
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

BIO INSUMOS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

BIOINPUTS IN SUGAR CANE PRODUCTION

Carlos Eduardo Perpétuo Júnior *

Nilo Leonel Dos Santos *

João Cesar Martins de Castro **

Resumo

O presente artigo analisa a utilização de bioinsumos na produção de cana-de-açúcar no Brasil, com foco nos impactos agronômicos, ambientais e regulatórios dessa prática. A partir de uma revisão da literatura científica recente, investiga-se a eficácia técnica dos insumos biológicos na promoção do crescimento vegetal, no controle de pragas e na melhoria das condições do solo, evidenciando sua contribuição para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. O estudo também examina os entraves e as perspectivas regulatórias para a consolidação do uso de bioinsumos, especialmente no que se refere à produção “on farm” e à padronização normativa. Conclui-se que a adoção qualificada desses insumos exige articulação entre ciência, política e prática agrícola, de modo a fortalecer a bioeconomia e promover a transição ecológica no setor sucroenergético nacional.

Palavras-chave: Bioinsumos. Cana-de-açúcar. Sustentabilidade. Agroecologia. Regulação.

Abstract

This article analyzes the use of bioproducts in sugar cane production in Brazil, focusing on the agronomic, environmental, and regulatory impacts of this practice. Based on a review of recent scientific literature, it investigates the technical efficacy of biological inputs in promoting plant growth, pest control, and soil condition improvement, highlighting their contribution to the sustainability of production systems. The study also examines the obstacles and regulatory prospects for consolidating the use of bioproducts, particularly regarding on-farm production and normative standardization. It concludes that the qualified adoption of these inputs requires coordination between science, policy, and agricultural practice, aiming to strengthen the bioeconomy and promote the ecological transition in the national sugar-energy sector.

Keywords: Bioproducts. Sugar cane. Sustainability. Agroecology. Regulation.

* Aluno do curso de Tecnologia em Agronegócio, da Faculdade de Presidente Prudente. E-mail: carloseduardowp@gmail.com

* Aluno do curso de Tecnologia em Agronegócio, da Faculdade de Presidente Prudente. E-mail: niloleonel63@hotmail.com

** Professor orientador, Mestre em Agronomia pela Universidade do Oeste Paulista, professor da Faculdade de Presidente Prudente. E-mail: joao.castro@fatec.sp.gov.br

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis tem impulsionado o desenvolvimento e a adoção de tecnologias voltadas à redução dos impactos ambientais e ao incremento da produtividade com menor dependência de insumos químicos sintéticos. Nesse cenário, os bioinsumos despontam como uma alternativa estratégica e promissora, especialmente na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), cultura de extrema relevância para a matriz energética e econômica do Brasil. Bioinsumos compreendem produtos de origem biológica, como microrganismos, extratos vegetais e substâncias naturais, aplicados no manejo agrícola com o objetivo de promover o crescimento vegetal, proteger as plantas contra pragas e doenças, ou melhorar a qualidade do solo (Araújo *et al.*, 2023). A utilização desses insumos biológicos na agricultura moderna, sobretudo na canavieira, representa uma ruptura paradigmática em relação à agricultura convencional, ao mesmo tempo em que oferece respostas coerentes às exigências de uma economia bioecológica.

A cana-de-açúcar, historicamente associada ao uso intensivo de defensivos químicos e fertilizantes minerais, tem demandado soluções inovadoras frente aos desafios ambientais e produtivos contemporâneos. A aplicação de bioinsumos na sua cadeia produtiva revela-se, portanto, como uma estratégia de duplo benefício: ao mesmo tempo em que reduz os custos associados à dependência de produtos químicos, também contribui para a manutenção da saúde do solo, da biodiversidade e da resiliência dos agroecossistemas (Sambuichi; Policarpo; Alves, 2024). A produção de bioinsumos no Brasil, entretanto, ainda enfrenta gargalos estruturais e regulatórios, que limitam a ampliação e padronização de seu uso. Por essa razão, torna-se imperativo o aprofundamento de estudos que analisem tanto os avanços científicos quanto os entraves técnicos, econômicos e normativos que envolvem essa prática emergente.

Nesse contexto, a problemática central que se coloca refere-se ao modo como os bioinsumos têm sido inseridos na produção de cana-de-açúcar, e quais são os impactos dessa inserção nos aspectos produtivos, ambientais e regulatórios do setor sucroenergético brasileiro. O crescente interesse da comunidade científica pelo tema pode ser compreendido à luz da intensificação de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de inoculantes e agentes biológicos capazes de promover o crescimento vegetal de forma eficiente. Estudos como o de Da Silva, Martins e De Azevedo (2024), por exemplo, demonstram os efeitos positivos da inoculação com bactérias endofíticas diazotróficas, resultando em ganhos expressivos de produtividade em

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

um curto período. Esses avanços sugerem que a biotecnologia aplicada à agricultura poderá desempenhar papel crucial na reformulação dos sistemas produtivos agroindustriais.

Além disso, a expansão dos bio insumos na agricultura brasileira se alinha ao paradigma da bioeconomia, que propõe um modelo de desenvolvimento sustentável baseado no uso eficiente de recursos biológicos renováveis. De acordo com Bortoloti e Sampaio (2025), a cana-de-açúcar é um exemplo emblemático de como os princípios da bioeconomia, da bioenergia e do controle biológico podem convergir, promovendo a inovação tecnológica e o redesenho de práticas agrícolas. A associação entre bioinsumos e controle biológico exemplifica uma abordagem holística de sustentabilidade, que fortalece a resiliência das lavouras e reduz a carga tóxica no ambiente.

As motivações para a escolha do tema também se ancoram na constatação de que há um expressivo aumento de registros e patentes relacionadas a bioinsumos no Brasil, o que revela um campo em franco crescimento. A pesquisa de Dos Santos, De Oliveira e Putti (2024) indica um panorama tecnológico dinâmico, com destaque para a multiplicidade de aplicações dos bioinsumos e para o protagonismo de instituições públicas de pesquisa no desenvolvimento dessas tecnologias. Ainda segundo os autores, a proteção intelectual e o avanço normativo são fatores determinantes para a consolidação de um ambiente regulatório seguro e incentivador, capaz de atrair investimentos e ampliar a adoção desses insumos no campo. Esse aspecto se conecta com a necessidade de políticas públicas integradas, que contemplem a inovação, a capacitação técnica e a regulamentação adequada da produção e uso de bioinsumos, especialmente aqueles produzidos “*on farm*”.

A produção de bioinsumos na própria propriedade rural, conhecida como “*on farm*”, é uma prática em ascensão, mas que exige normatização criteriosa para garantir eficácia, segurança e rastreabilidade. Conforme argumenta De Sousa (2025), o avanço dessa prática está diretamente condicionado à existência de boas práticas de produção, que devem ser amparadas por políticas claras e ações de fiscalização. A ausência de regulamentação robusta pode comprometer a confiabilidade e a eficácia dos produtos biológicos, afetando negativamente o desempenho agrônomo e a percepção do produtor. Portanto, estudar o uso dos bioinsumos no contexto da cana-de-açúcar também demanda uma abordagem crítica sobre os desafios regulatórios e sanitários envolvidos.

O interesse pelo tema também se justifica pelo potencial agrônomo dos bioinsumos

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

na promoção do crescimento vegetal. Oliveira-Paiva et al. (2024) destacam os efeitos benéficos de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPRs) sobre a cana-de-açúcar, apontando ganhos em desenvolvimento radicular, absorção de nutrientes e resistência a estresses abióticos. Tais resultados demonstram que os bioinsumos não apenas substituem os insumos tradicionais, mas atuam como catalisadores de processos fisiológicos e metabólicos das plantas, ampliando as possibilidades de manejo técnico das lavouras. A combinação entre conhecimento empírico, pesquisa aplicada e biotecnologia de ponta permite vislumbrar uma nova era para a agricultura tropical, em que a sustentabilidade deixa de ser um ideal abstrato para se tornar prática concreta e mensurável.

Esse tipo de evidência empírica reforça a aplicabilidade dos insumos biológicos em diferentes regiões produtoras do Brasil, sinalizando sua viabilidade técnica e econômica. Tais achados também indicam que o conhecimento científico sobre bioinsumos deve ser amplamente disseminado, contribuindo para a capacitação técnica dos produtores e para a consolidação de sistemas produtivos mais resilientes.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo central analisar a utilização de bioinsumos na produção de cana-de-açúcar no Brasil, investigando seus impactos agrônômicos, ambientais e regulatórios, à luz da literatura científica e dos avanços tecnológicos recentes. Pretende-se, com isso, contribuir para o aprofundamento do debate acadêmico sobre práticas agrícolas sustentáveis e incentivar a adoção crítica e fundamentada de bioinsumos na agricultura tropical. O conhecimento acadêmico almejado por este trabalho está centrado na compreensão dos desafios e potencialidades da integração dos bioinsumos à cadeia produtiva da cana-de-açúcar, contribuindo para o fortalecimento da bioeconomia e da segurança alimentar no país.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentos conceituais dos bioinsumos e sua inserção na agricultura sustentável

A transição de sistemas agrícolas convencionais para modelos sustentáveis tem provocado profundas mudanças nas formas de conceber e conduzir a produção agropecuária, especialmente em contextos tropicais como o brasileiro. Nesse cenário, os bioinsumos vêm assumindo papel estratégico ao oferecer alternativas biológicas aos insumos sintéticos, tradicionalmente utilizados em larga escala. O termo **bioinsumo** refere-se a qualquer produto,

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

processo ou tecnologia de base biológica — como microrganismos, metabólitos secundários, extratos vegetais e compostos orgânicos — empregado com a finalidade de promover o crescimento vegetal, controlar pragas e doenças, melhorar as condições do solo ou atuar na nutrição das plantas (Araújo *et al.*, 2023). Trata-se, portanto, de um conceito abrangente, que articula conhecimentos da biotecnologia, microbiologia, agronomia e ciências ambientais.

Os bioinsumos se dividem, de maneira geral, em quatro categorias principais: biofertilizantes, bioestimulantes, agentes de biocontrole e inoculantes microbiológicos. Cada uma dessas classes possui funções específicas no sistema agrícola. Os biofertilizantes contribuem para o suprimento nutricional das plantas, especialmente por meio da fixação biológica de nitrogênio e da solubilização de fósforo; os bioestimulantes atuam como catalisadores de processos fisiológicos que incrementam o crescimento vegetal; os agentes de biocontrole promovem o manejo de pragas e doenças por meio de mecanismos de antagonismo ou predação; e os inoculantes microbiológicos consistem em preparações contendo microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, capazes de estabelecer relações simbióticas ou associativas com a planta hospedeira (Oliveira-Paiva *et al.*, 2024).

A emergência dos bioinsumos como solução tecnológica está intimamente relacionada às críticas direcionadas à agricultura convencional, baseada na Revolução Verde, cujos pilares foram o uso intensivo de agroquímicos, a mecanização e a seleção de cultivares de alto rendimento. Embora esse modelo tenha proporcionado aumentos significativos na produtividade, ele também gerou externalidades negativas severas, como a contaminação ambiental, a degradação do solo, a erosão da biodiversidade e a dependência de insumos industrializados. Em resposta a esse cenário, surge o paradigma da **agricultura sustentável**, que preconiza a adoção de práticas que assegurem a produtividade a longo prazo, ao mesmo tempo em que preservam os recursos naturais e respeitam os ciclos ecológicos (Sambuichi; Policarpo; Alves, 2024).

Nesse novo arranjo agroecológico, os bioinsumos são valorizados não apenas por sua funcionalidade técnica, mas também por estarem alinhados aos princípios da sustentabilidade. Seu uso favorece a manutenção da biodiversidade microbiana do solo, melhora a estrutura física e química dos ambientes agrícolas e contribui para a redução do impacto ambiental causado por fertilizantes e pesticidas sintéticos. De acordo com Valente (2024), os insumos biológicos representam uma oportunidade concreta para o reposicionamento do Brasil como potência

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

agroambiental, sobretudo diante das pressões internacionais por descarbonização da cadeia produtiva e cumprimento de metas ambientais globais.

Além disso, a inserção dos bioinsumos no sistema produtivo não ocorre de forma isolada, mas integrada ao conceito mais amplo de **bioeconomia**, que propõe um modelo de desenvolvimento baseado na utilização eficiente e inovadora de recursos biológicos renováveis. Segundo Bortoloti e Sampaio (2025), a bioeconomia configura-se como estratégia promissora para a agricultura tropical, pois aproveita as condições ecológicas favoráveis à produção de biomassa, promovendo a agregação de valor a partir da biodiversidade nativa e da inovação tecnológica. Os bioinsumos, nesse contexto, constituem um dos pilares da bioeconomia agrícola, pois permitem reduzir custos produtivos, ampliar a competitividade das culturas e mitigar os riscos ambientais.

A produção de insumos biológicos “*on farm*”, por exemplo, é uma prática que resgata o saber empírico dos agricultores, mas que requer a aplicação de critérios técnicos e sanitários para garantir sua eficácia e segurança. Conforme De Sousa (2025), a regulamentação dessa prática é fundamental para que se estabeleça um ambiente de confiança entre produtores, consumidores e órgãos fiscalizadores, evitando riscos de contaminação cruzada, perda de eficiência e impactos indesejados sobre os ecossistemas.

É importante destacar que, apesar do potencial expressivo dos bioinsumos, sua adoção em larga escala ainda enfrenta desafios de natureza técnica, logística e institucional. A pesquisa de Araújo et al. (2023) evidencia que, embora o número de estudos sobre bioinsumos tenha crescido significativamente nos últimos anos, ainda há lacunas quanto à padronização de métodos de produção, formulação, armazenamento e aplicação. A heterogeneidade dos resultados observados em diferentes regiões e culturas demonstra a necessidade de protocolos mais robustos e adaptados às especificidades dos agroecossistemas locais. Isso reforça o papel das instituições de pesquisa e extensão rural na difusão qualificada dessas tecnologias.

2.2 Aplicações dos bioinsumos na produção de cana-de-açúcar: aspectos técnicos e agronômicos

A aplicação de bioinsumos na cultura da cana-de-açúcar tem se mostrado uma alternativa viável e estratégica para o aprimoramento técnico dos sistemas produtivos, promovendo melhorias significativas nos aspectos fisiológicos, microbiológicos e nutricionais

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

da planta. A canavicultura, historicamente dependente de insumos químicos de alto impacto ambiental, enfrenta atualmente o desafio de incorporar soluções biotecnológicas que não apenas mantenham os níveis de produtividade, mas que também contribuam para a sustentabilidade do agroecossistema. Nesse contexto, os bioinsumos emergem como instrumentos capazes de redefinir os paradigmas agrônômicos da cultura, com base em mecanismos naturais de promoção de crescimento vegetal, controle de pragas e doenças, e otimização da fertilidade do solo (Oliveira-Paiva *et al.*, 2024).

Do ponto de vista técnico, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPRs) na cana-de-açúcar tem apresentado resultados expressivos na literatura. Essas bactérias e fungos benéficos atuam por meio de diferentes mecanismos, tais como a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fósforo, a produção de fitohormônios e a indução sistêmica de resistência (Oliveira-Paiva *et al.*, 2024). A pesquisa conduzida por Da Silva, Martins e De Azevedo (2024) destaca a aplicação de bactérias endofíticas diazotróficas, as quais, após 100 dias da inoculação, promoveram aumentos substanciais no desenvolvimento da planta em meio de propagação biológica (MPB). Tais resultados demonstram o potencial desses agentes biológicos em substituir parcialmente os fertilizantes nitrogenados, representando economia significativa e ganhos ambientais.

Esses ganhos foram atribuídos à melhoria da atividade microbiana do solo, à maior eficiência na absorção de nutrientes e à redução do estresse hídrico. Tais evidências empíricas reforçam o argumento de que os bioinsumos não apenas são tecnicamente viáveis, mas apresentam compatibilidade com diferentes condições edafoclimáticas, o que amplia sua aplicabilidade em distintos polos canavieiros do país.

Outro aspecto relevante diz respeito ao controle biológico de pragas, especialmente do bicudo-da-cana (*Scyphophorus acupunctatus*), inseto de difícil manejo que compromete significativamente o rendimento agrícola. Bortoloti e Sampaio (2025) analisam o uso de bioinsumos como agentes de controle biológico contra essa praga, apontando para a eficácia de entomopatógenos como os fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. A substituição de inseticidas sintéticos por esses microrganismos contribui para a redução da resistência das pragas, preserva inimigos naturais e diminui os impactos sobre organismos não-alvo, favorecendo o equilíbrio ecológico do sistema produtivo. O manejo biológico, nesse sentido, deve ser compreendido como componente indispensável de um programa de manejo integrado

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

de pragas (MIP), alinhado à racionalização do uso de defensivos agrícolas.

Além dos efeitos diretos sobre as plantas, os bioinsumos também promovem melhorias significativas na qualidade e na funcionalidade do solo. Araújo et al. (2023) ressaltam que a introdução de consórcios microbianos no ambiente rizosférico intensifica a ciclagem de nutrientes, a estruturação física do solo e a retenção de umidade. Isso resulta em ambientes mais favoráveis ao desenvolvimento das raízes e à atividade enzimática do solo, o que, por sua vez, impacta positivamente a eficiência do uso de recursos pelas plantas. Em sistemas canavieiros, frequentemente caracterizados por monocultivos de longa duração, a reativação biológica do solo por meio de bioinsumos constitui uma estratégia de recuperação e conservação ambiental de grande relevância.

A adoção desses insumos na canavicultura, no entanto, requer planejamento técnico e conhecimento aprofundado sobre as interações planta-microrganismo-solo. Como ressaltado por Soares (2023), a eficácia dos bioinsumos depende da seleção criteriosa das cepas microbianas, da compatibilidade com o genótipo da planta cultivada e das condições ambientais locais. Além disso, a forma de aplicação — via solo, pulverização foliar, tratamento de mudas ou fertirrigação — deve ser determinada com base em ensaios agronômicos específicos, que considerem o estágio fenológico da planta e os objetivos da intervenção. Nesse sentido, a pesquisa aplicada cumpre papel essencial na validação dessas tecnologias e na elaboração de protocolos agronômicos eficientes.

A despeito do crescente corpo de evidências científicas sobre a eficácia dos bioinsumos na cultura da cana-de-açúcar, a adoção em larga escala ainda enfrenta barreiras práticas e culturais. O uso generalizado de fertilizantes sintéticos e defensivos químicos está profundamente enraizado nos modelos produtivos tradicionais, de modo que a transição para o uso de insumos biológicos exige um processo contínuo de capacitação técnica, assistência especializada e conscientização dos produtores. Conforme aponta Medeiros (2023), a difusão dessas tecnologias depende de políticas públicas de incentivo, da atuação de cooperativas e associações de produtores, e da integração entre instituições de pesquisa, universidades e setor produtivo.

Além disso, há que se considerar a questão da estabilidade e da formulação dos bioinsumos comerciais. Um dos desafios técnicos apontados por Araújo *et al.* (2023) refere-se à dificuldade de manter a viabilidade microbiana durante o armazenamento e o transporte, o

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

que pode comprometer a eficácia do produto no campo. Esse aspecto exige investimento em bioprocessos industriais, controle de qualidade e regulamentação normativa, de forma a assegurar a padronização dos produtos e sua eficácia agrônômica.

2.3 Desafios e perspectivas regulatórias na produção e uso de bioinsumos no Brasil

A consolidação do uso de bioinsumos na agricultura brasileira, em especial na cultura da cana-de-açúcar, depende não apenas dos avanços técnicos e científicos, mas também da construção de um “marco regulatório robusto, eficiente e inclusivo”. O desafio regulatório que envolve os insumos biológicos reside na necessidade de equilibrar segurança, eficácia e inovação, ao mesmo tempo em que se respeitam as especificidades da produção biológica — muitas vezes artesanal, localizada e baseada em conhecimentos tradicionais. A ausência de normatização clara, ou sua fragmentação institucional, constitui uma das principais barreiras à expansão segura e controlada do uso de bioinsumos no país (De Sousa, 2025).

A atual regulamentação brasileira ainda se mostra incipiente e desarticulada, especialmente no que se refere à produção *on farm*, modalidade na qual os próprios produtores desenvolvem seus insumos biológicos dentro das propriedades rurais. Essa prática, embora promissora por sua autonomia técnica e redução de custos, carece de protocolos uniformes de produção, controle de qualidade, padronização microbiológica e rastreabilidade. Conforme argumenta De Sousa (2025), a ausência de diretrizes normativas aplicáveis à produção “on farm” gera insegurança jurídica e sanitária, tanto para os produtores quanto para os consumidores e órgãos fiscalizadores. A criação de marcos legais específicos para essa modalidade, com critérios técnicos viáveis e fiscalizações educativas, é imprescindível para a expansão consciente e segura dessa tecnologia.

Além das lacunas normativas, há um descompasso entre o ritmo de inovação tecnológica e a capacidade do Estado de regulamentar e fiscalizar essas inovações. O estudo de Dos Santos, De Oliveira e Putti (2024) traça um panorama tecnológico do setor, com destaque para o crescimento do número de patentes relacionadas a bioinsumos nos últimos anos. Segundo os autores, esse aumento expressivo evidencia o dinamismo e o potencial comercial da área, mas também revela a urgência de mecanismos regulatórios que promovam proteção intelectual sem inviabilizar o acesso e o uso dos recursos biológicos. A propriedade intelectual, nesse

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

campo, deve ser pensada a partir de uma perspectiva equilibrada entre incentivo à pesquisa e garantia de soberania sobre a biodiversidade nacional.

Outro entrave regulatório diz respeito à multiplicidade de órgãos envolvidos na formulação e aplicação das normas sobre bioinsumos. Atualmente, diferentes instituições, como o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e os órgãos ambientais estaduais, compartilham responsabilidades sobre a liberação, fiscalização e monitoramento dos insumos biológicos, o que muitas vezes resulta em sobreposição de competências, morosidade nos processos e insegurança jurídica para produtores e empresas. A proposta de uma Política Nacional de Bioinsumos, em debate desde 2020, visa justamente a unificar essas ações sob uma estrutura normativa coesa, transparente e tecnicamente orientada (Sambuichi; Policarpo; Alves, 2024).

A regulamentação também precisa considerar os riscos associados ao uso inadequado ou à produção sem critérios técnicos. Conforme alerta De Sousa (2025), a introdução de microrganismos sem a devida caracterização pode ocasionar desequilíbrios ecológicos, contaminações cruzadas e impactos negativos sobre a fauna e a flora nativas. Por essa razão, a normatização deve prever exigências mínimas para identificação, pureza, eficácia e segurança dos bioinsumos, tanto na produção industrial quanto “on farm”. Tais requisitos devem ser acompanhados de programas de capacitação técnica voltados aos pequenos e médios produtores, que muitas vezes carecem de acesso à informação qualificada.

Por outro lado, o avanço regulatório não deve ser um entrave à inovação, tampouco restringir a democratização do uso dos bioinsumos. Ao contrário, a normatização deve funcionar como instrumento de fomento à qualidade e à confiança no uso de insumos biológicos, permitindo que produtos devidamente registrados e testados ganhem espaço no mercado e ampliem sua aceitação entre os produtores rurais. A experiência de países com regulamentações mais amadurecidas, como os membros da União Europeia, demonstra que é possível conjugar exigências técnicas com flexibilidade regulatória, desde que haja clareza, previsibilidade e cooperação entre os setores público e privado (Dos Santos; De Oliveira; Putti, 2024).

A perspectiva de um ambiente regulatório sólido também tem implicações diretas sobre a pesquisa científica e o desenvolvimento de novas tecnologias. A clareza normativa sobre o

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

registro, a experimentação em campo e a comercialização de bioinsumos estimula o investimento público e privado em inovação. Como ressaltado por Araújo et al. (2023), a produção de conhecimento sobre bioinsumos no Brasil tem crescido, mas ainda carece de maior articulação entre universidades, empresas e políticas públicas. Um marco regulatório bem estruturado poderia acelerar a transformação desse conhecimento em soluções tecnológicas aplicáveis, seguras e economicamente viáveis.

No caso específico da cana-de-açúcar, a regulação dos bioinsumos deve levar em conta as particularidades da cultura, como seu longo ciclo vegetativo, o uso de variedades clonais, o manejo mecanizado e a ampla variabilidade edafoclimática nas regiões produtoras. A aplicação de bioinsumos nessa cultura exige, portanto, protocolos adaptados à realidade da produção sucroenergética, bem como critérios de avaliação específicos para mensurar sua eficácia em grandes áreas de cultivo (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2024). A inclusão desses elementos no escopo regulatório é fundamental para garantir a aplicabilidade prática das normas, evitando generalizações que possam limitar a inovação no campo.

Assim, os desafios regulatórios associados aos bioinsumos não se limitam à questão legal ou institucional, mas dizem respeito à própria concepção de inovação no contexto agrícola. Trata-se de um esforço de integração entre ciência, legislação e prática agrícola, que exige diálogo contínuo entre os diferentes atores da cadeia produtiva. A construção de um ambiente regulatório eficaz, nesse sentido, é condição necessária para que os bioinsumos deixem de ocupar um papel marginal no sistema agroindustrial e passem a constituir uma base sólida de um novo paradigma produtivo, centrado na sustentabilidade, na biodiversidade e na autonomia tecnológica nacional.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO

A análise da aplicação de bioinsumos na produção de cana-de-açúcar permite compreender a relevância dessa tecnologia como vetor de transformação nos sistemas agrícolas brasileiros. Os avanços técnicos demonstram que os insumos biológicos são capazes de promover o crescimento vegetal, melhorar a qualidade do solo e reduzir a dependência de insumos químicos, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola. A canavicultura, marcada historicamente por práticas convencionais de manejo, revela-se um campo fértil para a adoção dessas inovações, especialmente em virtude da busca por modelos produtivos mais

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

eficientes e ambientalmente equilibrados.

Ao longo deste artigo, verificou-se que os bioinsumos apresentam resultados promissores tanto na promoção do desenvolvimento fisiológico da cana-de-açúcar quanto no controle de pragas, no incremento da produtividade e na recuperação da vitalidade do solo. Tais evidências indicam que a sua inserção não se limita ao aspecto técnico, mas está inserida em um contexto mais amplo, que envolve a bioeconomia, a sustentabilidade e a inovação no meio rural.

Contudo, a plena efetivação dos bioinsumos no setor sucroenergético depende da superação de desafios regulatórios e institucionais. A ausência de normatização específica, a fragmentação das competências entre órgãos reguladores e a fragilidade das políticas públicas voltadas à produção “on farm” constituem entraves que ainda limitam sua disseminação. Para que esses insumos sejam adotados de forma segura, eficiente e escalável, é necessário estabelecer um marco regulatório claro, tecnicamente fundamentado e socialmente inclusivo.

Portanto, o conhecimento acadêmico produzido neste trabalho evidencia a importância dos bioinsumos como instrumentos estratégicos para a inovação agroindustrial brasileira. Além disso, reafirma-se a necessidade de políticas públicas integradas, investimentos em pesquisa aplicada e ampliação da capacitação técnica dos produtores. Somente por meio de uma articulação entre ciência, prática agrícola e regulação será possível consolidar um modelo produtivo sustentável, no qual os bioinsumos desempenhem papel central na transição ecológica da agricultura nacional.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Josilene Linhares de et al. **Prospecção científica sobre bioinsumos agrícolas**. 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/32737>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

BORTOLOTTI, Gillyene; SAMPAIO, Renata Martins. **Bioeconomia, bioenergia e bioinsumos**: um estudo a partir da cana-de-açúcar e do controle biológico do bicudo bioeconomy, bioenergy and bio inputs: a study based on sugar cane and bicudo biological control. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/95885283/486397.pdf>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

DA SILVA, Adriana Rodrigues; MARTINS, Adriano Gonçalves; DE AZEVEDO, Sergio Vicente. Desenvolvimento de novos inoculantes para cana-de-açúcar: bactérias endofíticas diazotróficas promovendo incrementos após 100 dias de inoculação em MPB. In: **Congresso**

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP. 2024.

DE SOUSA, Fernanda Bittar. **Bioinsumos on farm e regulamentação para boas práticas de produção**. Disponível em:

<https://www.unirv.edu.br/conteudo/dissertacoes/15052024100531.pdf>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

DOS SANTOS, João Pedro; DE OLIVEIRA, Ana Laura Paula; PUTTI, Fernando Ferrari.

Bioinsumos na agricultura: panorama tecnológico das patentes biológicas. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 9, p. e4137-e4137, 2024. Disponível em:

<https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/download/4137/2710/13502>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

MEDEIROS, Lucas Firmino da Silva. **Desenvolvimento vegetativo de cana-de-açúcar em resposta ao uso de bioinsumos no litoral sul do Rio Grande do Norte**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/27229>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. et al. **Microrganismos promotores de crescimento vegetal em cana-de-açúcar e outras gramíneas**. 2024. Disponível em:

<https://core.ac.uk/download/pdf/618465534.pdf>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa; POLICARPO, Mariana Aquilante; ALVES, Fábio. **A Produção de bioinsumos no Brasil: desafios e potencialidades**. 2024. Disponível em:

<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/16003>. Acesso em: 07 de maio de 2025.

SOARES, Carlos Emanuel Vieira Flores. Mini Revisão: Leveduras Não-Convencionais com Potencial Biotecnológico para Aplicação de Bioinsumos. **Revista OWL (OWL Journal)- Revista Interdisciplinar De Ensino E Educação**, v. 1, n. 2, p. 197-213, 2023.

TRASPADINI, Edilaine Istéfani Franklin et al. Elementos da diagnose foliar da cana-de-açúcar. **Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar**, p. 183, 2024.

VALENTE, Fernanda. Insumos biológicos no Brasil. **AgroANALYSIS**, v. 44, n. 03, p. 33-37, 2024.