

BIOINSUMOS: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL

BIOINPUTS: A SUSTAINABLE ALTERNATIVE

BIOINSUMOS: UNA ALTERNATIVA VIABLE

Paola Naiara Conti¹, Lucas França Tanaro², Luciana Fagundes Christofari³, Tanea Maria Bisognin Garlet⁴, Nelson Guilherme Machado Pinto⁵, João Pedro Velho⁶

DOI: 10.54899/dcs.v23i86.3870

Recibido: 25/11/2025 | Aceptado: 26/11/2025 | Publicación en línea: 26/01/2026.

RESUMO

O presente artigo analisa a viabilidade dos bioinsumos como alternativa aos insumos químicos convencionais no contexto da agricultura brasileira. Por meio de uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa, foram sistematizadas evidências científicas e institucionais entre 2015 e 2025. O estudo contempla os marcos regulatórios recentes, como o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), e a Lei nº 15.070/2024, além de discutir a tipologia dos bioinsumos e suas aplicações agronômicas, com destaque para biofertilizantes, biopesticidas e bioestimulantes. Examina-se a expansão da produção on-farm e o protagonismo de startups e biofábricas como vetores de inovação. A análise evidencia barreiras técnicas, normativas e socioculturais que limitam a adoção, especialmente entre pequenos e médios produtores, e aponta a necessidade de ajustes regulatórios, capacitação e suporte técnico. A comparação entre pesticidas químicos e bioinsumos resalta vantagens como maior especificidade, menor toxicidade e impacto ambiental reduzido. Conclui-se que os bioinsumos têm potencial estratégico para impulsionar uma agricultura de base biológica, com menor pegada ecológica, contribuindo para a resiliência produtiva, a segurança alimentar e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Palavras-chave: Sustentabilidade. Insumos Biológicos. Agricultura. Inovação.

ABSTRACT

The present article analyzes the feasibility of bioinputs as an alternative to conventional chemical inputs in the context of Brazilian agriculture. Through an integrative literature review with a

¹ Licenciada em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: paola.conti@acad.ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-6080-1098>

² Bacharel em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: lucas.franca@acad.ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-1684-8755>

³ Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: tanea.garlet@ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1188-5804>

⁴ Doutora em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: luciana_christofari@ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7637-3423>

⁵ Doutor em Administração, Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: nelson.pinto@ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1105-2271>

⁶ Doutor em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: velhojp@ufsm.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3901-8200>

qualitative approach, scientific and institutional evidence published between 2015 and 2025 was systematized. The study encompasses recent regulatory frameworks, such as the National Bioinputs Program (PNB) and Law No. 15.070/2024, and discusses the typology of bioinputs and their agronomic applications, with emphasis on biofertilizers, biopesticides, and biostimulants. The expansion of on-farm production and the growing role of startups and biofactories as drivers of innovation are examined. The analysis highlights technical, regulatory, and sociocultural barriers that limit adoption, especially among small and medium-sized producers, and points to the need for regulatory adjustments, training, and technical support. The comparison between chemical pesticides and bioinputs underscores advantages such as greater specificity, lower toxicity, and reduced environmental impact. It is concluded that bioinputs hold strategic potential to promote a biologically based agriculture with a smaller ecological footprint, contributing to productive resilience, food security, and the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Sustainability. Biological Inputs. Agriculture. Innovation.

RESUMEN

El presente artículo analiza la viabilidad de los bioinsumos como alternativa a los insumos químicos convencionales en el contexto de la agricultura brasileña. Mediante una revisión integrativa de la literatura, con un enfoque cualitativo, se sistematizaron evidencias científicas e institucionales publicadas entre 2015 y 2025. El estudio abarca los marcos regulatorios recientes, como el Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) y la Ley n.º 15.070/2024, además de discutir la tipología de los bioinsumos y sus aplicaciones agronómicas, con énfasis en biofertilizantes, biopesticidas y bioestimulantes. Se examina la expansión de la producción *on-farm* y el protagonismo creciente de startups y biofábricas como vectores de innovación. El análisis evidencia barreras técnicas, normativas y socioculturales que limitan la adopción, especialmente entre pequeños y medianos productores, y señala la necesidad de ajustes regulatorios, capacitación y apoyo técnico. La comparación entre los plaguicidas químicos y los bioinsumos resalta ventajas como mayor especificidad, menor toxicidad y reducción del impacto ambiental. Se concluye que los bioinsumos poseen un potencial estratégico para impulsar una agricultura de base biológica, con una menor huella ecológica, contribuyendo a la resiliencia productiva, la seguridad alimentaria y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Palabras clave: Sostenibilidad. Insumos Biológicos. Agricultura. Innovación.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade a discussão sobre a degradação ambiental tornou-se pauta central entre as diversas áreas do setor agrícola e pecuária, onde todas decisões, medidas e políticas visam desacelerar as emissões de gases do efeito estufa e promover o desenvolvimento sustentável,

principalmente com foco na utilização responsável dos recursos e na mitigação das causas que acarretam as mudanças climáticas.

Dentre as principais fontes de emissões de gases do efeito estufa no cenário produtivo, está o uso exacerbado de agroquímicos que muitas commodities são altamente dependentes. O Brasil, que a partir de 2008 passou a ocupar a posição de maior consumidor de agrotóxicos do mundo, exemplifica essa realidade. O modelo de agricultura predominante no país é caracterizado como químico-dependente, onde os agrotóxicos são vistos como uma tecnologia essencial para o aumento da produtividade (Ribeiro *et al.*, 2022).

No contexto nacional, a soja ocupa posição estratégica na mitigação das mudanças climáticas, uma vez que ocupa a primeira posição no setor agrícola na utilização de insumos químicos e é a cultura mais exportada, liberando Gases do Efeito Estufa, como o óxido nitroso (N₂O), por meio da adubação nitrogenada (ICMBio, 2024). Atualmente, o Mato Grosso é o principal estado que cultiva soja no país, no ano de 2023, paralelamente, teve a maior utilização de agrotóxicos químicos, com 165.679 toneladas de acordo com o relatório de Comercialização de Agrotóxicos (2023).

Adicionalmente, de acordo com o Sindiveg (2025), a soja representou 57% da área tratada (1.000 ha), enquanto milho ocupou a segunda posição, com 16%, seguido pelo algodão com 7%. Dentro deste panorama, no ano de 2024 o valor de produto aplicado por estado somou um total de US\$19.928.000, destacando a região Centro-Oeste como principal ator neste cenário. Ainda, pode-se considerar dentro desta análise o Glifosato como principal ativo mais vendido no ano de 2023, utilizado em larga escala nos cultivos citados acima, sendo empregado para o controle de plantas e ervas daninhas (Ibama, 2023).

Diante deste panorama, objetiva-se a adoção e promoção de novos modelos produtivos que possam otimizar de maneira responsável o cenário agrícola. Os bioinsumos surgem como uma possibilidade viável para os agricultores, alinhados às atuais demandas. Eles são caracterizados como um produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, que podem ser aplicados na produção, armazenamento e beneficiamento, atuando positivamente no crescimento e desenvolvimento de plantas, animais ou microrganismos, interagindo com processos físico-químicos e biológicos (Brasil, 2020).

Este recurso natural, apesar de ser considerado uma inovação no agronegócio, remonta há mais de 2.000 anos, quando, na China, formigas foram empregadas para controlar pragas em plantações de laranja. No Brasil, o primeiro caso de sucesso em larga escala se deu na década de

1920, com a introdução de parasitóides como *Encarsia berlesei* e *Aphelinus mali* para o controle de pragas específicas na produção de pêssegos e maçãs.

Com o avanço tecnológico atrelado a necessidade de novos métodos produtivos alinhados às exigências atuais, o termo bioinsumos tornou-se central para a promoção da agricultura sustentável. Um exemplo de sucesso é o uso da bactéria *Bradihirzobium* spp. na cultura da soja, onde ela é empregada nas sementes para posteriormente resultar na formação de nódulos radiculares, nos quais as bactérias se abrigam e recebem alimento da planta hospedeira, reduzindo a utilização de adubos nitrogenados e otimizando os custos de produção (Hungria; Campo; Mendes, 2007).

Este olhar inovador também foi impulsionada por preocupações ambientais e regulamentações supranacionais mais rigorosas. Países, como a Dinamarca, Holanda, Índia e EUA adotam políticas de agricultura sustentável e de redução de produtos químicos tóxicos, incentivando a pesquisa e a adoção de bioinsumos (Cunha, 2023). No Brasil, em 2024 a Lei nº 15.070/2024 regulamenta a produção, a importação, a exportação, o registro, a comercialização, o uso, a inspeção, a fiscalização, a pesquisa, a experimentação, a embalagem, a rotulagem, a propaganda, o transporte, o armazenamento, as taxas, a prestação de serviços, a destinação de resíduos e os incentivos à produção de bioinsumos para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal.

Assim, esta prática alternativa encontra-se como uma poderosa ferramenta para o avanço diante dos intempéries, vinculado a redução de custos e a resiliência agrícola. Contudo, por ainda se encontrar de maneira recente na legislação e estar em estágio inicial diante da difusão para agricultores, ainda existem diversas limitações e entraves acerca do seu emprego de maneira efetiva.

Visto isso, o objetivo deste trabalho é analisar o panorama histórico, normativo e técnico-científico dos bioinsumos no Brasil, explorando sua evolução regulatória, classificações agronômicas, modelos de produção e inovação, bem como seu potencial de contribuição para a sustentabilidade agrícola e enfrentamento das mudanças climáticas. Busca-se ainda compreender os fatores que influenciam sua adoção no campo, contrastando experiências nacionais e internacionais, além de comparar os impactos técnico-ambientais dos bioinsumos frente aos insumos químicos convencionais, com vistas à identificação de oportunidades, desafios e caminhos para sua consolidação no país.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa, voltada à sistematização do conhecimento científico acumulado sobre os bioinsumos no contexto da agricultura brasileira. A escolha por essa metodologia justifica-se por seu potencial de reunir e analisar criticamente pesquisas empíricas e teóricas já publicadas, com vistas à identificação de padrões, lacunas, convergências e contribuições relevantes à compreensão da consolidação dos bioinsumos como alternativa aos insumos químicos tradicionais (Souza; Silva, 2010).

A busca por material empírico e teórico foi realizada na plataforma do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Adicionalmente foram utilizados documentos técnicos e institucionais, como relatórios, bases regulatórias e técnicas, e ainda estudos de caso secundários registrados em artigos científicos, relatórios de pesquisa e publicações institucionais nacionais e internacionais.

A busca bibliográfica foi conduzida utilizando descritores controlados em português e inglês, combinados com operadores booleanos (AND/OR), conforme exemplo: ("bioinsumos" OR "biological inputs") AND ("políticas públicas" OR "public policies"); ("agroecologia" OR "agroecology") AND ("inovação" OR "innovation"); ("adoção tecnológica" OR "technology adoption") AND ("agricultura" OR "agriculture").

O recorte temporal da pesquisa foi definido para abranger publicações de artigos realizados entre janeiro de 2015 e maio de 2025. Para a seleção dos resultados, foram adotados critérios de inclusão, sendo apenas selecionados artigos científicos originais que abordassem diretamente a temática relacionada à adoção, utilização e regulamentação de bioinsumos, incluindo seus aspectos sustentáveis e inovadores. Enquanto para exclusão optou-se por descartar teses, dissertações, editoriais, resenhas de livros, notícias e anais de congresso, ou então estudos que não se conectam diretamente ao tema proposto.

A análise dos dados foi realizada por meio da análise de conteúdo temática, conforme os procedimentos de codificação e categorização preconizados por Bardin (2004) e Minayo (2008). Inicialmente, os artigos foram organizados em fichas de leitura, estruturadas segundo algumas categorias analíticas, como o tipo de bioinsumo, o setor envolvido, as aplicações agrônômicas, seus desafios técnicos, regulatórios e produtivos, bem como os impactos ambientais e sustentáveis.

Posteriormente, com base na leitura exploratória e na posterior imersão analítica, foram definidos quatro eixos temáticos principais: produção - modos de produção (on-farm, industrial); inovação - presença de startups, aplicação de tecnologias emergentes; regulação - marcos legais, programas públicos e barreiras regulatórias; e adoção - fatores de difusão, percepção de risco, assistência técnica e barreiras culturais. A partir desses eixos, emergiram subcategorias específicas com base nos dados empíricos encontrados.

Para garantir a consistência dos achados, foi realizado um processo de validação por triangulação, confrontando as evidências dos artigos científicos com documentos institucionais e dados setoriais. Esse procedimento buscou integrar diferentes fontes e perspectivas (governamental, acadêmica, técnica e produtiva), permitindo uma compreensão mais robusta e crítica do fenômeno em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Panorama Histórico e Normativo dos Bioinsumos no Brasil

No ano de 2024, houve um marco de suma importância para o fortalecimento da área de insumos agrícolas biológicos, onde o Decreto nº 10.375/2020, que caracterizava estes produtos como uma alternativa para a sustentabilidade do setor, sofre alterações por meio do Decreto nº 11.940/2024, passando a instituir o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), no âmbito do Ministério da Agricultura e Pecuária.

Dentre as responsabilidades governamentais, estão a iniciativa de fomentar parcerias públicas e privadas, além de buscar cooperação para pesquisas, tendo como um objetivo a criação do Observatório Nacional de Bioinsumos, a fim de estimular inovação, produção regional, financiamento e acesso a crédito. Sendo ainda de extrema necessidade estabelecer normas específicas para cadastro e registro de bioinsumos, atrelado a capacitação e campanhas de conscientização.

Assim, espera-se por meio destes novos marcos institucionais, objetivar a atualização e o aprimoramento da legislação, apoiando startups, cooperativas e biofábricas para a promoção de práticas sustentáveis como agrofloresta, ILPF, plantio direto e aquicultura sustentável, além de consequentemente estimular o reaproveitamento de resíduos.

No entanto, existem diversas questões que ainda norteiam e levantam especulações acerca do sucesso dos bioinsumos, Segundo Goulet *et al.*, (2024), o aspecto principal é a reprodução dos padrões laboratoriais fora do laboratório, ou seja, em empresas, biofábricas e propriedades rurais. Onde é necessário haver a inclusão de equipamentos, protocolos, qualificação técnica e controle sanitário. Isso evidencia as desigualdades entre os atores e sua adoção, enquanto empresas consolidadas conseguem replicar tais condições, a produção on-farm por agricultores enfrenta críticas pela suposta falta de controle, qualificação e rigor microbiológico.

No mesmo sentido, o estudo de Sousa e Sampaio (2024) aponta para a baixa efetividade das Especificações de Referência (ERs) como instrumento normativo para o uso de bioinsumos, especialmente entre pequenos agricultores. A falta de conhecimento técnico, a escassa articulação entre pesquisa e extensão, e a burocratização dos processos contribuem para a subutilização desses insumos, mesmo diante de um ambiente legal favorável. Neste panorama, se vê necessário a uma articulação integral, um processo contínuo e adaptável aos diferentes contextos agrícolas, compreendendo sua pluriatividade e especificidades para o cumprimento destas normas, especialmente aquelas ligadas às exigências sanitárias.

Embora esteja havendo uma mudança tanto no contexto nacional, quanto internacional, acerca da discussão sobre bioinsumos, onde eles estão sendo inseridos na agricultura atual por meio de programas nacionais e mudanças regulatórias, é necessário destacar que o objetivo não é romper com o modelo agroindustrial dominante, mas promover uma coexistência estratégica, buscando otimizar a produção e promover a sustentabilidade, especialmente em países em desenvolvimento, onde, comumente, é visado a produção de maneira intensiva (Goulet, 2021).

Classificação e Aplicações Agronômicas dos Bioinsumos

A classificação dos bioinsumos pode ser realizada com base em sua natureza ontológica, ou seja, a partir do que eles são em termos biológicos e físico-químicos, independentemente de sua finalidade agrícola. Sob essa perspectiva, os bioinsumos se dividem em cinco categorias principais: os microrganismos; macroorganismos; substâncias naturais; semioquímicos; e complexos mistos.

Os microrganismos incluem bactérias, fungos, vírus entomopatogênicos e leveduras utilizados em biofertilizantes e biocontrole, sendo os insumos mais amplamente regulamentados e aplicados no país. Os macroorganismos, por sua vez, englobam entomofauna benéfica como

insetos predadores, parasitoides e ácaros utilizados no controle biológico inundativo. Já as substâncias naturais, embora não contenham organismos vivos, são derivadas de materiais biológicos e incluem extratos vegetais, ácidos húmicos e compostos orgânicos promotores de crescimento ou defesa vegetal. Os semioquímicos, como feromônios e aleloquímicos, atuam como mediadores químicos de comunicação entre organismos e têm aplicação crescente em monitoramento e manejo integrado de pragas. Por fim, os bioinsumos complexos ou mistos, como o bokashi ou compostos líquidos fermentados produzidos on-farm, combinam diferentes agentes e apresentam desafios específicos para normatização. Essa classificação é fundamental para orientar tanto a regulação e a pesquisa científica, quanto o desenvolvimento de políticas públicas mais adequadas às múltiplas formas de produção e uso de bioinsumos no Brasil.

Adequadas às múltiplas formas de produção e uso de bioinsumos no Brasil, essas formulações podem ser aplicadas como bioinoculantes, compostos microbianos capazes de estimular o crescimento vegetal e melhorar a eficiência produtiva. Nesse contexto, o estudo de Thakur et al. (2023) demonstrou a eficácia de uma cepa multifuncional de *Pseudomonas* sp., isolada da rizosfera de *Bergenia ciliata* e aplicada no cultivo de *Andrographis paniculata*. Os resultados revelaram aumento na produção de ácido indolacético (AIA), maior solubilização de fosfato e calcário, produção de amônia e incremento na tolerância à seca. Dessa forma, o bioinoculante promoveu um crescimento vegetal mais eficiente, dispensando o uso de fertilizantes químicos. Já Srithaworn *et al.* (2023), observou que cepas de bactérias solubilizadoras de zinco isoladas da rizosfera de amendoim, batata-doce e mandioca, aplicadas na cultura da soja verde (*Glycine max*), promoveu o aumento de massa seca da planta, o número de grãos por planta e o comprimento radicular, sendo, ainda, uma alternativa sustentável ao uso de sulfato de zinco.

Outra potencialidade destas alternativas, são como biofertilizantes, uma das áreas mais estudadas nas últimas décadas. Onde Zhao *et al.* (2024), evidenciou que as pesquisas evoluíram sobre insumos nitrogenados para ferramentas multifuncionais que atuam como bioinoculantes, regulando a nutrição vegetal, o crescimento e o equilíbrio microbiano do solo, tendo como foco, principalmente, as pseudomonas, os *Bacillus*, *Azospirillum*, *Rhizobium* e fungos como *Trichoderma* e micorrizas. Neste sentido, uma das possíveis aplicações destes biofertilizantes encontra-se nas comumentes commodities que exigem a aplicação em larga escala de produtos químicos, como o algodão, atrelado a isso, Ding *et al.* (2024) demonstraram que a aplicação de biofertilizantes contendo *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* melhora as propriedades do

solo, aumenta a biomassa microbiana e eleva a produtividade deste cultivo, especialmente sob irrigação com água de baixa ou moderada salinidade.

Paralelamente, os biopesticidas promovem a resiliência produtiva e encontram-se como uma forma essencialmente sustentável de garantir o combate eficaz de diversas commodities diante as pragas, que estão adaptando-se e tornando-se resistentes aos métodos convencionais. Dentro deste campo, ainda é possível diferenciá-los como bioherbicidas, biofungicidas e bioinseticidas, surgindo diversas possibilidades a serem exploradas. Atualmente, uma das vertentes concentra-se na pesquisa com Óleos Essenciais, por meio do uso de nanoencapsulação e formulações inteligentes, como emulsões poliméricas e/ou nanopartículas, aumentando a estabilidade, eficiência, e liberação controlada deste composto. Assim, eles estão entre as tecnologias promissoras, por meio da inclusão da encapsulação com quitosana, lipídios estruturados e ciclodextrinas, apresentando alta eficácia, baixo impacto ambiental e potencial para substituir pesticidas sintéticos em manejo integrado de pragas (Gupta *et al.*, 2023).

Para Aioub *et al.* 2024, já existem vários produtos já estão disponíveis comercialmente, tendo como expectativa de que os biopesticidas substituam completamente os pesticidas sintéticos até 2050, destacando o uso de resíduos orgânicos e algas cultivadas em águas residuais como fontes baratas e sustentáveis. Portanto, eles são vistos como aliados centrais na agricultura de baixo impacto ambiental, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Por fim, os bioestimulantes, quando aplicados em plantas ou nas rizóforas, estimulam processos naturais para melhorar a absorção de nutrientes, a tolerância a estresses abióticos e a qualidade das culturas. Zhang *et al.* (2023), enfatiza o potencial de utilização e reaproveitamento de resíduos agrícolas, industriais e urbanos como fonte sustentável e de baixo custo para produção de bioestimulantes. Dentre estas possibilidades, é possível incluir a compostagem, os extratos vegetais e animais, quitina e quitosana, além de produtos de pirólise e fermentação. Segundo Prisma e Spagnuolo (2023), as espécies de microalgas *Chlorella* spp. e *Arthrospira platensis* são fontes promissoras devido à sua capacidade de melhorar a absorção de nutrientes, estimular o crescimento radicular e desenvolvimento vegetativo, aumentar a resistência a estresses salinos, térmicos e oxidativos, além de melhorar a qualidade dos frutos. Eles podem ser aplicados por meio da pulverização foliar, aplicação ao solo e ainda no tratamento de sementes. No entanto, o uso de microalgas ainda é limitado por conta dos custos de produção, sugerindo o uso de resíduos e integração com outras cadeias produtivas para viabilizar sua adoção em larga escala.

Modelos de Produção e Inovação

A produção on-farm de bioinsumos tem ganhado relevância no cenário agropecuário brasileiro como uma estratégia de baixo custo, autonomia produtiva e sustentabilidade. Essa modalidade consiste na fabricação de bioinsumos diretamente nas propriedades rurais, com uso exclusivo na própria produção agrícola, sem fins comerciais. Seu marco inicial remonta ao Decreto nº 6.913/2009, que desobrigou o registro de produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica quando destinados ao uso próprio. Essa prerrogativa foi posteriormente ampliada com o Decreto nº 10.833/2021, que estendeu a isenção também à agricultura convencional. Tais alterações normativas foram determinantes para o crescimento da prática no Brasil, em especial entre grandes produtores.

Nesse contexto, as chamadas biofábricas on-farm têm se consolidado como instrumentos centrais para a materialização do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), instituído pelo Decreto nº 10.375/2020. De acordo com levantamento realizado por Xavier e Rodrigues (2024), foram identificadas 30 biofábricas em funcionamento nas propriedades rurais do país. A maioria está concentrada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para os estados de Minas Gerais (6), São Paulo (4), Goiás (4) e Mato Grosso do Sul (3). Por outro lado, observou-se baixa presença nas regiões Norte e Nordeste, o que evidencia um desequilíbrio na difusão territorial dessa política pública e reforça a necessidade de estratégias de interiorização e apoio técnico para regiões historicamente desassistidas.

Além da localização, o estudo revelou importantes dados sobre o perfil dos produtores e os usos dos bioinsumos. A maioria das biofábricas pertence a grandes propriedades rurais (74%), com produção voltada prioritariamente ao controle biológico de pragas e doenças, mas também ao desenvolvimento de biofertilizantes, bioinoculantes e promotores de crescimento vegetal. Contudo, existe um alerta para sérias fragilidades nos processos de controle de qualidade, como a ausência de protocolos padronizados, pouca capacitação técnica e riscos de contaminação biológica, inclusive com microrganismos potencialmente patogênicos.

A falta de um manual oficial de boas práticas para a produção on-farm, previsto pelo próprio PNB, ainda constitui uma lacuna crítica. Embora iniciativas como guias técnicos da Embrapa ofereçam suporte parcial, há necessidade de uma padronização normativa e técnica capaz de garantir segurança biológica e eficácia agronômica, especialmente frente à crescente complexidade dos microrganismos utilizados nas formulações.

Dessa forma, a expansão das biofábricas e da produção on-farm deve ser acompanhada de investimento em formação técnica, protocolos de segurança e regulação clara, de modo a assegurar que os potenciais benefícios dos bioinsumos se concretizem com baixo risco e alto impacto socioambiental. Como destaca Faria e Wander (2024), a construção de um marco regulatório moderno e coerente com as especificidades do setor é fundamental para garantir segurança jurídica, viabilidade econômica e fomento à inovação, especialmente para novos atores como startups e biofábricas empresariais. O avanço sustentável desse modelo dependerá, portanto, da articulação entre política pública, conhecimento técnico e capacidade produtiva instalada.

Nesse contexto, destaca-se o papel estratégico desempenhado por empresas consolidadas e startups inovadoras, que vêm transformando o mercado por meio de novas tecnologias, bioprocessos otimizados e modelos de negócio flexíveis, incluindo a produção descentralizada e o fornecimento de biofábricas on-farm.

Empresas como a Biotrop, que atua em mais de 41 milhões de hectares com soluções biológicas e detém um robusto portfólio de patentes verdes, lideram o setor com foco em escala e eficiência. A Solubio vem se destacando pela proposta de produção on-farm industrializada, oferecendo sistemas integrados que reduzem custos e facilitam o acesso a bioinsumos diretamente na fazenda. Já a Demetra Agrosience e a Simbiômica avançam em produtos de terceira geração, com base em metabólitos bacterianos e bioprospecção genômica, agregando valor e inovação ao setor.

A IdeeLab Biotecnologia, premiada nacionalmente, desenvolve insumos biológicos incubados na ESALQ Tec com forte base científica. A YBY Inovações Biotecnológicas, vinculada à UFPB, investe em inoculantes inéditos para gramíneas, enquanto a SeaCarbon aposta no uso de macroalgas para desenvolvimento de bioinsumos sustentáveis. Outras iniciativas, como a AMD Agro, responsável por instalar bolsas de biofábricas on-farm que tratam mais de 600 mil hectares, e a GoGenetic, especializada em controle genético de qualidade, demonstram a diversidade de modelos e especializações emergentes.

Dados recentes indicam que o Brasil já abriga mais de 150 empresas produtoras de bioinsumos e cerca de 78 startups ativas no setor. Juntas, essas organizações atuam em áreas como controle biológico, manejo integrado, fertilizantes biológicos, inoculantes microbianos e bioestimulantes. O setor movimentou cerca de R\$ 5,7 bilhões na última safra, com expectativa

de ultrapassar R\$ 9 bilhões até 2030, reforçando sua relevância na transição para uma agricultura de baixo carbono.

Além das empresas, iniciativas coletivas e institucionais fortalecem o ambiente regulatório e de inovação. A ABINBIO (Associação Brasileira das Indústrias de Bioinsumos) representa o setor junto a órgãos públicos e regulações emergentes. A CropLife Brasil, por sua vez, reúne mais de 50 empresas atuantes em biotecnologia, defensivos agrícolas e bioinsumos, articulando estratégias de mercado e acesso a tecnologias.

Diante desse panorama, fica evidente que o avanço dos bioinsumos no Brasil depende não apenas da atuação estatal, mas também do vigor do setor empresarial e do ambiente de inovação promovido por startups, biofábricas tecnológicas e parcerias com centros de pesquisa. A interconexão entre ciência, mercado e políticas públicas tem sido determinante para consolidar o Brasil como um dos líderes globais em soluções biológicas aplicadas à agricultura.

Adoção de Bioinsumos: Barreiras e Facilitadores

Estudo de Xavier e Rodrigues (2024) revela que a produção e uso de bioinsumos ainda são majoritariamente adotados por grandes propriedades convencionais, que detêm mais capital técnico e acesso a conhecimento especializado. Em contraste, pequenos e médios produtores enfrentam limitações técnicas e regulatórias, o que gera insegurança quanto à eficácia e ao manejo adequado desses insumos. Faria e Wander (2024) complementam essa análise ao indicar que o arcabouço normativo atual ainda é baseado na lógica dos agrotóxicos, o que dificulta a flexibilização necessária para estimular inovação e acessibilidade dos bioinsumos, especialmente para agricultores familiares.

Além disso, conforme Oliveira *et al.* (2023), mesmo entre produtores orgânicos, o uso efetivo dos bioinsumos registrados ainda é reduzido. Isso se deve a fatores como falta de conhecimento sobre os produtos disponíveis, dificuldades de acesso, limitações financeiras e preferências por métodos preventivos tradicionais, como consórcios, adubação verde e extratos vegetais. A pesquisa mostra que, embora existam mais de 500 bioinsumos cadastrados na plataforma da Embrapa, com 332 autorizados para a agricultura orgânica, seu uso ainda não é expressivo no campo.

Estudos internacionais reforçam que a adoção de tecnologias agrícolas inovadoras, depende de múltiplas variáveis. Griffin *et al.* (2017) analisaram a adoção de tecnologias de

agricultura de precisão e demonstraram que, embora o custo inicial seja um fator importante, a sequência de adoção e a confiança nos resultados também pesam na decisão dos agricultores. De forma similar, Nguyen *et al.* (2023) destacam que a intenção de adoção de práticas mais limpas está diretamente relacionada à percepção de eficácia, apoio institucional, experiência prévia com tecnologias sustentáveis e acesso à informação confiável.

O lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos, aliado a iniciativas estaduais e à criação de plataformas como o aplicativo Bioinsumos da Embrapa, representa um avanço no acesso à informação e na visibilidade dos produtos disponíveis. Além disso, o fortalecimento de redes de cooperação entre agricultores, universidades, startups e instituições públicas tem potencializado o aprendizado coletivo e o intercâmbio de práticas bem-sucedidas. A presença de cooperativas, extensionistas e projetos de assistência técnica agroecológica também contribui para superar barreiras, promovendo a difusão de soluções sustentáveis com base na realidade local.

Em síntese, a adoção dos bioinsumos no Brasil não depende exclusivamente de sua disponibilidade, mas sim da convergência entre fatores técnicos, sociais, econômicos e institucionais. A construção de uma política pública robusta, aliada ao incentivo à pesquisa participativa e à assistência técnica continuada, será determinante para consolidar o uso desses insumos em escala nacional, especialmente entre pequenos e médios produtores.

No Brasil, a pesquisa de Cerveira, Pompeu e Cunha (2024) com produtores de grãos do Cerrado goiano mostra que a adoção de bioinsumos está fortemente associada ao conhecimento técnico, à experimentação e à visão de longo prazo. A análise qualitativa das entrevistas revelou que os agricultores percebem os bioinsumos como parte de uma transição para sistemas regenerativos, mas ainda enfrentam barreiras como desconhecimento técnico, riscos percebidos, especificidade dos insumos e ausência de referências práticas. A produção on-farm aparece como uma estratégia de autonomia e independência frente ao mercado de insumos, mas exige infraestrutura, controle de qualidade e conhecimento especializado.

Esses achados dialogam com o estudo indiano de Athinathan *et al.* (2024), que investigou o uso de bioinsumos por produtores de folha de curry em Tamil Nadu. Embora a maioria dos agricultores entrevistados estivesse ciente dos bioinsumos e percebesse benefícios agrônômicos e de mercado, os principais obstáculos identificados foram a inconsistência na qualidade dos produtos, dificuldades de acesso local e falta de conhecimento técnico, corroborando os desafios identificados no Brasil.

Em escala macro, o estudo de Chakraborty *et al.* (2023), centrado no mercado indiano de biopesticidas, destaca que mesmo com políticas de incentivo, o mercado de bioinsumos ainda representa uma fração pequena do total de defensivos utilizados, devido a entraves regulatórios, altos custos de desenvolvimento e resistência cultural. O autor destaca que o crescimento anual do uso de biopesticidas gira em torno de 10% globalmente, mas ainda está longe de substituir os insumos químicos tradicionais. A análise aponta que o sucesso da adoção depende da combinação entre desenvolvimento de tecnologias eficazes, desburocratização dos registros e formação de redes de distribuição locais.

Comparação Técnico-Ambiental Entre Bioinsumos e Químicos

Atualmente, a agricultura convencional caracteriza-se como dependente de insumos químicos para a produção em larga escala, onde o consumo global de pesticidas sintéticos, em 2020, foi de 2,66 milhões de toneladas métricas, tendo os EUA e o Brasil entre os maiores consumidores. Dentre os principais problemas estão que estes compostos matam organismos não-alvo, inclusive benéficos para o meio ambiente. Além disso, existe uma rápida adaptação das pragas, ocasionando na resistência e uma severa contaminação ambiental pela aplicação incorreta e deriva de pulverização, acumulando-se ainda na cadeia alimentar.

Nesta perspectiva, os biopesticidas surgem como uma solução sustentável, com alta especificidade, biodegradabilidade, ou seja, menor persistência ambiental, baixa toxicidade humana, além da compatibilidade com o manejo integrado de pragas (MIP/IPM).

Para fins comparativos, dentre os pesticidas amplamente utilizados no contexto nacional, destaca-se a Lambda-cialotrina, classificada pela ANVISA como Classe II (altamente tóxica para seres humanos). Seu uso agrícola é autorizado no Brasil, porém com restrições específicas de aplicação e limites máximos de resíduos (LMR) estabelecidos para diversos alimentos.

Como contraponto, o Baculovírus AgNPV (*Anticarsia gemmatilis Nuclear Polyhedrosis Virus*) representa um exemplo de bioinseticida viral com alta especificidade, sendo eficaz contra a lagarta-da-soja (*A. gemmatilis*), praga relevante nas lavouras brasileiras. Pertencente à família *Baculoviridae*, gênero *Alphabaculovirus*, esse vírus entomopatogênico é amplamente estudado e utilizado em programas de MIP, destacando-se por seu impacto ambiental mínimo e segurança para o aplicador. A Tabela 1 busca fazer o comparativo entre as duas opções similares, apresentando suas características principais.

Tabela 1. Comparativo entre Lambda-cialotrina e Baculovírus AgNPV.

Característica	Lambda-cialotrina	Baculovírus AgNPV
Tipo de ação	Neurotóxico (contato e ingestão)	Vírus entomopatogênico (ingestão)
Alvo principal	Diversas pragas (incluindo organismos benéficos)	Específico para <i>Anticarsia gemmatilis</i> (lagarta-da-soja)
Impacto ambiental	Elevado (resíduos, contaminação, toxicidade)	Reduzido (alta especificidade e biodegradação)
Risco de resistência	Elevado (uso intensivo favorece seleção)	Baixo (ação específica, menor pressão seletiva)
Segurança para o aplicador	Necessita de EPI rigoroso	Baixo risco toxicológico; maior segurança ocupacional

Fonte: autores, 2025.

Diante do exposto, torna-se evidente que o modelo convencional de controle químico, apesar de eficaz a curto prazo, impõe riscos consideráveis à saúde humana, ao meio ambiente e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A comparação entre a Lambda-cialotrina e o Baculovírus AgNPV evidencia as vantagens dos biopesticidas, que, além de apresentarem maior seletividade e segurança, alinham-se às diretrizes do manejo integrado de pragas e à transição para uma agricultura mais sustentável. Assim, o incentivo à pesquisa, produção e regulamentação de bioinsumos representa um caminho promissor para reduzir a dependência de insumos tóxicos e promover a resiliência dos agroecossistemas frente aos desafios ambientais e produtivos contemporâneos.

CONCLUSÃO

Diante das crescentes pressões ambientais e da necessidade de transição para sistemas produtivos sustentáveis, os bioinsumos configuram-se como uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente estratégica. No entanto, sua consolidação demanda a superação de desafios regulatórios, técnicos e estruturais, especialmente no que tange à inclusão dos pequenos produtores. O fortalecimento de políticas públicas, a difusão de conhecimento técnico-científico e o estímulo à inovação são essenciais para ampliar a adoção desses insumos e garantir seu papel transformador na agricultura brasileira contemporânea, visto que o país possui condições ambientais favoráveis a sua adoção em larga escala e posição estratégica como um dos maiores exportadores de commodities global.

Urge, portanto, a necessidade da articulação entre universidades e centros de pesquisas com empresas privadas e governamentais para redirecionar as pesquisas e promover não apenas marcos normativos, mas estratégias adaptáveis e eficientes para a difusão adequada das atuais tecnologias agrícola.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ATHINATHAN, N.; MURUGANANTHI, D.; ROHINI, A.; KALPANA, M.; PARIMALADEVI, R. A study on factors influencing the usage of bioinputs among the curry leaf farmers in Tamil Nadu. **Plant Science Today**, v. 11, sp. 4, p. 1–7, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14719/pst.5702>.

AIOUB, A. A. A.; GHOSH, S.; AL-FARGA, A.; KHAN, A. N.; BIBI, R.; ELWAKEEL, A. M.; NAWAZ, A.; SHERIF, N. T.; ELMASRY, S. A.; AMMAR, E. E. Back to the origins: biopesticides as promising alternatives to conventional agrochemicals. **European Journal of Plant Pathology**, v. 169, p. 697–713, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10658-024-02865-6>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de Bioinsumos (Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020). Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/marco-regulatorio-1/programa-nacional-de-bioinsumos-decreto-no-10-375-de-26-de-maio-de-2020>>. Acesso em: 20 mai. 2025.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br>>. Acesso em: 06 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 maio 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10375.htm. Acesso em: 06 jul. 2025.

CERVEIRA, R.; POMPEU, G. B.; CUNHA, C. F.. Percepção dos produtores de grãos do

Cerrado brasileiro sobre o consumo de bioinsumos: um estudo de caso. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 1, p. 2576–2589, 2024.

DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-152>.

CHAKRABORTY, N.; LAL, A.; SINGH, K. K.; GUPTA, A.; BHOWMICK, N. Biopesticide consumption in India: Insights into the current trends. **Agriculture**, Basel, v. 13, n. 3, p. 557, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030557>.

CUNHA, G. L. R. **Agrotóxicos: aplicabilidade, impactos e alternativas para redução na utilização**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023. Disponível em: <>. Acesso em: 06 jul. 2025.

DING, B.; CAO, H.; BAI, Y.; GUO, S.; ZHANG, J.; HE, Z.; WANG, B.; JIA, Z.; LIU, H. Effect of biofertilizer addition on soil physicochemical properties, biological properties, and cotton yield under water irrigation with different salinity levels in Xinjiang, China. **Field Crops Research**, v. 308, p. 109300, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109300>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

FARIA, R. S.; WANDER, A. E. Bioinsumos na agricultura brasileira: políticas públicas e marco regulatório. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 18, n. 10, p. 1-17, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-255>.

GOULET, F. Biological inputs and agricultural policies in South America: between disruptive innovation and continuity. **Perspective**, n. 55, 2021. 4 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.19182/perspective/36383>>. Acesso em: 06 jul. 2025.

GOULET, F.; FONTEYNE, S.; LÓPEZ RIDAURA, S.; NIEDERLE, P.; ODJO, S.; SCHNEIDER, S.; VERHULST, Nele; VAN LOON, J. The emergence of microbiological inputs and the challenging laboratorisation of agriculture: lessons from Brazil and Mexico. **Agriculture and Human Values**, 2024. 13 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10460-024-10614-y>>. Acesso em: 6 jul. 2025.

GRIFFIN, Terry W. et al. Farm's sequence of adoption of information-intensive precision agricultural technology. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 33, n. 4, p. 521-527, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13031/aea.12228>.

GUPTA, I.; SINGH, R.; MUTHUSAMY, S.; SHARMA, M.; GREWAL, K.; SINGH, H. P.; BATISH, D. R. Plant essential oils as biopesticides: applications, mechanisms, innovations, and constraints. **Plants**, Basel, v. 12, n. 16, p. 2916, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/plants12162916>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Embrapa Soja, Londrina, 2007. 80 p.

NGUYEN, Q. Factors that influence the intention of smallholder rice farmers to adopt cleaner production. **Cleaner Production**, 2023.

OLIVEIRA, V. C. et al. Bioinsumos e produção orgânica no Brasil: um estudo a partir do aplicativo Bioinsumos da Embrapa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 53, 2023. DOI: 10.1590/1983-40632023v5376326.

PRISA, D.; SPAGNUOLO, D.. Plant Production with Microalgal Biostimulants. **Horticulturae**, Basel, v. 9, n. 7, p. 829, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/horticulturae9070829>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

RIBEIRO, S. D. M.; SIQUEIRA, M. T.; GURGEL, I. G. D., DINIZ, G. T. N. A comercialização de agrotóxicos e o modelo químico-dependente da agricultura do Brasil. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 2, p. 210-223, 2022. DOI: 10.1590/0103-11042022E214.

SOUSA, J. M.; SAMPAIO, R. M. Especificações de referência: um estudo sobre o controle biológico na agricultura orgânica brasileira. **Revista Verde**, Pombal, v. 19, n. 2, p. 72–79. 2024. DOI: 10.18378/rvads.v19i2.10251. Acesso em: 6 jul. 2025.

SRITHAWORN, M.; JAROENTHANYAKORN, J.; TANGJITJAROENKUN, J.; SURIYACHADKUN, C.; CHUNHACHART, O. Zinc solubilizing bacteria and their potential as bioinoculant for growth promotion of green soybean (*Glycine max* L. Merr.). **PeerJ**, v. 11, e15128, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.7717/peerj.15128>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

THAKUR, R.; SRIVASTAVA, S.; YADAV, S. Multitrait *Pseudomonas* sp. isolated from the rhizosphere of *Bergenia ciliata* acts as a growth-promoting bioinoculant for plants. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1097587>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

XAVIER, V. L.; RODRIGUES, R. W. S.. Perfil das biofábricas on farm e levantamento dos perigos biológicos potenciais na produção de bioinsumos. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22239/2317-269X.02272>.

ZHANG, X. Unlocking the potential of biostimulants derived from organic waste and by-product sources: Improving plant growth and tolerance to abiotic stresses in agriculture. **Environmental Technology & Innovation**, v. 34, p. 103571, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103571>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

ZHAO, G.; ZHU, X.; ZHENG, G.; MENG, G.; DONG, Z.; BAEK, J. H.; JEON, C. O.; YAO, Y.; XUAN, Y. H.; ZHANG, J.; JIA, B.. Development of biofertilizers for sustainable agriculture over four decades (1980–2022). **Geography and Sustainability**, v. 5, p. 19–28, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.09.006>>. Acesso em: 7 jul. 2025.