

Polímeros Verdes – Tecnologia para promoção do desenvolvimento sustentável

Adriana Mello, Jorge Soto e José Augusto Viveiro

Cobertura geográfica: Nacional

Setor: Indústria

Tipo de medida: Política corporativa



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL

Esse estudo de caso faz parte do Repositório de casos sobre o *Big Push* para a Sustentabilidade no Brasil, desenvolvido pelo Escritório no Brasil da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas.

Acesse o repositório em: <https://biblioguias.cepal.org/bigpushparaasustentabilidade>.

Os direitos autorais pertencem à CEPAL, Nações Unidas. A autorização para reproduzir ou traduzir total ou parcialmente esta obra deve ser solicitada à CEPAL, Divisão de Publicações e Serviços Web: publicaciones.cepal@un.org. Os Estados-Membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir esta obra sem autorização prévia. Solicita-se apenas que mencionem a fonte e informem à CEPAL tal reprodução.

A imagem da capa foi gerada com o Wordclouds.com.

As opiniões expressadas nesse documento, que não foi submetido à revisão editorial, são de exclusiva responsabilidade dos autores e das autoras e podem não coincidir com a posição da CEPAL ou das instituições em que estão filiados.

Os autores e as autoras são responsáveis pelo conteúdo e pela exatidão das referências mencionadas e dos dados apresentados.

Polímeros Verdes – Tecnologia para promoção do desenvolvimento sustentável

Adriana Mello¹, Jorge Soto¹ e José Augusto Viveiro¹

Resumo

O objetivo desse estudo é analisar o Polietileno Verde (PE Verde) desenvolvido pela Braskem sob a ótica do *Big Push* para a Sustentabilidade da CEPAL. A produção de polímeros a partir de fontes renováveis está em estágio embrionário e a Braskem faz sua parte com a introdução no mercado de uma tecnologia de produção de resina usando cana-de-açúcar como matéria-prima. Conforme demonstrado no estudo, o PE Verde é um exemplo de investimento que promove o desenvolvimento sustentável, e seus benefícios estão alinhados com a Agenda 2030. Para seu sucesso foram necessários investimentos tecnológicos, parcerias com fornecedores, clientes e com o governo, sempre considerando os impactos econômicos e socioambientais. Entendemos que a produção de produtos com base em insumos renováveis é o caminho da química do futuro. Além do PE Verde, outros produtos foram desenvolvidos ou estão em desenvolvimento pela Braskem. Essa abordagem pode ter escala ampliada em toda na América Latina se políticas públicas que incentivem a economia de baixo carbono forem fortalecidas.

A. Introdução

A Braskem é a sexta maior produtora de resinas plásticas do mundo² (Braskem, 2019), com 41 unidades industriais em quatro países (Brasil, Estados Unidos, México e Alemanha) e capacidade anual de produção de 8,9 milhões de toneladas de resinas termoplásticas (Polietileno, EVA, Polipropileno e Policloreto de Vinila) e 10,7 milhões de toneladas de químicos básicos (como Eteno, Propeno, Butadieno, Bezeno, entre

¹ Gestão em Desenvolvimento Sustentável, Braskem.

² Considerando Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e Policloreto de vinila (PVC).

outros). A empresa atende clientes em mais de 100 países que pertencem aos mais diversos segmentos produtivos, tais como embalagens alimentícias, construção civil, industrial, varejo, automotivo, agronegócio, saúde e higiene, dentre outros.

O propósito da Braskem é melhorar a vida das pessoas através da criação de soluções sustentáveis da química e do plástico, de modo que o desenvolvimento sustentável está intrinsecamente vinculado à forma de conduzir e desenvolver os negócios da Braskem. A Política Global de Desenvolvimento Sustentável (PGDS) da Braskem é pautada em três pilares: operações e serviços cada vez mais sustentáveis, portfólio de produtos cada vez mais sustentável e soluções para uma vida cada vez mais sustentável.

Além de nosso compromisso público com a sustentabilidade, a Braskem entende que há uma forte pressão externa do mercado, sociedade e governos para uma economia de baixo carbono e que, por destacar-se como um relevante ator do setor químico mundial, deve conduzir seu negócio pensando em estratégias que vão muito além do simples cumprimento de requisitos legais socioambientais.

Os compromissos assumidos por 185 nações no Acordo de Paris (CQNUMC, 2015) para manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C³ até o final deste século, reforçam ainda mais a necessidade de uma rápida mudança de padrão nos meios de produção e consumo atuais. Em diversos canais de comunicação, especialistas vêm concentrando suas atenções ao que chamam de uma Nova Revolução Industrial, na qual a inovação tecnológica será protagonista e a eficiência do uso de recursos e a transição energética de fósseis para renováveis um importante meio.

De maneira a alcançar as metas do Acordo de Paris, durante a Conferência das Partes (COP, da sigla em inglês) 22 em Marrakesh em 2016, líderes de 20 países lançaram a Plataforma Bi future (do inglês, *Bi future Platform*), com o objetivo geral de aumentar o uso de fontes de baixo carbono (foco em biomassa) como matéria-prima para a produção de energia (setor de transportes), produtos químicos, plásticos e outros setores. Quatro países da América Latina fazem parte dessa Plataforma – Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai – sendo o governo brasileiro secretário interino desde sua concepção.

Haverá necessidade de investimentos consideráveis para se adequar à essa nova Revolução Industrial e a Braskem faz sua parte com a introdução no mercado de uma tecnologia para produção de Polietileno (PE) com eteno da cana-de-açúcar – denominado PE Verde, que faz parte da marca Em rentem da Braskem. A inauguração de uma única nova fábrica demonstrou um grande impacto no mundo dos plásticos verdes e a Braskem logo se tornou a empresa líder mundial no fornecimento de biopolímeros. A iniciativa gerou, e ainda gera, empregos e renda, promove o desenvolvimento rural e contribui diretamente para a melhoria da balança comercial brasileira, já que agrega valor ao produto nacional, ao invés de o Brasil exportar a matéria-prima. Esse caso pode ser visto como um exemplo de como o país pode agregar valor à cana-de-açúcar, um produto que é fruto de seu amplo capital natural, por meio de inovação, geração de competências tecnológicas e boas práticas sustentáveis. Esses processos permitem uma maior sustentabilidade do crescimento econômico de longo prazo, ao promover um maior encadeamento produtivo, subir na cadeira de valor (*move up the value chain*) e permitir um aumento da produtividade, além de contribuir com uma maior sustentabilidade ambiental.

Assim, o objetivo desse estudo é analisar o caso do PE Verde, produzido pela Braskem desde 2010, sob a ótica dos delineamentos teóricos do *Big Push* para a Sustentabilidade desenvolvidos pela CEPAL (CEPAL/FES, 2019). Ainda, busca-se identificar relações entre esse produto e a Agenda 2030 e seus 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável⁴ (ODS; ONU, 2015). O método utilizado nesse estudo consiste na utilização de dados internos oficiais da Braskem, relatórios públicos e/ou entrevistas com especialistas nos temas em questão, e em revisão de bibliografia pertinente, principalmente aquelas relacionadas ao setor químico global e ao desenvolvimento sustentável.

O próximo item desse estudo de caso (Seção B) apresenta uma descrição das principais características do PE Verde e o histórico de sua produção pela Braskem. Já na Seção C é realizada uma

³ Em relação aos níveis pré-industriais.

⁴ Compromisso público no âmbito da ONU com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), contendo um total de 169 metas associadas.

análise da capacidade de mobilização de investimentos a partir do PE Verde. Na Seção D, são expostos os principais impactos ambientais, sociais e econômicos do PE Verde. A Seção E traz as convergências entre o caso do PE Verde da Braskem e a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade desenvolvida pela CEPAL, incluindo uma avaliação da capacidade de mobilização de investimentos sustentáveis dessa tecnologia no Brasil. Por fim, a Seção F apresenta as conclusões do estudo de caso, com foco nos desafios e oportunidades para o *Big Push*.

B. O PE verde da Braskem

A produção de polímeros é um ramo importante da indústria petroquímica global e inclui os produtores de primeira, segunda e terceira geração, de acordo com a fase de transformação dos diversos insumos. A produção mundial de polímeros em 2017 foi de 348 milhões de toneladas (Plastic Europe, 2019), dos quais cerca de 99% são produzidos a partir de fontes de matérias primas fósseis. Estima-se que, no Brasil, o setor de transformação plástica emprega mais de 300 mil pessoas⁵.

A primeira geração (unidades de *Crackers*) é responsável por fracionar nafta, gás natural ou etanol, transformando-os em petroquímicos básicos, isto é, olefinas (ex.: eteno, propeno, butadieno) e aromáticos (por exemplo, benzeno, xilenos). O eteno e o propeno são transportados por meio de gasodutos para os produtores da segunda geração, que processam os petroquímicos básicos e geram produtos químicos intermediários na forma líquida ou em pó, que incluem os polímeros (tais como polietileno, EVA, polipropileno, entre outros). Os produtos químicos intermediários são então utilizados como insumo pelos produtores de terceira geração que, basicamente, produzem objetos plásticos (incluindo embalagens, peças veiculares, materiais de saúde etc.).

A tecnologia empregada pela Braskem utiliza o etanol proveniente da cana-de-açúcar em suas unidades de *Crackers*, ao invés da nafta ou gás natural, para produção de eteno, que é posteriormente utilizado em suas plantas de segunda geração para produção de polietileno, denominado I'm green™ PE que, por ser produzido a partir de fontes renováveis, captura gás carbônico, colaborando para a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa.

O uso de etanol para produção de eteno é uma técnica relativamente antiga. Na década de 1970, quando o Brasil implantou o Programa Nacional do Alcool (o Pró Alcool), a Petrobras desenvolveu uma tecnologia⁶ que foi utilizada para projetar uma fábrica no Brasil (ex-Salgema, que agora pertence à Braskem). Esta foi considerada a maior usina de etanol para eteno na época, porém foi desativada na década de 1990, como consequência da baixa competitividade em comparação com o eteno à base de matéria prima fóssil.

A mudança de posicionamento começou em 2007, quando a indústria petroquímica mundial passou a buscar alternativas à nafta face ao alto custo do barril do petróleo que, atingiu patamar recorde de USD 147/barril em 2008 (BBC Brasil, 2008). A Braskem não foi a única a anunciar investimentos no etanol e nos seus derivados, porém foi a única a permanecer, já que, em 2008 (ano em que irrompeu a crise financeira nos Estados Unidos da América), o preço do barril despencou para aproximadamente USD 37/barril.

A Braskem começou a explorar novas possibilidades de uso de biopolímeros em 2001 e, desde então, fez avanços significativos para obtenção de um produto competitivo para o mercado. De um lado, havia uma grande preocupação da terceira geração (nossos clientes) de ter que adequar seus equipamentos e processos para processar o PE Verde e/ou obter a qualidade final desejada de seus produtos. Do nosso lado, havia alguns desafios técnicos claros, dentre eles:

⁵ De acordo com a Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade (Investe SP, 2019), em 2018 a indústria brasileira de termoplásticos e encerrou o ano com 312,8 mil postos de trabalho.

⁶ Uso de catalisadores com ampla faixa de temperatura de operação para que os reatores pudessem operar adiabaticamente, isto é, sem troca de calor com o meio ambiente, usando um composto inerte para limitar variações indesejadas de temperatura.

- Qual seria a melhor tecnologia de desidratação de etanol para melhorar a economia de todo o processo de fabricação considerando redução do investimento total, desempenho em Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA), maximização do sequestro de carbono e otimização do consumo de energia e água?
- polietileno à base de cana-de-açúcar seria competitivo em relação a seu equivalente à base de fósseis? Qual seria a melhor maneira de desenvolver esse novo nicho de mercado?

Seis anos depois, em 2007, o PE Verde passou sua fase de teste de qualidade e o produto foi distribuído como amostras não comerciais para semear o mercado e avaliar o interesse dos clientes em nosso polímero de fonte renovável. Após esse período dedicado a pesquisa e desenvolvimento (P&D), a planta de eteno verde da Braskem, localizada em Triunfo (Rio Grande do Sul, Brasil), foi inaugurada em setembro de 2010, e marcou o início da produção do PE Verde em escala industrial, sendo que o primeiro lote de PE Verde foi comercializado em janeiro de 2011. A unidade industrial recebeu investimentos na ordem de USD 290 milhões para se adaptar à nova matéria prima renovável e tem capacidade para produzir anualmente 200 mil toneladas de Eteno Verde.

Como consequência do constante investimento em busca de um processo produtivo mais sustentável – em 2018 investimos mais de R\$ 14 milhões em nosso Centro de Inovação e Tecnologia de Triunfo e outros tantos no laboratório de biotecnologia localizado em Campinas - hoje somos a principal fabricante mundial de polímeros de origem 100% renovável (produzido a partir da cana-de-açúcar). Além do PE Verde, também produzimos e comercializamos o EVA Verde (sigla do inglês: *Ethylene Vinyl Acetate*) e o solvente (o HE-70S, recém lançado no mercado) com insumos de origem 100% renovável.

A produção de polímeros a partir de fontes renováveis é um segmento ainda em estágio embrionário de desenvolvimento – conforme dito anteriormente, representa hoje menos de 1% da produção global de polímeros (Plastic Europe, 2019). Um avanço mais pronunciado, com produção em alta escala global, depende de fatores como obtenção da matéria-prima, desempenho, rendimento e incentivos financeiros adicionais, já que são economicamente menos atraentes quando comparados aos polímeros fósseis convencionais.

A produção do PE Verde é mais custosa do que a produção convencional de polímeros com matérias primas fósseis, pois enquanto que na produção do polímero de fonte fóssil entra a nafta e saem vários derivados (eteno, propeno, butadieno, aromáticos entre outros), na produção do polímero de fonte renovável entra etanol e sai eteno e água na proporção de 1:1. Ou seja, para cada quilo de eteno verde, utilizamos aproximadamente dois de etanol. Dois outros fatores que oneram o custo do polímero vegetal são o alto nível de correlação entre os preços da gasolina e do etanol no mercado brasileiro e a significativa variação de preço entre a safra (de abril a outubro) e a entressafra (de novembro a março).

Porém, como a cadeia de transformação plástica é longa, o impacto da variação de preço entre a solução petroquímica e a solução de fonte renovável é diluído, possibilitando, assim, a sua adoção pelos mais diferentes segmentos da indústria, dentre os quais podemos citar: embalagem para arroz, sacos para lixo, sacolas promocionais, embalagem para ração animal, embalagens de produtos para cuidados pessoais, itens de higiene e limpeza entre outras. Apesar disso, ainda percebemos certa resistência na América do Sul e uma maior aceitação na Ásia e Europa, principalmente nos países do hemisfério Norte.

Conforme será descrito na próxima seção deste estudo de caso, o PE Verde possui vantagens socioambientais indiscutíveis em relação aos polietilenos produzidos a partir de fontes fósseis. Uma delas está relacionada à questão climática e urgência preconizada pela comunidade científica de se manterem as emissões de gases de efeito estufa (GEE) limitadas a um nível seguro para conter o aquecimento global – por não ser biodegradável⁷. O PE Verde é um excelente sequestrador de dióxido de carbono (CO₂), sendo que cada tonelada produzida ao longo do seu ciclo de vida captura emissões na ordem de 3,09 toneladas de CO₂ equivalente (tCO_{2e}) – nessa mesma abordagem, o PE convencional de fonte fóssil emite cerca de 1,8 tCO_{2e} (Braskem, 2020; figura 1).

⁷ O PE Verde é reciclável, porém não é biodegradável. Entende-se por 'biodegradável' todos os materiais que podem ser decompostos de maneira aeróbica e/ou anaeróbica por bactérias ou outros microrganismos.

Figura 1
Esquema ilustrativo da análise de ciclo de vida do PE Verde da Braskem



Fonte: Braskem, “ACV - Avaliação De Ciclo De Vida” [online], São Paulo <http://plasticoverde.braskem.com.br/site.aspx/acv-avaliacao-de-ciclo-de-vida> [data de consulta: janeiro de 2020], 2020.

O polietileno de fonte renovável da Braskem é 100% reciclável na cadeia atualmente desenvolvida. A Braskem, valendo-se de seu *know-how* na ciência de polímeros e sua estrutura de pesquisa e desenvolvimento, estruturou ações para fomentar um modelo de economia circular e estabeleceu direcionadores que orientam ações sistemáticas, que suportam nossa atuação de forma abrangente. Alguns exemplos são: Produtos com conteúdo reciclado (Wecycle), design de Produtos com maior reciclabilidade, desenvolvimento da cadeia de reciclagem e engajamento do consumidor.

Incentivar a economia circular colabora também para uma menor emissão de GEE. Com a reciclagem, CO₂ capturado durante o processo de crescimento da cana-de-açúcar se mantém sequestrado durante toda a vida útil do plástico, já que o resíduo passa a ser matéria-prima.

Assim, o grande desafio reside no pilar econômico. Para que os preços sejam competitivos em relação ao material produzido a partir de fontes fósseis, torna-se premente investir no desenvolvimento de novas tecnologias que permitam melhorar o rendimento matéria-prima/produto.

C. Capacidade de mobilização de investimentos

A capacidade de mobilização de investimentos a partir do PE Verde é considerável, principalmente devido a sua capacidade de escalabilidade. A molécula do eteno, obtida a partir de fontes renováveis no caso analisado, é o que podemos chamar de *building block* para produção de outras resinas termoplásticas e solventes além do PE. A partir do eteno é possível produzir Polipropileno (PP), Monoetilenoglicol (MEG)⁸, EVA, diversos tipos de solventes, dentre outros produtos. Sendo assim, com a tecnologia já desenvolvida em escala industrial, é possível replicar seu conteúdo tecnológico, já que o investimento em P&D feito pela Braskem durante quase 10 anos segue sendo aprimorado.

Em 2018, a Braskem anunciou a produção em escala industrial do EVA Verde, resina destinada a aplicações em setores como calçadista, automotivo, transporte, entre outros. Desenvolvida em parceria com a empresa norte-americana Allbirds, o EVA de fonte renovável será utilizado em toda a linha de produtos da empresa. Na ocasião do lançamento e face à inventividade da solução, a empresa norte-americana batizou a sua nova solução de *SweetFoam*, introduzindo, assim, um novo conceito ao setor.

⁸ Matéria-prima para produção do PET.

Pelo o seu pioneirismo e suportada pela solução oferecida pela Braskem, a Allbirds recebeu prêmios importantes como, por exemplo, o da revista Time e da Fast Company.

Após o grande sucesso, um movimento foi iniciado no setor calçadista e a procura por soluções sustentáveis para serem aplicadas tanto no solado quanto na palmilha aumentou de maneira considerável. Empresas brasileiras usaram o caso de sucesso da Braskem como fonte de inspiração e em breve serão lançados também no Brasil.

Acreditamos que a grande vantagem dos polímeros de fonte renovável oferecidos pela Braskem esteja na possibilidade de serem processados sem a necessidade de investimento adicional por parte do nosso Cliente-Transformador. Com isso, a adoção da solução sustentável é agilizada e menos onerosa.

No início desse ano (2019), a Braskem e a Haldor Topsoe, líder mundial em catalisadores e tecnologia para as indústrias química e de refino, anunciaram o comissionamento da unidade de demonstração pioneira no desenvolvimento de MEG a partir do açúcar. Localizada em Lyngby, na Dinamarca, a operação da planta piloto é etapa decisiva para a confirmação da viabilidade técnica e econômica desse processo de produção de MEG renovável em escala industrial, que ficou 8 anos em processo de P&D.

Anunciado em 2017, o acordo de cooperação entre as empresas tem como foco o desenvolvimento de tecnologia capaz de converter o açúcar em MEG dentro de uma única unidade industrial. Isso permitirá a redução do investimento inicial na produção, o que impulsionará a competitividade do processo.

Recentemente, a Braskem também anunciou o lançamento do seu primeiro solvente parcialmente renovável, também desenvolvido a partir da cana-de-açúcar. O produto, chamado de HE-70S, faz parte do grupo de oxigenados, que possui alta taxa de evaporação, um diferencial que proporciona maiores vantagens na aplicação e menos impactos ambientais.

Os investimentos no desenvolvimento desses novos produtos de base renovável são simbólicos de como uma grande empresa do setor químico pode aproveitar oportunidades comerciais da sustentabilidade ambiental, em linha com o *Big Push* para a Sustentabilidade, como é discutido na Seção E.

D. PE verde e o desenvolvimento sustentável

O último relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC, 2018), sobre os impactos de um aquecimento global de até 1,5°C, também previsto nos esforços globais no contexto do Acordo de Paris (CQNUMC, 2015), apresenta uma relação direta entre as mudanças do clima e o desenvolvimento sustentável. De acordo com o IPCC, os impactos e as respostas às mudanças do clima estão intimamente ligados ao desenvolvimento sustentável, que equilibra o bem-estar social, a prosperidade econômica e a proteção ambiental.

Para limitar o aumento da temperatura global média em até 2°C, serão necessários investimentos em tecnologias voltadas para mitigação das emissões de GEE e o setor industrial está sendo cada vez mais demandado para ser protagonista nessa corrida, já que os governos sozinhos possivelmente não conseguirão atingir esse objetivo apenas cumprindo com os compromissos assumidos em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas⁹ (NDC, da sigla em inglês).

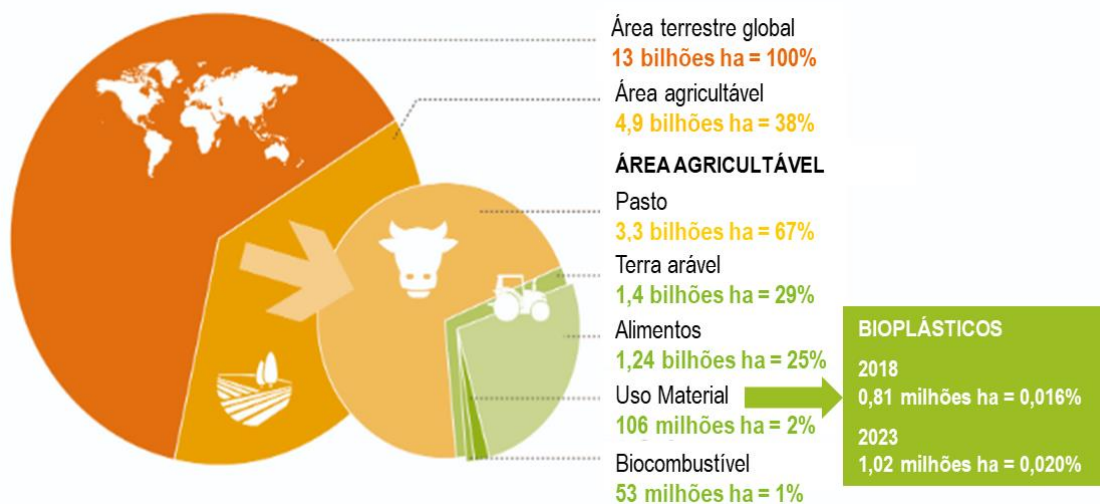
A tecnologia do PE Verde desenvolvida pela Braskem pode ter um impacto relevante para mitigação das emissões de GEE no Brasil e no mundo. Hoje, a Braskem tem capacidade de produzir aproximadamente 3 milhões de toneladas de PE e EVA ao ano, sendo que 200 mil toneladas são de resinas de fonte renovável. Considerando que esse produto sequestra 3,09 tCO₂e por tonelada produzida, em um cenário possível do ponto de vista de tecnologia e disponibilidade de matéria-prima, no qual pelo menos

⁹ As NDCs são documentos de compromissos voluntários dos países signatários do Acordo de Paris, submetidos à CQNUMC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), contendo suas propostas para reduzir suas emissões nacionais e adaptar-se aos impactos das mudanças climáticas.

50% do PE produzido pela Braskem no Brasil fosse de origem renovável, a mitigação de GEE potencial seria na ordem de 4,7 milhões de toneladas de CO₂e por ano, o equivalente a aproximadamente 5% das emissões de GEE do Setor de Processos Industriais do Brasil em 2015¹⁰.

Como o PE Verde exige o uso da terra para gerar a biomassa necessária para sua produção, a preocupação sobre o efeito na produção de alimentos e o impacto sobre as áreas protegidas também foi levantada. O impacto sobre a disponibilidade de terras agricultáveis que poderiam competir com a produção de alimentos foi objeto de estudo da organização não governamental (ONG) European Bioplastics, que mostrou que a área estimada para produção de matérias-primas para produção de plásticos verdes em escala global em 2030 seria de 0,02% em relação ao total de terras agricultáveis no mundo (38%; Figura 2).

Figura 2
Estimativa do uso de terra agricultável para produção de matérias-primas renováveis para produção de produtos não energéticos e bioplásticos 2018 e 2023



Fonte: Adaptado pela Braskem com base em European Bioplastics, "Renewable Feedstock" [online], Berlim, Alemanha www.european-bioplastics.org [data de consulta: agosto de 2019], 2018.

Para a produção de 200 mil toneladas anuais de Eteno Verde, volume correspondente à capacidade atual de produção da Braskem, são necessários aproximadamente 65.000 hectares de cana-de-açúcar, o que também representa aproximadamente 0,02% do total de terras aráveis do Brasil. Este cálculo é feito considerando a produtividade média das plantações de cana-de-açúcar e usinas de produção de etanol brasileiras. Em um hectare são produzidas aproximadamente 82,5 toneladas de cana-de-açúcar, com o que é possível produzir 7.200 litros de etanol. Com este volume, a Braskem produz 3 toneladas de eteno verde que geram aproximadamente 3 toneladas de PE Verde.

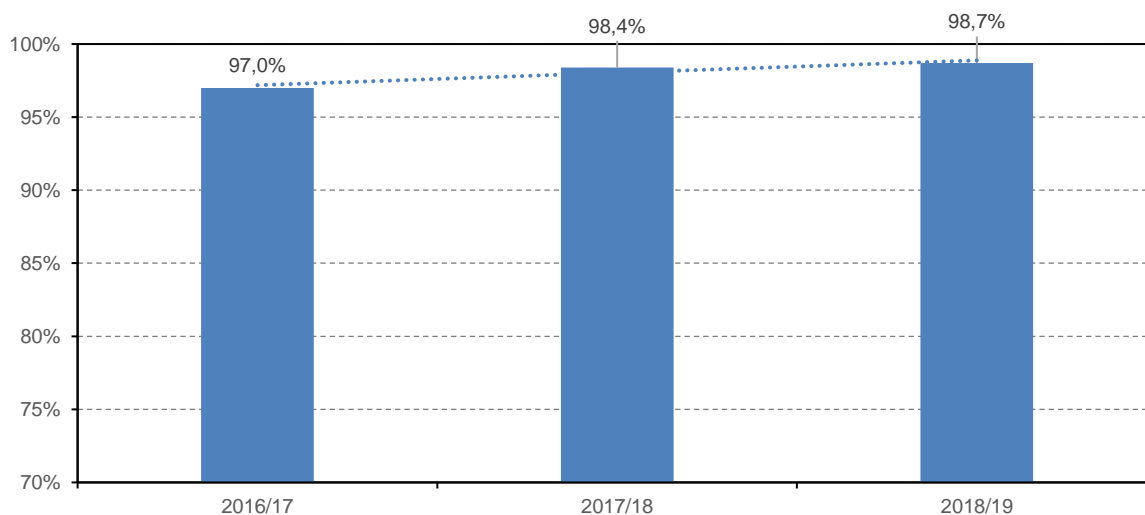
Para garantir a procedência do produto utilizado, a Braskem atua com a cadeia de fornecimento da cana-de-açúcar, incentivando para que atividades agrícolas cumpram requisitos legais e de respeito aos direitos humanos, meio ambiente e padrões éticos da sociedade. Em 2016, lançamos o Programa de Compra Responsável de Etanol, que também busca a melhoria de questões como queimadas, biodiversidade, boas práticas ambientais, de direitos humanos e trabalhistas.

Nossa gestão para essa categoria de Fornecedores, que é uma das mais rigorosas na Braskem, está baseada em questões de Conformidade (requisitos obrigatórios) e Excelência (pontos de melhoria

¹⁰ Emissões oriundas dos processos industriais no Brasil foram na ordem de 95,3383 milhões de toneladas de CO₂e no ano de 2015 (SIRENE, 2019).

contínua). Em 2018, mais de 95% do Etanol adquirido pela Braskem foi produzido por Fornecedores que se adequaram a esses dois pilares (Gráfico 1).

Gráfico 1
Evolução da porcentagem de Fornecedores de Etanol da Braskem que se adequaram aos requisitos de Conformidade (obrigatórios) e Excelência (pontos de melhoria contínua)
(em porcentagem)



Fonte: Braskem, "Relatório Anual 2018" [online], São Paulo <https://www.braskem.com.br/relatorioanual2018> [data de consulta: outubro de 2019], 2019.

Todas as usinas fornecedoras são comprometidas e uma amostra dos seus fornecedores de cana-de-açúcar é auditada por terceira parte independente a cada dois anos. Em 2018, a amostra auditada pela Peterson and Control Union foi cerca de 20% do total de fornecedores. Além desse resultado, também garantimos o comprometimento de 50% das usinas fornecedoras SPOT¹¹. Os outros 50% assinaram, no mínimo, o nosso Código de Conduta de Terceiros.

Para comunicar suas exigências, a Braskem concebeu um manual de Compra Responsável de Etanol¹². O pilar de Conformidade, que é composto pelo Código de Conduta de Fornecedores da Braskem, estabelece os padrões de atuação esperados para a gestão dos recursos humanos, ambientais, comunidades, qualidade e eficiência. Alguns dos requisitos obrigatórios são:

- Integridade dos Negócios: cumprimento de leis; Honestidade e integridade; Sigilo e confidencialidade; Combate à corrupção; Pactos e acordos internacionais; Direitos de uso da terra e água;
- Meio Ambiente: Legislação ambiental; Zoneamento ecológico e Áreas protegidas; Armazenamento e uso de defensivos agrícolas; Queima de cana-de-açúcar; Impacto ambiental; Gestão, procedimentos e identificação de riscos;
- Trabalhadores e Comunidade: Relacionamento com fornecedores; Assédio, Discriminação; Igualdade de gênero; O não-emprego de mão de obra forçada e/ou infantil, exploração sexual de crianças e adolescentes e tráfico de pessoas; Contrato e Condições de

¹¹ Fornecedor cadastrado no sistema da Braskem, porém sem contrato de fornecimento.

¹² O Manual de Compra Responsável de Etanol está disponível no seguinte endereço: http://plasticoverde.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/CompraResponsaveldeEtanol-2019_238.pdf

trabalho; Salários e benefícios; Atividades políticas e livre associação; Saúde e segurança; Gestão de fornecedores;

- Comunicação, Monitoramento e Violações: Comunicação do código; Facilitar a implementação e cumprimento do código.

A figura 3 traz alguns exemplos de itens que são avaliados pelos requisitos de Meio Ambiente e de Trabalhadores e Comunidade do pilar de Conformidade.

Figura 3
Itens avaliados nos requisitos de Meio Ambiente e de Trabalhadores e Comunidade do pilar de Conformidade dentro do programa de Compra Responsável de Etanol da Braskem

MEIO AMBIENTE	TRABALHADORES E COMUNIDADE
<ul style="list-style-type: none">✓ Cumprir a legislação ambiental pertinente aos seus produtos e serviços;✓ Não cultivar cana-de-açúcar nos biomas da Amazônia, Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai e obedecer ao Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar;✓ Não plantar cana-de-açúcar em áreas protegidas;✓ Obedecer aos prazos para adesão ao CAR das áreas próprias ou sob gestão da usina e, se necessário, ao Programa de Regularização Ambiental (PRA);✓ Somente utilizar defensivos agrícolas aprovados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento);✓ Defensivos agrícolas e outros produtos com potencial de contaminação, bem como suas embalagens vazias, devem ser armazenados de forma segura e destinados a locais adequados;✓ Não realizar a queima da cana-de-açúcar para fins de colheita, do bagaço ou de qualquer outro subproduto da cana-de-açúcar a céu aberto. Formar brigadas de incêndio e adotar medidas preventivas para atuar contra queimadas;✓ Identificar perigos, avaliar riscos e, para quaisquer casos envolvendo indicadores ambientais do Programa de Compra Responsável de Etanol da Braskem, comunicar à Braskem antes de iniciar ações corretivas e preventivas, assim como informar imediatamente quaisquer acidentes e/ou incidentes relativos ao meio ambiente.	<ul style="list-style-type: none">✓ Tratar todos seus colaboradores com respeito e dignidade;✓ Não praticar atos de discriminação por raça, cor, sexo, nacionalidade, religião, deficiência, estado civil, orientação sexual, participação sindical ou filiação partidária durante seus processos de contratação, remuneração, acesso a treinamento, promoção, demissão ou aposentadoria;✓ Promover a igualdade de gênero em suas atividades e em sua base de fornecimento de cana-de-açúcar;✓ Não tolerar, permitir ou compactuar com o emprego de mão de obra forçada e/ou infantil, a exploração sexual de crianças e adolescentes e o tráfico de seres humanos em nenhum processo relacionado com as atividades da Companhia;✓ Todos os trabalhadores da usina e atividades de campo, incluindo trabalhadores terceirizados, devem possuir contrato de trabalho e/ou registro em carteira;✓ A jornada de trabalho deve ser monitorada e não exceder aos padrões estabelecidos pela legislação. Horas extras devem ser pagas ou compensadas;✓ Remunerar seus colaboradores e prover todos os benefícios legalmente determinados;✓ Proporcionar aos seus colaboradores um ambiente de trabalho com condições físicas e psicológicas adequadas ao desenvolvimento de suas atividades. Fornecer água potável em quantidade suficiente a todos os trabalhadores.

Fonte: Braskem.

Para o pilar de Excelência, que é composto por um Programa de Melhoria Contínua focado nos temas relevantes à cadeia de etanol, os itens avaliados não obrigatórios são:

- Meio Ambiente: Gestão proativa de Áreas Naturais e Áreas de Alto Valor de Conservação, considerando toda biodiversidade;
- Trabalhadores e Comunidade: Política e programa de igualdade de gênero; Gestão de recursos humanos e análise de impacto de alteração de força de trabalho; Treinamentos e canais de diálogo; Desenvolvimento local;
- Gestão de Fornecedores: Apoio a fornecedores; Adequação ambiental de fornecedores;
- Qualidade e Eficiência: Pesquisa, desenvolvimento e eficiência; Gestão financeira.

No âmbito do desenvolvimento econômico-social, o PE Verde permitiu o desenvolvimento direto e indireto de novos postos de trabalho, atrelados ao desenvolvimento de parceiros e aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Além disso, também aumentamos nosso *market share* global. Um exemplo claro disso foi a conquista de clientes no Japão para nosso produto, país que responde hoje por uma parcela relevante das nossas vendas. Tal movimento foi possível, porque o produto oferecido pela Braskem não só atende aos requisitos técnicos, mas, principalmente, traz consigo um benefício sócio ambiental claro e mensurável.

Além de apoiar na melhoria da balança comercial brasileira, o uso da cana-de-açúcar como matéria-prima permite à Braskem uma menor dependência da nafta, protegendo-se, assim, das variações do custo internacional desta importante matéria-prima. Um efeito colateral provocado foi a corrida para que outros produtos químicos ou termoplásticos sejam também desenvolvidos a partir da cana e dos seus derivados, fazendo com que o Brasil atraia as atenções do mundo. Exemplo disso está na recente *joint-venture* anunciada por BP e Bunge, cujo foco será o desenvolvimento dos setores de açúcar e bioenergia. A próxima seção apresenta a correlação do exposto acima com a abordagem do *Big Push* para o Desenvolvimento Sustentável da CEPAL.

E. PE verde e o *Big Push* para a Sustentabilidade

Segundo a abordagem da CEPAL/FES (2019), o *Big Push* é definido como “um conjunto de investimentos que produzam um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de empregos, desenvolvimento de cadeias produtivas, diminuição da pegada ambiental e dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural, tudo isso junto e ao mesmo tempo”.

Com base no que foi exposto nas seções anteriores, pode-se afirmar que o PE Verde é um exemplo claro de investimento que promove: geração de empregos, a partir do investimento em novas tecnologias industriais; desenvolvimento de cadeias produtivas, especialmente a de produção da cana-de-açúcar; e diminuição da pegada ambiental, com a característica de ser um poderoso instrumento de mitigação de emissões de GEE, que pode resolver a problemática de *Carbon Lock-in* de alguns países da América Latina e Caribe.

A abordagem do *Big Push* se orienta por três eficiências. A primeira é a eficiência schumpeteriana, segunda a qual uma matriz produtiva mais integrada, complexa e intensiva em conhecimento gera externalidades positivas de aprendizagem e inovação que se irradiam para toda a cadeia de valor. Nota-se que no presente estudo de caso os investimentos realizados em P&D, construção de capacidades inovativas e tecnológicas e maior integração ao longo da cadeia da cana-de-açúcar, resultaram no desenvolvimento de um novo produto de maior valor agregado, o que representa uma clara relação com a eficiência schumpeteriana. Ou seja, o polietileno de fonte renovável da Braskem representou uma transformação produtiva rumo a processos mais intensivos em conhecimento e aprendizado, a partir de um processo cumulativo de anos de estudo, pesquisa e aprendizado, que foi capaz de irradiar a mudança tecnológica para toda a cadeia de valor. A segunda é a eficiência keynesiana, que destaca que há ganhos crescentes de escala e de escopo da especialização produtiva em bens cuja demanda cresce relativamente mais, gerando efeitos multiplicadores e impactos significativos na economia e nos empregos. A relação com a eficiência keynesiana é observada quando se pensa no mercado de produtos químicos verdes em plena expansão no mercado nacional e internacional, de forma que os ganhos nos níveis econômicos e de multiplicação de empregos são fortes potenciais multiplicadores. A conquista de um novo nicho de mercado internacional, no Japão, é simbólica da expansão da demanda pelo PE Verde. Por fim, a eficiência da sustentabilidade diz respeito à viabilidade econômica, justiça social e sustentabilidade ambiental. Com respeito a esta eficiência, nota-se que o caso do PE Verde produzido pela Braskem demonstra o potencial econômico desse tipo de produto, além de apresentar diretrizes a serem observadas para a manutenção de boas condições de trabalho e na relação com a comunidade e potencial significativo de mitigar emissões de GEE do Setor de Processos Industriais no Brasil.

Para uma avaliação específica do enquadramento do PE Verde com os indicadores econômicos, sociais e ambientais do *Big Push* para a Sustentabilidade, fez-se uma análise da relação do presente estudo de caso com os 15 indicadores elencados pela CEPAL, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1
Indicadores de Desenvolvimento Sustentável elencados pela CEPAL e a aderência do PE Verde da Braskem

Dimensão	Indicador	PE Verde é aderente?	Justificativa
Econômica	Aumento do PIB, valor adicionado e/ou faturamento bruto	SIM	O PE Verde, que representa cerca de 5% da produção total da Braskem, foi e continua sendo um produto fundamental para alavancar a imagem dos biopolímeros, adicionando valor aos negócios da Braskem e, conseqüentemente, trazendo benefícios que vão além de seu valor tangível de mercado.
	Criação de novos postos de trabalho: ampliação de empregos existentes e/ou criação de novas carreiras profissionais	SIM	Em 2018, a Braskem possuía aproximadamente 36 cientistas contratados exclusivamente para buscar novos produtos sustentáveis. Todos alocados no laboratório de biotecnologia localizado em Campinas.
	Aumento de competitividade, entendida como redução de custos, aumento de produtividade, melhoria da qualidade de produtos e/ou serviços, aumento de <i>market share</i> (nacional ou global) e/ou conquista de novos mercados	SIM	A Braskem hoje é a maior produtora de polímeros verdes do mundo, graças ao investimento realizado no PE Verde. Impacto direto e positivo na balança comercial brasileira.
	Construção de capacidades tecnológicas e inovadoras: aumento de P&D, contratação de especialistas em desenvolvimento tecnológico, realização de parcerias de institutos de ciência, tecnologia e inovação com empresas, novos e/ou melhores produtos ou processos produtivos implementados ou aumento do número de patentes registradas	SIM	Além de importantes parcerias conquistadas pelo PE Verde, houve aumento considerável em P&D para desenvolvimento de outros polímeros a partir de fontes renováveis. Entre 2014 e 2018 foram investidos cerca de R\$ 10 milhões em pesquisa (CAPEX) de alternativas renováveis. A Braskem e o Brasil têm grande chance de se tornarem exportadores de tecnologia em soluções sustentáveis.
	Maior integração e complexidade econômica: maior capacidade de gerar <i>spillovers</i> tecnológicos, encadeamentos econômicos à montante e/ou à jusante da cadeia e/ou efeitos multiplicadores	SIM	O PE Verde provou seu efeito multiplicador com o desenvolvimento do EVA Verde pela Braskem. Esperamos lançar em breve o PP Verde, também oriundo desta mesma tecnologia. E o desenvolvimento do MEG Verde está em estágio avançado.
Social	Aumento dos salários e/ou da renda	NÃO	
	Acesso maior a mercado de trabalho formal, educação, saúde e/ou proteção social	SIM	Com o Programa de Compra Responsável de Etanol, a Braskem exige que os seus fornecedores ofereçam condições adequadas de trabalho para os seus colaboradores. Por exemplo, todos os trabalhadores do fornecedor, incluindo trabalhadores terceirizados, devem possuir contrato de trabalho e/ou registro em carteira, independentemente de seu regime de contratação.
	Redução de desigualdades de renda, gênero, raça, etnia, geração, origem e/ou outras brechas estruturais	SIM	Com o Programa de Compra Responsável de Etanol, a Braskem exige que os seus fornecedores não pratiquem atos de discriminação por raça, cor, sexo, nacionalidade, religião, deficiência, estado civil, orientação sexual, participação sindical ou filiação partidária durante seus processos de contratação, remuneração, acesso a treinamento, promoção, demissão ou aposentadoria.
	Melhoria das condições de trabalho, saúde e/ou relacionamento com os consumidores	SIM	O Programa de Compra Responsável de Etanol promove acesso a mercado de trabalho formal para o trabalhador rural, exigindo práticas para melhoria das condições de trabalho, como por exemplo, monitoramento da jornada de trabalho com pagamento de horas extras e proporcionar aos seus colaboradores um ambiente de trabalho com condições físicas e psicológicas adequadas.
	Redução da pobreza e/ou da pobreza extrema	INDIRETAMENTE	Indiretamente com o Programa de Compra Responsável de Etanol, que exige dos

Dimensão	Indicador	PE Verde é aderente?	Justificativa
			Fornecedores o registro de toda força de trabalho, com remuneração e benefícios legalmente determinados, e de não tolerar, permitir ou compactuar com o emprego de mão de obra forçada e/ou infantil, a exploração sexual de crianças e adolescentes e o tráfico de seres humanos em nenhum processo relacionado com as atividades da Companhia.
	Redução das emissões de gases de efeito de estufa e/ou outros poluentes atmosféricos	SIM	Cada tonelada de PE Verde tem o potencial de sequestrar 3,09 tCO ₂ e. Em contrapartida, o PE de fonte fóssil emite mais de 1,8 tCO ₂ e.
	Melhoria da disponibilidade e/ou qualidade da água	SIM	Um dos fatores para viabilização em escala industrial do PE Verde é a redução da pegada hídrica no processo produtivo, que reduziu cerca de 23% em relação ao protótipo do PE Verde.
Ambiental	Redução da geração ou melhor gerenciamento de resíduos sólidos; economia circular	SIM	O PE Verde é 100% reciclável e identificado com a marca l'm green™ para facilitar o processo de economia circular.
	Recuperação e/ou melhor gestão de solos, pastagens e florestas	SIM	Com o Programa de Compra Responsável de Etanol, a Braskem não permite a queima da plantação como preparação para a colheita da cana-de-açúcar.
	Melhoria da eficiência no uso de recursos naturais (energia, silvicultura, minerais, materiais, etc)	SIM	O PE Verde é produzido a partir de matéria-prima renovável que substitui os derivados de petróleo, de origem mineral. Além disso, por ser 100% reciclável, indiretamente reduz o consumo de outras matérias-primas não derivadas do petróleo.

Fonte: Braskem.

Entendemos que os benefícios do PE Verde também se alinham com a Agenda 2030 (ONU, 2015), a partir do momento que nos comprometemos com uma série de preocupações ainda não exigidas legalmente para o setor químico brasileiro. Nossa tecnologia renovável contribui diretamente para os seguintes ODS:

- Objetivo 8: Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas e todos – o PE Verde gerou e ainda gera empregos em toda sua cadeia, do campo à reciclagem;
- Objetivo 9: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação – o PE Verde é um caso de inovação e industrialização sustentável;
- Objetivo 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis – o PE Verde, além de ser 100% reciclável, é feito a partir de matéria-prima renovável;
- Objetivo 13: Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos – o PE Verde, além de ser 100% reciclável, é feito a partir de matéria-prima renovável, contribuindo para a mitigação das emissões de GEE, com potencial de sequestrar 3,09 tCO₂e; e
- Objetivo 17: Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável – para o desenvolvimento de tecnologias os investimentos necessários foram realizados através de diversas parcerias.

Indiretamente, acreditamos que o PE Verde contribui para:

- Objetivo 1: Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares – através do nosso Programa de Compra Responsável de Etanol;
- Objetivo 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos – um dos grandes desafios para que a tecnologia do PE Verde se sustentasse em escala industrial, foi a redução da pegada hídrica envolvida no processo; e
- Objetivo 15: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade – através do nosso Programa de Compra Responsável de Etanol.

F. Conclusões

Ser pioneiro no investimento em tecnologias que promovam um padrão de desenvolvimento mais sustentável pode trazer ônus e bônus. Como apresentado acima, os benefícios gerados pelo PE Verde são relevantes considerando os pilares econômico, social e ambiental. Além de promover o sequestro de CO₂ e contribuir diretamente para uma das maiores problemáticas globais da atualidade – a mudança do clima – que envolve questões não apenas ambientais, mas muitas questões sociais também, o PE Verde promove benefícios em toda sua cadeia, desde a produção da cana-de-açúcar, incentivando práticas sócio ambientais justas com base nas diretrizes de seu Código de Conduta de fornecedores, até sua venda, contribuindo para a melhoria da balança comercial, visibilidade do Brasil e disponibilidade no mercado de um produto da linha I'm green™.

A Braskem tem sido reconhecida¹³ por seus esforços relacionados a promoção de um mercado mais sustentável no setor petroquímico. Porém, há desafios. O PE Verde é mais caro do que o PE convencional e alguns segmentos do mercado ainda não perceberam a necessidade de se investir em uma solução deste tipo “apenas” pelos benefícios socioambientais que o produto oferece. Os consumidores estão atentos e certamente privilegiarão aquelas empresas que se anteciparem.

Para que iniciativas como essas ganhem a escala mínima para causarem o impacto necessário, é preciso que haja incentivos externos, conforme proposta do *Big Push*. Políticas governamentais que diminuam o risco de investimentos em projetos para mitigação e adaptação às mudanças do clima podem facilitar a mobilização de fundos privados e aumentar a eficácia de outras políticas públicas. Um bom exemplo seria a introdução de mecanismos de precificação de carbono amplos. Outro seria o desenvolvimento de sistemas de rotulagem que permitisse ao fornecedor de identificar produtos com baixa intensidade de emissões de carbono. Com tal incentivo, o consumo de soluções sustentáveis tenderia a aumentar, beneficiando, diretamente, na questão climática global.

O *Big Push* aparece como um possível catalisador para que haja maior disponibilidade de investimentos em tecnologias verdes, orientados pelas três eficiências (schumpeteriana, keynesiana e da sustentabilidade), possibilitando gerar um ciclo virtuoso de crescimento econômico, capaz de iniciar um processo de mudança estrutural progressiva rumo a um estilo de desenvolvimento mais sustentável.

¹³ Alguns reconhecimentos importantes que tivemos são: Prêmio FINEP 2012 – Agência Brasileira da Inovação, na categoria 'Inovação Sustentável'; Guia Exame Sustentabilidade 2013; Most Innovative Companies⁷ - FAST COMPANY 2014; Anuário Inovação Brasil 2015 - 4º empresa mais inovadora do país (jornal Valor Econômico e pela consultoria Strategy&).

Referências bibliográficas

- BBC Brasil (2008), “Entenda a variação nos preços do petróleo” [online], 17 de dezembro de 2008 https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2008/12/081217_petroleo_qandarg.shtml [data de consulta: dezembro de 2019]
- Braskem (2019), “Relatório Anual 2018” [online], São Paulo <https://www.braskem.com.br/relatorio-anual-2018> [data de consulta: outubro de 2019]
- Braskem (2020), “ACV - Avaliação De Ciclo De Vida” [online], São Paulo <http://plasticoverde.braskem.com.br/site.aspx/acv-avaliacao-de-ciclo-de-vida> [data de consulta: janeiro de 2020]
- CEPAL/FES (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe) / (Fundação Friedrich Ebert Stiftung) (2019), “Big Push Ambiental: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável”, *Perspectivas*, N.20, (LC/BRS/TS.2019/1 e LC/TS.2019/14), São Paulo.
- CQNUMC (Convenção-Quadro nas Nações Unidas sobre Mudança do Clima) (2015), *Acordo de Paris*, Paris.
- Investe SP (Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade) (2019), “Produção de plástico no Brasil deverá subir 2,5% em 2019” [online], São Paulo <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/producao-de-plastico-no-brasil-devera-subir-2-5-em-2019/> [data de consulta: outubro de 2019].
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018), “Summary for Policymakers”, *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Valérie Masson-Delmotte y otros (eds.), Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization.
- Plastic Europe (2019), “Renewable feedstock” [online], Berlim, Alemanha <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/Feedstock/> [data de consulta: outubro de 2019]
- ONU (Organização das Nações Unidas) (2015), “Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (A/ RES/70/1), Nova Iorque, Publicação das Nações Unidas.
- SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões) (2019), “Emissões em dióxido de carbono equivalente por setor” [online], Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Brasília http://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Emissoes_em_dioxido_de_carbono_equivalente_por_setor.html [data de consulta: outubro de 2019]