendo que o gênero é encontrado nos solos e plantas herbáceas e lenhosas, em uma ampla faixa de temperaturas. Adicionalmente, as espécies de TR apresentam um crescimento rápido, invasivo e prolífico, assim, conseguem competir agressivamente com outros microrganismos pelo espaço, nutrientes e luz (Waghunde; *et al.*, 2016).

O uso de TR na agricultura tem como objetivo aproveitar suas características como: ação antagonista contra fitopatógenos fúngicos, como *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium*, *Macrophomina*, entre outros (El-Benawy *et al.*, 2020), e bacterianos; promotor de crescimento de plantas, pela produção de giberelinas e outros metabólitos secundários (Alfiky, A.; Weisskopf, 2021); promove resposta de defesa das plantas contra lagartas, como *Spodoptera frugiperda*, pela produção de ácido jasmônico (Contreras-Cornejo *et al.*, 2018); solubilização de nutrientes e promoção de resistência a estresses abióticos nas plantas (Zaidi *et al.*, 2018).

5.2.2.2.1 Produção On-Farm de *Trichoderma spp.*

A produção de TR em escala industrial pode ser feita de 2 formas principais: reprodução de fermentação de estado sólido e fermentação submersa. No caso da fermentação em estado sólido, geralmente são utilizados grãos como arroz ou sorgo, pois,

ao simular condições naturais, é obtido alto crescimento e baixo custo produtivo (Mattedi *et al.* 2023; Oiza *et al.*, 2022). Todavia, a fermentação submersa para fungos vem ganhando espaço na produção industrial devido a fatores como menor contaminação ambiental, pelos conídios do TR, e reaproveitamento do maquinário já utilizado para fermentação de bactérias. Neste sistema produtivo, os valores de referência para a configuração dos parâmetros de produção costumam ser em cerca de 25 a 30 °C, agitação de 120 a 200 rpm, pH de 3 a 5, período de 3 a 7 dias, relação C:N de 200:1, sendo que as fontes de C utilizadas são melaço de cana, glicerol, glicose, já as fontes de N são extratos de levedura ou de carne, peptona de caseína ou de soja (Bettioli *et al.*, 2019; Prakash; Kausik, 2020).

No caso da produção *On-Farm* de TR, o nível tecnológico terá impacto na qualidade dos produtos, sendo que, geralmente, a produção submersa de fungos neste sistema pode ser prejudicada nos casos em que o produtor não consegue garantir a esterilidade, assim, uma produção *On-Farm* indicada seria por fermentação de estado sólido, com grãos pré-cozidos (Gabardo *et al.*, 2021, Pandey *et al.*, 2021), ou ainda multiplicados expostos ao ambiente, em substratos de 'torta de neem' ou em mistura de fibra de coco com esterco estabilizado (Saju *et al.*, 2002). Já nos casos em que a produção *On-Farm* possua maior tecnologia de esterilização, as condições de cultivo poderiam se assemelhar com aquelas praticadas nas biofábricas (Aguillera, 2020), todavia as informações em nível de publicações científicas nesse sentido ainda são escassas, pois as empresas que avançaram nesse tipo de cultivo mantêm os dados em segredo industrial (Dados de experiência profissional da autora).

5.2.2.2 Resultados de campo e avaliação da eficiência de TR produzida *On-Farm*

Utilizando a mistura de fibras de coco com esterco estabilizado, foi possível obter contagens acima de 1×10^8 de conídios viáveis de *T. harzianum* em uma produção *On-Farm*, para uso posterior como condicionador de solos (Saju *et al.*, 2002). Já em sistema de produção *On-Farm* com arroz autoclavado, na proporção de arroz: água de 2:1 e o uso de uma fita microporosa para melhorar a aeração, foi possível obter até 1×10^8 de conídios viáveis de *T. asperellum*. Em estudo de eficiência agrônômica e econômica, foi observado que o uso de produtos biológicos *On-Farm*, tendo apenas TR como agente antifúngico, obteve aumentos significativos na produtividade e na rentabilidade geral da propriedade

(Cruvinell *et al.* 2022).

5.2.3 Aspectos legais da produção *On-Farm*

O aumento no consumo de produtos biológicos não passou despercebido para agências de controle e para o governo, sendo que, para tentar regulamentar esse novo setor, no ano de 2020, foi instituído o Programa Nacional de Bioinsumos, pelo Decreto 10.375 de 26 de maio de 2020, que visa fomentar o segmento através de simplificação na abertura de novas empresas, além de isentar de registro a multiplicação de microrganismos realizada na propriedade rural, método denominado *On-Farm*, desde que seja para uso próprio (Brasil, 2020). Além disso, as agências de controle e de pesquisa, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), também dedicaram atenção para esse setor, criando uma série de recomendações mínimas para que a produção ocorra. Neste sentido, o órgão regulamenta que, por exemplo, somente haja a permissão de produção de microrganismos que estejam liberados pelo MAPA, a criação de um banco de cadastro para os produtores *On-Farm*, além da exigência de um responsável técnico que acompanhe o processo de multiplicação na propriedade (Lana *et al.*, 2019; Oliveira-Jr., 2021).

As críticas de agências reguladoras sobre a produção *On-Farm* residem principalmente na falta de assistência técnica; na utilização de pré-inóculo comercial contendo contaminação em níveis aceitáveis, segundo a legislação; nas falhas na vedação dos 'biorreatores' e na insuficiência de análises para o controle de qualidade, o que pode resultar em produtos contaminados e inefetivos (Bocatti *et al.*, 2022). Nesse sentido, a parceria comercial-produtiva, entre empresas produtoras de bioprodutos e os produtores *On-Farm*, tende a favorecer a adequação ao Programa Nacional de Bioinsumos, criado conforme Decreto nº 10.375 (Brasil, 2020). Isso porque as empresas podem ofertar análises de qualidade e o suporte técnico, assim, a produção *On-Farm* pode alcançar a produção de um bioproduto funcional e evitar a presença de microrganismos sem utilidade na agricultura nem possíveis patógenos (Lana *et al.*, 2019).

Apesar das críticas de alguns órgãos, o governo federal reconhece que o Brasil ainda é dependente da importação de produtos químicos para uso na agricultura, o que desfavorece a balança comercial do país. Desta forma, a produção de biológicos em biofábricas, em sistemas de produção conforme, pode trazer ao país uma economia de divisas, além da formação de mão de obra qualificada no país e de todos os benefícios da

maior sustentabilidade na produção agropecuária. Nesse sentido, o Programa Nacional de Bioinsumos, pode auxiliar na modernização do setor, pelo fomento à profissionalização com linhas de crédito em até 30 % do financiamento total do custeio da produção de biológicos para a agricultura (Brasil, 2020; Mapa, 2020).

5.2.4 Impactos econômicos da produção *On-Farm* na propriedade rural

Embora os produtos químicos ainda dominem o mercado, espera-se que os produtos biológicos exerçam papel fundamental como alternativas para reduzir a dependência desses produtos que, apesar de serem eficientes, são ecologicamente e economicamente desvantajosos, o que pode ser ainda mais relevante em economias emergentes, como o caso do Brasil. Nesse sentido, foi realizado um estudo sobre o manejo de insetos e doenças na cultura cafeeira, com a comparação da aplicação de produtos químicos comerciais, produtos biológicos comerciais, produtos biológicos multiplicados *On-Farm* e o controle negativo ou testemunha. Como resultado, foi observado que a aplicação do *On-Farm* (constituído por *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp, *B. subtilis*, *Chromobacterium subtsugae* e *Bacillus thuringiensis*) teve efetividade comparável aos demais tratamentos com custo inferior em 30 % em relação aos biológicos comerciais e 65 % inferior ao custo dos produtos químicos comerciais (Barboza, 2022).

Em outro estudo de caso, foram monitorados os custos, a produtividade e a rentabilidade ao longo de 10 anos, sendo cinco anos para manejo convencional de produtos químicos e os cinco anos subsequentes utilizando produtos biológicos *On-Farm*, em uma fazenda em Goiás, na qual foi possível obter redução nos custos de produção em cerca de 58 %, aumento na produtividade em 13% e aumento na rentabilidade em torno de 80 %. Assim, o uso de produtos *On-Farm* produzidos com qualidade podem oferecer consistência, economicidade e confiabilidade no seu uso, tanto em pequenas quanto em grandes propriedades (Cruvinell *et al.* 2022).

5.2.5 Vantagens e desvantagens da multiplicação *On-Farm*

Por um lado, entre as principais vantagens da produção *On-Farm* em relação a produtos comerciais, estão a redução de custos e o aumento da sustentabilidade da atividade agrícola (Pereira, 2022; Gabardo *et al.*, 2021). Por outro lado, as desvantagens da

multiplicação *On-Farm* ocorrem principalmente devido à exigência de conhecimentos não relacionados à atividade principal do produtor rural e aos riscos quanto à contaminação em casos de falta de controle adequado (Croplife,2022), conforme pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais vantagens e desvantagens, na perspectiva do produtor rural, do uso de produtos biológicos *On-Farm*.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Menor custo final: - menor custo com frete; - menor custo com armazenamento; - menor custo com tributos; - menor número de intermediários; ❖ Maior sustentabilidade em relação aos produtos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Necessidade de conhecimento técnico; ❖ Necessidade de controle de qualidade; ❖ Necessidade de equipamentos; ❖ Riscos de contaminação com patógenos; ❖ Aumento do volume de trabalho; ❖ Riscos de contratos de exclusividade que criam dependência.

Fonte: autoria própria, 2023.

5.2.5.1 Estudos de Caso bem-sucedido na produção *On-Farm*:

Esta seção visa demonstrar observações com respaldo científico de casos reais da produção *On-Farm*, na qual se obteve êxito na multiplicação *On-Farm*.

Caso 1

Matos e Silva, 2023 avaliaram a qualidade de bioinoculantes à base de *B. thuringiensis* produzidos de modo *On-Farm* em 21 propriedades, na qual analisaram bateladas de 57 amostras, considerando a concentração de unidades formadoras de colônias por mL (UFC/mL⁻¹) do inóculo multiplicado.

Os resultados revelaram que 32 amostras apresentaram valores acima do padrão comercial (1x10⁹), resultando em uma taxa de sucesso de 56,14%. Além disso, os inóculos que excederam o valor padrão eram significativamente maiores, atingindo até 9,13x10¹¹, quando comparados aos valores das amostras que não atenderam ao padrão (Matos; Silva, 2023).

Caso 2

Andrade, 2022 realizou testes com diferentes formulações de meios de cultura, empregando substratos como caldo de cana-de-açúcar e soro de leite, com o intuito de multiplicar bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPB) no sistema *On-Farm*. O resultado apontou que ambos os substratos estudados são adequados para o crescimento microbiano, permitindo o desenvolvimento dos microrganismos em um período de até 48 horas de fermentação.

Observou-se também que o meio de cultivo preparado pela simples diluição do caldo de cana-de-açúcar a 33% se destacou como a opção mais recomendada dentre as formulações testadas. Isso se deve à sua facilidade de preparo, ao rápido crescimento dos microrganismos, ao melhor desempenho nos testes preliminares em casa de vegetação e ausência de odor forte após a fermentação. Além disso, constatou-se que o método de fervura do substrato por 20 minutos foi eficaz na eliminação dos microrganismos autóctones, comparado aos outros métodos analisados (Andrade, 2022).

As descobertas indicam que os agricultores possuem a capacidade e a autonomia necessárias para produzir bioinseticidas em suas próprias propriedades, realizando análises de qualidade a fim de garantir a eficácia dos produtos (Matos; Silva, 2023). Além disso, o uso de meios de cultivo microbiano elaborados a partir de substratos disponíveis em propriedades rurais se mostra como um potencial solução para reduzir os custos associados à multiplicação de inoculantes *On-Farm* (Andrade, 2022).

5.2.5.2 Estudos de Caso de inadequação da produção *On-Farm*:

Normalmente, os microrganismos se reproduzem nas fazendas de forma muito instável. São comuns casos de multiplicação inapropriada em diversas propriedades do país, nas quais a multiplicação ocorre em tanques de água ou outros recipientes ao ar livre, sem isolamento, sem controle de temperatura e sem pessoal treinado com conhecimento de microbiologia (Embrapa, 2021). Diante a isso, buscou-se exemplificar situações em que houvesse incongruência na multiplicação *On-Farm*.

Caso 3

Valicente *et al.* (2018) demonstraram que a produção *On-Farm* de organismos

biológicos, sem as mínimas condições de assepsia e esterilização, acarreta um elevado perigo de surgimento de bactérias resistentes aos antibióticos, além de poderem levar, tanto os produtores rurais quanto os consumidores de alimentos, ao desenvolvimento de doenças como endocardite, meningite e infecções do trato urinário.

Adicionalmente, após a realização de sequenciamento do DNA em amostras de produção de *Bacillus thuringiensis* (Bt) em sistema *On-Farm*, com baixo nível de tecnologia, foram encontradas sequências genéticas de espécies como *Bacillus cereus*, um patógeno associado a infecções periodontais e outras infecções mais graves. Da mesma forma, outros gêneros de microrganismos foram encontrados nos multiplicados *On-Farm* que, por sua vez, podem apresentar riscos para mamíferos. Um dos isolados em destaque é pertencente ao gênero *Microbacterium*, constantemente encontrado em isolados clínicos humanos, tendo algumas espécies resistentes a múltiplos antibióticos. Outro gênero de prevalência foi o *Enterococcus*, tendo sido encontradas duas espécies preocupante *E. casseliflavus* e *E. gallinarum*, ligadas à endocardite e meningite em humanos (Valicente, 2018).

Ainda sobre o *B. thuringiensis*, outros trabalhos indicam questões importantes, como o fato de que, mesmo em amostras em que o sequenciamento genético confirmou a presença de Bt, cuidados adicionais são necessários, pois algumas cepas podem sintetizar β -exotoxina, que possui uma alta toxicidade em invertebrados e vertebrados, induzindo efeitos teratogênicos e mutagênicos. Por conta da sua elevada toxicidade, um dos critérios básicos para a produção de biopesticidas a base de Bt é a seleção de cepas que não produzam β -exotoxina (Santos *et al*, 2020).

Caso 4

Neste trabalho, foi avaliada a qualidade microbiológica dos produtos de multiplicação produzidos em propriedades que utilizam a produção *On-Farm* no Vale do São Francisco. A análise evidenciou que todas as amostras analisadas estavam contaminadas por diferentes espécies de bactérias e leveduras. Aproximadamente 84% das amostras apresentaram níveis elevados de bactérias coliformes totais e 75% das amostras tinham potencial presença de *Salmonella* sp. (Santos *et al*, 2020)

Portanto, estudos demonstram que os sistemas de multiplicação *On-Farm* apresentam riscos potenciais à saúde tanto dos manipuladores quanto dos consumidores

finais, quando a produção de microrganismos é feita de forma instável, podendo introduzir contaminantes fitopatogênicos e toxinas persistentes no ambiente, afetando o meio produtivo (Santos *et al*, 2020).

Porém, é importante reforçar que a produção de insumos biológicos exige conhecimento científico e processos rigorosos de controle de qualidade em todas as etapas. O que é necessário é um produto livre de contaminantes e que seja eficaz no controle de pragas e doenças. Para isso, tudo, desde a seleção e recebimento da matéria-prima até a embalagem final, precisa ser rigorosamente monitorado (Embrapa, 2021).

Essa preocupação com a qualidade de produção é justificada pelo fato de que a presença de uma única célula microbiana contaminante pode ser suficiente para resultar em contaminação dominante, levando à perda de todo o lote do produto. Contagens elevadas de coliformes totais são indicativos de condições sanitárias insatisfatórias durante o processo de melhoramento ou podem até revelar a possibilidade de matérias-primas de má qualidade (Embrapa, 2021). Ao multiplicar microrganismos que não são alvo do processo, o fabricante poderá aplicar microrganismos que não tenham o efeito desejado ou multiplicar microrganismos com potencial fitopatogênico (Oliveira-Jr, 2021). Isso pode transformar a redução de custos em um problema que tem o potencial de levar a grandes perdas. Além disso, a ocorrência e difusão destes casos pode levantar dúvidas sobre a efetividade dos produtos biológicos registrados e licenciados, o que impactaria negativamente o segmento e a credibilidade das empresas (Gabardo *et al*, 2021).

5.2.6 Elaboração do Folder

Embora traga vantagens, é fundamental que a produção *On-Farm* seja conduzida de maneira adequada, seguindo rigorosamente os procedimentos regulamentados, a fim de garantir a pureza e eficácia do processo.

Nesse contexto, foi desenvolvido pela autora, um folder de “**Boas Práticas na Multiplicação On-Farm**” ilustrado na Figura 5. Cujo objetivo é desempenhar uma ferramenta educacional de divulgação acessível e prática para os produtores, para os vendedores e para todos os membros da comunidade agrícola. Essa divulgação será feita pelas plataformas digitais, tais como ‘LinkedIn’ e grupos de ‘Facebook’ e ‘WhatsApp’ na

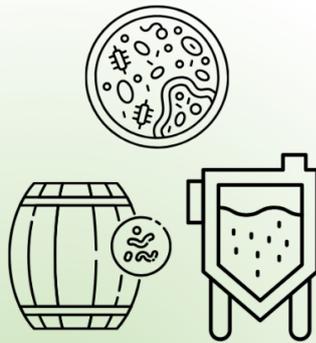
qual, a autora tem contanto com o público-alvo.

Espera-se que as informações trazidas neste material possam contribuir para a construção do conhecimento coletivo no campo, assim como ajudar a criar a cultura de atenção às boas práticas de produção.

Figura 5 (a) – Folder de boas práticas na multiplicação *On-Farm*.

Boas Práticas na Multiplicação *On Farm*

Material a ser aplicado para produtores de *On-Farm*



<https://www.linkedin.com/in/nathaliadelgado/>

1. AMBIENTE APROPRIADO

- Manter uma limpeza regular no local da multiplicação;
- Fazer a limpeza CIP (*Clean-in-place*) do biorreator seguindo as orientações do fabricante;
- Ao entrar nesse local, fazer uma higiene nas mãos e se possível usar (Equipamento de Proteção Individual (EPI's) como touca, propé, luvas e máscara;

2. USAR ÁGUA TRATADA

- O tratamento de água pode ser:
 - químico: com pastilhas de cloro e sanitizantes (usar medidor de cloro para avaliar a concentração de cloro na água)
 - físico (por aquecimento);
 - sistema de filtragem de água (filtros 25, 5 e 0,5 micras)
- Efetuar análise antes e depois do tratamento da água.

3. CONDIÇÕES IDEIAIS DE CRESCIMENTO

- Temperatura e pH da mistura, interferem a multiplicação dos microrganismos;
- Verificar com o responsável técnico a faixa de temperatura e pH ideal para o microrganismo de interesse;
- A aeração é importante para a troca de oxigênio e melhor desenvolvimento do microrganismo;
- Durante a multiplicação pode ocorrer formação de espuma, a qual interfere na aeração e que pode resultar em perda do produto;
- Utilizar a quantidade recomendada de antiespumante pela assistência técnica;

Fonte: autoria própria, 2023.

Figura 5 (b) – Folder de boas práticas na multiplicação *On-Farm*.

4. MEIO DE CULTURA

- Usar meio de cultura comercial estéril específico para cada tipo de microrganismo;
- Seguir as recomendações de dosagem;
- Usar todo o meio de cultura, pois se guardar para usar posteriormente ocorre contaminação do meio, perdendo assim o processo de esterilização da água.
- Produção de meio de cultura na fazenda:
 - produzir o meio de forma asséptica, seguindo as recomendações de limpeza e utilizar matéria prima de qualidade;

6. CONTROLE DE QUALIDADE



- Verificar a qualidade dos microrganismos produzidos por meio de testes laboratoriais é importante para garantir a eficácia do produto final;
- Realizar análises microbiológicas para verificar a presença de microrganismos desejados e a ausência de patógenos ou contaminantes indesejados;
- Fazer ou enviar amostras de água (antes e pós CIP), inóculo, meio de cultura e do produto multiplicado para análise de qualidade em laboratórios especializados e credenciados;

5. INÓCULO



- Adquirir o inóculo de referencia agrônômica de empresas ou instituições confiáveis que seguem o regimento do MAPA;
- Realizar pesquisas e consultar especialistas para identificar quais microrganismos são mais adequados para a sua região e cultura;

7. CAPACITAÇÃO TÉCNICA



- Todos os envolvidos no processo devem ser treinados para compreenderem as boas práticas de cultivo;
- Ou garantir que sempre tenha alguém da assistência técnica para dar suporte;

8. ARMAZENAMENTO



- O multiplicado *on farm* possui tempo de prateleira curto;
- Por isso, é recomendado que seja armazenado em um reservatório adequado em um ambiente resfriado e que não ultrapasse o tempo ideal de uso;

REFERÊNCIAS



SCAN ME

Fonte: autoria própria, 2023.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar neste trabalho, que a multiplicação de produtos biológicos com tecnologia *On-Farm* é uma alternativa viável em relação a produtos químicos, além de ser o complemento aos produtos biológicos produzidos em biofábricas. No entanto, por ser uma tecnologia recente, alguns aspectos legais ainda precisam ser desenvolvidos para que se possa tirar o máximo de proveito dessa tecnologia disruptiva.

A produção *On-Farm* também tem como limitação alguns casos em que produtores e técnicos não se atêm às boas práticas, nesses casos, ocorre o risco de que, ao invés de se obter o microrganismo alvo, sejam produzidos e dispersos contaminantes potencialmente perigosos à saúde humana e ao ambiente, o que reforça a necessidade da produção científica, assim como da sua popularização no meio produtivo e na sociedade, o que pode gerar uma maior conscientização de consumidores e de formuladores da legislação. Nesse sentido, a autora deixa disponível um folder de boas práticas de multiplicação *On-Farm* como material de divulgação.

Como recomendação para futuras pesquisas, a autora propõe a coleta de informações dos produtores *On-Farm* que são considerados leigos, ou seja, que não possuem formação acadêmica na área de microbiologia, mas atuam multiplicando os microrganismos a partir das recomendações dos técnicos das empresas de bioprodutos *On-Farm*. Com essas respostas, será possível obter uma visão da ponta do processo, o que pode auxiliar a comunidade acadêmica e aos técnicos da área a encontrarem soluções e melhorias para que essa tecnologia possa sempre evoluir.

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, L. S. **Avaliação da contaminação de meios de cultura utilizados para produção “On-Farm” de bioinseticida**. 2019. Universidade de Brasília, 2019. Trabalho de conclusão de curso de graduação.
- ABUHENA, M.; AL-RASHID, J.; AZIM, M. F.; KHAN, M. N. M.; KABIR, M. G.; BARMAN, N. C.; RASUL, N. M.; AKTER, S.; HUQ, M. A. Optimization of industrial (3000 L) production of *Bacillus subtilis* CW-S and its novel application for minituber and industrial-grade potato cultivation. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–19, 2022.
- ALFIKY, A.; WEISSKOPF, L. Deciphering *Trichoderma*–plant–pathogen interactions for better development of biocontrol applications. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 1, p. 61, 2021.
- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 22/10/2023.
- AGUILERA, J. G.; SANTOS, J. C. S.; SANTOS, C. S. O.; ZUFFO, A. M.; VIAN, R.; MEDEIROS, I. R. E.; BARBOSA, A.; SILVA, R. R.; BERNARDO, J. T.. Otimização do método de produção massal de *Trichoderma asperellum* (Ascomycota: Hypocreaceae) em arroz. **Acta biológica catarinense**, v. 7, n. 3, p. 46-58, 2020.
- AMARAL, Lívia. **Produção de bioinsumos on farm: 8 pontos de atenção para garantir o sucesso da produção na fazenda**. 2023. Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-producao-de-bioinsumos-on-farm/>> Acesso em 20/10/2023.
- ANFRUT - Associação Norte Noroeste dos Fruticultores. **Produção "On Farm" De Insumos Biológicos Na Anfrut**. 2021. Disponível em: <<https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/meio-ambiente-e-renda-1>>. Acesso em 30/10/2023.
- ANDRADE, Flavia Costa Carvalho de. **Avaliação de meios de cultura alternativos para crescimento bacteriano em pequenas e médias propriedades rurais**. 2022. Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Registro de Produtos Biológicos**. Disponível em <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/registro-de-produtos-biologicos>>.2020. Acesso em 26/10/2023.
- BARBOZA, N. S. C. B. **Eficiência de produtos biológicos comerciais e multiplicados On-Farm no controle de pragas e doenças no cafeeiro**. Universidade Federal de Uberlândia. 2022.
- BERNIERI, T.; RODRIGUES, D.; BARBOSA, I. R.; ARDENGHI, P. G.; BASSO DA SILVA, L. Occupational exposure to pesticides and thyroid function in Brazilian soybean farmers.

Chemosphere, v. 218, p. 425–429, 2019.

BETTIOL, W.; PINTO, Z. V.; SILVA, J. C.; FORNER, C.; FARIA, M. R.; PACIFICO, M. G.; COSTA, L. S. A. S. Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. In: MEYER, M. C. MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. ***Trichoderma: Uso na Agricultura***, p. 45, 2019.

BHAT, R. A.; BEIGH, B. A.; MIR, S. A.; DAR, S. A.; DERVASH, M. A.; RASHID, A.; LONE, R. Biopesticide Techniques to Remediate Pesticides in Polluted Ecosystems. **Research Anthology on Emerging Techniques in Environmental Remediation**, n. January, p. 336–356, 2022.

BOCATTI, C. R.; FERREIRA, E.; RIBEIRO, R. A.; DE OLIVEIRA CHUEIRE, L. M.; DELAMUTA, J. R. M.; KOBAYASHI, R. K. T.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Microbiological quality analysis of inoculants based on *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* produced “On-Farm” reveals high contamination with non-target microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, n. 1, p. 267–280, 2022.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA no 119, de 12 de janeiro de 2021**. 2021.

BRASIL. Decreto no 10.375, de 26 de maio de 2020: **Programa Nacional de Bioinsumos**. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 23 de janeiro de 2006**. 2006a.

BRASIL. **Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 23 de janeiro de 2006**. 2006b.

BRASIL. **Instrução Normativa Conjunta nº 3, de 10 de março de 2006**. 2006c.

BRASIL. Instrução Normativa nº 7, de 06 de junho de 1997, da CTNBio. Estabelece normas para o trabalho em contenção com Organismos Geneticamente Modificados. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, p. 11827-11833, 1997.

BUENO, T. **Desenvolvimento de bioprocesso para formulação de aditivo probiótico composto de esporos de *Bacillus subtilis* var. *subtillis* b-3666, utilizando subprodutos das indústrias de soja e cana, com aplicação no setor de nutrição animal**. Universidade Federal do Paraná. Tese de Doutorado. 2018.

CAMPAGNOLLA, C; MACÊDO, M. M. C. Revolução Verde: passado e desafios atuais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. 26952, 2022.

CANO-SANCHO, G.; CASAS, M. Interactions between environmental pollutants and dietary nutrients: Current evidence and implications in epidemiological research. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 75, n. 2, p. 108–113, 2021.

CHEN, Z. M.; LI, Q.; LIU, H. M.; YU, N.; XIE, T. J.; YANG, M. Y.; SHEN, P.; CHEN, X. D. Greater enhancement of *Bacillus subtilis* spore yields in submerged cultures by optimization of medium composition through statistical experimental designs. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 5, p. 1353–1360, 2010.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; DEL-VAL, E.; LARSEN, J.. The root endophytic fungus *Trichoderma atroviride* induces foliar herbivory resistance in maize plants. **Applied Soil Ecology**, v. 124, p. 45-53, 2018.

CORTIVO, C. D.; FERRARI, M.; VISIOLI, G.; LAURO, M.; FORNASIER, F.; BARION, G.; PANOZZO, A.; VAMERALI, T. Effects of Seed-Applied Biofertilizers on Rhizosphere Biodiversity and Growth of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Field. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. February, p. 1–14, 2020.

COSTA, G A N. **Produção biotecnológica de surfactante de *Bacillus subtilis* em resíduo agroindustrial, caracterização e aplicações**. 2005. Tese de Doutorado. Campinas State University, Campinas. 2022.

CROPLIFE. **Como são produzidos os bio defensivos de base microbiológica**. 06 de abril de 2020 a. Disponível em:< <https://croplifebrasil.org/noticias/como-sao-produzidos-os-bio-defensivos-de-base-microbiologica/> >. Acesso 22 de outubro de 2023.

CROPLIFE. **Conheça os protagonistas dos produtos biológicos disponíveis no Brasil**. 29 de julho de 2022 a. Disponível em:<<https://croplifebrasil.org/noticias/riscos-da-producao-On-Farm/>>. Acesso 09 de setembro de 2023

CROPLIFE. **Produção *On-Farm* de insumos biológicos e seus riscos além do campo**. 19 de julho de 2020 b. Disponível em:< <https://croplifebrasil.org/conceitos/conheca-os-protagonistas-dos-produtos-biologicos-disponiveis-no-brasil/>>. Acesso 21 de outubro de 2023.

CRUVINELL, A.; Silva, T. M.; ROCHA, M. A. M.; AZEVEDO, M. O.; AGUILERA, J. G.; BERNARDO, M. L. T.; BERNARDO, J. T.; ALMEIDA, J. E. M. Rentabilidade na produção de soja na fazenda Bom Jardim Lagoano com manejo de biológicos “*On-Farm*”. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e135111436112-e135111436112, 2022.

DIAS, João Luiz Martins. [Boas Práticas de Produção On Farm]. Whatsapp. 23.out. 2023.20:22. 50 mensagens de WhatsApp.

DIMKPA, C. O.; FUGICE, J.; SINGH, U.; LEWIS, T. D. Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency – Trends and perspectives. **Science of the Total Environment**, v. 731, p. 139113, 2020.

EL-BENAWY, N. M.; ABDEL-FATTAH, G. M.; GHONEEM, K. M.; SHABANA, Y. M.. Antimicrobial activities of *Trichoderma atroviride* against common bean seed-borne *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani*. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 267-280, 2020.

EL-BENDARY, M. A. *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus sphaericus* biopesticides production. **Journal of basic microbiology**, v. 46, n. 2, p. 158-170, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Produção de microrganismos para uso próprio na agricultura (*On-Farm*) - Esclarecimentos**

Oficiais. Disponível em < https://www.embrapa.br/esclarecimentos-oficiais/-/asset_publisher/TMQZKu1jxu5K/content/nota-tecnica-producao-de-microorganismos-para-uso-proprio-na-agricultura-on-farm-?inheritRedirect=false >. 2021. Acesso em 28 de setembro de 2023.

EPSTEIN, L. Fifty years since Silent spring. **Annual Review of Phytopathology**, v. 52, p. 377–402, 2014.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M, C. **Controle biológico de pragas da agricultura**, Brasília, DF: Embrapa, 2020.

GABARDO, G.; SILVA, H. L., CLOCK, D. C. “On-Farm” Production of microorganisms in Brazil. **Scientia Agraria Paranaensis**, 312–318. 2021

GHASEMI, S.; AHMADZADEH, M. Optimisation of a cost-effective culture medium for the large-scale production of *Bacillus subtilis* UTB96. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 46, n. 13, p. 1552–1563, 2013.

GOOD, A. G.; SHRAWAT, A. K.; MUENCH, D. G. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? **Trends in plant science**, v. 9, n. 12, p. 597–605, dez. 2004.

GUDIÑA, E. J.; FERNANDES, E. C.; RODRIGUES, A. I.; TEIXEIRA, J. A.; RODRIGUES, L. R. Biosurfactant production by *Bacillus subtilis* using corn steep liquor as culture medium. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. FEB, p. 1–7, 2015.

GUO, H.; SUN, F.; PAN, C.; YANG, B.; LI, Y. The deviation of the behaviors of rice farmers from their stated willingness to apply biopesticides—a study carried out in jilin province of China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 11, 2021.

GUPTA, R. S.; PATEL, S.; SAINI, N.; CHEN, S. Robust demarcation of 17 distinct bacillus species clades, proposed as novel bacillaceae genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: Description of *robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an emended genus *bacillus* limiting it. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 70, n. 11, p. 5753–5798, 2020.

HUANG, Y.; LUO, X.; TANG, L.; YU, W. The power of habit: does production experience lead to pesticide overuse? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 20, p. 25287–25296, 2020.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1–2, p. 413–425, 13 jan. 2010.

ISSALY, N.; CHAUVEAU, H.; AGLEVOR, F.; FARGUES, J.; DURAND, A. Influence of nutrient, pH and dissolved oxygen on the production of *Metarhizium flavoviride* Mf189 blastospores in submerged batch culture. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 3–4, p. 1425–1431, 2005.

JARONSKI, S. T.; MASCARIN, G. M. Mass production of fungal entomopathogens. **Microbial control of insect and mite pests**, p. 141-155, 2017.

JOHN, D. A.; BABU, G. R. Lessons From the Aftermaths of Green Revolution on Food System and Health. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, n. 2, p. 1–6, 2021.

KAMAEI, R.; FARAMARZI, F.; PARSA, M.; JAHAN, M. The effects of biological, chemical, and organic fertilizers application on root growth features and grain yield of Sorghum. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 18, p. 2221–2233, 2019.

KARAVA, M.; BRACHARZ, F.; KABISCH, J. Quantification and isolation of *Bacillus subtilis* spores using cell sorting and automated gating. **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, p. 1–15, 2019.

KOUR, D.; RANA, K. L.; YADAV, A. N.; YADAV, N.; KUMAR, M.; KUMAR, V.; VYAS, P.; DHALIWAL, H. S.; SAXENA, A. K. Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 23, n. December 2019, p. 101487, 2020.

KORSTEN, L.; COOK, N. Optimizing Culturing Conditions for *Bacillus Subtilis*. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, p. 54–58, 1996.

KULKARNI, S; GOSWAMI, A. Effect of Excess Fertilizers and Nutrients: A Review on Impact on Plants and Human Population. **SSRN Electronic Journal**, p. 2094–2099, 2019.

LALLOO, R.; MAHARAJH, D.; GÖRGENS, J.; GARDINER, N.; GÖRGENS, J. F. High-density spore production of a *B. cereus* aquaculture biological agent by nutrient supplementation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 83, n. 1, p. 59–66, 2009.

LANA, U. G. de P.; TAVARES, A. N. G.; AGUIAR, F. M.; GOMES, E. A.; VALICENTE, F. H. Avaliação da qualidade de biopesticidas à base de *Bacillus thuringiensis* produzidos em sistema *On-Farm*. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 191. 2019.

LI, L.; JIN, J.; HU, H.; DEVEAU, I. F.; FOLEY, S. L.; CHEN, H. Optimization of sporulation and purification methods for sporicidal efficacy assessment on *Bacillus* spores. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 49, n. 4, 2022.

LIU, Z.; BUDIHARJO, A.; WANG, P.; HUI SHI, H.; FANG, J.; BORRIS, R.; ZHANG, K.; HUANG, X. The highly modified microcin peptide plantazolicin is associated with nematicidal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 97, p. 10081-10090, 2013.

MANJARRES-LÓPEZ, D. P.; ANDRADES, M. S.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, S.; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J.; HERRERO-HERNÁNDEZ, E. Assessment of pesticide residues in waters and soils of a vineyard region and its temporal evolution. **Environmental Pollution**, v. 284, n. May, 2021.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Programa Nacional de Bioinsumos é lançado e vai impulsionar uso de recursos biológicos na agropecuária**. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-de-bioinsumos-e-lancado-e-vai-impulsionar-uso-de-recursos-biologicos-na-agropecuaria>

brasileira>. 2020. Acesso em 26 de agosto de 2023.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Registro e Pós-registro: Relação dos produtos registrados**. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/produtos-fitossanitarios/Produtosregistrados.pdf>>. 2023. Acesso em 22 de outubro 2023.

MARCELINO, P. R. F.; MILANI, K. M. L.; MALI, S.; SANTOS, O. J. A. P. dos; OLIVEIRA, A. M. de. Formulations of polymeric biodegradable low-cost foam by melt extrusion to deliver plant growth-promoting bacteria in agricultural systems. **Applied Microbiology and Biotechnology**, p. 1–16, 2016.

MARTEY, E.; KUWORNU, J. K. M.; ADJEBENG-DANQUAH, J. Estimating the effect of mineral fertilizer use on Land productivity and income: Evidence from Ghana. **Land Use Policy**, v. 85, n. April, p. 463–475, 2019.

MATOS, Mateus Fernandes; SILVA Leandro Israel da. Produção On Farm De *Bacillus Thuringiensis*: Uma alternativa para a agricultura sustentável. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**. V. 4, Nº 1, 2023

MATTEDI, A; SABBI, E.; FARDA, B.; DJEBAILI, R.; MITRA, D.; ERCOLE, C.; CACCHIO, P.; DEL-GALLO, M.; PELLEGRINI, M. Solid-State Fermentation: Applications and Future Perspectives for Biostimulant and Biopesticides Production. **Microorganisms**, v. 11, n. 6, p. 1408, 2023.

MATSUMURA, E. E.; SECCO, V. A.; MOREIRA, R. S.; DOS SANTOS, O. J. A. P.; HUNGRIA, M.; DE OLIVEIRA, A. L. M. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Annals of Microbiology**, p. 16, 2015.

MILLER, F. P. After 10,000 Years of Agriculture, Whither Agronomy? Previously Published in *Agron. J.* 100: 22–34. **Agronomy Journal**, v. 100, p. S-40-S-52, 2008.

MONDAL, S *et al.* Production and Application of Phosphate Solubilizing Bacteria as Biofertilizer: Field Trial at Maize Field, Uchalan, Burdwan District, West Bengal. **International Journal of Environmental & Agriculture Research**, v. 3, n. 1, p. 2454–1850, 2017.

MONTEIRO, S. M. S.; CLEMENTE, J. J.; CARRONDO, M. J. T.; CUNHA, A. E. Enhanced spore production of *Bacillus subtilis* grown in a chemically defined medium. **Advances in Microbiology**, v. 04, n. 08, p. 444–454, 2014.

MWALILINO, J. K.; KYANDO, I.; KILONZO, B. S.; MNYONE, L. L.; MULUNGU, L. S. Health risks assessment for paddy rice farmers during rice crop production in Eastern Tanzania. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 3, p. 1608–1615, 2020.

OIZA, N.; MORAL-VICO, J.; SÁNCHEZ, A.; OVIEDO, E. R.; GEA, T. Solid-State Fermentation from Organic Wastes: A New Generation of Bioproducts. **Processes**, v. 10, n. 12, p. 2675, 2022.

OLIVEIRA-JR., F. V. L. **Acompanhamento da multiplicação *On-Farm* de bactérias promotoras de crescimento e sua eficiência na cultura do milho em empresa de bioinsumos no oeste da Bahia.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2021.

OTEINO, N.; LALLY, R. D.; KIWANUKA, S.; LLOYD, A.; RYAN, D.; GERMAINE, K. J.; DOWLING, D. N. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. JUL, p. 1–9, 2015.

PAJČIN, I.; RONČEVIĆ, Z.; DODIĆ, J.; DODIĆ, S.; GRAHOVAC, M.; JOKIĆ, A.; GRAHOVAC, J. Effect of different inoculum preparation conditions on the biomass growth and antimicrobial activity of *Bacillus* sp. **Journal on Processing and Energy in Agriculture**, v. 23, n. 2, p. 96–100, 2019.

PANDEY, R. N.; JAISANI, P.; YADAV, D. L. *Trichoderma* spp. in the management of stresses in plants and rural prosperity. **Indian Phytopathology**, v. 74, n. 2, p. 453-467, 2021.

PARAJULI, S.; SHRESTHA, J.; SUBEDI, S.; PANDEY, M. Biopesticides: a sustainable approach for pest management. **SAARC Journal of Agriculture**, v. 20, n. 1, p. 1–13, 2022.

PEREIRA, S. **Monitoramento da qualidade de bioinsumos produzidos em sistema onfarm.** Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2022

PETRESCU-MAG, R. M.; BANATEAN-DUNEA, I.; VESA, S. C.; COPACINSCHI, S.; PETRESCU, D. C. What do Romanian farmers think about the effects of pesticides? Perceptions and willingness to pay for bio-pesticides. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 13, p. 1–16, 2019.

PINGALI, Prabhu L. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 109, n. 31, p. 12302-12308, 2012.

PRAKASH, V.; KAUSIK, B. Mass Multiplication of *Trichoderma* in Bioreactors. In: MANOHARACHARY, C.; SINGH, H. B.; VARMA, A. (Eds.). *Trichoderma: Agricultural Applications and Beyond*. **Soil Biology**, p 113-126. 2020.

PUCINIK, Gabriel. **Como é o sistema de multiplicação de bactérias na propriedade.** Youtube, 03 de outubro de 2022. Disponível em:< https://www.youtube.com/watch?v=urpUq0b5G08&t=8s&ab_channel=GabrielPucinik>. Acesso em 30/10/2023.

QUIROZ, R. C.; MALDONADO, J. J. C.; ALANIS, M. J. R.; TORRES, J. A.; SALDÍVAR, R. P. Fungi-based biopesticides: shelf-life preservation technologies used in commercial products. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 3, p. 1003–1015, 2019.

RANA, A.; SAHARAN, B.; JOSHI, M.; PRASANNA, R.; KUMAR, K.; NAIN, L. Identification of multi-trait PGPR isolates and evaluating their potential as inoculants for wheat. **Annals of Microbiology**, v. 61, n. 4, p. 893–900, 2011.

RIEDO, J.; WETTSTEIN, F. E.; ROSCH, A.; HERZOG, C.; BANERJEE, S.; BUCHI, L.; CHARLES, R.; WACHTER, D.; MARTIN-LAURENT, F.; BUCHELI, T. D.; WALDER, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils-The ghost of a conventional agricultural past? **Environmental Science and Technology**, v. 55, n. 5, p. 2919–2928, 2021.

ROSIELLO, R A V F. **Testes de concentrações de manipueira na produção de inóculo à base de *Bacillus subtilis* sobre o crescimento do trigo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

SABERI, F.; MARZBAN, R.; ARDJMAND, M.; PAJOU SHARIATI, F.; TAVAKOLI, O. Optimization of culture media to enhance the ability of local *Bacillus thuringiensis* var. tenebrionis. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 7, p. 468–475, 2020.

SAJU, K. A.; ANANDARAJ, M.; SARMA, Y. R. *On-Farm* production of *Trichoderma harzianum* using organic matter. **Indian Phytopathology**. 2002.

SANTANA, Alexa. **Biodefensivos. Controle biológico: agentes microbiológicos e macrobiológicos.** Disponível em <<https://elevagro.com/conteudos/materiais-tecnicos/biodefensivos>>. 2022. Acesso em 26/10/2023.

SANTOS, A. F. de J.; DINNAS, S. S. E.; FEITOZA, A. F. A. Microbiological quality of bioproducts multiplied *On-Farm* in the São Francisco valley: preliminary data. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, p. 530–543, 2017.

SANTOS, Adailson Feitoza de J. *et al.* **O que é preciso saber para produzir microrganismos na fazenda – on farm com menores riscos e maior eficiência – Um Guia Técnico.** 2023. 1.ed. Disponível em: <https://www.linkedin.com/posts/adailson-feitoza-81668549_vale-a-pena-produzir-microrganismos-on-farm-activity-7023741004625195008-rVOy?utm_source=share&utm_medium=member_desktop>. Acesso em 20/10/2023.

SANTOS, O. J. A. P.; GONÇALVES, L. S. A.; SCAPIM, C. A.; S.M. DE SOUSA, de; CASTRO, C. R.; Y. BABA, V.; DE OLIVEIRA, A. L. M. Screening of inbred popcorn lines for tolerance to low phosphorus. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, 2016.

SCAGLIOLA, M.; VALENTINUZZI, F.; MIMMO, T.; CESCO, S.; CRECCHIO, C.; PII, Y. Bioinoculants as Promising Complement of Chemical Fertilizers for a More Sustainable Agricultural Practice. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, n. January, p. 1–12, 2021.

SCHOLZ, R. W.; ULRICH, A. E.; EILITTÄ, M.; ROY, A. Sustainable use of phosphorus: a finite resource. **Science of the Total Environment**, v. 461, p. 799-803, 2013.

SILVA, S B; SCHMAEDECKE, C M; AYUB, M A Z. Uso de Glicerol Residual de Biodiesel e de Soro de Leite como Substratos Alternativos para a Produção de Ácido Gama-Poliglutâmico. **XVIII Simpósio Nacional de Bioprocessos**. Caxias do sul, RS. 2011.

SINGH, R.; SINGH, H.; RAGHUBANSHI, A. S. Challenges and opportunities for

agricultural sustainability in changing climate scenarios: a perspective on Indian agriculture. **Tropical Ecology**, v. 60, n. 2, p. 167–185, 2019.

SOLUBIO. **10 Mandamentos da Produção de Bioinsumos OnFarm**. 2022. Disponível em: <<https://www.solubio.agr.br/post/10-mandamentos-producao-bioinsumos-onfarm>>. Acesso em 20/10/2023.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. A. P. dos; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. C. Plant growth-promoting bacteria associated with nitrogen fertilization at topdressing in popcorn agronomic performance. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 33–40, 2016.

STOJANOVIĆ, S. S.; KARABEGOVIĆ, I.; BEŠKOSKI, V.; NIKOLIĆ, N.; LAZIĆ, M. *Bacillus* based microbial formulations: Optimization of the production process. **Hemijaska Industrija**, v. 73, n. 3, p. 169–182, 2019.

SUN, Y.; HU, R.; ZHANG, C. Does the adoption of complex fertilizers contribute to fertilizer overuse? Evidence from rice production in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, p. 677–685, 2019.

VALICENTE, Fernando Hercos *et al.* Riscos à produção de biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis*. **Circular Técnica**, v. 239, p. 20, 2018.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. **African journal of agricultural research**, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, 2016.

WU, H.; MACDONALD, G. K.; GALLOWAY, J. N.; ZHANG, L.; GAO, L.; YANG, L.; YANG, J.; LI, X.; LI, H.; YANG, T. The influence of crop and chemical fertilizer combinations on greenhouse gas emissions: A partial life-cycle assessment of fertilizer production and use in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 168, p. 105303, 2021.

WU, R.; CHEN, G.; PAN, S.; ZENG, J.; LIANG, Z. Cost-effective fibrinolytic enzyme production by *Bacillus subtilis* WR350 using medium supplemented with corn steep powder and sucrose. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–10, 2019.

XIA, Y.; XIE, S.; MA, X.; WU, H.; WANG, X.; GAO, X. The purL gene of *Bacillus subtilis* is associated with nematicidal activity. **FEMS microbiology letters**, v. 322, n. 2, p. 99-107, 2011.

ZAIDI, N. W.; SINGH, M.; KUMAR, S.; SANGLE, U. R.; NITYANAND; SINGH, R.; SACHITANAND; PRASAD, R.; SINGH, S. S.; SINGH, S.; YADAV, A. K.; SINGH, A.; WAZA, S. A.; SINGH, U. S. *Trichoderma harzianum* improves the performance of stress-tolerant rice varieties in rainfed ecologies of Bihar, India. **Field Crops Research**, v. 220, p. 97-104, 2018.