

Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) Braskem I'm green™ bio-based HDPE

NOVEMBER 2023



Braskem



Avaliação do Ciclo de Vida do biopolietileno

(I'm green™ bio-based PE)

Introdução

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é conhecida internacionalmente como uma técnica poderosa para a avaliação do impacto ambiental potencial de um produto ou serviço. Ela também pode apoiar o processo de tomada de decisão e ajudar na comparação entre materiais, produtos ou serviços. A técnica de ACV é baseada no pensamento do ciclo de vida e considera todos os processos e fluxos ambientais, desde a extração da matéria-prima até ao descarte final.

A ACV vem ajudando indústrias dos mais diversos setores no fluxo de trabalho de tomada de decisão com o objetivo de melhorar processos, produtos e serviços. Os resultados da ACV também são cada vez mais solicitados ao longo da cadeia de valor por clientes e proprietários de marcas interessados em avaliar os impactos ambientais dos produtos acabados. Estas informações também podem chegar aos consumidores finais, através de Declarações Ambientais de Produtos (DAPs).

Seguindo esta tendência e alinhada com o cuidado com a qualidade dos ecossistemas e o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis, a Braskem contratou este estudo de ACV. Seu objetivo é investigar os impactos ambientais potenciais da produção de biopolietileno (PEAD I'm green™ bio-based). Este estudo de ACV é uma versão atualizada de estudos anteriores desenvolvidos para o produto nos últimos 10 anos, e reflete os dados e o cenário de produção mais recentes deste importante produto.

Neste contexto, este relatório apresenta o perfil ambiental do biopolietileno de alta densidade (PEAD I'm green™ bio-based) produzido no Brasil com etileno a partir do etanol da cana-de-açúcar de acordo com o limite do sistema do berço ao portão ("cradle-to-gate"). Os estágios do ciclo de vida do cenário básico incluem o cultivo da cana-de-açúcar; a produção do etanol e o transporte para a Braskem; a produção de etileno verde e a polimerização em pasta (slurry) de PEAD verde.

A ACV permite realizar uma avaliação abrangente dos impactos ambientais, cobrindo 15 categorias de impacto diferentes, que são medidas e relatadas abaixo, de acordo com o método de Pegada Ecológica 3.1 (Environmental Footprint, EF 3.1) proposto pela Comissão Europeia. Assim como qualquer outra ACV, os resultados deste estudo dependem de parâmetros específicos e escolhas metodológicas, incluindo suposições e limitações. Portanto, os números e conclusões finais devem ser usados apenas respeitando o contexto e as limitações apresentados neste resumo.

Todas as informações encontradas neste resumo se referem à "Avaliação do Ciclo de Vida do biopolietileno PEAD I'm green™ bio-based – versão 5.0¹". Este estudo de ACV foi revisado pela [KPMG](#) de acordo com as normas ISO 14040/14044 e 14071 (processo de análise crítica).

Objetivo e escopo

O objetivo deste estudo de ACV é avaliar o desempenho ambiental do biopolietileno (PEAD I'm green™ bio-based) para cada categoria de impacto, consumo ou nível de inventário.

O estudo busca aprofundar nosso entendimento sobre os impactos em potencial do biopolietileno produzido no Brasil e fornecer informações atualizadas sobre o perfil ambiental do produto com base

¹ Este relatório é confidencial. Contate seu representante Braskem para mais informações.

em dados recentes de fornecedores e a média ponderada dos anos de 2020, 2021 e 2022. Os consumidores finais, clientes e acionistas da Braskem representam o público-alvo.

O estudo de ACV foi realizado com base nas normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO 14071 e foi revisado com uma análise crítica externa (KPMG). Os dados de inventário relacionados aos produtos da Braskem são de fontes primárias fornecidas pela empresa. Os resultados são apresentados por **1 kg de produto**, usando o método de Pegada Ecológica 3.1 da Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV).

A unidade funcional (UF) é essencialmente o desempenho medido da função do sistema de um produto. Ela serve como ponto de referência, ao qual todos os dados coletados (entradas/saídas) devem ser relacionados ao criar o Inventário do Ciclo de Vida (ICV). Isso garante uma comparação justa de produtos e permite uma análise adequada de seu desempenho ambiental.

I'm green™ bio-based HDPE	
FUNÇÃO	Produção de biopolietileno de alta densidade (PEAD I'm green™ bio-based) no Brasil, por polimerização em pasta (slurry) de etileno a partir do etanol da cana-de-açúcar, com base na média ponderada dos anos de 2020, 2021 e 2022.
UNIDADE FUNCIONAL	Produção de 1 kg de biopolietileno de alta densidade (PEAD I'm green™ bio-based) no Brasil, por polimerização de pasta (slurry) de etileno a partir do etanol da cana-de-açúcar, com base na média ponderada dos anos de 2020, 2021 e 2022.
FLUXOS DE REFERÊNCIA	1 kg de biopolietileno de alta densidade (PEAD I'm green™ bio-based)

Tabela 1. Definição do escopo

Os estágios do ciclo de vida do biopolietileno de alta densidade considerado neste estudo abrangem todas as atividades, desde a extração e o processamento das matérias-primas, incluindo o transporte até as plantas da Braskem e os processos de transformação (atividades industriais). Isso se estende até o momento em que o produto está pronto para ser vendido no “portão da empresa” (também conhecido como “cradle-to-gate”). É importante observar que os estágios de transformação, uso e fim de vida útil não foram considerados nesta análise. O ciclo de vida pode ser resumido nas seguintes etapas:

Cana-de-açúcar, etanol e geração de eletricidade: o ciclo de vida do biopolietileno de alta densidade acontece no Brasil e começa com a plantação e o cultivo da cana-de-açúcar, seguidos de sua colheita (mecânica). Após passar por esses estágios, a cana-de-açúcar é transportada por caminhões até as usinas de etanol para processamento. A próxima etapa envolve o fornecimento do etanol, por ferrovia e caminhões, para a planta responsável pela produção de etileno, que é o insumo necessário para a polimerização do PEAD. Durante a transformação da cana-de-açúcar em etanol, a biomassa restante é queimada para gerar eletricidade, e o excesso é vendido para a rede nacional. Existem diversas usinas que realizam essas atividades, localizadas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

Produção e polimerização de etileno: o etanol é recebido pela Braskem e prontamente desidratado para ser transformado em bioetileno. Então, tecnologias como pasta (slurry) ou processos spherilene são aplicados para polimerizar o PEAD, que é então transportado como pellets para o próximo estágio do ciclo de vida. A produção de etileno verde é realizada na unidade Q2 da Braskem em Triunfo, na região Sul do Brasil, e o produto é então transportado através de tubulações para unidades de polimerização PE4 e PE5, também em Triunfo.

Processamento e distribuição: o biopolietileno de alta densidade é distribuído para várias indústrias de processamento por caminhões. O material pode assumir inúmeras formas, como sacos, filmes ou garrafas, dependendo da aplicação. Então, o produto final é distribuído para pontos de venda. Este estágio do ciclo de vida não é considerado no escopo deste estudo de ACV.

Uso e fim da vida útil: depois de servir ao seu propósito, o produto entra no estágio de resíduos. Uma parte é reciclada, enquanto o restante acaba em aterros sanitários, aterros controlados ou lixões. Este estágio do ciclo de vida não é considerado no escopo deste estudo.

Inventários de Ciclo de Vida

Um resumo das fontes de dados e anos de referência dos dados usados podem ser encontrados na Tabela 2.

	Aspecto	Fonte de dados	Ano de base	Observações
Extração de matéria-prima	Plantação e cultivo de cana-de-açúcar	Raízen e ICVCalc	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.
	Emissões de queima de palha	Raízen e Literatura	2020-2021-2022	Dados primários e secundários.
	Colheita e transporte de cana-de-açúcar	Raízen	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.
	Produção de etanol	Raízen	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.
	Emissões de queima de bagaço	Raízen e Literatura	2020-2021-2022	Dados primários e secundários.
	Elettricidade gerada	Raízen	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.
Produção de etileno	Transporte de etanol	Braskem	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.
	Produção de bioetileno	Braskem	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.
Polimerização	Produção de biopolietileno	Braskem	2020-2021-2022	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.9.1.

Tabela 2. Lista de inventários usados, sua fonte e ano de referência.

Método de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

A fase de ACV é usada para entender melhor a dimensão e o significado dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida. Portanto, a AICV avalia o desempenho ambiental dos produtos com base em indicadores também referidos pelas normas ISO como categorias de impacto. Para o projeto atual, a Braskem avaliou o desempenho ambiental do produto com base nos indicadores em nível de ponto médio, que representam os impactos intermediários diretamente relacionados às emissões originais ou ao consumo de recursos, que podem potencialmente levar a danos finais à saúde humana, aos ecossistemas e à disponibilidade de recursos.

O método Environmental Footprint 3.1 (EF 3.1) foi adotado neste estudo e inclui as 16 categorias de impacto. Além disso, também foi considerada a categoria de impacto a nível de inventário, chamada de Uso da Água (m³).

Em 2021, a Comissão Europeia recomendou a adoção do método EF para a medição e comunicação do desempenho ambiental do ciclo de vida de produtos e organizações. Esta recomendação se dirige aos Estados Membros, assim como às organizações privadas e públicas que medem e/ou comunicam o desempenho ambiental do ciclo de vida de seus produtos ou da organização. Considerando a relevância global da iniciativa de Pegada Ecológica (EF) e a harmonização dos estudos de ACV, entende-se que, atualmente, a adoção do método EF reflete as melhores práticas disponíveis para abordar cada categoria de impacto.

Os dados de base do banco de dados ecoinvent[®] versão 3.9.1 foram usados para representar os ônus ambientais de insumos de materiais, energia, meios de transporte, entre outros. Para os dados do primeiro plano, a fonte inicial foi a Braskem e seus fornecedores.

Principais limitações

- Para situações em que não há dados brasileiros disponíveis, e tendo em vista o baixo nível de inventários nacionais, foram utilizados dados de outros países com tecnologia e matriz energética semelhantes;
- Para quaisquer lacunas de dados nos sistemas de produto, o banco de dados ecoinvent foi usado;
- A avaliação é realizada apenas no sistema de produto descrito; outros aspectos, como a gestão ou infraestrutura das empresas, não são avaliados;
- Fatores de caracterização de longo prazo não estão presentes no nível de primeiro plano do modelo, devido à alta incerteza associada a eles.

Resultados

A Tabela 3 apresenta o perfil ambiental para 1 kg de biopolietileno de alta densidade:

Categoria de impacto	Unidade	I'm green bio-based HDPE
Mudança climática	kg CO ₂ eq.	-2,12
Depleção de ozônio	kg CFC-11 eq.	1,23E-07
Toxicidade humana - cancerígeno	CTUh	5,61E-10
Toxicidade humana - não cancerígeno	CTUh	3,49E-08
Material particulado	Disease incidence	3,11E-07
Radiação ionizante	kBq U-235 eq.	8,03E-03
Formação fotoquímica de ozônio	kg NMVOC eq.	1,97E-02
Acidificação	mol H ⁺ eq.	5,38E-02
Eutrofização, terrestre	mol N eq.	0,16
Eutrofização, água doce	kg P eq.	1,18E-04
Eutrofização, água do mar	kg N eq.	2,13E-02
Ecotoxicidade, água doce	CTUe	168,00
Uso de terra	Pt	184,00
Escassez de água	m ³ water eq.	0,64
Uso de água	m ³	6,53E-02
Uso de recursos, minerais e metais	kg Sb eq.	2,47E-06
Uso de recursos, fósseis	MJ	5,23

Tabela 3. Resultados da caracterização para PEAD I'm green™ bio-based.

A Figura 1 mostra o perfil ambiental do biopolietileno de alta densidade e cada estágio do ciclo de vida.

No geral, as operações agrícolas têm a maior parcela de impactos em 15 dos 17 aspectos ambientais avaliados.

- A produção de cana-de-açúcar é a maior responsável pelos impactos ambientais devido às emissões diretas relacionadas ao uso de fertilizantes e corretivos (N₂O, CO₂, NO_x, NH₃, NO₃⁻ e P), assim como ao consumo de diesel (CO₂, NO_x e particulados). Isso representa pelo menos 50% dos impactos em 10 categorias avaliadas.
- As emissões da queima da palha de cana-de-açúcar têm uma importante contribuição para as categorias de formação fotoquímica de ozônio (30% dos impactos), acidificação (48%) e eutrofização terrestre (57%), devido às emissões de SO_x, NMVOC, NO_x, NO, NH₃ e particulados.

A produção de etanol é a atividade que contribui com 50% do uso de água e 39% do uso na categoria de recursos minerais e metais. A queima de bagaço gera impactos semelhantes aos da queima de palha.

A eletricidade excedente exportada para a rede gera benefícios ambientais, evitando as emissões de CO₂ e Halon 1301 devido à substituição de energia térmica do gás natural por bagaço de cana-de-açúcar. Isso também evita os impactos do uso de recursos (fósseis).

A produção de etileno verde e biopolietileno tem um impacto geral relativamente baixo. Os principais impactos estão relacionados a fontes de energia provenientes de carvão mineral, óleo combustível pesado, gás natural e eletricidade da rede, representando 28% do impacto no uso de recursos fósseis.

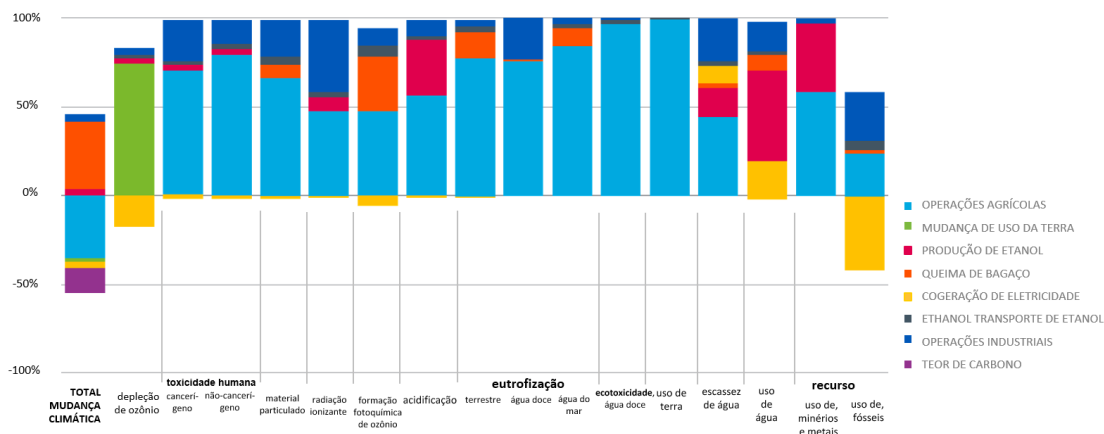


Figura 1. Perfil ambiental e contribuição para o estágio do ciclo de vida para biopolietileno de alta densidade.

A Tabela 4 detalha os resultados de mudança climática para o biopolietileno de alta densidade para cada estágio do ciclo de vida, devido à sua relevância global para o ambiente e para as metas de sustentabilidade da Braskem. Os resultados são detalhados para cada tipo de emissão (fóssil, biogênico e mudança de uso da terra) de acordo com as Diretrizes do IPCC 2021. **A pegada de carbono total de 1 kg de PEAD I'm green™ bio-based produzido pela Braskem é de -2,12 kgCO₂eq./kg.**

Por padrão, o método EF 3.1 não leva em consideração os fluxos de CO₂ biogênico na categoria de mudança climática. No entanto, de acordo com a Orientação PEFGR (Regra de Categoria de Pegada Ecológica do Produto), fatores complementares de caracterização devem se aplicar caso esses fluxos devam ser usados para calcular informações adicionais. Neste estudo, o conteúdo de carbono biogênico do biopolietileno de alta densidade pode ser classificado como informação técnica adicional.

Estágios do ciclo de vida		Cenário base (kgCO ₂ eq./kg I'm green™ bio-based HDPE)			
		Fóssil	Biogênico	Mudança de uso da terra	Total
Cultivo de cana-de-açúcar	Operações agrícolas	1.16	-9.59	0.02	-8.41
	Mudança de uso da terra	-	-	-0.44	-0.44
	CO ₂ capturado	-	-3.14	-	-3.14
	Subtotal	1.16	-12.73	-0.42	-11.98
Produção de etanol	Produção de etanol	0.02	0.92	0.00	0.95
	Queima de bagaço	0.10	8.78	0.00	8.88
	Créditos de cogeração de eletricidade	-0.91	0.00	0.00	-0.91
	Subtotal	-0.78	9.70	0.00	8.92
Biopolietileno de alta densidade	Transporte de etanol	0.13	0.00	0.00	0.14
	Produção de etileno e PEAD	0.77	0.03	0.01	0.81
	Subtotal	0.90	0.03	0.02	0.95
Total		1.28	-3.00	-0.40	-2.12

Tabela 4. Resultados da mudança climática para biopolietileno de alta densidade

Em termos de pegada de carbono, o bioproduto da Braskem tem um impacto positivo devido ao balanço negativo de CO₂, resultando assim na remoção de carbono da atmosfera: para cada quilograma de biopolietileno de alta densidade produzido, 2,12 kg de dióxido de carbono equivalente é eliminado. Isso representa quase 2 vezes menos emissões do que a média de referência global do banco de dados ecoinvent² (a pegada de carbono é de 2,24 kgCO₂e/kg PEAD de origem fóssil).

Além do PEAD, também foram avaliados os impactos ambientais dos demais *grades* produzidos a partir do etanol de cana-de-açúcar. A pegada de carbono dos biopolietilenos de alta densidade, baixa densidade e baixa densidade linear é apresentada na tabela a seguir.

I'm green™ bio-based	Pegada de Carbono
PEAD (spherilene polymerization)	-2,01 kgCO ₂ e/kg
PEBD (autoclave + tubular polymerization)	-2,27 kgCO ₂ e/kg
PEBDL (spherilene polymerization)	-1,82 kgCO ₂ e/kg

Tabela 5. Resultados da mudança climática para variações do biopolietileno.

Conclusões

Os objetivos deste estudo eram desenvolver o inventário de ciclo de vida para PEAD I'm green™ bio-based e avaliar o desempenho ambiental deste produto usando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Conforme apresentado neste resumo e confirmado pelo relatório de ACV, **o biopolietileno de alta densidade da Braskem apresenta uma pegada de carbono negativa de -2,12 kgCO₂eq./kg.**

Como resultado, a Braskem usará esta informação para promover melhorias contínuas na produção de biopolietileno de alta densidade, com o objetivo de atingir uma redução dos impactos ambientais gerados.

Informações para contato

Para mais informações ou dúvidas, entre em contato com o seu representante da Braskem.

² Baseado no dataset 1 kg of fossil HDPE production {GLO}| market for | Cut-off, U) do ecoinvent v3.9.1.