



O estudo do hectare

**Desbloqueando potenciais
produtivos no mesmo espaço
de terra com biosoluções**

Letícia Malinoski
Jesper Hedal Kløverpris

Novembro 2022

Sumário

Resumo	5
1. Introdução	6
2. Objetivo	6
3. Descrição do sistema	7
Sistema convencional	7
Sistema de biotecnologia	7
4. Análise de estoque	9
Produção de soja e milho	9
Produção de aves	10
Produção de etanol e biodiesel à base de amido	11
5. Resultados e conclusões	12
6. Perspectivas	13
7. Referências	15



Resumo

Quanto você pode aumentar a produtividade em um hectare de terra com soja e milho safrinha? Este relatório da Novozymes mostra quanto mais valor pode ser gerado com biosoluções na cadeia de valor agrícola (produção agrícola, pecuária e bioenergia). Inspirado no Estudo do Acre sobre milho dos EUA para produção de galinhas e bioenergia (Kløverpris et al., 2017), o presente estudo combina avaliações detalhadas do ciclo de vida da literatura científica e estudos científicos relacionados à cadeia de valor agrícola da soja e do milho na América Latina. Hoje, um hectare de soja brasileira com milho como segunda safra pode alimentar cerca de 2.340 frangos por ano e fornecer óleo de soja para a produção de 746 litros de biodiesel. O presente estudo indica que biosoluções (enzimas e microrganismos) poderiam aumentar a produção de frangos para 2.400 por hectare sem alterar a quantidade inicial de ração. Ao mesmo tempo, a produção de biodiesel poderia ser aumentada para 790 litros, o milho adicional poderia ser usado para a produção de 83 litros de etanol à base de amido e, finalmente, poderiam ser fornecidos 224 kg de ração rica em proteínas (farelo de soja e subprodutos proteicos do etanol). Essa produção extra precisaria de 56 kg a menos de fósforo na ração das galinhas.

O aumento da produção e a economia de fósforo levam a uma redução total nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) de 1 tonelada métrica de CO₂e por hectare. Se essas mesmas biosoluções fossem aplicadas a todos os campos de soja brasileiros, fazendo rotação de milho e sustentando a produção anual brasileira de cerca de seis bilhões de galinhas, a produção de biocombustíveis poderia ser aumentada em 1,8 bilhão de litros de biodiesel e mais de 3 bilhões de litros de etanol enquanto a produção de ração animal proteica seria aumentada em 9 milhões de toneladas métricas. Isso resultaria em uma economia total de GEE de aproximadamente 25 milhões de toneladas métricas de equivalentes de CO₂e (equivalente a retirar 10 milhões de carros das ruas por ano). Isso sem infligir qualquer mudança adversa no uso da terra e permitindo a preservação de espaços pecuários ao possibilitar que mais galinhas possam ser produzidas na base de terra agrícola existente. Isso poderia contribuir para alcançar vários dos Objetivos Globais das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável.

1. Introdução

Com soluções biotecnológicas, pode ser mais produzido com a mesma base terrestre agrícola, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Esse potencial foi ilustrado pelo estudo intitulado “Estudo do Acre”, feito pela Novozymes em 2017 para avaliar o que poderia ser alcançado no mesmo acre de terra arável cultivada com milho usado como ração para a produção de aves nos Estados Unidos com a integração de soluções e processos de biotecnologia.

Agora, propõe-se um novo estudo, analisando o mesmo potencial das soluções biotecnológicas na perspectiva da América Latina, intitulado “Estudo do Hectare”. Como linha de base, o presente relatório assumiu um hectare de terra arável cultivada com soja plantada em rotação com milho como segunda safra (“safrinha”). Ao usar soluções biotecnológicas prontamente disponíveis para produzir mais grãos, ração e energia, a produtividade geral da terra pode ser aumentada notavelmente.

Este estudo destaca como as soluções da Novozymes podem contribuir para alcançar as recomendações da FAO para a agricultura e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. As soluções de biotecnologia em toda a cadeia de valor agrícola podem contribuir para a ação climática (ODS 13), energia renovável (ODS 7), sem fome (ODS 2), sem pobreza (ODS 1) e bons empregos e crescimento econômico (ODS 8).

Este estudo usa estimativas conservadoras com base em dados da literatura científica e relatórios detalhados com verificação de terceiros (de acordo com as normas ISO para avaliação do ciclo de vida ambiental).

2. Objetivo

O relatório visa esclarecer até que ponto a produção agrícola (grãos, rações e energia de base biológica) pode se tornar mais eficiente e ecológica se forem aplicadas soluções de biotecnologia. Isso se concentra em três das principais indústrias da Novozymes: Saúde e Nutrição Animal, BioAg e Biocombustíveis.

O estudo procura responder as duas perguntas:

- a) Se as soluções de biotecnologia forem aplicadas à cadeia de valor, quanto mais soja, milho, ração, energia e galinhas podem ser produzidos a partir de um hectare de terra?
- b) Se as soluções de biotecnologia forem aplicadas, como essa nova cadeia de valor afetará as emissões de GEE?

3. Descrição do sistema

Dois sistemas são comparados. Um é um sistema convencional sem soluções biotecnológicas modernas e o outro é o mesmo sistema onde as soluções biotecnológicas são aplicadas para aumentar a produção e melhorar o desempenho climático (em termos de redução de emissões de GEE). Ambos os sistemas são baseados em um hectare de terras agrícolas, com rotação de cultivos.

Sistema convencional

No sistema convencional (Fig. 1), a soja e o milho (safreinha) são cultivados em um hectare de terra e utilizados principalmente como ração para a produção de frangos para consumo humano. A soja é processada através de uma fábrica de soja, onde são produzidos o farelo de soja (SBM) e o óleo de soja degomado. O SBM é utilizado com o milho para produção de ração animal (uma das principais premissas para este estudo foi considerar a ração das aves apenas de SBM e milho, para propósitos de simplificação), e o óleo é utilizado para produzir biodiesel.

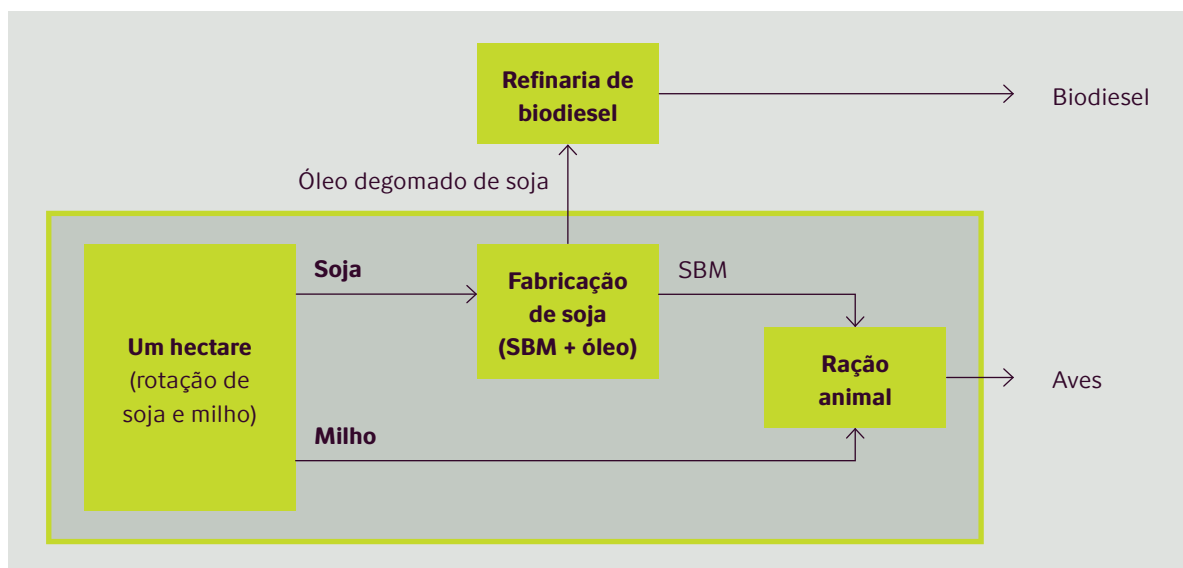


Figura 1: Sistema convencional (milho e soja são produzidos no mesmo hectare, mas em épocas diferentes do ano)

Sistema de biotecnologia

Várias soluções de biotecnologia podem ser relevantes para a produção agrícola, pecuária e de energia. As consideradas no presente estudo estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1: Soluções de biotecnologia consideradas neste estudo

Indústria	Produto	Enzima/micróbio	Modo de ação
Produção agrícola	AzoMax®	<i>Azospirillum sp.</i>	Aumenta a fixação de nitrogênio e a disponibilidade de nutrientes para a cultura do milho
	OptimizePro®	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Aumenta a fixação de nitrogênio e a disponibilidade de nutrientes para a cultura da soja
Produção de gado	Ronozyme® ProAct	Protease	Aumenta a absorção de proteína na ração animal
	Ronozyme® HiPhos	Fitase	Aumenta a absorção de fósforo na ração animal
Produção de etanol à base de amido	Innova® Force	Blend de microrganismos	Aumenta o rendimento na fermentação do etanol
	Fortiva® Revo HPX	Alfa-amilase	Aumenta o rendimento na extração de amido e fermentação de etanol

No sistema biotecnológico, dois organismos naturais do solo *Azospirillum sp.* e *Bradyrhizobium japonicum*, comercializados sob os nomes AzoMax® e OptimizePro®, respectivamente, são microrganismos que melhoram a capacidade das culturas de absorver nutrientes e fixar nitrogênio, resultando em maior rendimento das culturas por hectare e redução da emissão liberada do solo (Beltran et al., 2021). Isso melhora os rendimentos de soja (óleo e SBM) e milho no sistema biotecnológico.

No sistema biotecnológico, a mesma quantidade de ração é usada para a produção de frangos que no sistema convencional, mas, com a aplicação de enzimas alimentares para melhorar a digestibilidade e a absorção de proteínas, a produção de frangos pode ser aumentada. Além disso, os excedentes de milho e óleo de soja (dos aumentos de rendimento no campo) podem ser usados para produzir biocombustíveis: etanol à base de amido de milho e biodiesel adicional de óleo de soja degomado.

A primeira enzima alimentar adicionada ao sistema biotecnológico é um produto de fitase (Ronozyme® HiPhos), que reduz a necessidade de fósforo inorgânico (fosfato bicálcico ou DCP), reduzindo assim as emissões de GEE do ciclo de vida da produção avícola (Ahmed e Nielsen 2016, Nielsen e Wenzel 2007). Outra enzima alimentar, uma protease (Ronozyme® ProAct) é adicionada à ração para melhorar a absorção de proteína, o que permite o crescimento do frango com menos ração (Oxenbøll et al. 2011).

Uma visão geral do sistema de biotecnologia é mostrada na Fig. 2.

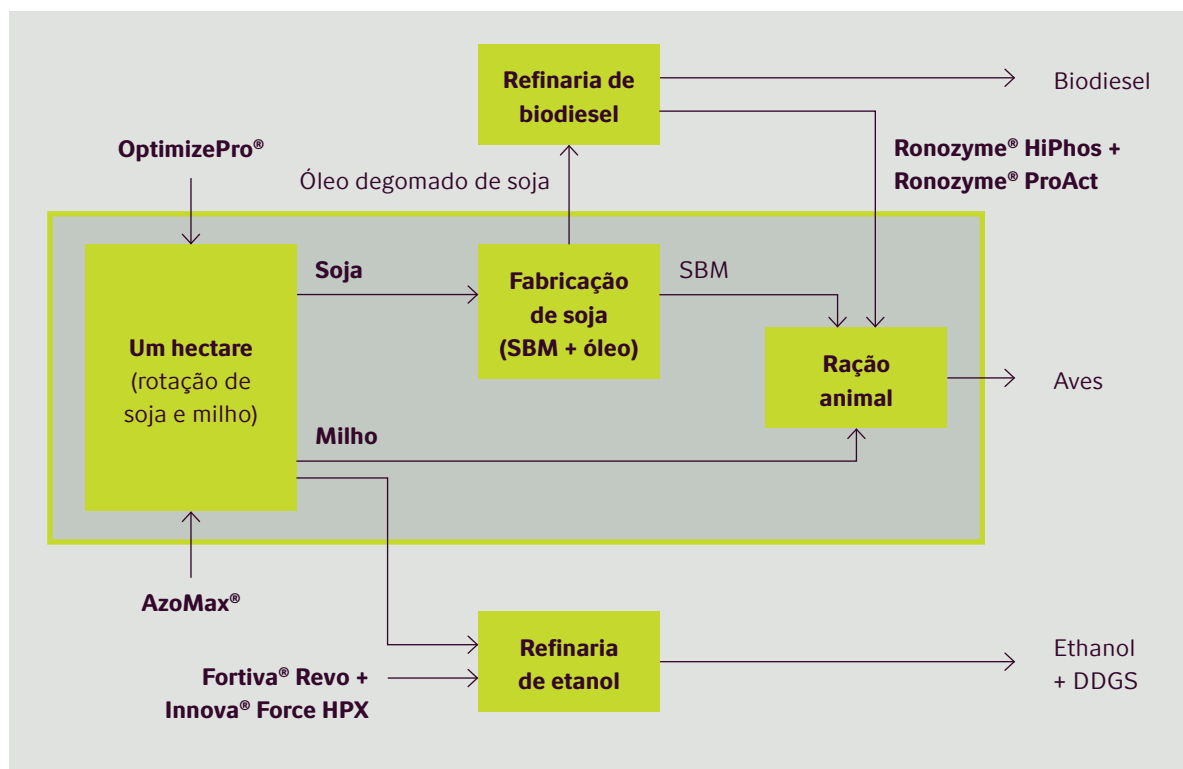


Figura 2: Sistema de biotecnologia

4. Análise de estoque

Esta seção descreve os dados e suposições usados na análise.

Produção de soja e milho

O sistema agrícola assumido para este estudo foi a rotação de cultivos entre soja e milho no período de um ano. De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento, 2021), no Brasil, o plantio do milho safrinha pode ser iniciado assim que a colheita da soja terminou na maioria das regiões e assim que esse milho fosse colhido, a soja pode ser plantada novamente nos mesmos hectares.

As produtividades de soja e milho safrinha assumidas para este estudo são médias documentadas anualmente pela CONAB para 2021, que são, respectivamente: 3,5 toneladas/ha e 4 toneladas/ha. O aumento da produtividade com o uso de *Bradyrhizobium japonicum* (OptimizePro®) no cultivo da soja é documentado por Beltran et al. (2021) com um aumento médio de 6% de produtividade por hectare. O aumento do rendimento da produção de milho a partir do uso de *Azospirillum sp.* (AzoMax®) foi documentado em campos argentinos e brasileiros com uma média de aumento de 4,6% por hectare (Hungria et al. 2022). A produtividade assumida para o cenário biotecnológico para a cultura da soja é de 3,7 toneladas/ha e 4,2 toneladas/ha para a safrinha de milho.

A produção de soja é separada em duas matérias-primas feitas a partir da semente: farelo de soja (soybean meal, do inglês: SBM) e óleo de soja. Em média, um moinho de soja pode extrair 20% de óleo da quantidade de sementes disponíveis para moagem, sendo o restante SBM redirecionado para ração animal. O óleo passa por um processo de degomagem no moinho para aumentar a estabilidade de transporte e armazenamento. Os rendimentos desses processos estão resumidos na Tabela 2.

No estudo de Beltran et al. (2021), verificou-se que o uso de *B. japonicum* não só aumenta o rendimento do cultivo, mas também resulta em um sistema radicular maior, o que leva a um aumento relativo no carbono orgânico do solo (SOC) e assim uma redução no carbono atmosférico (CO₂). O estudo realizado por Hungria et al. (2022) estimou a redução de fertilizantes à base de N que poderia ser alcançada em até 25% com o uso de *Azospirillum sp.*, junto do aumento de produtividade da safra com o microrganismo. Essa redução resultou numa diminuição da emissão de GEE de 236 kg CO₂ por hectare, com base na emissão para produzir fertilizantes nitrogenados. As emissões estimadas, com entradas e saídas da produção de soja e milho, estão listadas na tabela 2.

Tabela 2: Produção de soja e milho em um hectare produtivo

		Sistema convencional	Sistema biotecnológico	Delta	Unidade (por hectare)
Entradas	OptimizePro®	–	0,2	0,2	kg
	AzoMax®	–	0,1	0,1	L
	Fertilizante nitrogenado	90	67,5	-22,5	kg
Intermediários	Soja	3.530	3.740	212	kg
	Óleo de soja (bruto)	706	748	42	kg
Saídas	Farelo de soja (SBM, do inglês)	2.820	2.990	169	kg
	Óleo de soja degomado	681	721	41	kg
	Milho	4.050	4.240	186	kg
Emissões	OptimizePro® & AzoMax®	–	0,1	0,1	kg CO ₂ e
	Uso do fertilizante nitrogenado	945	709	-236	kg CO ₂ e
	Redução de carbono no solo por uso de OptimizePro®	–	-18	-18	kg CO ₂ e

Observações: Entradas constantes em ambos os sistemas foram omitidas. Os resultados podem conter inconsistências devido ao arredondamento de valores

Produção de aves

A produção de aves no sistema convencional (aprox. 2.340 frangos por hectare) pode ser aumentada no sistema biotecnológico com a aplicação de enzimas alimentares, sem alterações na composição do milho e SBM do sistema convencional.

Este aumento deve-se à aplicação de Ronozyme® ProAct, uma protease que quando adicionada à ração pode melhorar a absorção de proteína do frango com os ingredientes disponíveis da ração. Esta adição aumenta a taxa de consumo de ração para frangos em 2,5% por cento, permitindo que a produção de frangos por hectare seja aumentada em 60 (resultando em uma produção pelo sistema biotecnológico de aproximadamente 2.400 frangos por hectare). O aumento na produção de frango reduz correspondentemente a necessidade de produção de frango em outros lugares. As emissões médias de GEE associadas à produção de um frango são de 6,8 kg CO₂e (Lima et al., 2019). Assim, o aumento da produção de frango obtido com enzimas alimentares (60 cabeças por hectare) leva a uma economia de GEE de 403 kg CO₂e.

O Ronozyme® HiPhos é adicionado à ração para melhorar a absorção de fósforo dos frangos. Isso significa que o fósforo mineral na forma de fósforo dicálcico (DCP) pode ser reduzido na alimentação de 13 para 5 kg DCP por tonelada métrica de alimentação (Ahmed e Nielsen 2016). Estima-se uma redução total no DCP de 56,4 kg, e 23% do DCP é fósforo. A economia de DCP é obtida com 0,69 kg de Ronozyme® HiPhos e leva a uma redução de emissões de GEE de 53,6 kg de CO₂e (com base em Ahmed e Nielsen 2016).

Os resultados estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3: Processos impactados pelo uso de enzimas na alimentação de galinhas

		Sistema convencional	Sistema biotecnológico	Delta	Unidade (por hectare)
Entradas	Farelo de soja	2.820	2,990	169	kg
	Milho	4.050	4,240	186	kg
	Ronozyme® ProAct	-	1,4	1,4	kg
	Ronozyme® HiPhos	-	0,7	0,7	kg
	Fósforo dicálcico (DCP, do inglês)	90,0	33,7	-56,4	kg
Saídas	Galinhas	2.340	2.400	60	#
Emissões	Ronozyme® ProAct & Ronozyme® HiPhos	-	8,1	8,1	kg CO ₂ e
	Redução de Fósforo dicálcico (DCP, do inglês)	-	-55	-55	kg CO ₂ e
	Substituição da produção de galinhas	-	-403	-403	kg CO ₂ e

Observações: Entradas constantes em ambos os sistemas foram omitidas. Os resultados podem conter inconsistências devido ao arredondamento de valores

Produção de etanol e biodiesel à base de amido

Conforme descrito anteriormente, o uso de OptimizePro® e AzoMax® proporciona maior produtividade de soja e milho (3,7 t/ha e 4,2 t/ha, respectivamente) dos quais parte é consumida para a produção de aves (2,8 t/ha de SBM e 4,05 ton/ha de milho). O rendimento adicional e a quantidade de óleo extraído da soja são assumidos neste estudo para serem usados para produzir etanol à base de amido e biodiesel, respectivamente.

Supõe-se que o rendimento adicional de milho (aprox. 213 kg/ha) seja utilizado para etanol à base de amido coproduzido com grãos de destilaria com solúvel (DDGS), que é uma ração animal rica em proteínas. A produção de etanol à base de amido ocorre por conversão enzimática do amido em açúcares e posterior fermentação em álcool (etanol). A conversão enzimática pode ser realizada pelo uso combinado dos produtos Innova® Force e Fortiva® Revo HPX. As suposições sobre as emissões de GEE do etanol da produção de etanol de milho segunda safra foram baseadas em um estudo brasileiro conduzido por Moreira et al. (2020), a partir da qual a emissão média (sem considerar mudanças no uso da terra) para produção de etanol foi avaliada em 9,8 g CO₂e/MJ.

Tanto o cenário convencional quanto o biotecnológico consideraram a produção de biodiesel a partir da via química a partir do óleo de soja extraído da produção da lavoura, com o sistema biotecnológico representando uma produção adicional (devido ao aumento da produtividade da soja) de aprox. 45 litros de biodiesel e a subprodução de 4 kg adicionais de glicerina.

Para estimar a redução na economia de GEE obtida com etanol de milho e biodiesel de óleo de soja, deve-se fazer uma comparação das emissões de GEE da gasolina substituída (pelo etanol) e do diesel substituído (pelo biodiesel). Os estudos combinados no presente estudo geralmente adotam uma abordagem marginal e, portanto, a comparação entre as emissões de GEE do biocombustível com os combustíveis fósseis foi feita com base em um número marginal para a maioria dos combustíveis fósseis disponíveis (115 g CO₂e/MJ) conforme estimado pela Ecofys (2015).

Os resultados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Processos relacionados com a produção de etanol por quantidade excedente de milho e produção adicional de biodiesel de óleo de soja

		Sistema convencional	Sistema biotecnológico	Delta	Unidade (por hectare)
Entradas	Milho para produção de etanol	-	186	186	kg
	Óleo de soja degomado	681	721	41	kg
	Innova® Force	-	0,1	0,1	kg
	Fortiva® Revo HPX	-	0,02	0,02	kg
Saídas	Etanol a base de amido	-	82,5	82,5	L
	Resíduo seco de destilaria com solúveis (DDGS, do inglês)	-	54,2	54,2	kg
	Biodiesel de óleo de soja	746	791	45	L
	Glicerina da produção de biodiesel	72,1	76,5	4,3	kg
Emissões	Substituição de gasolina por etanol	-	-184	-184	kg CO ₂ e
	Substituição do diesel por biodiesel	-2.650	-2.810	-159	kg CO ₂ e
	Innova® Force & Fortiva® Revo HPX	-	0,12	0,12	kg CO ₂ e

Observações: Entradas constantes em ambos os sistemas foram omitidas. Os resultados podem conter inconsistências devido ao arredondamento de valores

5. Resultados e conclusões

Conforme demonstrado pelo presente relatório e pelos estudos subjacentes, o uso de soluções biológicas pode aumentar a produtividade das terras agrícolas existentes. No presente caso, a produção de linha de base de frango pode ser aumentada, sem alterar os ingredientes iniciais da ração, com produção adicional dos produtos descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Saídas (e economias) do sistema biotecnológico

	Produtos	Por hectare	Por acre
Produção adicional	Galinhas	60 cabeças	24 cabeças
	Biodiesel	45 litros	18 litros
	Glicerina	4,3 kg	1,8 kg
Produtos adicionais	Etanol de milho	83 litros	33 litros
	Ração proteica (DDGS + SBM)	224 kg	91 kg
Economias	Fósforo dicálcico (DCP)	56 kg	23 kg

Observações: Os resultados podem conter inconsistências devido ao arredondamento de valores

As saídas adicionais e a economia de recursos também resultam em economia de GEE. Um detalhamento das emissões reduzidas de GEE (com base nas tabelas anteriores) foi descrito na Tabela 6.

Tabela 6: Economias em emissões de gases de efeito estufa (GEE, em kg CO₂e) obtida pelo sistema biotecnológico

Produtos	Por hectare	Por acre	%
Impacto do OptimizePro® no solo	-18	-7,4	2%
Redução de fertilizante nitrogenado do AzoMax®	-236	-96	23%
Produção de OptimizePro® & AzoMax®	0,09	0,04	0%
Redução de fósforo na alimentação animal com Ronozyme® HiPhos	-55	-22	5%
Substituição na produção de galinhas	-403	-163	38%
Produção de Ronozyme® ProAct & Ronozyme® HiPhos	8	3	0%
Etanol de milho substituindo gasolina	-184	-75	18%
Biodiesel de soja substituindo diesel fóssil	-159	-64	15%
Produção de Innova® Force & Fortiva® Revo HPX	0,12	0,05	0%
Economia total de GEE (kg CO₂e)	-1.050	-424	100%

Observações: Os resultados podem conter inconsistências devido ao arredondamento de valores

Conforme demonstrado na Tabela 6, a maior economia de GEE vem do deslocamento da produção de carne de frango, devido ao aumento na absorção de nutrientes que o Ronozyme® ProAct proporciona para a ração animal. A economia total anual de emissões equivale a aprox. 1.050 kg CO₂e por hectare.

Este estudo destaca como as soluções da Novozymes podem contribuir para alcançar as recomendações da FAO para a agricultura e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. As soluções de biotecnologia em toda a cadeia de valor agrícola podem contribuir para a ação climática (ODS 13), energia renovável (ODS 7), sem fome (ODS 2), sem pobreza (ODS 1) e bons empregos e crescimento econômico (ODS 8).

6. Perspectivas

Nas seções anteriores deste estudo, o foco foi nos benefícios obtidos com biosoluções em um hectare da cadeia de valor da soja cultivada com milho como segunda safra (safrinha). A presente seção considera os benefícios potenciais totais com base nas seguintes premissas:

- As soluções BioAg (OptimizePro® e AzoMax®) são aplicadas a todos os campos de soja no Brasil (cerca de 40 milhões de hectares¹), assumindo que o milho é cultivado como safrinha no mesmo ano
- As soluções de Saúde & Nutrição Animal (Ronozyme® ProAct e Ronozyme® HiPhos) são aplicadas em toda a produção brasileira de frangos (cerca de 6 bilhões de cabeças por ano²)
- O biodiesel adicional é produzido a partir da produção adicional de óleo de soja obtido com OptimizePro® enquanto o etanol é produzido a partir do milho adicional obtido da aplicação de AzoMax®

Os resultados em aumento de produção e economia de GEE com essas premissas podem ser vistos na Tabela 7 e na Tabela 8, respectivamente.

Tabela 7: Saídas (e economias) do sistema biotecnológico com biosoluções aplicadas a todos os hectares de soja e a toda produção de galinhas do Brasil

Produtos			
Produção adicional	Galinhas	154	milhões de cabeças
	Biodiesel	1,8	bilhões de litros
	Glicerina	175	mil toneladas
Produtos adicionais	Etanol de milho	3,3	bilhões de litros
	Ração proteica (DDGS + SBM)	9	milhões de litros
Economias	Fósforo dicálcico (DCP)	146	mil toneladas

Observações: Os resultados podem conter inconsistências devido ao arredondamento de valores

¹ De acordo com CONAB (2021), Brasil tem uma área total para plantação de soja de aproximadamente 40.399.200 hectares.

² Dados de STATISTICA (2022), onde aproximadamente 6.2 bilhões de frangos foram produzidos no Brasil em 2021, sendo cerca de mais de seis bilhões frangos no ano anterior.

Tabela 8: Economias em emissões de gases de efeito estufa (GEE, em kg CO₂e) obtida pelo sistema biotecnológico com biosoluções aplicadas a todos os hectares de soja e a toda produção de galinhas do Brasil

Produtos	Emissões de GEE (milhões de toneladas de CO₂e)	Share
Impacto do OptimizePro® no solo	-0,74	3%
Redução de fertilizante nitrogenado do AzoMax®	-9,54	38%
Produção de OptimizePro® & AzoMax®	0,00	0%
Redução de fósforo na alimentação animal com Ronozyme® HiPhos	-0,14	1%
Substituição na produção de galinhas	-1,04	4%
Produção de Ronozyme® ProAct & Ronozyme® HiPhos	0,02	0%
Etanol de milho substituindo gasolina	-7,43	29%
Biodiesel de soja substituindo diesel fóssil	-6,43	25%
Produção de Innova® Force & Fortiva® Revo HPX	0,01	0%
Economia total de GEE (milhões de toneladas de CO₂e)	-25,3	100%

Neste cenário em maior escala, a maior economia de GEE é proveniente da redução do fertilizante nitrogenado possibilitada pela aplicação de AzoMax® no milho safrinha. As porcentagens no cenário em maior escala (Tabela 8) diferem do cenário para um único hectare (Tabela 6) pois as proporções das soluções são diferentes. No cenário de um hectare, assume-se que todo milho e farelo de soja são usados como ração para galinhas. Entretanto, nem todo milho e farelo de soja e milho produzidos em todo o Brasil são destinados a esse fim. Portanto, encontra-se diferentes proporções nos dois cenários. O potencial total anual de economia de emissões equivale a aproximadamente 25 milhões de toneladas de CO₂e para a aplicação de biosoluções em todos os hectares de soja e toda a produção de galinhas no Brasil. Isso corresponde a cerca de 10 milhões de carros retirados das ruas por ano.

7. Referências

- Ahmed, N. and Nielsen, P.H. (2016): Avaliação ambiental de Ronozyme® HiPhos (GT) como substituto do fosfato dicálcico na ração de frangos de corte norte-americanos. Memo em colaboração com DSM em HiPhos baseado em Nielsen e Wenzel (2007).
- Beltran, A. M. et al. (2021): Avaliando os impactos ambientais do ciclo de vida da inoculação de soja na Argentina com *Bradyrhizobium japonicum*. O Jornal Internacional de Avaliação do Ciclo de Vida. no 26, p. 1570–1585.
- Carvalho, M. et al. (2016): Avaliação do ciclo de vida do processo de duas etapas de transesterificação para produção de biodiesel a partir de óleo de soja refinado no Brasil. Environ Sci Pollut Res. no 23, p. 11025–11033.
- Cavalett, O. et al. (2013): LCA comparativa de etanol versus gasolina no Brasil usando diferentes métodos de LCIA. J Int Avaliação do Ciclo de Vida. no 18, p. 647–658.
- Cerri, C. E. P. et al. (2017). Avaliação das emissões de gases de efeito estufa da produção brasileira de biodiesel de soja. PLoS ONE 12(5): e0176948.
- Ecofys (2014): Impacto dos gases de efeito estufa do uso marginal de combustível fóssil, BIENL14773, Ecofys Netherlands B.V., Kanaalweg 15G, 3526 KL Utrecht, disponível em www.ecofys.com
- Esteves, V. P. P. et al. (2016): Análise de mudança de uso da terra (LUC) e avaliação do ciclo de vida (LCA) do biodiesel de soja brasileiro. Política de Ambiente de Tecnologia Limpa. no 18, p. 1655–1673.
- Gernaey, B. (2016): Avaliação do ciclo de vida da adição de HiStarch à ração de frangos no Brasil. Estudo LCA revisado pela ISO, Novozymes, Bagsværd, Dinamarca.
- Hungria, M. et al. (2002). Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. Agronomy Journal; p. 1–12.
- Lima, N. D. S. et al. (2019). Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. n. 237
- Moreira, M.M.R., Seabra, J.E.A., Lynd, L.R., et al. (2020): Impactos socioambientais e de uso da terra do etanol de milho cultivado duplo no Brasil. Sustent. Nat. 3, 209–216.
- CONAB (2020). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v. 9, safra 2021/22, n. 8



About Novozymes

Novozymes is the world leader in biological solutions. Together with customers, partners and the global community, we improve industrial performance while preserving the planet's resources and helping to build better lives. As the world's largest provider of enzyme and microbial technologies, our bioinnovation enables higher agricultural yields, low-temperature washing, energy-efficient production, renewable fuel and many other benefits that we rely on today and in the future. We call it Rethink Tomorrow.

© Novozymes A/S: November 2022 - No. 2022-15665-01

Laws, regulations, and/or third party rights may prevent customers from importing, using, processing, and/or reselling the products described herein in a given manner. Without separate, written agreement between the customer and Novozymes to such effect, this document does not constitute a representation or warranty of any kind and is subject to change without further notice.

Novozymes A/S

Krogshøjvej 36
DK-2880 Bagsvaerd
Denmark

Tel. +45 4446 0000

novozymes.com