



ANÁLISE EX-ANTE DE SUSTENTABILIDADE DO BIOINSUMO NEMATUS APLICADO AO CULTIVO DE SOJA NO BRASIL

EX-ANTE SUSTAINABILITY ANALYSIS OF THE NEMATUS BIOINPUT APPLIED TO SOYBEAN CULTIVATION IN BRAZIL

Priscila Seixas Sabaini
Embrapa Agroenergia
priscila.sabaini@embrapa.br

Rosana do Carmo Nascimento Guiducci
Embrapa Agroenergia
rosana.guiducci@embrapa.br

Clenilson Martins Rodrigues
Embrapa Agroenergia
clenilson.rodrigues@embrapa.br

Grupo de Trabalho (GT): <<4. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade>>

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o impacto econômico e ambiental (*ex-ante*) do bioinsumo Nematius aplicado ao cultivo de soja no Brasil. Com base em resultados de eficiência técnica dos princípios ativos Nematius em relação à alternativa sintética disponível no mercado para controle de nematoides, fez-se estimativas de impacto econômico por redução de custos de produção. Foi utilizado um cenário de adoção progressiva da tecnologia com incrementos anuais equivalentes a 0,2% da área plantada de soja na safra 2022/2023, estabilizando em 1% a partir do quinto ano. Utilizou-se o inventário de produção de soja (Folegatti-Matsuura & Picoli, 2018), disponível na base de dados Ecoinvent como referência para simular o impacto ambiental da adoção da tecnologia. Os resultados indicam um ganho de R\$ 239,89/ha em redução de custos de produção de soja. A avaliação ambiental indicou pequena redução nas emissões de CO₂ que trazidas à escala da produção proposta no estudo representou uma melhoria significativa em termos de emissões evitadas, toxicidade humana e ecotoxicidade de água doce. Concluiu-se que o bioinsumo Nematius tem grande potencial de contribuir para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira.

Palavras-chave: Impacto econômico e ambiental, ICV da soja, mudança climática.

Abstract

This work aims to evaluate the economic and environmental impact (ex-ante) of the Nematius bioinput applied to soybean cultivation in Brazil. Based on technical efficiency results of Nematius active principles in relation to the synthetic alternative available on the market for nematode control, estimates of economic impact were made by reducing production costs. A scenario of progressive technology adoption was used, with annual increments equivalent to 0.2% of the soybean planted area in the 2022/2023 harvest, stabilizing at 1% from the fifth year onwards. The soybean production inventory (Folegatti-Matsuura & Picoli, 2018), available in the Ecoinvent database, was used as a reference to simulate the environmental impact of adopting the technology. The results indicate a gain of R\$ 239.89/ha in reduction of soybean production costs. The environmental assessment indicated a small reduction in CO₂ emissions which brought to the scale of production proposed in the study represented a significant improvement in terms of avoided emissions, human toxicity and freshwater ecotoxicity. It is concluded that the Nematius bioinput has great potential to contribute to the sustainable development of Brazilian agriculture.

Key words: Economic and environmental impact, soybean LCI, climate change



1. Introdução

Dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA, da Esalq/USP, em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA, mostram que a participação do setor agropecuário no Produto Interno Bruto - PIB brasileiro de 2022 é em torno de 25% (CEPEA, 2022). De acordo com dados do CEPEA (2022), o PIB do agronegócio brasileiro alcançou recordes sucessivos em 2020 e em 2021, mas em 2022, o setor teve recuos sucessivos causados pela alta dos custos com insumos. Para 2023, o Instituto de Pesquisa em Econômica Aplicada - IPEA estima um crescimento de 11,6%, com aumento de 14,2% no valor adicionado (VA) da produção vegetal e de 1,6% no VA da produção animal (IPEA, 2022). As estimativas são mais otimistas e levam em conta as estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE para a soja, que são de crescimento na ordem de 22,5%. Segundo o relatório do IPEA, a soja, principal produto da produção vegetal e do setor agropecuário, vem registrando melhora nas estimativas de produção desde março de 2022 (IPEA, 2022).

Com efeito, o Brasil é o segundo maior produtor e maior exportador de soja do mundo. O último levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB para o ano agrícola 2022/2023 estimou a área plantada em 43,4 milhões de hectares de soja, com produtividade média de 3.536 kg/ha e uma produção de 153,478 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

A rentabilidade da cultura é verificada ao se comparar os custos médios de produção da saca de soja (60 kg), em relação ao valor recebido pelo produtor. Conforme análise de custos do CEPEA e CNA, os elevados preços de comercialização da soja em grão garantiram produtividade de nivelamento (quantidade de sacas por hectare necessárias para quitar os custos de produção) favoráveis aos agricultores em boa parte do ano de 2022 (Figura 1). Mas alertam que a intensa valorização de importantes insumos agrícolas, com elevação do custo variável da produção nos últimos meses, vem gerando preocupação entre produtores (CEPEA, 2022).

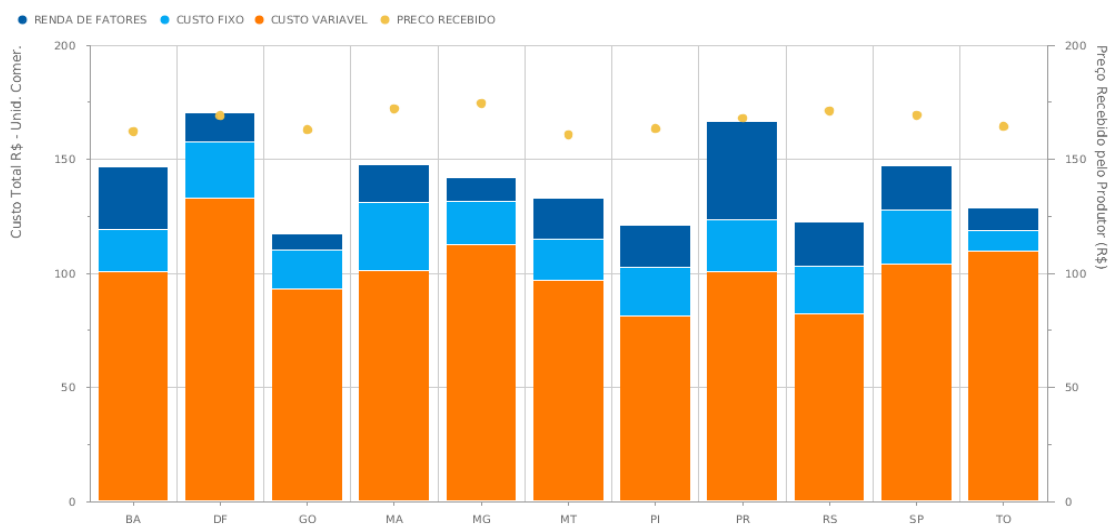


Figura 1 – Rentabilidade da cultura da soja: custo médio versus valor recebido pelo produtor.
Fonte: CEPEA.

Analisando os componentes do custo variável de produção de soja, na safra 2022/2023 (Figura 2), tendo como referência o município de Sorriso (MT), que é um dos principais municípios produtores de soja do Brasil, observa-se que os defensivos (agrotóxicos) usados no



controle de pragas e doenças da cultura, onde se inserem os nematicidas, têm peso significativo, respondendo por 29,87% do custo variável total. No caso do Brasil, país altamente dependente de importação de defensivos agrícolas, este componente acaba tendo grande influência no resultado econômico final da principal *commodity* produzida no país.

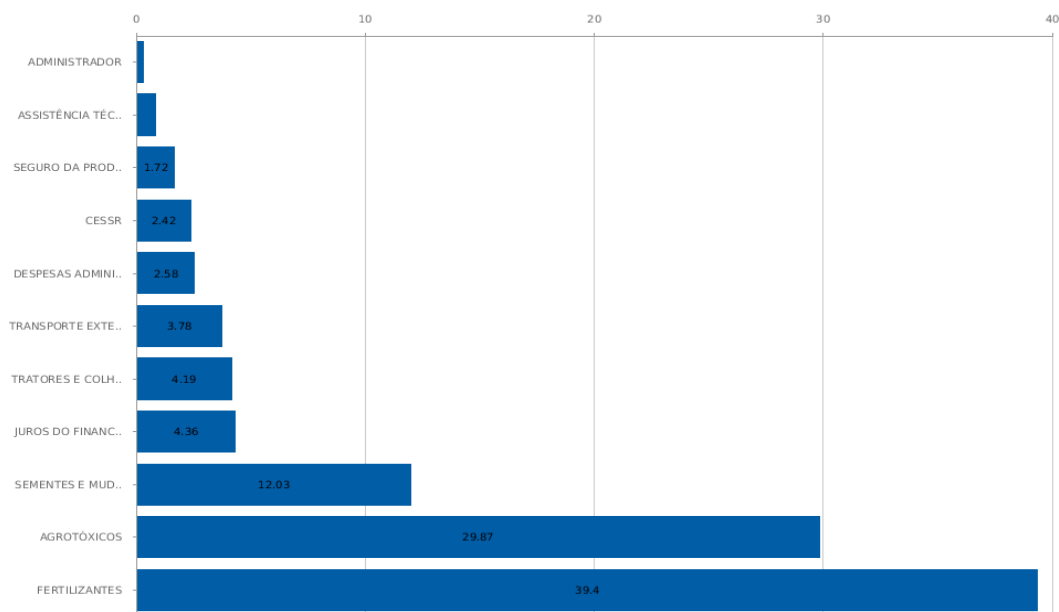


Figura 2 - Contribuição dos componentes de custo no custo variável da soja, no município de Sorriso-MT, safra 2022/2023. Fonte: CONAB (2023).

É inegável que, no decorrer dos anos, houve um aumento crescente da produtividade agrícola em função do desenvolvimento tecnológico. No entanto, os prejuízos provocados por fitonematoides, particularmente, em culturas de importância econômica para o agronegócio brasileiro, como a soja, são expressivos. Um estudo divulgado pela Syngenta (2022) em parceria com a consultoria Agroconsult e a Sociedade Brasileira de Nematologia, estimam perdas de R\$ 65 bilhões devido a este problema em diversos cultivos. Na cultura da soja o prejuízo estimado é de R\$ 27,7 bilhões. Segundo os autores, isso significa que, a cada 10 safras, uma safra inteira é perdida para os nematoides na sojicultura.

Esses números reforçam a importância de desenvolver tecnologias capazes de melhorar o desempenho da agricultura brasileira sem deixar de lado o cuidado com o ambiente, como é o caso do nematicida natural *Nematus* - princípios ativos provenientes de extratos vegetais e fúngicos, que contêm metabólitos nematotóxicos, capazes de substituir nematicidas sintéticos. A utilização de nematicidas sintéticos têm causado riscos à saúde humana, animal e ao ambiente (PERES, 2003). Por estas razões, torna-se imperativa a busca por substâncias químicas de origem renovável, biodegradáveis e que não apresentem efeitos citotóxicos indesejáveis, que é o objetivo do ativo em desenvolvimento na Embrapa Agroenergia.

1.1. Dinâmica do mercado de agroquímicos e perspectivas para os bioinsumos

Segundo a CNA, o ano de 2022 foi marcado por um forte aumento dos custos com insumos no setor agropecuário, principalmente pela elevação dos preços de defensivos e fertilizantes. Os dados coletados pela CNA até setembro de 2022 indicam um crescimento de 25,33% no PIB do segmento de insumos do agronegócio (CNA, 2022).



O mercado global de agroquímicos vem se transformando e se expandindo ao longo do tempo, acompanhando o crescimento da produção de alimentos no mundo. A produção mundial de agroquímicos passou de 2,4 milhões de toneladas, em 1990, para 4,2 milhões de toneladas, em 2018 (FAO, 2021). No Brasil, a Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM estimou o faturamento líquido do segmento de defensivos agrícolas em US\$ 13,3 bilhões no ano de 2021, 7,3% maior que no ano de 2020 (ABIQUIM, 2021).

A indústria agroquímica passou por várias ondas de concentração de mercado no período de 1970 a 2014, que se dão geralmente por meio de fusões e aquisições. O resultado é uma estrutura de mercado concentrada em poucas empresas, típico de mercados oligopolizados, o que permite alcançar economias de escala suficientes para suportar os custos crescentes de Pesquisa & Desenvolvimento – P&D. Segundo Sparks & Lorschach (2016), em 1960 havia cerca de 50 empresas nos EUA e na Europa envolvidas na descoberta e desenvolvimento de novos defensivos. Em 2010 este número caiu para seis, com possíveis consolidações no futuro. Atualmente, o mercado de defensivos é fortemente consolidado pelos cinco principais participantes: Syngenta, Bayer, BASF, Dow AgroScience e DuPont.

Segundo análise da IndustryARC (2021), lançamentos de tecnologia, aquisições e atividades de P&D são estratégias fundamentais adotadas por *players* do mercado de defensivos agrícolas. Todavia, o nível de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D necessário para colocar novos princípios ativos no mercado é significativamente alto. Estimativas recentes indicam que são necessários investimentos da ordem de US\$ 286 milhões para a descoberta e o desenvolvimento de um novo agroquímico (SPARKS e LORSBACH, 2016). Este montante de investimento representa um aumento de 55% sobre a estimativa do ano de 2000 que era de US\$ 184 milhões. Certamente que os elevados investimentos constituem uma barreira à entrada de competidores e explicam a concentração de mercado neste segmento.

Dentre as principais tendências que influenciam o mercado de defensivos destaca-se a busca por alternativas ecológicas, sustentáveis e de menor custo. Muitos países já consideram a proibição de vários agroquímicos prejudiciais ao ambiente. Assim sendo, empresas têm investido em processos para disponibilizar alternativas menos tóxicas, reduzindo os impactos ao ambiente.

Segundo matéria divulgada pela Forbes (2023), um estudo da *Fortune Business Insights* estimou o mercado global de biopesticidas em US\$ 6,51 bilhões (R\$33,6 bilhões na cotação atual) em 2022, com estimativa de US\$ 18,15 bilhões (R\$ 93,7 bilhões) em 2029, um crescimento de 15,77% no período.

No Brasil, o mercado de bioinsumos movimentava cerca de R\$ 2 bilhões ao ano, devendo triplicar até 2030, segundo estudo realizado pela Spark Inteligência Estratégica, e divulgado pelo Insper (2022). Com um crescimento anual de 40% desde 2018, os produtos biológicos movimentaram aproximadamente R\$1,7 bilhão no país na safra 2020/2021 (aumento de 37% na comparação com o ciclo anterior). Espera-se um aumento de 42% a 45% para a safra seguinte. Apesar do acelerado ritmo de crescimento nos últimos anos, o segmento de bioinsumos no Brasil representa apenas 3% do mercado total de produtos utilizados na proteção de cultivos.

Uma vantagem para o Brasil, além do impacto econômico positivo no uso de alternativas menos danosas ao ambiente e à saúde humana, é o uso de matérias-primas residuais/coprodutos, pois estão disponíveis em grande escala nos processos agroindustriais já consolidados no país.

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto econômico e ambiental (*ex-ante*) do bioinsumo Nematús aplicado ao cultivo de soja no Brasil, buscando identificar potenciais retornos econômico e indicadores de redução da agressão à saúde humana e ao ambiente.



2. Metodologia

A avaliação de impacto econômico *ex-ante* foi realizada tendo como referência os coeficientes técnicos e custo de produção de soja fornecidos pela CONAB. Comparou-se os valores envolvidos na utilização do bioinsumo Nematius em relação à alternativa sintética disponível no mercado para controle de nematoides (RUGBY® 200 CS), produto que foi utilizado para testes de referência no desenvolvimento do bioinsumo. Segundo dados da CONAB, o litro deste produto, em dezembro de 2022, era de R\$97,45. Na cultura da soja utiliza-se 4L/ha, o que representa um custo de aplicação de R\$389,80/ha.

Por outro lado, o desenvolvimento dos princípios ativos Nematius tem como alvo a busca de formulações com doses de 0,55 L/ha, dependendo da eficácia das moléculas selecionadas. Estima-se um custo entre R\$100 a R\$250/ha (média R\$150/ha) para aplicação do produto. Em consequência, os desenvolvedores pressupõem que o bioinsumo seja comercializado por valores entre R\$181,82 a R\$454,55/L. Nesta análise, considerou-se o custo médio alvo de R\$150/ha.

Utilizou-se um cenário de adoção progressiva da tecnologia para estimar o potencial de impacto econômico e ambiental da inovação. Neste sentido, considerou-se a adoção gradual da tecnologia equivalente a 0,2% da área de soja na safra 2022/2023, ao longo de cinco anos, de forma a atingir um nível de adoção correspondente a 1% da área de soja, ao final de 5 anos. É um cenário conservador, tendo em vista que o nível de adoção na cultura da soja pode ser ainda maior, podendo também ser utilizado em outras culturas de grande importância econômica na produção agrícola do Brasil, como algodão, feijão e cana-de-açúcar.

A avaliação de impacto ambiental *ex-ante* utilizou o inventário de produção de soja publicado por Folegatti-Matsuura & Picoli (2018), disponível na base de dados Ecoinvent como cenário base de impacto ambiental. A partir daí, foram feitas simulações da retirada dos nematicidas tradicionais considerando uma produção correspondente a 0,2% ao ano da safra de soja, até a estabilização em 1% no quinto ano. O inventário utilizado representa a média ponderada dos sistemas de produção de soja no Brasil. Os conjuntos de dados foram modelados para os principais estados produtores brasileiros: Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS). Optou-se por usar o inventário do MT na simulação de impacto ambiental por ser considerado o maior produtor de soja do Brasil, responsável por aproximadamente 29% da produção nacional. A cobertura temporal dos conjuntos de dados publicados corresponde ao período de 2012 a 2016.

Neste estudo, foram selecionadas três categorias de impacto de ponto médio: mudanças climáticas, toxicidade humana e ecotoxicidade de água doce. O método ReCiPE (H) v 1.13 (GOEDKOOPE et al., 2012) com abordagem de ponto médio foi aplicado para calcular os fatores de impacto. Os cálculos foram realizados no *Software* OpenLCA 1.10.3.

Por fim, considerou-se o mercado de créditos de descarbonização (CBIO), do programa Renovabio (Política Nacional de Biocombustíveis) para estimar ganhos potenciais com emissões evitadas, apesar do programa Renovabio não certificar a soja (somente biocombustíveis) e o insumo defensivo não ser declarado na Renovacalc. Conforme definido pelo Programa, cada CBIO equivale a uma tonelada de emissão de CO₂ evitada. Utilizou-se o preço médio do CBIO dos últimos 3 meses (12/10/2022: 13/01/2023) no valor de R\$91,82 como referência de um mercado similar que pagasse por estas emissões evitadas.

3. Resultados e discussão

3.1. Impacto econômico: redução de custos



De acordo com o cenário proposto, no primeiro ano os princípios ativos Nematós são introduzidos em uma área correspondente a 0,2% da área plantada de soja na safra 2022/2023, que é de 43.459,9 mil hectares (CONAB, 2023). A cada ano, aumenta-se em 0,2% a área de adoção, de modo que no quinto ano, 1% da área plantada de soja no Brasil estaria utilizando os princípios ativos Nematós, totalizando 434.599,00 hectares de soja.

Observa-se na Tabela 1 que o custo variável do hectare de soja sem o uso do bioinsumo é de R\$389,80/ha e com a adição do Nematós cai para R\$ 150,00 ao longo dos anos. A economia obtida neste contexto é de R\$239,80/ha ao ano. Considerando a área de adoção da tecnologia estabelecida na análise, o impacto econômico pela redução de custos é estimado em R\$10.421.684,02 no primeiro ano, para uma área de produção de soja de 86,92 mil hectares de soja. Seguindo a tendência de ampliação da adoção de bioinsumos no Brasil, em cinco anos a área de soja cultivado com o uso do Nematós passaria a 434,56 mil hectares, com um impacto econômico da ordem de 52,11 milhões.

Tabela 1 – Impacto econômico da adoção dos princípios ativos Nematós no cultivo de soja.

Ano	Custos sem o uso da tecnologia R\$/ha	Custos com o uso da tecnologia R\$/ha	Economia Obtida R\$/ha	Área de Adoção (ha)	Impacto Econômico R\$
	(A)	(B)	C=(A-B)	(F)	G1=(ExF)
1				86.919,80	10.421.684,02
2	389,80	150,00	239,80	173.839,60	20.843.368,04
3				260.759,40	31.265.052,06
4				347.679,20	41.686.736,08
5				434.599,00	52.108.420,10

Fonte: elaborado pelos autores.

3.2. Impacto ambiental: emissões evitadas

Os impactos ambientais *ex-ante* para o cenário de adoção estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4. Observou-se uma pequena redução relacionada ao cenário base. Todavia, estes valores representam uma melhoria significativa no cenário geral, em função da grande área de cultivo de soja no Brasil.

No caso da categoria de impacto de mudanças climáticas (Tabela 2), existe o potencial para evitar a emissão de 110,2 t de CO_{2-Eq} no primeiro ano, chegando a 551,03 t CO_{2-Eq} no quinto ano. Para efeitos de comparação, Lacerda et al. (2009) relata valores de fixação de CO_{2-Eq} entre 103,4 a 689,3 t.ha⁻¹ para as florestas tropicais nas Américas. Segundo os autores, os valores encontrados na literatura sobre fixação de carbono na forma de CO_{2-Eq} são muito variáveis. Para o cenário de adoção proposto, o acumulado das emissões evitadas em 10 anos será de 4,41 mil t CO_{2-Eq}, o que representa a fixação de carbono de uma área entre 6,40 ha e 42,63 ha de florestas tropicais.

Pelas regras do mercado de créditos de descarbonização (CBIO), do programa Renovabio (Política Nacional de Biocombustíveis), a adoção do bioinsumo no cenário de proposto tem potencial de evitar a emissão de 4,41 mil t CO_{2-Eq} em 10 anos. A melhoria no perfil ambiental para a categoria mudança climática geraria uma renda extra de R\$404.762,49 em 10 anos.



Tabela 2 - Benefício ambiental por redução das emissões de gases de efeito estufa: categoria de impacto em mudanças climáticas

Ano	Área de Adoção (ha)	Impacto sem o uso da tecnologia (t CO ₂ -Eq)	Impacto com o uso da tecnologia (t CO ₂ -Eq)	Impacto Ambiental – Emissões evitadas (t CO ₂ -Eq)
	(A)	(B)	(C)	D=(B-C)
1	86.919,80	1.367.725,87	1.367.62,67	110,21
2	173.839,60	2.735.451,75	2.735.231,34	220,41
3	260.759,40	4.103.177,63	4.102.847,01	330,62
4	347.679,20	5.470.903,50	5.470.462,68	440,82
5	434.599,00	6.838.629,38	6.838.078,35	551,03
6	434.599,00	6.838.629,38	6.838.078,35	551,03
7	434.599,00	6.838.629,38	6.838.078,35	551,03
8	434.599,00	6.838.629,38	6.838.078,35	551,03
9	434.599,00	6.838.629,38	6.838.078,35	551,03
10	434.599,00	6.838.629,38	6.838.078,35	551,03

Fonte: elaborado pelos autores.

A categoria de impacto de toxicidade (Tabela 3) diz respeito aos efeitos de substâncias tóxicas ao ambiente e à saúde humana. Os valores são expressos como equivalentes de 1,4-diclorobenzeno por kg de emissão. No cenário proposto, para a categoria toxicidade humana, existe o potencial de evitar a emissão de 53,26 mil kg 1,4-DCB-Eq no primeiro ano de adoção, chegando a 266,33 mil kg 1,4-DCB-Eq no quinto ano. No caso da categoria ecotoxicidade de água doce (Tabela 4), o benefício ambiental varia de 3.743,87 a 18.719,58 mil kg 1,4-DCB-Eq, no primeiro e quinto ano respectivamente.

Tabela 3 - Benefício ambiental por melhoria no perfil de toxicidade humana: categoria de impacto em toxicidade humana

Ano	Área de Adoção (ha)	Impacto sem o uso da tecnologia Embrapa (kg 1,4-DCB-Eq)	Impacto com o uso da tecnologia Embrapa em avaliação (kg 1,4-DCB-Eq)	Benefício Ambiental (kg 1,4-DCB-Eq)
	(A)	(B)	(C)	D=(B-C)
1	86.919,80	55.366.900,30	55.313.634,34	53.265,96
2	173.839,60	110.733.800,37	110.627.268,46	106.531,91
3	260.759,40	166.100.700,67	165.940.902,80	159.797,87
4	347.679,20	221.467.600,75	221.254.536,92	213.063,82
5	434.599,00	276.834.501,05	276.568.171,26	266.329,78
6	434.599,00	276.834.501,05	276.568.171,26	266.329,78
7	434.599,00	276.834.501,05	276.568.171,26	266.329,78



8	434.599,00	276.834.501,05	276.568.171,26	266.329,78
9	434.599,00	276.834.501,05	276.568.171,26	266.329,78
10	434.599,00	276.834.501,05	276.568.171,26	266.329,78

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Benefício Ambiental por melhoria no perfil de ecotoxicidade de água doce: categoria de impacto em ecotoxicidade de água doce

Ano	Área de Adoção (ha)	Impacto sem o uso da tecnologia Embrapa (kg 1,4-DCB-Eq)	Impacto com o uso da tecnologia Embrapa em avaliação (kg 1,4-DCB-Eq)	Benefício Ambiental – (kg 1,4-DCB-Eq)
	(A)	(B)	(C)	D=(B-C)
1	86.919,80	3.039.150,41	3.035.406,54	3.743,87
2	173.839,60	6.078.300,82	6.070.812,85	7.487,97
3	260.759,40	9.117.451,00	9.106.219,39	11.231,61
4	347.679,20	12.156.601,41	12.141.625,70	14.975,71
5	434.599,00	15.195.751,82	15.177.032,24	18.719,58
6	434.599,00	15.195.751,82	15.177.032,24	18.719,58
7	434.599,00	15.195.751,82	15.177.032,24	18.719,58
8	434.599,00	15.195.751,82	15.177.032,24	18.719,58
9	434.599,00	15.195.751,82	15.177.032,24	18.719,58
10	434.599,00	15.195.751,82	15.177.032,24	18.719,58

Fonte: elaborado pelos autores.

Vale lembrar que este é um cenário de adoção conservador, considerando a adoção do extrato em apenas 1% da área plantada de soja, além de não considerar os demais ganhos ambientais, que poderiam vir do uso do ativo em outras culturas.

O desenvolvimento de defensivos agrícolas biológicos tem por objetivo principal oferecer alternativas que garantam ganhos ambientais e de saúde para os aplicadores e usuários dos produtos. O ideal seria monetizar também tais ganhos, por exemplo, pela melhoria dos impactos negativos apresentados acima. Com tais ganhos reconhecidos seria possível uma avaliação mais próxima do ganho econômico potencial de produtos dessa natureza e narrativas mais fortalecidas para disseminar seu benefício e ampliar seu uso, mesmo em situações onde estas alternativas sejam aparentemente mais caras que as alternativas convencionais.

4. Conclusão

Considerando que o governo busca a expansão de mercados para o Brasil e que também almeja a substituição de produtos importados por produtos nacionais, acredita-se que o desenvolvimento de um extrato nematicida competitivo, do ponto de vista técnico e econômico, será mais uma contribuição da Embrapa para o desenvolvimento econômico do país especialmente alinhado com as premissas de sustentabilidade e uso de recursos naturais renováveis. O desenvolvimento deste ativo apresenta potencial impacto ambiental e econômico



significativos para o agronegócio do país, podendo ainda ser estendido para demais localidades do mundo.

A inserção de nematicidas de origem renovável no mercado de defensivos agrícolas que apresentam as características demandadas pelas empresas parceiras (alto rendimento, eficiência no controle de nematoides, baixa toxicidade, baixa fitotoxicidade, termoestabilidade, biodegradabilidade e viabilidade técnica/econômica) pode trazer benefícios econômicos e reconhecimento institucional de alto impacto para a imagem da Embrapa. A tecnologia poderá gerar retorno financeiro à Embrapa por meio da exploração comercial dos produtos gerados e da captação de *royalties*.

Os resultados indicaram ganho econômico da ordem de R\$10.421.684,02 no primeiro ano, chegando a R\$52.108.420,10 no quinto ano de adoção, estabilizando neste valor até o décimo ano de adoção. Esse adicional de receita é devido ao menor custo relativo esperado da tecnologia. Porém, o retorno pode ser ainda maior considerando sua adoção por um número maior de culturas de importância econômica. No aspecto ambiental, verificou-se potencial de evitar a emissão de 110,2 t de CO₂-Eq no primeiro ano, chegando a 551,03 t CO₂-Eq no quinto ano. O acumulado das emissões evitadas em 10 anos será de 4,41 mil t CO₂-Eq, o que representa nas regras do RenovaBio uma renda adicional de R\$404.762,49 em 10 anos.

Conclui-se com os dados obtidos nas avaliações de impacto *ex-ante* até o momento que o bioinsumo Nematus é promissor e tem grande potencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável do país.

Referências

ABIQUIM. O desempenho da indústria química brasileira, 2021. Disponível em: <https://www.enaiq.org.br/wp-content/uploads/2021/12/Livreto-Enaiq-2021.pd>. Acesso em 07/01/2022.

BIOTAINOVA. 10 milhões de hectares no Brasil já usam defensivo biológico. Publicado em 27 Outubro, 2018. Disponível em: <https://biotainova.com.br/blog/63>. Acesso em 07/01/2021

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) da Esalq/USP. Queda acumulada do PIB do agronegócio chega a 4,28% de janeiro a setembro. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRO-20.12\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRO-20.12(1).pdf). Acesso em 15/01/2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Série Histórica das Safras. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/custos-de-producao.html>. Acesso em 10/01/2023.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRO-20.12\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRO-20.12(1).pdf). Acesso em 07/01/2023.

Folegatti-Matsuura M. I. S.; Picoli J. F., (2018). Life Cycle Inventories of Agriculture, Forestry and Animal Husbandry – Brazil. ecoinvent Association, Zürich, Switzerland.

FAO. Food and Agriculture Organization. FAOSTAT - Pesticides Use. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>. Acesso em 07/01/2023.



Forbes. O mercado de bioinsumos vai para onde no Brasil? Disponível em: https://forbes.com.br/forbesagro/2023/01/o-mercado-de-bioinsumos-vai-para-onde-no-brasil/?utm_campaign=later-linkinbio-forbesagro&utm_content=later-32274938&utm_medium=social&utm_source=linkin.bio. Acesso em 12/01/2023.

GOEDKOOPE, M. et al., 2012. ReCiPe: A Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonized Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level.

IndustryARC. “Pesticides Market: By Type (Bio-Pesticides, Synthetic Pesticides); By Crop Type (Vegetables & Fruits, Oilseeds & Pulses, Cereals & Grains, Commercial Crops, Plantation Crops and Others) & By region – Forecast (2020 - 2025)”. Disponível em <https://www.denversun.com/news/263929515/pesticides-market-is-growing-at-cagr-of-367-during-2020-2025>. Acesso em 11/01/2021.

Inspere (2022). Bioinsumos: conceitos, potencial e desafios no Brasil. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/noticias/bioinsumos-conceitos-potencial-e-desafios-no-brasil/>. Acesso em 11/01/2021.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Carta de Conjuntura - nota de conjuntura 26-4º trimestre de 2022. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2022/12/221213_nota_26_PIB_Agro.pdf. Acesso em 12/01/2023

LACERDA, J. S.; COUTO, H. T, Z.; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J. L. Estimativa de biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. Centro de Métodos Quantitativos do Depto. de Ciências Florestais, ESALQ. Universidade de São Paulo. METRVM (ISSN 1519-5058), nº 5, novembro de 2009.

PERES, F.; MOREIRA, J. C; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema / Pesticides, health and environment: an introduction to the subject In: Peres, Frederico; Moreira, Josino Costa. É veneno ou é remédio: agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro, FIOCRUZ, 2003. p.21-41, tab.

SPARKS, T. C., LORSBACH, B.A. Perspectives on the agrochemical industry and agrochemical discovery. *Pest Manag Sci*, 2016;73:672-677.

SYNGENTA. Pesquisa inédita revela mapa de crescimento e danos econômicos causados por nematoides e doenças iniciais nas principais culturas no Brasil. 26/08/2022. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/press-release/institucional/pesquisa-inedita-revela-mapa-de-crescimento-e-danos-economicos-causados>. Acesso em 12/01/2023.