

# Aplicação da Bioeconomia com Material Drop in em Veículos Comerciais

**Sergio Roberto Amaral**

Volkswagen Caminhões e Ônibus / UNESA / Unesp – Ipben Laboratório Associado de Guaratinguetá.

**Victor Tavares de Almeida**

Volkswagen Caminhões e Ônibus / UFF – Volta Redonda

**Alan Baio Bonel**

Volkswagen Caminhões e Ônibus

**Paulo Rogério Martins**

Bepo

## ABSTRACT

This research aims to reduce Carbon emissions generated by the parts manufacturing process in the commercial vehicles sector, through the use of renewable raw material for automotive liquid reducing agent (AdBlue) tanks, as well as ensuring that the component meets the technical standards and properties required for application in vehicle with reliability, quality and durability, supporting the growth of the Bioeconomy and Circular Economy.

The growing productive demand for components leads to increased emissions of carbonic gas (CO<sub>2</sub>) in the atmosphere. As a result, new regulations have been imposed through the international meetings of the United Nations (UN) in order to reduce these emissions. In this environment, raw materials that result in expressive carbon reductions have been gaining ground, especially when they are “drop in”, that is, when the source of the material can be totally replaced without affecting its function.

This necessity makes companies search new alternatives. What makes relevant the proposals with significant reductions in carbon emissions, changing the origin of the material from fossil to renewable source. Due to this, the application shows great potential, being an excellent opportunity to carry out innovations in the field of mobility, making the project a pioneer in the application in the national and international market.

The main motivation for this work lies in the challenge of searching a material solution where the component's production chain significantly reduces CO<sub>2</sub> emissions and starts capturing it in the environment,

providing technical and financial efficiency in the use of green raw material for AdBlue tanks in commercial vehicles, which meets the current market context.

## RESUMO

A presente pesquisa visa reduzir as emissões de carbono relacionadas ao processo de fabricação de peças no setor de veículos comerciais através da utilização de matéria prima renovável na fabricação de tanques de agente redutor líquido automotivo (Arla 32), bem como garantir que o componente atenda as normas técnicas, e as propriedades requeridas para a aplicação em veículo com confiabilidade, qualidade e durabilidade, corroborando com o crescimento da Bioeconomia e Economia Circular.

A crescente demanda produtiva de componentes leva cada vez mais a gerar o aumento nas emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Com isso, novas regulamentações vêm sendo impostas através dos encontros internacionais da Organização das Nações Unidas (ONU) a fim de reduzir estas emissões. Nesse meio, as matérias primas que resultam em reduções expressivas de carbono vêm ganhando espaço, principalmente quando são “drop in”, isto é, quando o material do componente pode ser totalmente substituído sem afetar sua função.

Esta necessidade faz com que as empresas busquem por novas alternativas. O que torna relevante as propostas com reduções significativas nas emissões de carbono, modificando a origem do material de fonte fóssil para renovável. Devido a isso, a aplicação demonstra grande potencial, sendo uma excelente oportunidade para realizar

inovações no âmbito da mobilidade, tornando o projeto pioneiro na aplicação em mercado nacional e internacional.

A principal motivação para esse trabalho, encontra-se no desafio de buscar solução de material onde a cadeia produtiva do componente reduza significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> e passe a capturá-lo no ambiente, provendo a eficiência técnica e financeira na utilização de matéria prima verde nos tanques de Arla 32 em veículos comerciais o que vai ao encontro com o contexto de mercado atual.

## INTRODUÇÃO

Inovações no setor automotivo utilizando materiais a base de biomassa vem ganhando muito espaço e importância nas discussões e tendências globais, principalmente, em função da crescente preocupação com as alterações climáticas e as consequências causadas pelo impacto da poluição e geração de gases do efeito estufa. Visando interromper seu aumento, novas políticas estão sendo criadas para que haja redução nas emissões de Gás carbônico para o ambiente e aprimoramento da eficiência nas matrizes energéticas.

Na Europa já existem definições concretas sobre o assunto estabelecidas pela Comissão Europeia (EC) [1] a fim de forçar o investimento e o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis na indústria. Exemplo disso é o “European Green Deal” [2] que visa transformar a Europa em um continente moderno, com utilização eficiente de recursos e economia competitiva eliminando as emissões de gases de efeito estufa até 2050, mantendo o crescimento econômico e a preocupação com seus habitantes.

Outra forte vertente no assunto, é a redução nas emissões de gases a fim de seguir o alerta da “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC) [3] de manter o aumento da temperatura do planeta abaixo de 1,5° C, compreendendo o período desde a revolução industrial até 2030. As iniciativas estão dentro da agenda de responsabilidades de Ambiental, Social e de Governança Corporativa (ESG) [4] de cada empresa, e para que cada instituição faça sua parte, estão sendo criadas metas baseadas na ciência climática (SBTi) [5] apoiado pela rede Pacto Global no Brasil [6].

Tendo em vista o contexto ambiental e o atual cenário, o presente trabalho explora uma alternativa para reduzir as emissões de carbono através da mudança de matéria prima utilizada na fabricação dos tanques de Arla 32 de Polietileno de Alta Densidade (PEAD). A cadeia produtiva é modificada, e a folha de Cana-de-açúcar passa a ser a base da produção do chamado Polietileno Verde (PEAD Verde) [7]. Com isso, quando se obtém uma visão macro, o processo deixa de emitir CO<sub>2</sub> e passa a captura-lo através da própria plantação de Cana.

Apesar de ambos os materiais serem da mesma família de polímeros e a tecnologia ser Drop in [8], quando a fonte de produção pode ser alterada sem alterar o material, os “Grades” são diferentes, portanto, não é possível alternar o material sem uma pré-análise comparativa entre as propriedades mecânicas e os impactos na produção dos tanques.

Os tanques de Arla são conformados através do processo de extrusão-sopro [9], equipamento que demanda ajuste fino para cada tipo de material. Para isso, foi estudado o processo e a influência que as diferenças de propriedade entre os polímeros citados poderiam causar no mesmo. Sendo que o índice de fluidez é notavelmente mais alto no biopolímero [7].

Posteriormente aos ajustes, testes físicos com componente são importantíssimos para garantir a viabilidade de aplicação dos tanques em veículo, diminuindo os riscos de falha em campo e aumentando a credibilidade da aplicação. Tudo isso, utilizando de normas e padrões para realizar os ensaios e garantir a veracidade dos resultados.

Os padrões da aplicação vão de acordo com os conceitos de bioeconomia e economia circular, se enquadrando no que a literatura chama de bioeconomia circular [10]. Nas quais a finalidade é a utilização total do material, mantendo-o no mercado o máximo de tempo possível, evitando assim, a produção desregada e o uso excessivo dos recursos naturais.

## BIOECONOMIA

O conceito é relativamente novo e tem sido bastante debatido pela comunidade devido ao contexto atual. Bioeconomia possui diferentes visões e em geral objetiva o crescimento econômico, a criação de novos empregos, sustentabilidade ambiental, processos ecológicos que aperfeiçoem a utilização energética, o favoreçam a biodiversidade e diminua a degradação da do planeta como um todo, através do desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de utilização da biomassa. A biomassa é uma fonte extremamente rica de energia e matéria prima renovável.

Aplicando a economia no setor automobilístico seus principais vetores são os combustíveis renováveis alternativos e a utilização de novos materiais de fonte renovável, sendo o presente trabalho enquadrado neste último. Em resumo, para que um material se encaixe na definição é necessário ser de fonte renovável e/ou biodegradável [11].

De maneira específica a bioeconomia também se relaciona com a redução da pegada de Carbono [12] no ambiente. Para isso, como descrito anteriormente, o

desenvolvimento tecnológico é o primeiro passo, e para o caso do Polietileno Verde, isto ocorre em toda a cadeia, começando pelo fornecedor primário, o qual foi capaz de mudar a fonte e os processos de produção para obtenção de um mesmo material, algo que na literatura pode ser chamado de drop in [8].

A Comissão europeia, por exemplo, definiu a bioeconomia como a utilização de recursos biológicos renováveis existentes no planeta terra para a produção de alimentos materiais ou energia [13]. Alguns autores completam a definição inserindo a bioeconomia como o comprometimento com o desenvolvimento para melhorar uma série de fatores, como, compostos químicos, materiais de construção, utilização da biomassa substituindo as fontes fósseis para geração de energia, fabricação de combustíveis e polímeros [10].

Trazendo para o contexto do Brasil, muitas há uma grande perspectiva de uso do conceito, pois o rico e vasto território oferece vantagens competitivas, principalmente por: i) possuir a maior biodiversidade do planeta; ii) possuir os menores custos na produção de biomassa, principalmente de cana-de-açúcar; e iii) possuir uma agricultura tropical avançada, calcada na aplicação da ciência e da tecnologia [14].

## ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular (EC) diz respeito a manutenção de um produto no mercado, podendo ser valorizado e aproveitado em diferentes atividades econômicas e industriais pelo maior tempo possível, minimizando o desperdício e a geração de resíduos [10]. Se relaciona com o ciclo de vida do produto, o quanto de esforço é demandado para sua produção. A e EC implica em maior eficiência no uso de recursos. A figura 1 seguinte, ilustra bem como é a definição de economia circular segundo o comitê europeu.

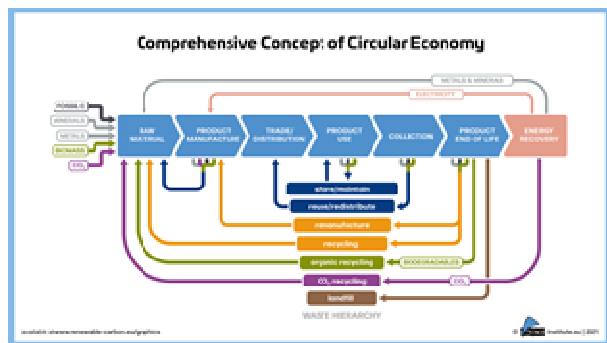


Figura 1: Representação da economia circular. Fonte: CARUS, Michael; BERG, Christopher. Comprehensive Concept of a Circular Economy. Carus. (Aug. 2021).

## BIOECONOMIA CIRCULAR

Em situações que os conceitos de bioeconomia e de economia circular se difundem é formada a bioeconomia circular. Um bioplástico que pode ser reciclado, por exemplo, se adequa em ambas as definições, pois é feito de biomassa - fonte renovável - e possui valor de mercado mesmo após a sua utilização como produto, isto é, no momento em que é utilizado na reciclagem.

A Bioeconomia abrange uma série de bens de consumo e ações, como, produtos de fontes renováveis, reaproveitamento através do reuso, reparo ou reciclagem, uso de biomassa em cascata, aumento da eficiência na cadeia de valor, dentre outros [16].

No caso do Polietileno Verde, há a possibilidade da reciclagem ou da queima após o seu uso para geração de energia. A queima não emite poluentes e pode ser feita em conjunto com o material de origem fóssil. A Figura 2 mostra o caminho do Polietileno Verde

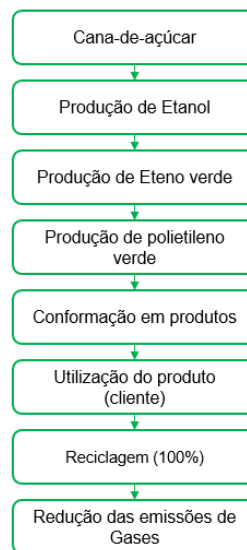


Figura 2: Processo do PEAD verde. Fonte: Adaptado de catálogo Polietileno Verde Braskem

## PEAD APLICAÇÃO DROP IN

O polietileno é um polímero amplamente utilizado nas indústrias devido à sua não toxicidade e inércia face a diversos produtos químicos. É obtido, principalmente, pela polimerização do etileno por adição, derivado de fontes fósseis[17], por intermédio do craqueamento da nafta

proveniente do refino do petróleo. O etileno passa pela etapa de purificação, onde é transformado em polietileno [18]. A figura 3 representa um monômero de polietileno.

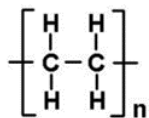


Figura 3: Monômero de polietileno. Fonte: Processamento de Termoplástico – Manrich Silvio Ed Art Liber - 2 Edição

Tratando especificamente do Polietileno de alta densidade (PEAD), este polímero é um termoplástico e apresenta estrutura altamente cristalina, com baixo teor de ramificações, com valores de até 90%. A linearidade das cadeias torna o empacotamento mais eficiente, gerando forças intermoleculares mais intensas [19].

O polietileno verde (PE verde), pode ser classificado como plástico verde, polímero verde, biopolímero, e é o primeiro plástico no mundo a ser certificado que é obtido através de fonte renovável. A produção do polietileno verde se dá a partir do etileno obtido por meio da desidratação do etanol. O PE verde, possui característica drop in, ou seja, é um material equivalente ao fóssil, com as propriedades iguais, trocando apenas sua fonte. Portanto, pode ser aplicado com as mesmas finalidades das resinas petroquímicas [20][21]. No caso da aplicação deste trabalho, existe sim algumas diferenças de propriedades, porém isto ocorre devido a troca da grade de PEAD.

A grande vantagem desse polímero verde é que não demanda investimentos em maquinários ou grandes mudanças no processo de conformação, além de possuir custo de produção competitivo no cenário mundial, o que é um aspecto importantíssimo para utilização industrial [22].

## METODOLOGIA

Primeiramente, montadora de veículos comerciais obteve conhecimento sobre o PE Verde através do contato com o fornecedor de matéria prima e a informação de que era um material drop in, surgiu o desejo de testá-lo em campo em um componente que fosse de PE fóssil. Porém além desse primeiro fornecimento são necessários outros parceiros, os quais transformam a matéria prima em uma peça utilizável. Visto isso, foi estudado um componente que exige uma validação menos crítica e um fornecedor secundário que estivesse disposto a participar do desenvolvimento. Foi destacado o tanque de Arla 32, devido a menor criticidade e não haver riscos de explosão ou contaminação em caso de ruptura e vazamento. A Figura 4 mostra um esquema da cadeia de valor.



Figure 4: Cadeia de valor. Fonte: Autor

Com as partes acordadas, a montadora estabeleceu os critérios de aplicação. Em conjunto foi estabelecido um fluxo de atividades e responsabilidades conforme a Figura 5, sendo que, apesar de ter um responsável, todas as partes deveriam cooperar para realização das etapas.

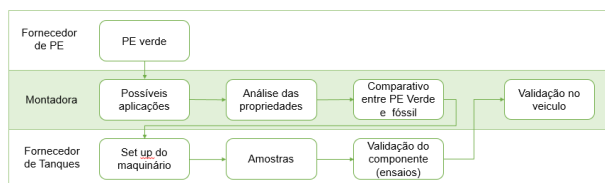


Figura 5: Fluxograma de desenvolvimento da aplicação.

Fonte : Autor

As possíveis aplicações eram compostas pelo tanque de combustível, tanque de arla e algumas peças utilizadas no painel dos veículos. As peças utilizadas no painel foram eliminadas devido a baixa massa e, consequentemente, ao baixo retorno na redução de CO<sub>2</sub>. O tanque de Combustível possui muitos requisitos e é altamente crítico, portanto, houve receio por parte da equipe de engenharia, visto que é a primeira vez no setor automotivo em que o PE verde seria testado. Em contrapartida o tanque de Arla não apresenta grandes riscos aos seres humanos nem ao ambiente em caso de falha. A partir disso, se tornou clara a escolha do tanque de Arla 32. Como piloto, foi escolhido a aplicação em veículos comerciais extra pesados, que utilizam tanque de 100 litros.

Na etapa de análise das propriedades foram analisados os requisitos de validação dos tanques de polietileno fóssil, conforme demanda interna da empresa, bem como, as propriedades que mais influenciam no processo. Dessa maneira, a comparação poderia ser feita diretamente, levando em consideração as propriedades do PE.

O comparativo entre as propriedades foi feito de acordo com a tabela 1. As propriedades se mostram muito semelhantes no geral, com exceção ao índice de fluidez e a resistência ao impacto. O índice de fluidez afeta diretamente o processo de conformação mecânica por extrusão, pois com a menor fluidez, o polietileno, apresenta maior viscosidade quando fundido [23]. Enquanto a resistência ao impacto pode desqualificar o componente

final devido aos requisitos da aplicação. Para garantir a confiabilidade e validar a aplicação foram realizados ensaios e testes normatizados, mesmos feitos com o PE fóssil no passado. Sendo eles, o teste de trenó (Sled) norma interna, resistência sob pressão [24], resistência ao impacto, tipo pêndulo [25] e resistência a altas temperaturas [26].

Teste	PEAD HS4506A	PEAD SGF4950 (Verde)
Índice de fluidez (190 °C / 21,6 Kg) [g/10min]	5	28
Densidade [g/m³]	0,945	0,956
Tensão de escoamento [MPa]	24	28
Tensão de ruptura [MPa]	38	31
Módulo de flexão Secante a 1% [MPa]	930	1060
Dureza (Shore D)	63	63
Resistência ao impacto [J/m]	700	145
Temperatura de Amolecimento Vicat [°C]	125	129
Temperatura de Deflexão Térmica (0,455 MPa) [°C]	62	75
Teor mínimo de C14 [%]	-	96

Tabela 1: Tabela comparativa de propriedades dos grades de PEAD e PEAD verde. Fonte. Adaptado da especificação Braskem para PEAD HS4506A e SGF 4950.

O Set Up do maquinário é o conjunto de ajustes de configurações que o fornecedor de tanque precisa realizar no equipamento cada vez que a máquina vai produzir uma peça diferente, por exemplo, um determinado Set Up é utilizado para produzir tanques de PEAD, quando a produção é finalizada e outra peça com diferente geometria e/ou material será extrudada e para isso é preciso parar o equipamento e realizar um novo Set up.

Como o PEAD verde é utilizado pela primeira vez no equipamento ainda não são conhecidos os padrões de configuração, devido a isso, alguns tanques são extrudados e suas falhas analisadas, dando origem a uma nova configuração. Isso ocorre de maneira cíclica até que a peça atinja os padrões dimensionais.

Para realizar os testes, foram processadas pelo menos 20 amostras. As 5 primeiras foram exclusivamente para o ajuste da máquina e foram descartadas logo após. As outras 15 foram divididas em diferentes testes, 4 separadas para os testes de validação, 4 para outros testes não mandatórios e outras 7 para montagem em veículo.



Figura 6: Amostra de tanque de Arla de PEAD Verde. Fonte Autor

A validação dos componentes foi realizada através

de ensaios normatizados. O primeiro teste foi o de trenó, conforme norma interna da montadora. Resistência sob pressão interna NBR-11474, resistência ao impacto tipo pêndulo conforme NBR-11473 e resistência a altas temperaturas NBR-11478. Apenas após os resultados positivos nestes testes os mesmos se tornaram atos para iniciar o processo de teste / validação veicular.

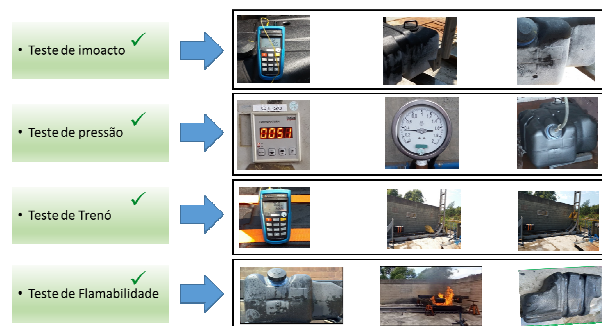


Figura 7: Testes de Validação no tanque de Arla de PEAD Verde. Fonte: Autor

Na validação em veículo foi realizado um plano de atividades, por parte da montadora, pra montar e acompanhar as rodagens do tanque de Arla de PEAD verde. Foram escolhidos alguns veículos extra pesados da frota de testes e instaladas as peças. O tanque é inspecionado de acordo com as revisões programadas.



Figura 8: Tanque de Arla em PEAD Verde montado de durabilidade. Fonte: VWCO.

Inicialmente os estudos focaram na parte técnica, tendo em vista o benefício ambiental na substituição das fontes. De acordo com o fabricante de PE verde consultado, ainda não há uma usina capaz de atender a demanda do componente em escala industrial. Sua construção está em andamento e a previsão é de entrar em operação no ano de 2023. Devido a isso, ainda não se tem o valor correto do custo de material. O volume de produção e a demanda do mercado serão fatores chave para esta definição.

Apesar disso, há indicações de que o material Verde seja mais caro. Para contrabalancear este fator, está sendo estudada a possibilidade de utilizar créditos de carbono

como receita para a empresa. Contudo, o mercado brasileiro para comercializar os créditos de carbono ainda não está bem definido e o processo de registro na ONU ainda é muito dispendioso e vagaroso. Os novos projetos de leis e definições estão sendo aguardados.

## RESULTADOS

Os resultados na utilização do conceito de bioeconomia circular, onde o desenvolvimento tecnológico explora a utilização de biomassa em veículo comerciais com um produto que reduz as emissões de CO<sub>2</sub> em sua cadeia produtiva e ao final do seu ciclo de vida é 100% reciclável, contribuindo com o ambiente para a redução de lixo e resíduos.

O processo produtivo do Polietileno de origem fóssil emite 2,1 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada produzida, enquanto o Polietileno verde retira do ambiente 2,5 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada, graças ao plantio da Cana-de-açúcar, eliminando um delta de 4,6 toneladas de CO<sub>2</sub> da atmosfera por tonelada produzida [7] (Figura 9).



Figura 9: Redução de CO<sub>2</sub> com o PEAD Verde. Fonte Braskem – Catálogo PE Verde.

A grande vantagem do material possuir as características de um drop in simplificou e agilizou o andamento e desenvolvimento do projeto. Não foram necessárias mudanças físicas no equipamento de extrusão-sopro por parte do produtor de tanques, bem como no molde e sua refrigeração e consequentemente não gerou a necessidade de mudança no sistema de Arla 32 do veículo por parte da montadora. Essas premissas confirmadas assegurou a viabilidade para o investimento no projeto em pesquisa e desenvolvimento.

As análises iniciais com relação as propriedades mecânicas necessárias/obrigatórias para aprovação do produto conforme normas, demonstrou que as características iniciais entre as especificações do material de fonte fóssil e de fonte de biomassa se tornassem compatíveis / similares nas aprovações destes testes de validação de produto.

A rigorosidade das normas de validação desse componente é extremamente elevado e comprovado através das informações de histórico de falha em componentes produzidos com PEAD, como os tanques de Arla 32, onde até o momento não possuem conhecimento de falha em campo após serem totalmente aprovados nos testes de validação. Logo, o PEAD Verde pode ser considerado como validado para montagem em veículo e utilização em campo. Entretanto, para confirmar esta veracidade, alguns veículos de teste foram montados com o componente. Até o presente momento não há registros de falhas nas diversas rotas de durabilidade, como testes estruturais e rodoviários.

## CONCLUSÃO

A pesquisa apresentada utilizou a cadeia de produtiva do tanque de Arla 32 como oportunidade para implementar, através do PEAD verde, uma solução voltada para a redução das emissões de carbono relacionadas a fabricação de peças no setor de veículos comerciais, garantindo que o componente atenda as normas técnicas da aplicação, viabilizando sua utilização com segurança. Desta maneira, praticando a Bioeconomia Circular.

O PEAD aplicado atualmente é extraído da Nafta, que por sua vez vem do craqueamento do petróleo [27], recurso finito altamente demandado na produção de combustíveis. Devido a sua característica molecular, também é possível obtê-lo utilizando o etileno, advindo de processos realizados na cana-de-açúcar, recurso renovável, amplamente cultivada no território nacional.

A nova matéria prima resulta em redução expressiva de Carbono no ambiente. Ao contrário da utilizada atualmente, o saldo de carbono passa a ser positivo, colaborando com a preservação do meio ambiente e, simultaneamente, com os objetivos de redução nas emissões de gases efeito estufa discutidos nos congressos e reuniões internacionais da ONU[28].

Este projeto obteve viabilidade devido ao custo inicial de investimento e desenvolvimento reduzido e do estudo do material drop in realizado, que corroborou para a aprovação e andamento do projeto.

O componente foi validado em todos os testes normatizados de validação, veículos de teste de durabilidade estão em andamento para garantir a vida do produto em relação ao vida do veículo, o que aumenta a confiança do cliente no tocante a preocupação em utilizar fontes renováveis, bem como a redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Ademais a aplicação vai de encontro com a bioeconomia circular, utilizando biomassa, e mantendo o valor do componente, quando houver a necessidade de realizar o processo de reciclagem.



De acordo com o fabricante de PE verde o volume de mercado ainda é baixo. Este estudo abre a oportunidade para o desenvolvimento similar em outras peças veiculares, dentre elas, o tanque de combustível, o “Snorkel”, componente da admissão em caminhões e algumas outras peças usadas no painel de veículos comerciais e/ou de passeio. A substituição acarretará ainda mais benefícios e economia de CO<sub>2</sub>, onde poderá ser comercializado como crédito de carbono, bem como o incentivo ao fornecedor primário a investir mais na produção em larga escala de PEAD verde.

Vale a pena ressaltar que os testes realizados são requisitos específicos para tanques de Arla e que para a aplicação em outros componentes cada caso deve ser analisado e desenvolvido em particular.

Com relação aos créditos de carbono, ainda há expectativa de comercialização caso novas regulamentações governamentais entrem em vigor. Nesse caso o incentivo se tornaria ainda maior, pois o potencial de retorno é pode ser alto, dependendo do volume consumido, podendo despertar o interesse de diversas outras montadoras e também para o desenvolvimento da aplicação para outros componentes, como os já citados anteriormente.

O projeto possui cunho de pioneirismo no mercado automotivo internacional, uma vez que ainda não foi encontrado registros da produção de itens semelhantes para o setor de veículos comerciais em nenhum outro local do mundo, aproveitando das vantagens produtivas do setor de agrícola brasileiro e, ao mesmo tempo, seguindo o exemplo das políticas europeias [2] para utilização eficiente de recursos com competitividade econômica.

## COMENTÁRIO

Durante o processo de Set up da máquina para processo de produção dos tanques de Arla, foi identificado que os resistores não foram acionados, constatado que existe um possível novo benefício. A não utilização desse recurso para conclusão do set up reduziu o consumo de energia elétrica e um dos possíveis motivos pode estar no maior índice de fluidez do PEAD verde, que facilitou o escoamento do material na extrusora.

Este estudo será reavaliado para ratificar essa configuração de redução de consumo de energia elétrica no processo de set up.

**SOBRE O AUTOR** – Sergio Roberto Amaral, Engenheiro Industrial Mecânico, Especialista em Processo de Produção de Plásticos e Borrachas, Doutorando em Bioenergia pelo Iphen-Unesp, Professor da Universidade Estácio de Sá das unidades de Resende e Volta Redonda e

Engenheiro de Produto na área de Powertrain da Volkswagen Caminhões e Ônibus.

Contatos: [sergio.amaral@volkswagen.com.br](mailto:sergio.amaral@volkswagen.com.br) / [sergio.amaral@estacio.br](mailto:sergio.amaral@estacio.br)

## REFERÊNCIAS

[1] EUROPEAN COMMISSION. About the European Commission. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/about-european-commission\\_en](https://ec.europa.eu/info/about-european-commission_en) Acesso em: 26/03/2022.

[2] EUROPEAN COMMISSION. European green deal, 2019. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en). Acesso em: 20 maio 2022.

[3] THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Reports. 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 20 de maio 2022.

[4] JUNIOR, S.B. ESG, Impactos Ambientais e Contabilidade. 21ª Edição Prêmio Contador Geraldo de La Rocque 2021, Rio de Janeiro, 10/12/2020.

[5] WORLD RESOURCES INSTITUTE. The Science Based Targets initiative (SBTi). N.a.. Disponível em: <https://www.wri.org/initiatives/science-based-targets>. Acesso em 20 maio 2022.

[6] PACTO GLOBAL REDE BRASIL. Science Based Targets, 2022. <https://pactoglobal.org.br/pg/science-based-targets>. Acesso em: 20 maio 2022.

[7] BRASKEM. Biopolímero polietileno verde, inovação transformando plástico em sustentabilidade. 2012. Disponível em: [http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Catalogo\\_PE\\_Verde.pdf](http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Catalogo_PE_Verde.pdf)> Acesso em: 04/04/2022.

[8] CARUS, Michael; DAMMER, Lara e mais. Bio-based drop-in, smart drop-in and dedicated chemicals. Road to Bio, Nova-Institut, Local páginas 1,2 e 3, 12/2017. 1

[9] MANRICH, Silvio. Processamento de Termoplásticos: Rosca única, extrusão & Matrizes, Injeção & Moldes. Editora, Espaço Editorial, São Paulo, 2005.

[10] CARUS, Michael; DAMMER, Lara. The “circular bioeconomy” – Concepts, Opportunities and Limitations. Nova paper #9 on bio-based economy, Hürth (Germany), páginas 1, 2 e 3, 01/2018.

[11] RESENDE, L.M.. Análise Das Características Do Polietileno Verde Como Alternativa A Substituição Do Polietileno Petroquímico. Trabalho de conclusão de curso

UNIFOR-MG curso de bacharel em engenharia química. Centro universitário de formiga – UNIFOR-MG, Páginas 1-37, 2018.

[12] ALSABRI, Sami G. AL-GHAMDI. Carbon footprint and embodied energy of PVC, PE, and PP piping: Perspective on environmental performance. *Journal Energy Reports*, Elsevier Ltd, Páginas 364-370, 6. 16, n.a., November 2020.

[13] COMISSÃO EUROPEIA. What is the Bioeconomy, 2020. Disponível em: [https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/bioeconomy\\_en.htm](https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/bioeconomy_en.htm). Acesso em 20 maio 2022.

[14] ROBINSON, Andrey. Análise dos Efeitos de Encadeamento na Bioeconomia e na Economia de Baixo Carbono no Brasil. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2020.

[15] CARUS, Michael; BERG, Christopher. Comprehensive Concept of a Circular Economy. Disponível em: <https://renewable-carbon.eu/publications/product/comprehensive-concept-of-a-circular-economy-png/>. Acesso em: 13/04/2022.

[16] DIAS, R. F; DE CARVALHO, C. A.A. Bioeconomy in Brazil and in the world: Current situation and prospects. *Revista Virtual de Química*, Páginas 410-430, 9(1), n.a., 2017.

[17] MESQUITA F. Modificação das propriedades do polietileno de alta densidade por diferentes condições de extrusão. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica. Dept. Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo. 2010.

[18] SILVA L, BRAGA T, FERRATO F. et al. Produção De Etileno A Partir Do Etanol Com Uso De Diferentes Aluminas Comerciais Como Catalisadores. XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. São Carlos, 2017.

[19] MESQUITA F. Modificação das propriedades do polietileno de alta densidade por diferentes condições de extrusão. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica. Dept. Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo. 2010.

[20] COUTINHO Fernanda, MELLO, Ivana, SANTA MARIA, Luiz. Polietileno: Principais tipos, Propriedades e Aplicações. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. Vol. 13 P.1-13, 13(1). 2003.

[21] CALLISTER W. RETHWISCH D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. Editora LTC 9º

edição. Rio de Janeiro, 2016.

[22] BELLOLI, R. Polietileno verde do etanol da cana-de-açúcar Brasileira: biopolímero de classe mundial. 2010. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010

[23] SCHRAMM, Gebhard. Reologia e Reometria. Artliber Editora Ltda, Karlsruhe, Alemanha, 2006.

[24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11474. Reservatório do combustível de plástico para veículos rodoviários automotores - Determinação da resistência mecânica sob pressão - Método de ensaio. n.a. 10/1990.

[25] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11473. Reservatório do combustível de plástico para veículos rodoviários automotores - Determinação da resistência ao impacto. N.a.. 06/2016

[26] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11478. Reservatório do combustível de plástico para veículos rodoviários automotores - Determinação da resistência a altas temperaturas - Método de ensaio. n.a. 10/1990.

[27] MEIRELLES L, DA SILVA S, RAJAGOPAL K. Caracterização Da Nafta Petroquímica Para A Produção De Aromáticos. Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Florianópolis. 2014.

[28] UNITED NATIONS. COP26: Together for our planet, 2021. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/cop26>. Acesso em: 20 maio 2022.



