

Publicação da Secretaria de Política Agrícola
do Ministério da Agricultura e Pecuária,
editada pela Embrapa

e-ISSN 2317-224X
ISSN 1413-4969
Página da revista: www.embrapa.br/rpa

Luis Eduardo Pacifici Rangel 
Ministério da Agricultura e Pecuária,
Brasília, DF, Brasil
E-mail: luiseduardorangel76@gmail.com
 Autor correspondente

Juliana Lopes Lima 
Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação
em Agronegócios,
Brasília, DF, Brasil
E-mail: juliana258122@hotmail.com

Marcos Antonio Gomes Pena Júnior 
Embrapa Agroenergia,
Brasília, DF, Brasil
E-mail: marcospenajr@gmail.com

Warley Henrique Silva 
Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação
em Agronegócios,
Brasília, DF, Brasil
E-mail: warleyhenrique.agro@gmail.com

Luiz Honorato Silva Junior 
Universidade Brasília,
Brasília, DF, Brasil
E-mail: luizhonorato@unb.br

Recebido
8/12/2025

Aceito
25/3/2026

Como citar
RANGEL, L.E.P.; LIMA, J.L.; PENNA JÚNIOR, M.A.G.; SILVA, W.H.;
SILVA JÚNIOR, L.H. Políticas agrícolas sustentáveis e bioinsumos:
evidências empíricas. **Revista de Política Agrícola**, v.35,
e02091, 2026. DOI: <https://doi.org/10.35977/2317-224X.rpa2026.v35.02091>.

Artigo

Políticas agrícolas sustentáveis e bioinsumos Evidências empíricas

Resumo – Este estudo analisa os determinantes da adoção de bioinsumos (defensivos biológicos e inoculantes) no Brasil e a estrutura de seu mercado, utilizando modelos Logit e Diferenças-em-Diferenças com dados estaduais (2014–2023). Os resultados indicam que a adoção de defensivos biológicos associa-se mais a fatores técnicos e de escala produtiva, enquanto a de inoculantes responde principalmente ao crédito sustentável e a variáveis econômicas. Políticas como o Plano ABC e o PNB mostraram influência indireta, mas não causal, na adoção. A análise de concentração revelou um mercado competitivo para inoculantes, mas moderadamente concentrado para defensivos. Conclui-se que o crescimento do setor é mais impulsionado por dinâmicas de mercado do que por políticas públicas, destacando a necessidade de melhor articulação entre regulação, crédito e assistência técnica.

Palavras-chave: defensivos biológicos, inoculantes, política pública, sustentabilidade.

Sustainable agricultural policies and bioinputs: empirical evidences

Abstract – This study analyzes the determinants of bioinput adoption – specifically biological pesticides and inoculants – in Brazil, as well as its market structure, utilizing Logit and Difference-in-Differences models with state-level data (2014–2023). The results indicate that the adoption of biological pesticides is more strongly associated with technical factors and scale of production, whereas inoculant adoption responds primarily to sustainable credit and economic variables. Public policies such as the ABC Plan and the PNB demonstrated an indirect, though non-causal, influence on adoption. Concentration analysis revealed a competitive market for inoculants, but a moderately concentrated one for biological pesticides. It is

concluded that sector growth is driven more by market dynamics than by public policies, highlighting the need for better coordination among regulation, credit, and technical assistance.

Keywords: biological pesticides, inoculants, public policy, sustainability.

Introdução

No contexto da política pública brasileira, a área de bioinsumos é caracterizada por um conjunto de projetos, planos e programas que relacionam as ações governamentais ao conhecimento científico e acadêmico e à necessidade de atendimento às demandas dos consumidores finais de alimentos. Portanto, o monitoramento contínuo é necessário, pois sua implementação precisa ser ajustada conforme novas evidências científicas e mudanças no contexto social (Agum et al., 2015).

Os bioinsumos são elementos (produtos, processos ou tecnologias) originados de seres vivos (animais, plantas ou de atividade microbiana) destinados à produção ou ao processamento de produtos agropecuários, com o objetivo de estimular seu crescimento e desenvolvimento (Brasil, 2020).

O estímulo ao uso de bioinsumos tornou-se um tema cada vez mais presente nas políticas públicas, estando interligado a programas como o Plano de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), voltado para a adaptação climática na agropecuária, e a Política Nacional de Agroecologia e Agricultura Orgânica (Pnapo), que fomenta a transição para a agroecologia e a produção orgânica. O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) é a representação institucional desse setor e foi concebido para ampliar e fortalecer o segmento, promovendo inovações práticas e processuais capazes de oferecer alternativas ao uso continuado de insumos de custo e riscos elevados (Vidal et al., 2021).

A proposta de análise deste estudo consiste em: a) identificar e mensurar os resultados alcançados pelas políticas governamentais na adoção de bioinsumos no Brasil, diferenciando produtos biológicos para controle de pragas (defensivos) e inoculantes; e b) analisar como a regulamentação influenciou a oferta desses produtos e a atual conformação desse mercado.

Revisão de literatura

A avaliação de resultados de políticas públicas é crucial para determinar o alcance dos objetivos estabelecidos e seus efeitos na sociedade. Essa

avaliação abrange a análise de impacto, que busca estabelecer uma relação causal entre os resultados do programa e as mudanças nas condições relacionadas ao público previsto na política pública. Isso deve conectar os programas ou ações governamentais necessários e suficientes, integrados e articulados para a provisão de bens ou serviços à sociedade, financiados por recursos orçamentários ou por benefícios de natureza tributária, creditícia e financeira (Ramos & Schabbach, 2012).

No contexto brasileiro, algumas pesquisas têm se dedicado a compreender os impactos de diferentes políticas públicas implementadas no setor rural. Carneiro & Montebello (2024) avaliaram resultados do Plano ABC, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae). James et al. (2023) avaliaram indicadores da Pnapo em municípios brasileiros. Costa Jr. et al. (2019) avaliaram o impacto de duas políticas públicas complementares: uma federal, o Plano ABC, e outra de Santa Catarina, o Programa de Desenvolvimento da Pecuária Bovina de Santa Catarina.

O estudo de Vidal et al. (2021) resgatou a história da construção do PNB, descrevendo seu processo de criação, contexto e atores envolvidos, mas não avaliou o impacto da política em si. Em outras palavras, as pesquisas recentes ainda não exploraram suficientemente a avaliação do PNB. Assim, observa-se a existência de lacunas que precisam ser preenchidas nesse campo de conhecimento.

As principais iniciativas e marcos regulatórios mais relevantes que estruturam o setor de bioinsumos podem ser organizados a partir de uma linha temporal (Figura 1).

A Pnapo (Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012) teve o objetivo de integrar e implementar programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica no Brasil (Brasil, 2012). Já o Plano ABC foi publicado em 2013, com proposta de execução para o período de 2010 a 2020, vinculado à Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC (Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009), apresentando um forte caráter de desenvolvimento nacional com transformação para uma agropecuária mais sustentável (Brasil, 2026).

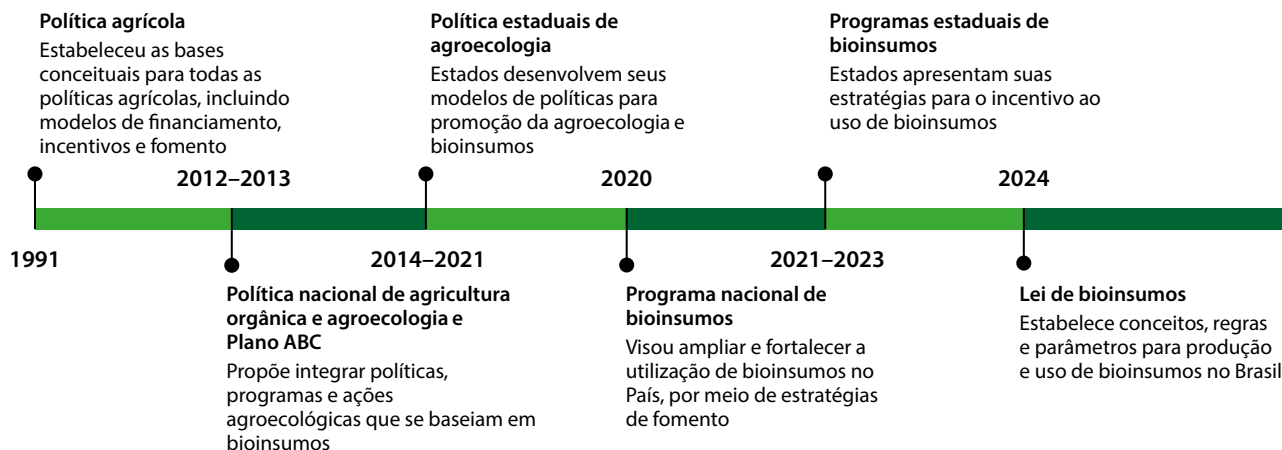


Figura 1. Série histórica dos principais atos que consolidam as políticas relacionadas a bioinsumos no Brasil.

Ambos os planos e políticas citados incluem os bioinsumos como tecnologias ligadas a seus objetivos de transformação agroecológica, produção sustentável e resiliência às mudanças climáticas. Foi nesse contexto que o PNB, publicado como política pública por meio do Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, trouxe entre seus objetivos e diretrizes: estimular a adoção de práticas sustentáveis e promover ações de estímulo à produção e ao consumo de bioinsumos (Brasil, 2020).

Moraes (2019) trouxe argumentos que demonstram que nem a regulação nem o esforço para sua implementação são processos politicamente neutros: eles resultam, em parte, do poder relativo de grupos sociais cujos membros formam redes tanto dentro quanto fora do Estado. Esse desequilíbrio amplia as chances de que órgãos do Estado sejam capturados por grupos regulados, distorcendo as relações de mercado, reduzindo a concorrência e criando oligopólios.

A publicação da Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024 (Brasil, 2024), estabelece as regras para a produção, a comercialização e o uso de bioinsumos no Brasil. As expectativas em relação a essa lei para o impulsionamento da oferta de tecnologias e seus impactos positivos na sustentabilidade da agropecuária são imensas.

Em uma análise das políticas agrícolas relacionadas aos bioinsumos na América do Sul entre 2000 e 2020, agentes microbianos de biocontrole representaram, em média, 60% de todos os novos bioinsumos registrados no Brasil. No entanto, o estudo aponta que o desenvolvimento ainda se concentra em bactérias e fungos, dando menos atenção à macrofauna, como insetos utilizados no controle de pragas (Santos-Díaz, 2025).

Em 2024, existiam cerca de 629 produtos biológicos registrados no Brasil para o controle de pragas, destacando-se que aproximadamente 20% dos produtores rurais no planeta adotam esses bioinsumos. Por aqui, estima-se que 55% das propriedades os utilizam, contra apenas 6% nos Estados Unidos. O País conta com pelo menos 170 biofábricas, podendo tratar uma área de aproximadamente 25 milhões de hectares, em um mercado que cresce até 20% ao ano (Alisson, 2024).

Diante do panorama apresentado, fica evidente que os bioinsumos têm se consolidado como uma alternativa estratégica para a promoção de uma agropecuária mais sustentável, tanto no Brasil quanto no cenário internacional. A adoção desses insumos, no entanto, não se dá de forma espontânea, podendo ser influenciada por políticas públicas, pela estrutura regulatória e por incentivos econômicos. Experiências internacionais demonstram que a criação de marcos legais sólidos, aliada a investimentos em pesquisa e desenvolvimento, pode impulsionar a aceitação e a eficácia desses produtos no mercado agrícola (Iwanicki & Delalibera Junior, 2025).

Metodologia

A análise deste estudo envolveu uma abordagem quantitativa, utilizando modelos econômicos para a avaliação de impacto em variáveis que representam a adoção do uso de bioinsumos. O período analisado foi de 2014 a 2023, momento em que as diferentes Unidades da Federação iniciaram a implementação de seus programas estaduais de agroecologia, agricultura de baixo carbono e bioinsumos. Foram analisadas as 27 Unidades da Federação do Brasil, a partir da presença ou ausên-

cia de programas regionais. Os estados que não implementaram políticas voltadas para bioinsumos foram utilizados como grupo de controle (contrafactual) na análise da variável dependente.

Foram consultadas diferentes bases de dados para as análises econométricas, e os dados administrativos de registro de produtos para o mercado foram usados para a análise de concentração e obtidos nas bases do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

Duas abordagens estatísticas foram empregadas: regressão Logit e análise de Diferenças-em-Diferenças (DiD). A escolha de cada modelo baseou-se na natureza da variável dependente e na necessidade de capturar diferentes aspectos da relação entre as variáveis explicativas e a adoção de bioinsumos.

O modelo Logit foi utilizado para examinar os fatores que influenciam a probabilidade de adoção de políticas de bioinsumos, dada sua natureza binária (0 = não implementou, 1 = implementou). Esse modelo é apropriado para estimar relações entre variáveis explicativas e um desfecho categórico, permitindo interpretar os resultados em termos de razões de chance (*odds ratios*). A equação do modelo Logit é representada por

$$P = (Y_i = 1|X_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki})}}$$

em que

$P(Y=1|X)$: probabilidade de adoção de bioinsumos;

β_0 : intercepto do modelo;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: coeficientes das variáveis independentes;

$X_1, X_2, \dots, X_k$: variáveis explicativas (ex.: área agrícola, PIB agropecuário, IDH, programas de agroecologia).

A DiD foi aplicada com o objetivo de estimar o efeito causal das políticas públicas sobre a adoção e o volume de uso de bioinsumos, controlando por fatores estruturais e temporais não observados. Essa abordagem compara a variação média das variáveis dependentes (defensivos biológicos e inoculantes) entre unidades tratadas – aquelas inseridas em contextos de políticas específicas, como a Pnapo, o PNB e o Plano ABC – e unidades de controle, não expostas diretamente às mesmas políticas, antes e depois da sua implementação. O modelo pode ser formalizado como

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 Trat + \beta_2 Pós_{trat} + \delta(Trat \times Pós_{trat}) + \varepsilon_{it}$$

em que Y representa a variável de interesse para a unidade i no tempo t ; $Trat$ é uma *dummy* que indica a exposição à política; $Pós_{trat}$ é o período posterior à implementação; e δ captura o efeito causal da política pública. Esse estimador permite isolar o impacto das políticas ao descontar tendências gerais e choques comuns às duas amostras. Assim, a DiD complementa os modelos de regressão Logit ao fornecer uma medida de variação temporal associada à intervenção governamental, permitindo avaliar a efetividade do marco regulatório e dos instrumentos financeiros sobre a adoção de tecnologias biológicas em diferentes contextos regionais.

Para assegurar maior confiabilidade nos resultados e a consistência das inferências, foram conduzidos testes complementares ao modelo de DiD tradicional. Primeiramente, aplicou-se o método de Pareamento por Escore de Propensão integrado a Diferenças-em-Diferenças (*Propensity Score Matching* – PSM-DiD) para reduzir o viés de seleção entre unidades tratadas e de controle, permitindo estimar o efeito médio das políticas sobre grupos comparáveis. Em seguida, estimou-se um modelo de DiD com efeitos fixos em duas dimensões (*Two-Way Fixed Effects* – TWFE), incorporando controles por estado e por tempo, de modo a capturar heterogeneidades não observadas e variações estruturais entre regiões e períodos. Todas as estimações seguiram o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), com intervalos de confiança de 95%, utilizando as bibliotecas *statsmodels* e *linearmodels* em ambiente Python.

Para avaliar o grau de concentração e desigualdade no mercado de bioinsumos no Brasil, foram aplicados indicadores econômicos como: o Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), os Índices de Concentração CR(k) (CR4 e CR10) e o Índice de Gini. Utilizou-se ainda a Curva de Lorenz, que complementa a análise ao representar graficamente a distribuição cumulativa da participação de mercado das empresas. Os cálculos foram realizados utilizando Python, com o suporte das bibliotecas *numpy*, *pandas* e *matplotlib* para a visualização gráfica.

Os dados para a análise econométrica incluíram informações do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama, 2025), da Associação Nacional de Promoção e Inovação da Indústria de Biológicos (Anpibio, 2025), do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2025), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2026) e de outras fontes relevantes, abrangendo o período de 2014 a 2023, com as 27 Unidades da Federação do Brasil, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas no modelo econométrico para análise das Unidades da Federação quanto aos efeitos das políticas de bioinsumos.

Variável	Grupo	Indicador (unidade)	Fonte
Adoção de defensivos biológicos	Variável dependente	Quantidade em toneladas ou litros	Séries históricas estaduais (Ibama)
Adoção de inoculantes	Variável dependente	Quantidade em doses	Séries históricas estaduais (Anpib Bio)
Programa Estadual de Agroecologia	Variável independente (dummy)	1 = implementada; 0 = não	Diário Oficial do Estado
Programa Estadual de Bioinsumos	Variável independente (dummy)	1 = implementada; 0 = não	Diário Oficial do Estado
Programa Estadual ABC	Variável independente (dummy)	1 = implementada; 0 = não	Diário Oficial do Estado
Área agrícola	Variável controle agrícola	Área agrícola utilizada (ha)	IBGE
Valor bruto da produção (VBP)	Variável controle econômico	Agricultores que produzem com IG no município (número)	IBGE
IDH-M	Variável controle econômico	Escala de 0 a 1	Escala de 0 a 1
Agricultores orgânicos	Variável controle agrícola	Agricultores orgânicos em cada município (número)	MAPA
Crédito sustentável	Variável controle econômico	Valores em milhões de reais	Bacen ⁽¹⁾
Projetos sustentáveis	Variável moderadora	1 = implementada; 0 = não	Bacen ⁽¹⁾
Área com projetos sustentáveis	Variável controle agrícola	Área agrícola utilizada (ha)	Bacen ⁽¹⁾
Agrônomos	Variável moderadora	Engenheiros-agrônomos registrados (número)	Confea ⁽²⁾

⁽¹⁾ Banco Central do Brasil; ⁽²⁾ Conselho Nacional de Engenharia e Agronomia.

Resultados e discussão

Análise de eficácia de políticas públicas

A análise foi realizada de forma comparativa entre os produtos do tipo defensivos biológicos e inoculantes, permitindo distinguir os efeitos das políticas públicas e dos fatores econômicos sobre diferentes segmentos do mercado. O modelo Logit, estimado para identificar os fatores que influenciam a probabilidade de adoção de defensivos, apresentou o coeficiente da área agrícola positivo e estatisticamente significativo, o que sugere que unidades territoriais mais extensas têm maior probabilidade de adoção desses bioinsumos (Figura 2).

Os coeficientes foram positivos e significativos para as variáveis política de bioinsumos, política ABC e área agrícola, embora apenas esta última tenha apresentado a maior relevância estatística ($p < 0,009$). A relação da área agrícola total com uma maior probabilidade de adoção de defensivos está alinhada ao comportamento esperado das economias de escala: propriedades maiores tendem a adotar pacotes tecnológicos mais completos e sistematizados, o que inclui o uso mais frequente de defensivos biológicos. Essa tendência sugere que

grandes empreendimentos buscam equalizar os custos dos impactos do uso de produtos químicos no controle de pragas em função da redução de custos e da necessidade de uma implementação efetiva do conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Os resultados mostram que as três políticas públicas com $p < 0,05$ sugerem uma associação entre os marcos regulatórios e a adoção de defensivos biológicos, mas não permitem afirmar causalidade direta, uma vez que as análises complementares de DiD e TWFE não confirmaram impacto estatisticamente significativo. O fato de a política de agroecologia ter apresentado um valor negativo e significativo ($p < 0,039$) no modelo Logit é contraintuitivo e requer análises mais aprofundadas.

No caso da adoção de inoculantes, o modelo Logit revelou resultados consistentes. As variáveis mais relevantes foram crédito sustentável ($p = 0,002$) e projetos implementados ($p = 0,022$) (Figura 3).

Esses resultados indicam que o uso de inoculantes – insumos típicos de sistemas de fixação biológica de nitrogênio – está mais associado à disponibilidade de crédito rural sustentável e à execução de projetos específicos de financiamento.

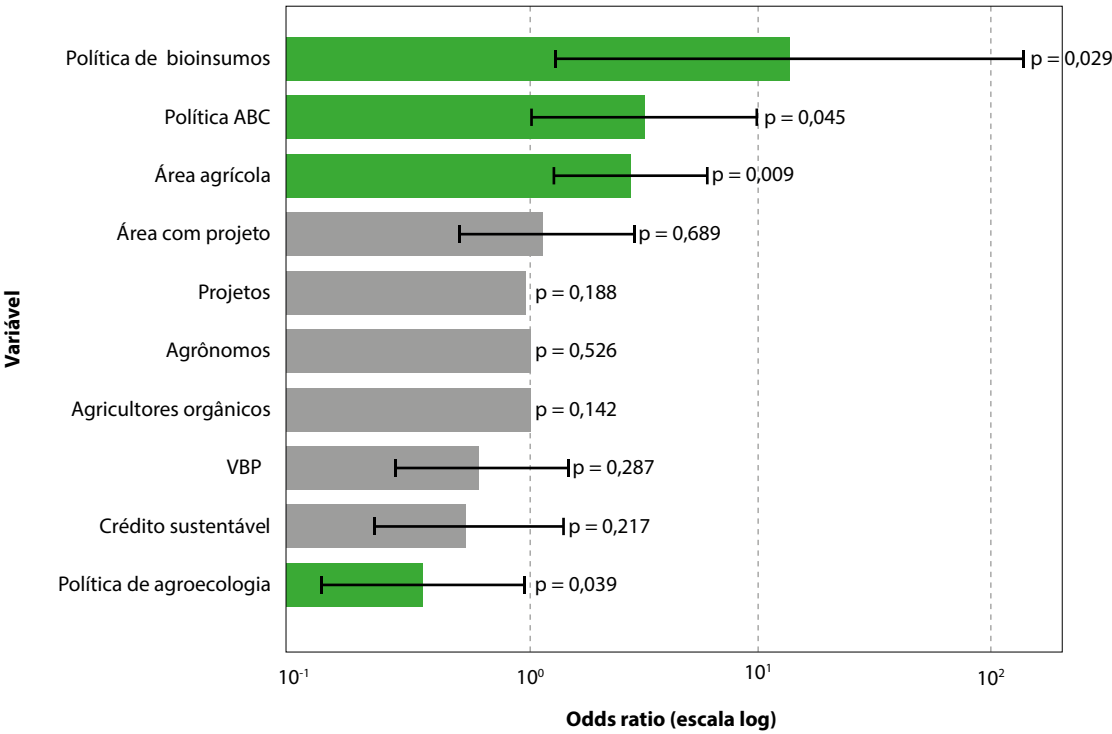


Figura 2. Adoção de defensivos biológicos: resultados da regressão Logit via pacote programação Python, com as bibliotecas *statsmodels*.

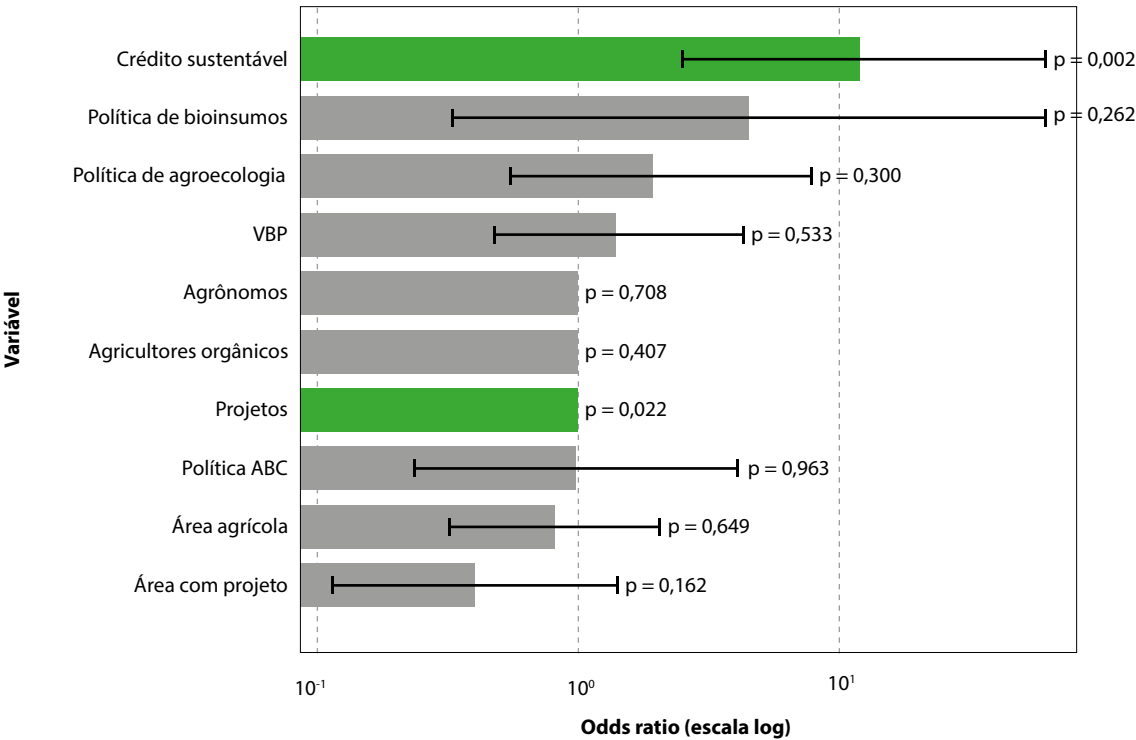


Figura 3. Adoção de Inoculantes: resultados da regressão Logit via pacote programação Python, com as bibliotecas *statsmodels*.

Vale notar que, diferentemente dos defensivos biológicos, as variáveis de políticas estruturantes (como a política ABC e a política agroecológica) não apresentaram significância estatística no caso dos inoculantes. Isso sugere que a adoção desses insumos pode estar mais relacionada a fatores econômicos e de investimento do que a instrumentos normativos ou regulatórios. Enquanto os defensivos respondem positivamente à estruturação de políticas de sustentabilidade e à escala produtiva, os inoculantes mostram-se mais sensíveis a incentivos financeiros e projetos específicos.

A segunda etapa da análise consistiu em estimar modelos DiD para verificar os efeitos causais das políticas sobre o volume de uso de defensivos biológicos e inoculantes (Figura 4).

Os resultados indicam que as políticas analisadas apresentaram coeficientes positivos em alguns modelos, mas sem significância estatística. A Pnapo exibiu efeito negativo sobre o volume de defensivos biológicos, o que pode estar relacionado aos incentivos que essa política oferece para a redução gradual da dependência do mercado formal, estimulando a produção própria de bioinsumos (*on farm*), hipótese que, contudo, demanda investigação mais aprofundada.

No caso dos inoculantes, o modelo DiD revelou que o crédito sustentável e os projetos vinculados ao PNB apresentaram efeitos positivos, mas ainda sem significância estatística sobre o volume utilizado. Esse resultado dialoga com a hipótese de estudos internacionais sobre políticas de transição verde, nos quais instrumentos financeiros são determinantes para acelerar a adoção de tecnologias biológicas (Maitra et al., 2021; Medina et al., 2024).

Em contrapartida, o Plano ABC não apresentou efeito significativo sobre os inoculantes, reforçando a distinção observada nas regressões Logit: enquanto contribui para o manejo biológico de pragas, sua efetividade como política de estímulo à adoção não se confirmou. Essa desconexão estatística evidencia uma possível independência da adoção dessa tecnologia em relação à política pública formal, atribuindo seu uso a uma tendência natural do mercado, principalmente na cultura da soja, na qual a inoculação se consolidou como modelo *business as usual*.

O PNB, instituído apenas em 2020, ainda está em fase inicial de implementação e de consolidação institucional, o que limita a capacidade de men-

surar seus efeitos nas séries históricas utilizadas. A defasagem temporal entre a criação da política e o horizonte dos dados pode explicar a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos com e sem política. Trata-se, portanto, de um caso em que o marco regulatório é mais recente do que a trajetória dos dados disponíveis, dificultando a identificação de efeitos causais em análises longitudinais.

Os resultados indicam que as políticas mais consolidadas (como o Plano ABC) apresentam reflexos detectáveis sobre o comportamento dos produtores e do mercado de insumos, enquanto as políticas emergentes (como a PNB) ainda demandam tempo e mecanismos de monitoramento para gerar séries consistentes de avaliação.

Análise de concentração de mercado

Para avaliar o grau de concentração do mercado de bioinsumos no Brasil, foram aplicados os indicadores descritos na Tabela 2.

Os índices de concentração revelam características distintas entre o mercado de empresas de bioinsumos e o de fornecimento de matérias-primas. O HHI, que mede a concentração de mercado, apresentou valores muito baixos para empresas de inoculantes (0,039) e empresas de produtos de controle biológico (0,0186), indicando um mercado altamente competitivo e fragmentado.

No entanto, o HHI da matéria-prima de inoculantes (0,202) sugere uma concentração moderada, o que implica que poucos fornecedores controlam a maior parte do fornecimento de insumos básicos. Esse padrão é confirmado pelas razões de concentração (CR4 e CR10), que mostram que as quatro maiores empresas controlam 27,4% do mercado de inoculantes e 17,7% do mercado de defensivos biológicos, enquanto, no caso da matéria-prima, os quatro maiores fornecedores dominam 77,6% e 44,9% desses mercados, respectivamente.

O Índice de Gini evidencia o grau de desigualdade na distribuição de mercado entre as empresas atuantes. Para os segmentos de inoculantes e controle biológico, os valores de 0,210 e 0,337 indicam uma distribuição relativamente equilibrada e uma concentração moderada. Já no caso das matérias-primas, os valores de 0,119 para inoculantes e 0,403 para controle biológico revelam maior assimetria, especialmente neste último, no qual poucas empresas detêm acesso a um número elevado de insumos específicos.

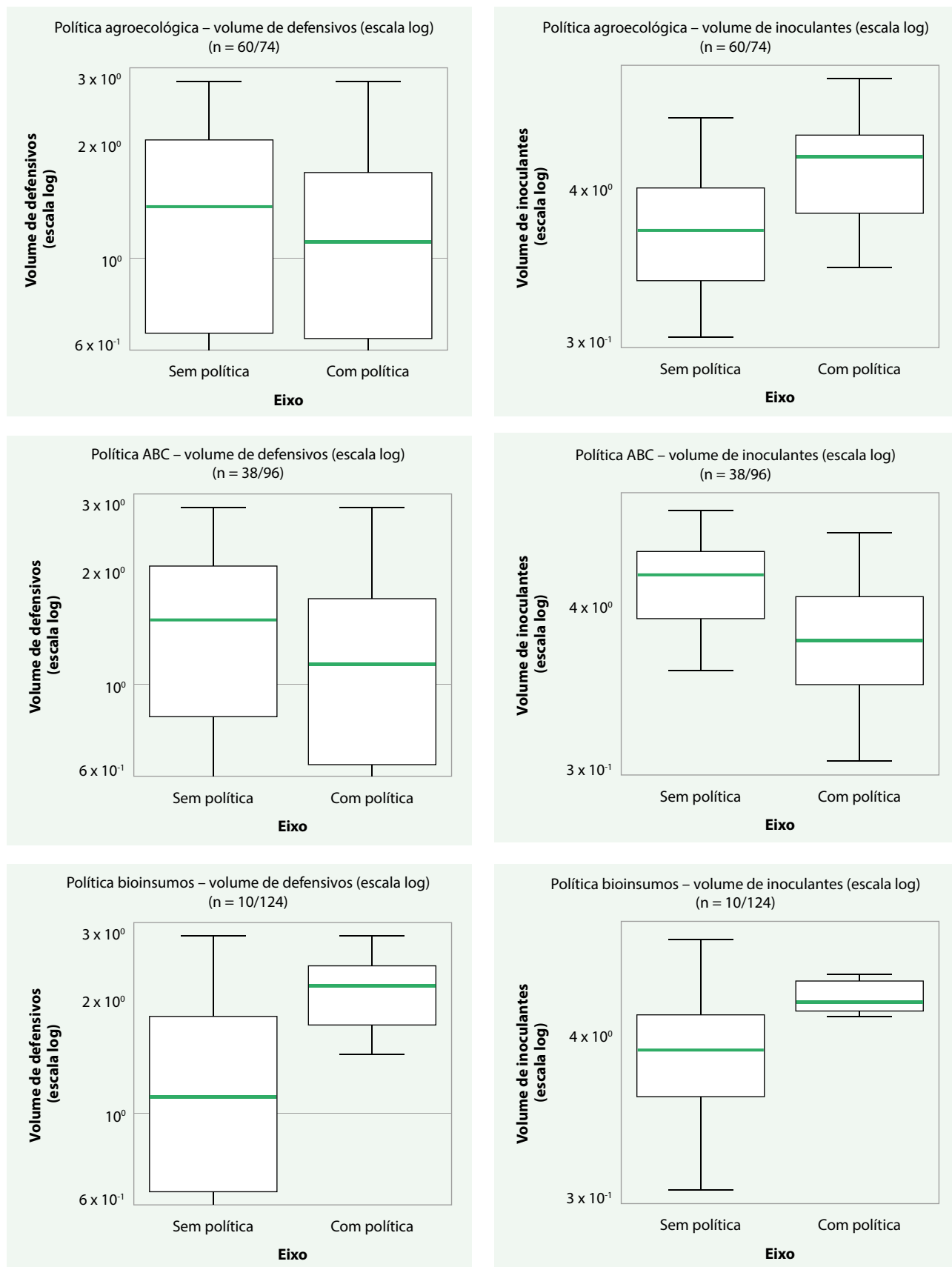


Figura 4. Efeito das políticas públicas agroambientais na adoção de bioinsumos por Unidade da Federação – estimação por DiD.

Tabela 2. Avaliação da concentração do mercado de bioinsumos no Brasil por diferentes métricas.

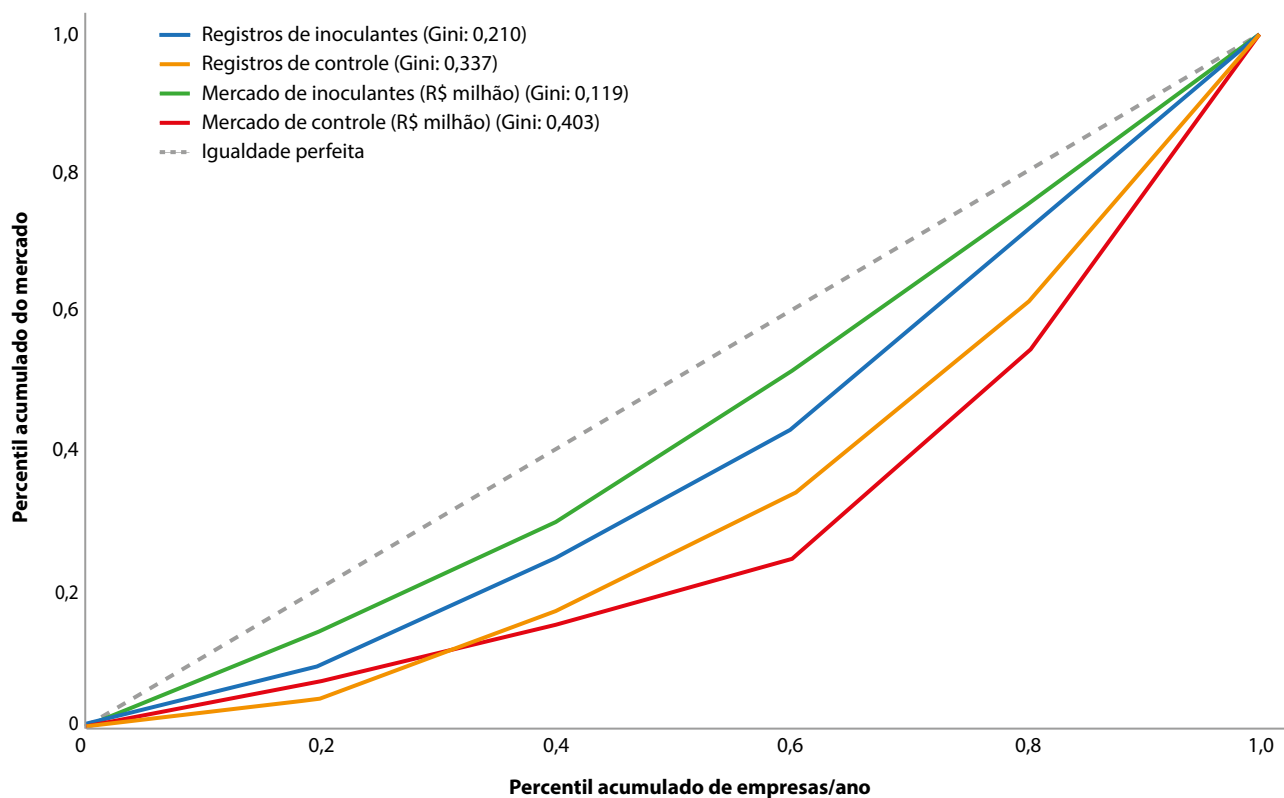
Métricas de concentração	Empresas de inoculantes	Empresas de matéria-prima de inoculante	Empresas de produtos para controle biológico (defensivos)	Empresas de matéria-prima de defensivos
Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI)	0,039	0,202	0,186	0,067
Razão de concentração (CR4)	0,274	0,776	0,177	0,449
Razão de concentração (CR10)	0,525	0,946	0,328	0,635
Índice de Gini	0,210	0,119	0,337	0,403

Aplicou-se a Curva de Lorenz a fim de representar a distribuição da participação de mercado e ilustrar graficamente esse nível de concentração. No gráfico, o eixo horizontal representa a proporção acumulada de empresas (ou agentes do mercado), enquanto o eixo vertical indica a proporção acumulada do *market share* (Figura 5).

A linha de 45 graus, conhecida como linha de igualdade perfeita, representa uma distribuição totalmente igualitária, na qual todas as empresas teriam a mesma participação de mercado. Quanto maior a área entre a curva e a linha de igualdade,

maior é a desigualdade ou concentração do mercado. No presente estudo, a concentração do mercado de matérias-primas é superior à do mercado de empresas, tanto para o controle biológico quanto para os inoculantes.

A análise gráfica dos indicadores de concentração permite uma visualização intuitiva da desigualdade na distribuição dos registros de produtos e do valor de mercado dos bioinsumos. As curvas referentes aos inoculantes situam-se mais próximas da linha de igualdade perfeita, tanto em termos de registros (Gini = 0,210) quanto de valor de merca-

**Figura 5.** Concentração do mercado de bioinsumos no Brasil: Curva de Lorenz para variáveis de concentração de mercado.

Fonte: Brasil (2025).

do (Gini = 0,119), indicando menor concentração e maior dispersão entre as empresas.

Esse padrão é consistente com os baixos valores de HHI (0,039) e CR4 (0,274) observados na Tabela 2, o que sugere que o mercado de inoculantes no Brasil é mais competitivo, com um número expressivo de fabricantes atuando de forma descentralizada e sem o domínio de poucos agentes. Em contraste, as curvas dos defensivos biológicos (produtos para controle biológico) estão mais afastadas da linha de igualdade, com Gini de 0,337 para registros e de 0,403 para valor de mercado, revelando um nível de concentração mais elevado e maior desigualdade na participação das empresas.

Discussão dos achados

Os resultados empíricos obtidos levam à discussão sobre a adoção de bioinsumos no Brasil sob múltiplas dimensões – socioeconômica, institucional e tecnológica – em diálogo com a literatura sobre inovação agroambientais. O conjunto dos modelos (Logit e DiD) indica que a difusão de defensivos biológicos e inoculantes não segue um padrão único, refletindo trajetórias distintas de maturidade tecnológica e de inserção nas políticas públicas de sustentabilidade agrícola.

A primeira observação é a forte heterogeneidade dos determinantes da adoção, confirmando o argumento de Agum et al. (2015) de que as decisões tecnológicas no campo resultam de uma combinação de fatores econômicos, sociais e institucionais. No caso dos defensivos biológicos, as variáveis associadas à estrutura produtiva e à capacidade técnica, como IDH, presença de agrônomos e área de projetos, apresentaram maior peso no modelo Logit. Esse resultado converge com estudos de Niederle et al. (2019), que destacam o papel do capital humano e do conhecimento técnico na adoção de práticas agroecológicas e de controle biológico.

Por outro lado, os inoculantes mostraram dependência mais forte de variáveis econômicas, especialmente do VBP e do crédito sustentável, o que corrobora a visão de Costa Jr. et al. (2019) sobre a importância do acesso ao crédito e à liquidez para a adoção de inovações agrícolas. Os resultados indicam que o uso de inoculantes é mais sensível à disponibilidade de financiamento e à escala produtiva do que à presença de políticas regulatórias. Essa constatação reforça os achados de Medina et al. (2024), segundo os quais tecnologias de menor

visibilidade política e menor complexidade regulatória tendem a difundir-se com base em incentivos econômicos diretos, não necessariamente mediadas por políticas ambientais formais.

O Plano ABC e o PNB apresentaram coeficientes positivos nas regressões Logit para a adoção de defensivos biológicos; os modelos DiD, por sua vez, não confirmaram efeitos causais, indicando que os impactos diretos dessas políticas permanecem incipientes. Esses resultados apontam que as políticas estruturadas e de caráter normativo exercem papel indutor e legitimador, mais do que transformador imediato, sobre as práticas de manejo sustentável. Segundo Vidal et al. (2021), políticas de inovação ambiental tendem a ser mais eficazes quando fortalecem sistemas de conhecimento e regulação, criando “infraestruturas institucionais” que reduzem incertezas e conferem legitimidade às novas tecnologias.

O modelo DiD complementa essa leitura ao demonstrar que o efeito das políticas é temporalmente diferenciado. Enquanto o Plano ABC mostra impacto consolidado, refletindo mais de uma década de implementação, o PNB ainda apresenta efeitos difusos e de curto alcance. Essa defasagem temporal é coerente com a literatura de avaliação de políticas (Ramos & Schabbach, 2012; Arretche, 2013), que aponta que inovações tecnológicas exigem períodos de maturação antes que seus efeitos se tornem observáveis nas estatísticas agregadas. O crescimento moderado do uso de bioinsumos, mesmo entre unidades sem política, sugere um processo endógeno de difusão tecnológica, impulsionado pela oferta comercial crescente e pela redução de custos, fenômeno semelhante ao identificado por Santos-Díaz (2025) em setores emergentes da bioeconomia.

Esses achados dialogam com a literatura sobre transições sustentáveis (Niederle et al., 2019), segundo a qual inovações verdes emergem em “nichos” que requerem tanto apoio institucional quanto incentivos econômicos. No Brasil, os bioinsumos constituem um segmento estruturado de mercado, diferenciado de outros países em termos de escala e tecnologia. A evidência empírica sobre a concentração de mercado reforça essa distinção: o segmento de inoculantes apresenta HHI (0,039) e Índice de Gini (0,210) baixos, indicando alta competitividade e ampla participação de pequenas empresas; já o controle biológico mostra HHI de 0,0186 e Gini de 0,337, sugerindo oligopolização em torno

de poucas firmas com maior capacidade tecnológica e acesso a matérias-primas restritas.

Outra implicação é a importância de políticas de assistência técnica e extensão rural (Ater). A variável *agrônomos* exibiu peso relevante (11,2%) no modelo de defensivos, indicando que a presença de profissionais qualificados é condição para a correta utilização de agentes biológicos e para a confiança dos produtores nesses insumos. De acordo com Niederle et al. (2019), a inovação agrícola depende de redes de aprendizagem e de capital social que conectam produtores, pesquisadores e agentes públicos. Assim, fortalecer os serviços de Ater e a capacitação em bioinsumos mostra-se essencial para ampliar a adoção dessas tecnologias de forma segura e eficiente.

Do ponto de vista teórico, os resultados também contribuem para a compreensão do papel das políticas de transição verde no contexto de países em desenvolvimento. A coexistência de instrumentos regulatórios (PNB, Plano ABC) e econômicos (crédito sustentável) reflete a necessidade de um *policy mix* – conforme apontam Carneiro & Montebello (2024) –, capaz de equilibrar inovação e equidade. Enquanto políticas normativas favorecem a coordenação e a padronização, políticas financeiras aceleram a difusão e reduzem barreiras de entrada. O caso dos bioinsumos brasileiros exemplifica essa complementaridade: os defensivos biológicos tendem a depender mais da estrutura institucional, ao passo que os inoculantes são impulsionados pela rentabilidade e pela disponibilidade de crédito.

Conclusão

Os resultados deste estudo indicam que o cenário de bioinsumos no Brasil é moldado predominantemente por fatores econômicos e estruturais, nos quais as políticas públicas exercem um papel catalisador, mas indireto. A análise sugere que a adoção de defensivos biológicos está mais vinculada à capacidade técnica local e à presença de assistência agrônoma, enquanto os inoculantes respondem principalmente a variáveis de mercado, como o VBP e o acesso ao crédito sustentável. Essa distinção reflete trajetórias tecnológicas distintas: os inoculantes avançam por racionalidade econômica e financiamento, ao passo que os defensivos biológicos dependem mais de suporte técnico e capacitação institucional.

A estrutura de mercado também apresenta assimetrias relevantes: o segmento de inoculantes é mais competitivo e fragmentado, com baixa concentração, enquanto o mercado de defensivos biológicos permanece mais concentrado e dependente de poucos fornecedores de matéria-prima. Essa diferença exige estratégias de política diferenciadas – estímulo ao crédito e à escala para os inoculantes, e coordenação regulatória e apoio à pesquisa para os defensivos. A influência positiva, ainda que moderada, de políticas como o Plano ABC e o PNB indica que estas atuam mais na formação de ambientes favoráveis à inovação do que como determinantes diretos da adoção.

Para consolidar a transição rumo a uma bioeconomia agrícola, é urgente superar as lacunas de dados e monitoramento que limitam a avaliação precisa dessas políticas. A aprovação do novo marco regulatório dos bioinsumos (Lei nº 15.070/2024) representa um avanço importante, mas seu sucesso dependerá da qualidade da regulamentação infralegal, da integração com instrumentos financeiros e do fortalecimento de sistemas oficiais de informação. Somente com bases confiáveis e articulação operacional será possível converter diretrizes em resultados mensuráveis, assegurando que o potencial dos bioinsumos se traduza em ganhos reais de sustentabilidade.

Referências

- AGUM, R.; RISCADO, P.; MENEZES, M. Políticas públicas: conceitos e análise em revisão. *Revista Agenda Política*, v.3, p.12-42, 2015.
- ALISSON, E. Registro de produtos para controle biológico de pragas ultrapassa o de agroquímicos no Brasil. *Agência FAPESP*, 19 abr. 2024.
- ANPII BIO. Associação Nacional de Promoção e Inovação da Indústria de Biológicos. [Estatísticas do setor de bioinsumos]. Disponível em: <<https://anpiibio.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 27 out. 2025.
- ARRETCHE, M.T.S. Tendências no estudo sobre avaliação de políticas públicas. *Terceiro Milênio: Revista Crítica de Sociologia e Política*, v.1, p.126-133, 2013.
- 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. 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm>. Acesso em: 8 fev. 2025.
- BRASIL. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. *Diário Oficial da União*, 21 ago. 2012. Seção 1, p.4-5. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=4&data=21/08/2012>>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- BRASIL. Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Dispõe sobre 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 embalagens e os incentivos à produção de bioinsumos para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal; e altera as Leis nºs 14.785, de 27 de dezembro de 2023, 10.603, de 17 de dezembro de 2002, e 6.894, de 16 de dezembro de 1980. 2024. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/115070.htm>. Acesso em: 25 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Agrotóxicos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos>>. Acesso em: 27 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Histórico [do Plano ABC]**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/plano-abc/historico>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

CARNEIRO, J.A.; MONTEBELLO, A.E.S. Políticas públicas, compras sustentáveis e agricultura familiar no Brasil – 2013 a 2023. **RGSA: Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.2, e08008, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n4-157>.

COSTA JR., N.B. da; BALDISSERA, T.C.; PINTO, C.E.; GARAGORRY, F.C.; MORAES, A. de; CARVALHO, P.C. de F. Public policies for low carbon emission agriculture foster beef cattle production in southern Brazil. **Land Use Policy**, v.80, p.269-273, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.014>.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 27 out. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

IWANICKI, N.S.A.; DELALIBERA JUNIOR, I. Panorama dos bioinsumos no Brasil e no mundo. **Visão Agrícola**, n.15, p.10-14, 2025.

JAMES, D.; BLESCH, J.; LEVERS, C.; RAMANKUTTY, N.; BICKSLER, A.J.; MOTTET, A.; WITTMAN, H. The state of agroecology in Brazil: An indicator-based approach to identifying municipal “bright spots”. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v.11, art.11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.2023.00011>.

MAITRA, S.; BRESTIC, M.; BHADRA, P.; SHANKAR, T.; PRAHARAJ, S.; PALAI, J.B.; SHAH, M.M.R.; BAREK, V.; ONDRISIK, P.; SKALICKÝ, M.; HOSSAIN, A. Bioinoculants—natural biological resources for sustainable plant production. **Microorganisms**, v.10, art.51, 2021. DOI: <https://doi.org/HYPERLINK> “<https://doi.org/10.3390/microorganisms10010051>”10.3390/microorganisms10010051.

MEDINA, G. da S.; ROTONDO, R.; RUBÉN RODRÍGUEZ, G. Innovations in agricultural bio-inputs: commercial products developed in Argentina and Brazil. **Sustainability**, v.16, art.2763, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16072763>.

MORAES, R.F. de. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Brasília: Ipea, 2019. (Ipea. Texto para Discussão, 2506).

NIEDERLE, P.A.; SABOURIN, E.; SCHMITT, C.J.; ÁVILA, M.L. de; PETERSEN, P.; ASSIS, W.S. de. A trajetória brasileira de construção de políticas públicas para a agroecologia. **Redes: Revista do Desenvolvimento Regional**, v.24, p.270-291, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17058/redes.v24i1.13035>.

RAMOS, M.P.; SCHABBACH, L.M. O estado da arte da avaliação de políticas públicas: conceituação e exemplos de avaliação no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v.46, p.1271-1294, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-76122012000500005>.

SANTOS-DÍAZ, A.M.; URIBE-GUTIÉRREZ, L.A.; QUIROBA-CUBIDES, G.M.; CAMELO-RUSINQUE, M.; MARTÍNEZ-LEMUS, E.P.; ZULUAGA, M.V. On-farm bioinputs production in Latin American agriculture: advances and trends. **Siembra**, v.12, e7483, 2025. DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v12i1.7483>.

VIDAL, M.C.; AMARAL, D.F.S.; NOGUEIRA, J.D.; MAZZARO, M.A.T. Bioinsumos: a construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, v.12, p.557-574, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31501/ealr.v12i3.12811>.