



Avaliação do Ciclo de Vida do PE Verde l'm green™

Introdução

Um dos grandes desafios que a nossa sociedade enfrenta refere-se à redução das emissões de gases de efeito estufa, de modo que não haja mudanças climáticas com consequências desastrosas. Para cumprir com as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris de 2015, faz-se necessária uma transição para uma economia de baixo carbono baseada em energia renovável e novos modelos econômicos e de negócios, além de soluções significativas para uma redução ainda maior da pegada de carbono da sociedade. No entanto, deve ser aplicada uma perspectiva de ciclo de vida para que se possa contabilizar e administrar possíveis compensações entre o impacto de mudanças climáticas e outras categorias de impacto.

A Braskem, impulsionada pelo seu propósito de desenvolver soluções sustentáveis para melhorar a vida das pessoas, criou o Polietileno (PE) Verde l'm green™, um material com pegada de carbono negativa que tem um enorme potencial para contribuir com uma economia de baixo carbono. Essa alternativa foi desenvolvida, desde o início, com base em uma Avaliação do Ciclo de Vida preliminar feita com dados de projetos que mostraram que o PE Verde seria uma alternativa mais sustentável. Essa conclusão foi confirmada em outro estudo feito em 2012, com a fábrica em suas condições normais de operação.

Em 2013, uma atualização significativa da base de dados da Ecoinvent, que foi utilizada para avaliar os processos base, sugeriu a necessidade de uma atualização. Começamos o processo de atualização em 2015, incluindo nessa base de dados as alterações e diversas otimizações nas instalações de produção de Eteno Verde. Em 2016, coletamos novos dados de nossos fornecedores de etanol.

Essa atualização foi dividida em duas etapas para que pudéssemos isolar os efeitos do Código de Conduta para Fornecedores de Etanol na sustentabilidade geral do PE verde l'm green™.

Este relatório resumido mostra esses resultados atualizados.

Objetivo e Escopo

O principal objetivo dessa ACV é fornecer informações e conjuntos de dados de inventário de ciclo de vida para o sistema de produtos do Polietileno Verde l'm Green™. São públicos-alvo os clientes e consumidores finais da Braskem, bem como outros públicos de relacionamento interessados por esses resultados.

O estudo também serve como base para o desenvolvimento de material de comunicação específico destacando os principais benefícios e contrapartidas do PE Verde l'm green™ em comparação com o PE tradicional de fonte fóssil.

A atualização da ACV foi realizada para a compreensão das principais mudanças relacionadas às melhorias nas etapas agrícolas e na produção de etanol e considera a produção de PEAD o

cenário base de caso, embora muito da conclusão possa também se estender às produções de PEBD e PEBDL.

Essa avaliação engloba dois sistemas de produtos: PEAD de recursos agrícolas renováveis (etanol derivado da cana-de-açúcar) e PEAD de recursos fósseis. O estudo tem como foco o ciclo de vida do polímero até sua produção a granel; então o processamento desse plástico e o final de sua vida útil não são considerados. Já que os dois produtos possuem propriedades técnicas idênticas, essa premissa não compromete a qualidade da avaliação.

A função dos sistemas de produtos foi expandida para incluir tanto a produção de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) quanto de eletricidade, para evitar a alocação entre esses coprodutos, conforme recomendação do ISO 14044. A unidade funcional estabelecida é de 1 kg de PEAD e 0,942 kWh de eletricidade, que é a quantidade média de eletricidade cogenerada com 1 kg de PE verde l'm green™. A Figura 1 mostra um resumo dessas definições.

HIGH DENSITY POLYETHYLENE PRODUCTION AND ELECTRICITY GENERATION	
FUNCTION	To produce High Density Polyethylene (slurry polymerization) in Brazil, in the year of 2015, from sugarcane or from petroleum derivatives, under identical technical specifications for processing. And to produce a supplemental amount of electricity.
FUNCTIONAL UNIT	To produce 1 kg of High Density Polyethylene (slurry polymerization) in Brazil, in the year of 2015, from sugarcane or from petroleum derivatives, under identical technical specifications for processing. And to generate 0.942 kWh of supplemental electricity.
REFERENCE FLOW ²	<ul style="list-style-type: none"> - 1 kg of Green HDPE (slurry polymerization) and electricity generation from biomass burning - 1 kg of Fossil HDPE (slurry polymerization) and electricity generation from natural gas

FIGURE 1. COMPARISON CHARACTERISTICS OF THE STUDY
 FIGURA 1. CARACTERÍSTICAS DE COMPARAÇÃO DO ESTUDO

LEGENDA

PRODUÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE



FUNÇÃO

Produzir Polietileno de Alta Densidade (polimerização slurry) no Brasil, no ano de 2015, proveniente da cana-de-açúcar ou de derivados do petróleo, sob especificações técnicas idênticas para o processamento. Produzir quantidade suplementar de eletricidade.

UNIDADE FUNCIONAL

Produzir 1 kg de Polietileno de Alta Densidade (polimerização slurry) no Brasil, no ano de 2015, proveniente da cana-de-açúcar ou de derivados do petróleo, sob especificações técnicas idênticas para o processamento. Gerar 0,942 kWh de eletricidade suplementar.

FLUXO DE REFERÊNCIA²

- 1kg de PEAD Verde (polimerização slurry) e geração de eletricidade proveniente da queima de biomassa
- 1kg de PEAD Fóssil (polimerização slurry) e geração de eletricidade proveniente do gás natural

Descrições dos Sistemas de Produtos

O ciclo de vida do PE verde **I'm green™ PE** começa com a plantação, o cultivo e a colheita de cana-de-açúcar. Depois, a cana-de-açúcar é transportada por caminhões para as usinas, onde ela é moída para a produção tanto de açúcar quanto de etanol. O bagaço que sobra da moagem da cana-de-açúcar é utilizado para produzir vapor que fornece o calor e a eletricidade que a usina precisa para suas operações. O excedente de eletricidade é vendido para o sistema elétrico integrado brasileiro para suprir sua margem operacional.

O etanol é então transportado por trens (quantidade pequenas podem também ser entregues por caminhões) para as instalações localizadas na cidade de Triunfo, Brasil, onde ele será desidratado para a produção de eteno. Esse eteno é polimerizado para a produção de PE verde **I'm green™**.

O ciclo de vida do **PE Fóssil** começa com a extração e refinação do óleo. A nafta, um dos derivados produzidos nas refinarias, é transportado por dutos para os polos petroquímicos, onde será “craqueada” (fracionada) para a produção de eteno e muitos outros coprodutos. O eteno é então polimerizado para a produção de PE. Já que não há eletricidade excedente gerado nesse sistema, assume-se que o restante necessário será fornecido por uma usina termelétrica, tornando os dois sistemas comparáveis.

Inventários de Ciclo de Vida

As fontes e o ano de referência dos dados utilizados estão resumidos na Tabela 1.

	Aspecto	Fonte dos Dados	Ano Base	Considerações
Extração da matéria prima	Cana-de-açúcar	Braskem & ACV Brasil	2015-2016	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.1. referentes ao Anexo C – Descrição dos dados utilizados
	Etanol			
	Emissões da queima de lixo	Braskem/E4Tech /LCA Trabalhos feitos com base em diversas fontes	2006-2009	Dados secundários conectados ao ecoinvent v3.1. referentes ao Anexo C – Descrição dos dados utilizados

		apresentadas em [Murphy 2013]		
	Emissões da queima de bagaço	Braskem & ACV Brasil Com base em [Murphy 2013] para lacunas de dados	2009-2016	Dados primários e secundários. Referentes ao Anexo C – Descrição dos dados utilizados
	Petróleo & Nafta	Conjunto de dados ecoinvent v3.1	1980-2003	Dados secundários originados do ecoinvent v3.1. referentes ao Anexo C – Descrição dos dados utilizados
Produção de eteno	Eteno Verde	Braskem & ACV Brasil	2011-2015	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.1. referentes ao Anexo C – Descrição dos dados utilizados
	Eteno Fóssil			
Polimerização	PEAD Verde	Braskem/E4Tech /LCA Works/ACV Brasil com base em [Murphy 2013]		
	PEAD Fóssil			

Tabela 1

Principais Premissas

- A variação de estoques de carbono em equilíbrio no solo foi determinada com base em estudo prévio conduzido por [e4Tech 2013] indicando uma fixação de CO₂ para 1 kg de PEAD de aproximadamente 1.35 g CO₂/PEAD kg, valor então utilizado para refletir os impactos da Mudança de Uso de Terra nas Mudanças Climáticas;
- Torta de filtro e vinhaça foram consideradas no estudo, mas como elas foram reinseridas na etapa agrícola como fertilizantes, esses subprodutos não estão representados no modelo. Não foi possível concluir com base nos dados originais se os transportes e insumos auxiliares adicionais foram considerados para tornar a reinserção viável;
- As emissões da queima de bagaço de cana-de-açúcar seguem o modelo dos dados secundários;
- A bioeletricidade gerada pelo bagaço substitui a eletricidade termal na rede elétrica brasileira;
- Os dados provenientes do ecoinvent v3.1 foram adaptados de acordo com as condições brasileiras relacionadas a matriz e transporte de eletricidade;
- Para o maquinário agrícola e os veículos transportadores, apenas o diesel (proveniente de Ecoinvent v3.1) foi considerado, com suas emissões.

Destacam-se as seguintes limitações:

- Para situações em que os dados brasileiros não estão disponíveis e considerando que o baixo nível dos inventários nacionais, os dados de outros países com tecnologia e mix de energia similares foram considerados;

- Para qualquer lacuna de dados nos sistemas de produção, o Ecoinvent foi utilizado;
- A avaliação é feita somente sobre os sistemas de produtos descritos; outros aspectos, como administração ou infraestrutura de companhias, não são avaliados;
- Fatores de caracterização de longo prazo não estão presentes no primeiro plano do modelo, devido a sua alta incerteza relacionada.
- Dados relacionados a águas das chuvas não estão incluídos no modelo.

Método de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

O método de VICV utilizado neste estudo foi compilado em 2012 pela ACV Brasil e o ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung), uma empresa alemã de consultoria, e é atualizado sem grandes intervenções para manter os métodos para cada categoria de impacto consistente com os últimos eventos. Esse método inclui: Depleção Abiótica, Mudanças Climáticas, Acidificação, Eutrofização, Depleção da Camada de Ozônio, Inorgânicos Respiratórios, Oxidação Fotoquímica, Uso da Água, Uso da Terra, Toxicidade Humana, Ecotoxicidade e Demanda Cumulativa de Energia.

Essa compilação é um mix de métodos renomados, como CML, USETox, ReCiPe e IPCC, sendo referido neste documento como Método Recomendado.

Resultados

A Tabela 2 mostra o perfil ambiental do PE verde l'm green™.

Categoria de Impacto	Unidade	PE Verde
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq	-3,09 E+00
Depleção da Camada de Ozônio	kg CFC-11 eq	4,07 E-05
Inorgânicos Respiratórios	kg PM2,5 eq	1,64 E-03
Formação de Ozônio Fotoquímico	kg C ₂ H ₄ eq	1,95 E-03
Acidificação	kg SO ₂	1,31 E-02
Deterioração de Recursos, água	m ³	4,91 E-02
Uso da Terra	m ² a	5,18 E+00
Consumo de Recursos	kg Sb eq	-1,72 E-03
Ecotoxicidade	CTUe	4,44 E-01
Eutrofização	kg PO ₄ --- eq	1,27 E-02
Toxicidade Humana	CTUh	3,35 E-07
Demanda Cumulativa de Energia	MJ	2,27 E+00

Tabela 2

A Figura 2 mostra os impactos relativos entre o PE verde l'm green™ e o PEAD fóssil.

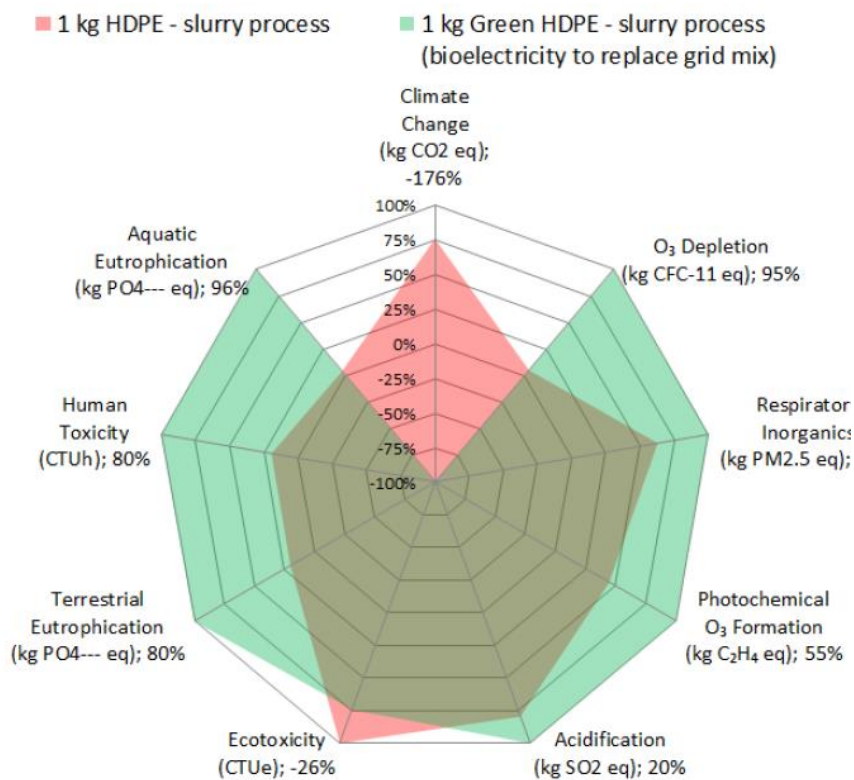


Figura 2

LEGENDA

1kg de PEAD – processo slurry

1kg de PEAD Verde – processo slurry (bioeletricidade para gerar o mix da rede elétrica)

SENTIDO HORÁRIO

Mudanças Climáticas (kg CO₂ eq); -176%

Depleção de O₃ (kg CFC-11 eq); 95%

Inorgânicos Respiratórios (kg PM_{2,5} eq);

Formação Fotoquímica de O₃ (kg C₂H₄ eq); 55%

Acidificação (kg SO₂ eq); 20%

Ecotoxicidade (CTUe); -26%

Eutrofização Terrestre (kg PO₄--- eq); 80%

Toxicidade Humana (CTUh); 80%

Eutrofização Aquática (kg PO₄--- eq); 96%



A Tabela 3 mostra a análise de contribuição para a categoria de impacto Mudanças Climáticas:

		kgCO ₂ e/kg
Cultivo de cana-de-açúcar	Operações Agrícolas	0,91
	Créditos de Mudanças em Uso da Terra	-1,10
	Absorção de CO ₂	-3,14
		-3,33
Produção de Etanol	Produção de Etanol	0,03
	Queima de Bagaço	0,16
	Créditos de Cogeração de Eletricidade	-1,17
		-0,98
PE verde I'm green™	Transporte de Etanol	0,46
	Operações Industriais (Eteno e PE)	0,76
		1,22
		-3,09

Tabela 3