Considerações sobre o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis para bioplásticos a partir de fontes renováveis como alternativa aos plásticos de origem fóssil

Carlos Alberto Correa

Professor Visitante Sênior – Núcleo Estratégico de Revalorização de Resíduos /
UFABC– Câmpus Santo André
E-mail: carlos.correa@ufabc.edu.br

Resumo

Desde a década de 70 com a consolidação da indústria petroquímica no país o mercado brasileiro é dominado por produtos plásticos de origem fóssil, cujo principal atrativo é seu baixo custo, versatilidade e desempenho. Ao longo desse meio século, o volume de resíduos plásticos vem crescendo em níveis alarmantes, uma vez que apenas uma fração de pouco mais de 20% dos plásticos presentes em resíduos sólidos urbanos são separados e reciclados. Uma grande parte acaba sendo destinada aos lixões ou aterros sanitários. Ao mesmo tempo, apesar de o país ser um dos principais produtores de matérias-primas de fontes renováveis e ocupar uma posição de destaque no cenário internacional na produção de biocombustível e bioplásticos derivados da cana de açúcar, ainda são insipientes as aplicações dos bioplásticos no mercado brasileiro. Desta forma, a tendência para substituir matérias-primas de origem fóssil por renováveis no país permanece difusa em função da ausência de percepção de valor por parte de fabricantes, transformadores, proprietários de marca e do público consumidor em geral. Enquanto isso, a Europa lidera a produção e o consumo global de bioplásticos, que vem crescendo nas duas últimas décadas, com uma forte tendência para produção de bioplásticos em regiões com maior disponibilidade de matéria-prima (Ásia-Pacífico e América Latina). A ausência de legislação específica, e a falta de estímulo governamental que garanta a competitividade de produtos de origem renovável também dificulta o desenvolvimento do setor. Alguns modelos de negócios sustentáveis encontrados atualmente na Europa e na América do Norte são baseados em padrões definidos por normas de biodegrabilidade e compostabilidade, que, no entanto, para serem aplicados no Brasil precisariam ser redesenhadas sob uma perspectiva regional e a partir de uma análise sistêmica integrada dos elos da cadeia de valor e do ciclo de vida do produto com base em conceitos de economia circular. No presente artigo são apresentados alguns cenários possíveis para substituição de plásticos de origem petroquímica por bioplásticos de fontes renováveis e suas possíveis implicações ambientais, econômicas e sociais em face à necessidade de desenvolvimento de sistemas de *accountability* e indicadores de sustentabilidade que levem em conta estes fatores.

Palavras-chave: Bioplásticos, Fontes Renováveis, Basebio, Modelos Sustentáveis, Resíduos Sólidos

Abstract

After consolidation of the petrochemical industry in Brazil in the 70´s, plastics from non-renewable sources have pervaded the consumer market allured by its low cost, versatility and performance. Within this time span, increasing volumes of plastic residues have become a major environmental issue, once only a minor fraction of 20% of plastic residues is diverted from public landfills and recovered for recycling. At the same time, in spite of Brazil´s economy stands out in agribusiness as a major producer of biobased feedstock, such as biofuels and green poliolefins from bioethanol, applications of bioplastics on the Brazilian market are just a few, and rather diffuse. As though, the trend to replace fossil-based raw materials and products by renewables remain uncertain, entailed by a lack of value perception of manufacturers, processors, brand owners and consumers at large. Meanwhile, the European Union took the lead as a major player on bioplastics which growing steadfast market in the last two decades, with a trend for production of bioplastics in regions with plenty availability of biomass resources (Asia-Pacific, South America). Furthermore, the lack of specific legislation and government support assuring products competition for biobased products also impose some hurdles that hamper the thrive of a domestic biomarket. Some business models currently found in Europe and North America are based on standards for biodegradability and compostability, which for application in Brazil would have to be redesigned from regional standpoint and based on a thorough systemic analysis of the value chain and life cycle analysis of the bioplastic within a concept of circular economy. The present paper provides an overview of scenarios for replacement of petrochemical plastics by bioplastics from renewable sources, considering the environmental, economic and social implications with regard to the need for development of accountability systems and sustainability indicators which take into account such factors.

Keywords: Bioplastics, Renewable Sources, Biobased products, Sustainable Models, Solid Waste.

Introdução

A utilização de materiais plásticos ao longo de décadas representa em sua mais pura essência o modelo linear de produção industrial baseado na exploração indiscriminada de recursos naturais para produção de bens de consumo não-duráveis dentro de uma lógica pautada por extrair/fabricar/utilizar/descartar, que resulta no aumento contínuo de volumes de resíduos acumulados em aterros sanitários e lixões. Estima-se que desde a década de 50 foram produzidos cerca de 8.5 bilhões de toneladas de plásticos que foram enterrados, incinerados ou

simplesmente descartados no ambiente. Esse modelo linear de produção se contrapõe à chamada economia circular cujas premissas têm sido aplicadas em alguns países da União Européia como a Alemanha que apresentou uma redução de 15% na quantidade de lixo gerado entre 2000-2008, mesmo com um crescimento de 10% no PIB nesse período segundo publicação sobre Resíduos e Pós-consumo (FGV EAESP, 2013)

Por outro lado, enquanto no Brasil a economia cresceu 5,2% em 2008, a quantidade de resíduos sólidos urbanos aumentou cerca 35% no período de 2000 a 2008. Nesse mesmo período o número de aterros sanitários praticamente dobrou de 931 para 1723, o que demonstra como no Brasil os resíduos ainda são tratados como lixo sem nenhum valor, tornando-se um ônus para a sociedade e o poder público que ainda arcam com os custos da sua remoção e destinação final. Apenas na cidade de São Paulo são gastos mais de R$ 725 milhões de reais por ano com a coleta de lixo, que é totalmente privatizada assim como na maioria dos municípios brasileiros.

Como agravante deste cenário, a produção global de materiais plásticos se aproxima de 1 bilhão de toneladas por ano, produtos que são na sua maioria de origem petroquímica não-renovável, ou seja, fóssil. Cerca de 40% desse imenso volume destina-se à aplicações de curto prazo, predominantemente embalagens descartáveis (*single use ou one-way*). Embora seja indiscutível as vantagens das embalagens plásticas na preservação e proteção dos produtos os impactos causados por seu descarte inadequado ao término da sua vida útil não podem ser desconsiderados e vem provocando protestos e reações adversas em vários segmentos da sociedade (UNISANTA, 2018). Alguns tipos de embalagens muito usadas em supermercados, tais como o PS expandido ou isopor cuja principal, cuja principal vantagem é a sua leveza e baixo custo, quando descartados são volumosos e ocupam grandes espaços em caminhões de coleta e nos aterros sanitários (PHILIP, et al. 2013). A baixa taxa de recuperação e reciclagem desses resíduos tornou-se um grande problema ambiental que tem levado o poder público em algumas cidades dos EUA e na UE a banir completamente produtos plásticos descartáveis como talheres, bandejas, canudos, etc. Portanto, a problemática dos resíduos sólidos urbanos, em particular os resíduos plásticos, adquiriu proporções globais e

enquanto a UE busca zerar os resíduos enviados aos aterros até 2020, no Brasil o Programa Nacional de Resíduos Sólidos aprovado em 2010, ainda não conseguiu cumprir a meta de eliminação de todos os lixões que havia sido prevista para 2014.

Diante deste quadro de complexidades, uma das alternativas para reduzir o volume de resíduos plásticos destinados aos aterros sanitários poderia ser através da utilização de conceitos de economia circular, mais precisamente a substituição de produtos de base fóssil por base renovável produzidos dentro da premissa denominada "Do berço ao berço" (*cradle to cradle*), para o qual o conceito de lixo inexiste. Tudo se torna nutriente para um novo ciclo, e resíduos são de fato nutrientes que circulam em ciclos contínuos, conforme preconizado por Lavoisier há séculos: "*Na natureza nada se cria, tudo se transforma*" (ELLEN MAC ARTHUR FOUNDATION, 2013)

Assim, com a escalada dos problemas ambientais causados pelos plásticos de origem petroquímica, a produção de bioplásticos no mundo vem crescendo a dois dígitos nas últimas décadas e a Europa vem liderando a sua produção e consumo (Nova Institut, 2013). Roadmaps da Bio-Tic, 2014 indicam que nos próximos anos haverá uma mudança na produção de bioplásticos da Europa para regiões produtoras de matéria-prima (Ásia-Pacífico e América Latina), e algumas ações nesse sentido podem ser sentidas, particularmente em relação aos programas para apoio e desenvolvimento dos setores sucro-energéticos e sucroquímico fomentados por agências governamentais como BNDES/FINEP e FAPESP. Esses programas visam além do apoio a produção do bioetanol de cana de açúcar, o desenvolvimento de produtos inovadores com maior valor agregado, como os produtos bioquímicos de fontes renováveis e os bioplásticos. Além disso, o setor petroquímico no Brasil possui grande importância econômica e, o potencial dos produtos renováveis para inserção no mercado adquire importância estratégica ao mesmo nível dos biocombustíveis, pois o Brasil se destaca nesse cenário como grande produtor de bioetanol de cana de açúcar e carece de know-how para produção derivados do etanol de 2ª-geração, os chamados bioprodutos químicos substitutivos do petróleo e os bioplásticos /polímeros derivados de fontes renováveis. Considere-se ainda que o bioplástico produzido a partir da

cana de açúcar tem a vantagem de não competir como outras matérias-primas oriundas da cadeia de alimentos usados na produção de bioplásticos como amido de milho, mandioca, etc, que consiste em uma das grandes preocupações e entraves quanto a garantia de sustentabilidade para os bioplásticos na Europa e nos EUA.

Nesse contexto, podem-se destacar como principais impulsionadores para a transição de uma economia linear de base fóssil para uma economia circular totalmente sustentável:

- Necessidade de desenvolvimento de uma economia global economicamente, socialmente e ambientalmente sustentáveis;
- Desejo de muitos países em reduzir a dependência excessiva em combustíveis fósseis, importações e alta volatilidade dos preços do petróleo, ou seja, necessidade de diversificação da matriz energética e de matérias primas a partir de fontes renováveis;
- Crescentes preocupações com as mudanças climáticas que vem sendo associadas a emissão de gases do efeito estufa oriundos da queima de combustíveis fósseis;
- Necessidade de se estimular o desenvolvimento regional e rural em contraposição ao desenvolvimento urbano;
- No caso do Brasil, a tradição histórica da agroindústria como atividade econômica de grande importância e relevância mundial na produção de biocombustíveis de fontes renováveis.
- Elevada demanda por biocombustíveis de 1a geração (Bioetanol e biodiesel) e tendência global para substituição gradual de derivados petroquímicos por matérias primas de fonte renovável e bioplásticos.

Todavia, um dos principais obstáculos para o bioplástico competir no mercado com plásticos derivados de petróleo está na relação custo/desempenho, principalmente se comparados aos *commodities* poliolefínicos (Polietileno, polipropileno, PVC). Em tempos de petróleo barato, a competitividade dos bioplásticos com os produtos de origem

fóssil torna-se reduzida, apesar da alta volatilidade dos preços do barril de petróleo favorecer políticas de estímulo aos renováveis. Na América do Norte essa questão agravou-se depois da descoberta do gás de xisto (*shale gas*) que teve grande impacto no preço de mercado das poliolefinas que é utilizada em larga escala em embalagens (LOPES, 2014).

As origens e conceitos sobre bioplásticos

A natureza é primorosa e nos apresentar exemplos de produtos totalmente sustentáveis a exemplo de uma banana ou a maioria das frutas qu nos são entregues finamente embaladas e com resíduos 100% biodegradáveis. Os bioplásticos de fontes renováveis são materiais conhecidos de longa data. Na verdade, o primeiro material bioplástico conhecido foi o nitrato de celulose, sintetizado a partir da fibra da celulose e patenteado em 1869. O bioplásticos celulósicos constituem uma grande família de produtos no qual se inclui o acetato de celulose, conhecido como filme fotográfico, que viabilizou toda a indústria da fotografia e do cinema. O Celofane ainda permanece em uso atualmente e pode ser encontrado nas embalagems de balas e como barreira à umidade em maços de cigarros, bem como ainda em armações para óculos.

Até mesmo Henry Ford, nos idos de 1920, chegou a produzir painéis para o consoles e revestimentos internos de seus automóveis a partir de bioplásticos derivados da soja. Muitas partes automotivas foram produzidas a partir destes bioplásticos, mas após a II guerra mundial a abundância de petróleo e toda a infraestrutura petroquímica para a produção em larga escala de uma grande variedade de plásticos levou ao abandono das matérias de fontes renováveis para produção de bioplásticos.

A evolução dos bioplásticos inclui os polímeros extraídos diretamente da biomassa (ex. derivados de celulose e do amido), produzidos diretamente por micro-organismos no seu estado natural ou modificados geneticamente (ex.; PHA, PHAB, TPS), novos polímeros obtidos a partir de bio-intermediários (Poli-ácido lático/PLA, Green PET/PlantBottle®), plásticos biodegradáveis obtidos por aditivação de plásticos convencionais (Ecoflex/Ecovio – poliésters de origem fóssil biodegradáveis da BASF) e plásticos convencionais produzidos a partir de matérias-primas renováveis polietileno obtido do etanol da cana de

açúcar. Os podem ser classificados de acordo com a sua base (petroquímica ou renovável/biomassa) ou de acordo com a sua biodegrabilidade conforme ilustrado na Figura 1 (SHEN, L. 2009; LINDE, A, 2008).

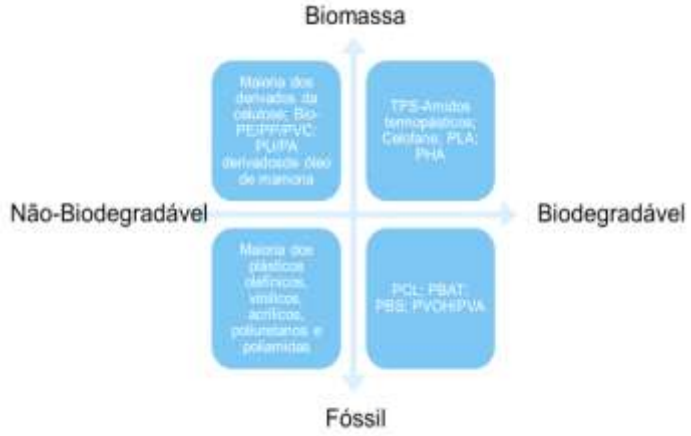


Figura 1 Classificação dos principais plásticos quanto a origem e a biodegrabilidade

A cadeia de valor dos bioplásticos inicia-se com o fornecedor de matéria-prima e continua tanto diretamente para o produtor do polímero base (Ex PHA) ou através de uma etapa intermediária onde um monômero, ou seja um bioproduto (Ex. PLA) é formado. A produção do polímero é seguida pela formulação através de processamento térmico onde as propriedades do bioplásticos são ajustadas com aditivos e cargas para aplicações específicas para serem convertidas em produto pronto para comercialização. O uso direto do PLA sem processamento também é possível. A etapa final da cadeia de valor do bioplástico inclui o proprietário da marca, um varejista e o consumidor (e eventualmente, reciclagem).

Para que o bioplástico possa ser produzido industrialmente este precisa ser compatível com o equipamento de processamento ao longo de toda a cadeia de valor. Também precisa proporcionar às empresas vantagens sobre a produção de plásticos convencionais, ou seja o bioplástico deve possuir propriedades inovadoras e superiores ou vantagens quanto ao custo. Todavia, é o proprietário da marca que acaba assumindo os maiores riscos, e portanto, é o principal tomador de decisões na cadeia de valor. A questão chave para o proprietário da marca é entender a proposta de valor do produto basebio em relação ao fóssil. Da mesma forma que nos bioprodutos, os bioplásticos podem ser divididos em produtos "*drop-in*" com composição

química idêntica aos seus contratipos fósseis e novos bioplásticos com propriedades ímpares que são mais difíceis de serem alcançadas através das alternativas convencionais.

O crescimento do mercado global de bioplásticos

Em 2013, a Europa não era apenas o maior mercado consumidor de bioplásticos mas também o maior produtor, fornecendo um terço do mercado global de bioplásticos, conforme ilustrado a seguir na figura 2. Neste mesmo ano, a demanda na UE por bioplásticos era estimada em 485 milhões de euros, representando um CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) de 20% no período de 2008 a 2013 e 50% da produção global, segundo o mesmo estudo (Bio-Tic, 2014). Todavia, espera-se que a produção de bioplásticos no futuro deverá deslocar-se para regiões onde a matéria-prima seja mais barata, prontamente disponível e com custo de produção mais baixo, tais como Ásia e América Latina. A despeito de mudanças na região de produção e de instrumentos de regulamentação mais fracos que, por exemplo, em mercados como os EUA, a Europa deve se manter na posição de principais mercados consumidores de bioplásticos.

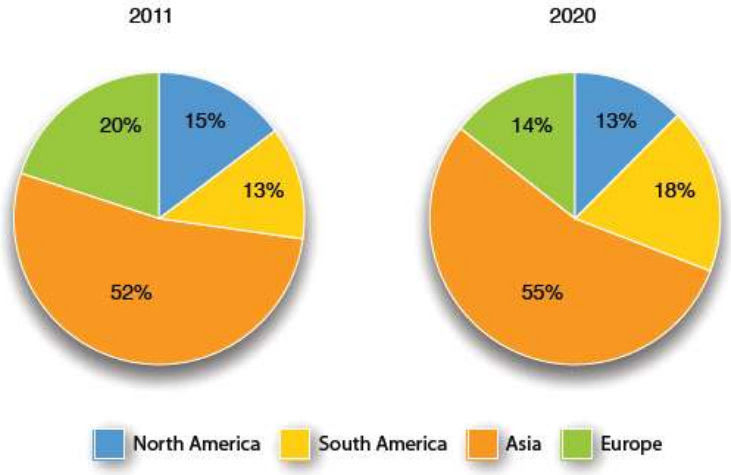


Figura 2 Evolução da capacidade global de produção de bioplásticos por região (Nova Institut, 2013)

De acordo com *roadmaps* da Bio-Tic 2014, em 2030 deverá haver mercado tanto para plásticos biodegradáveis como não-biodegradáveis de origem fóssil e renovável. Os plásticos biodegradáveis deverão ser utilizados amplamente em produtos descartáveis enquanto os não-biodegradáveis ou não-compostáveis deverão atender a demanda nas

aplicações de bens duráveis e recicláveis o que poderá contribuir significativamente para reduzir a quantidade de plásticos destinados aos aterros sanitários.

Os impulsionadores mercadológicos incluem ações regulatórias locais e atitudes positivas do consumidor em relação aos materiais renováveis e biodegradáveis. A demanda por bioplásticos deverá ser dirigida por preços competitivos, desempenho/funcionalidade mais elevada ou pela mitigação do *green-premium*. A competitividade dos preços tem sido ameaçada por derivados bem mais baratos de gás de xisto (*shale gas*), principalmente os mercados de polietilenos/poliolefinas. No entanto, a restrição no fornecimento de olefinas de cadeia mais longa, C4/C5 bem como aromáticos poderá elevar a competitividade dos plásticos *drop-in* exigidos pelo mercado transformador. O desempenho e a funcionalidade dos bioplásticos no produto final serão da maior importância em 2030. Tanto o desempenho quanto a funcionalidade podem ser melhorados através do desenvolvimento de novos aditivos e plastificantes para processamento do polímero ou pela introdução de novos bioplásticos no mercado. Melhores propriedades devem gerar novas aplicações para os bioplásticos. A definição de um *green-premium* pode ser justificável em 4 casos (Figura 3):

- Origem renovável como um critério-determinante para compra;
- Sustentabilidade ambiental é utilizada como ferramenta de mercado para construção de imagem de marcas;
- O bioplástico representa uma parcela mínima do valor do produto final;
- Existência de legislação regulatória quanto ao uso de bioplásticos.



Figura 3 Exemplos de casos para mitigação do bio-premium em produtos fabricados com bioplásticos. (Adaptado Bio-Tic, 2014)

Tabela 1 Principais bioplásticos no mercado e seus respectivos conteúdos renováveis

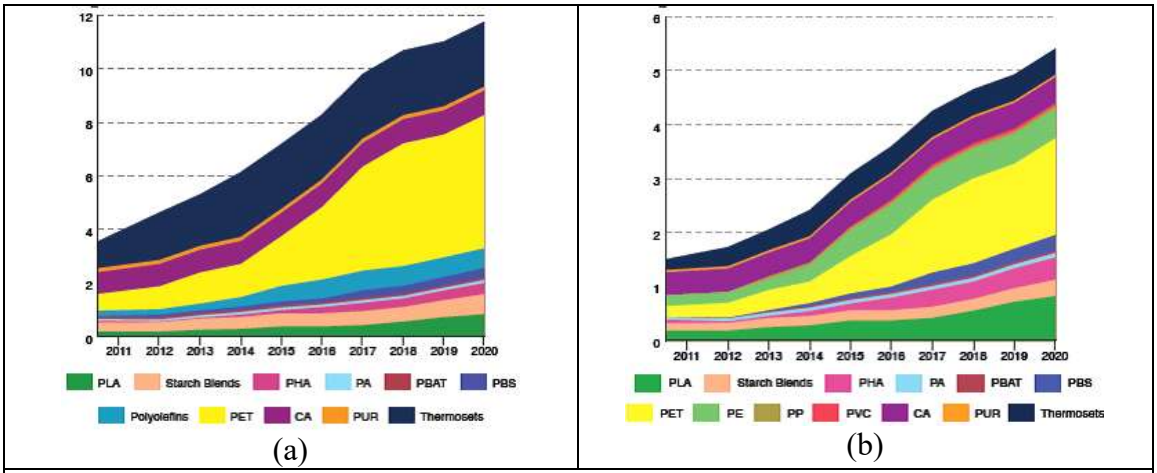
Polímeros de Base Renovável		**Conteúdo Médio de Biomassa no Polímero**	**Fabricantes até 2020**	**Número de Unidades**
Acetato de Celulose	CA	50%	9	15
Poliamida	PA	Aumento de 60%	14	17
Polietileno Adipato Tereftalato	PBAT	Aumento de 50%	3	3
Polibutileno Succianato	PBS	Aumento de 80%	11	12
Polietileno	PE	100%	3**	2
Polietileno Tereftalato	PET	30 a 35%***	4	4
Polihidrixialcanatos	PHAs	100%	14	16
Poliácidoláctico	PLA	100%	27	32
Polipropileno	PP	100%	1	1
Policloreto de Vinila	PVC	43%	2	2
Poliuretano	PU	30%	10	10
Blenda de Amido		40%	19	21
Total de empresas e unidades registradas no benchmark			247	363

**Ainda majoritariamente base fóssil, mas com soluções "drop-in" existentes e com tendência crescente e contínua para média da proporção basebio para uma dada porcentagem em 2020*
***Incluindo Joint Venture de duas empresas que dividem a mesma unidade industrial contando como duas.*
****Futuros volumes de bio-pTA (Ácido Teraftálico purificado) são calculadas para aumentar a média da proporção basebio, não a capacidade bio-PET total*
***** Amido em compostos plásticos*

No caso dos mercados europeus e norte-americanos os consumidores já são conscientes dos benefícios dos bioplásticos e familiarizados com a rotulagem dos produtos indicativos do conteúdo renovável,

biodegrabilidade/compostagem e quanto a sua reciclagem. O relatório da Bio-Tic 2014 prevê uma demanda para bioplásticos de aproximadamente 7 bilhões de euros em um cenário favorável em 2030 na União Européia, um crescimento de 7 vezes a demanda registrada em 2013.

Segundo o estudo publicado em 2013 pela Nova Institut na Alemanha os principais polímeros com potencial para se tornarem totalmente ou parcialmente renováveis são apresentados na Tabela 1 a seguir juntamente com a evolução do teor de renováveis nas principais resinas plásticas (Figura 4).



(a) (b)

Figura 4. (a) Evolução da capacidade de produção de biopásticos no período de 2011-2020 em 10^6 ton/ano; (b) Conteúdo renovável em bioplásticos. Evolução da capacidade de produção entre 2011-2020 (Conteúdo renovável). Nova Institut, Alemanha, 2013

O potencial de crescimento dos bioplásticos reflete-se fortemente no mercado de embalagens, em decorrência do seu forte impacto ambiental que compromete a imagem dos plásticos junto ao mercado consumidor. O setor de embalagens deverá continuar crescendo a taxas em torno de 25% nos próximos anos e deverá ser um dos setores mais preocupados com a sustentabilidade de seus produtos e processos, e, portanto mais sensíveis a substituição por renováveis (SPI, 2012). No entanto, o conceito de embalagem sustentável ainda não está claramente estabelecido no mercado, abrindo assim uma janela de oportunidades, que dependerá de um complexo processo de formação de opinião e de regulamentação.

Condicionantes para substituição de plásticos de origem fóssil por base renovável

O maior potencial dos bioplásticos na substituição de produtos petroquímicos por renováveis reside em seu caráter sustentável e portanto, as aplicações em produtos descartáveis deveriam ser as mais promissoras do ponto de vista ambiental. No entanto, embora grandes avanços tenham sido alcançados para superar as limitações tecnológicas as aplicações dos bioplásticos encontradas ainda permanecem restritas à nichos de mercado ou confinadas em estágio experimental no círculo acadêmico. Segundo BROCKHAUS, 2016, as dificuldades encontradas pelos bioplásticos em conquistar maiores fatias do mercado hoje ocupado majoritariamente por commodities poliolefínicos estariam relacionadas a aspectos comportamentais e temores quanto a ausência de receptividade do consumidor fomentada por alegações de *Green washing*.

LETTNER *et al.* 2017 em estudo utilizando análise comparativa de cenários elencou alguns fatores que influenciariam a penetração de quatro tipos de bioplásticos de bases renováveis no mercado (PLA, PHA, Lignina e CNSL Cashew Nuts Shell Liquid). Neste estudo os fatores identificados como mais impactantes para penetração no mercado foram: preço do produto, volume produzido, custos do processo, balanço de propriedades, potencial de substituição, inovação tecnológica, custos do investimento e marketing. Os resultados indicam que os fatores possuem pesos diferenciados para cada bioplástico investigado.

É importante se ressaltar que o mercado global ainda não tem claro que características são necessárias para os bioplásticos serem considerados sustentáveis, ou seja, se para ser considerado ambientalmente sustentável basta os bioplástico ser derivado de biomassa, e não necessariamente biodegradável, ou se o requisito/propriedade mais importante deverá ser a biodegrabilidade, independente da fonte de matéria-prima. No primeiro caso o enfoque principal recai sobre a redução das emissões dos gases do efeito estufa (Ex.: Polietileno verde de bioetanol da Braskem, Ecoflex/Ecovio da BASF) e no 2º caso em reduzir o impacto ambiental negativo dos plásticos tornando-os biodegradáveis ou compostáveis (Ex.: PLA/Natureworks/Cargill, Amidos

Termoplásticos da Ingredion/Biomater, Biofoam da Corion/Purac). Existe ainda uma tendência à substituição gradual da base fóssil do polímero alterando-se a proporção de carbono fóssil em relação ao carbono renovável na composição química do polímero (Ex:. PlantBottle® da Coca-Cola) e outros exemplos no setor automotivo, conforme dados apresentados na tabela 1.

Todavia, mesmo soluções encontradas no mercado atualmente, tal como o polietileno verde obtido do etanol, para serem consideradas totalmente sustentáveis do ponto de vista ambiental, essas soluções devem ser olhadas através de uma perspectiva mais ampla de berço ao berço, ou seja, desde a concepção ao término da vida útil do produto, visto que são totalmente dependentes de um sistema eficiente de coleta e reciclagem dos resíduos gerados pós-consumo (MAGRINI, et al.). Além da indefinição de políticas públicas que permitam ampliar a oferta de matéria-prima de base renovável, a terminologia aplicada aos bioplásticos ainda contém muitas ambiguidades quanto a definição de sustentabilidade em relação a reciclabilidade, biodegrabilidade ou compostabilidade (Compostable Plastics 101, 2018).

No Brasil ainda parece haver uma falta de percepção do público em geral, dos proprietários de marcas e das pequenas e médias empresas (PMEs) sobre as vantagens do uso dos bioplásticos em substituição aos derivados convencionais de petróleo. Em geral as empresas e/ou consumidores estão pouco dispostos a pagar pelo *green-premium* optando por produtos de menor custo sem qualquer preocupação com o meio-ambiente. Além disso, as empresas exigem que os bioplásticos apresentem características denominadas "*drop-in*", ou seja, que possam ser processados da mesma maneira que os seus contratipos não-renováveis. Esse é um requisito básico para PMEs e um grande desafio para os bioplásticos se consolidarem no mercado. Neste sentido, a divisão de renováveis da Braskem prevê um crescimento do mercado de especialidades em bioplásticos com maio valor agregado, oferecendo boas oportunidades de negócios sustentáveis para os seus clientes, e revisando o posicionamento no mercado da companhia como fornecedor de commodities.

O conceito de roadmaps tecnológicos permite uma avaliação das principais rotas de produção para novas

tecnologias indicando o estágio de desenvolvimento que estas se encontram e em alguns caso o seu potencial de inserção no mercado PHAAL et al. 2004. De acordo com o *roadmap* tecnológico para bioplásticos elaborado por COUTINHO & BOMTEMPO, 2011, a produção deverá ganhar força para produtos baseados em amido com níveis de preço equiparáveis aos praticados no mercado de resinas fósseis. Neste caso, as pequenas e médias empresas que representam a maior parcela dos transformadores de plásticos deverão ser as principais favorecidas pela agregação de valor a sua linha de produtos, que normalmente apresentam baixa rentabilidade e necessitam de grandes volumes para viabilizar economicamente o negócio.

Em estudo apoiado pela FAPESP observou-se que ainda existem muitas incógnitas que necessitam ser equacionadas em termos de regulações, subsídios e políticas governamentais para aumentar a competitividade dos renováveis em relação aos petroquímicos (CORREA, C.; 2013). Na Europa e nos EUA utiliza-se a chamada rotulagem ambiental ou selos verdes para diferenciar os produtos com impacto ambiental reduzido dos produtos de origem fóssil. Nos EUA o governo criou leis específicas para que todos os órgãos governamentais possam dar preferência à compra de produtos certificados com selos verdes que asseguram a base renovável do produto (*Government procurement/Biobased preferred*). No Brasil, além de fazer valer a aplicação da logística reversa prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos, são necessários ainda *lobbies* junto ao governo federal para criar legislação específica para o setor. O Inmetro e os laboratórios federais de certificação precisariam introduzir certificações para produtos comprovadamente verdes dificultando assim o chamado desvio de finalidade, ou *green washing*. O próprio BNDES, em estudo denominado "Química – Diversificação", aponta os segmentos com maior potencial de serem beneficiados pela construção de uma indústria química sustentável no Brasil. (PEREIRA, F. 2014; BNDES, 2011)

Dada à sua relevância o tema é necessário um entendimento dos fatores críticos para a inserção competitiva de bioplásticos no mercado brasileiro, tanto em termos tecnológicos como os vinculados à dimensão mercadológica, regulatória e aos atores sociais, avançando na identificação dos fatores propulsionadores e limitadores e na

definição de *roadmaps* para o mercado de especialidades. O mercado de especialidades é aqui entendido como: embalagens para cosméticos, alimentos, higiene; partes para indústria automobilística; filmes para produção agrícola, entre outros produtos que não sejam *commodities* e possibilitem uma melhor absorção e/ou mitigaação do *green-premium*. E, principalmente, fornecer as condições necessárias para o surgimento de start-ups com expertise em soluções tecnológicas para especialidades derivadas de bioplásticos renováveis, com visão sistêmica integrada de cadeia de valor, evoluindo do conceito limitado de produto, tal como proposto por ILES, 2013.

As empresas de processamento de plásticos inovadoras e proativas podem participar desse processo de desenvolvimento de novos produtos e processos sustentáveis junto com proprietários de marcas e consumidores buscando introduzir os bioplásticos em sua cadeia de valor. Ainda há necessidade de identificação de novos atores, proprietários de marcas e simpatizantes da causa ambiental que estariam dispostos a promover e comercializar produtos sustentáveis. Paralelamente, ações contínuas de conscientização do consumidor em projetos de educação ambiental são de extrema importância como vetores para disseminação destes conceitos.

Por fim, o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis para bioplásticos de base renováveis além de ser uma alternativa promissora para reduzir o crescente volume de lixo plástico, poderá trazer ainda os seguintes benefícios:

- Soluções para superar os entraves para o desenvolvimento de uma cadeia de bioplásticos competitiva no Brasil, indicando segmentos de mercado mais propícios para o desenvolvimento de negócios e os modelos de negócios mais adequados a uma visão sistêmica integrada de cadeia de valor;
- Desenvolvimento de soluções inovadoras que permitam a inserção competitiva de bioplásticos renováveis no mercado brasileiro, envolvendo fabricantes de polímeros, transformadores, proprietários de marcas e atores sociais, assegurando, assim, uma percepção de valor ao longo de todos os elos da cadeia produtiva do produto;

- Favorecimento o surgimento de *start-ups* voltadas ao desenvolvimento de soluções inovadoras para bioplásticos de fontes renováveis no mercado brasileiro através de uma visão sistêmica (integração dos diferentes atores: varejo, proprietários de marcas, transformadores, fabricante de resinas) e não somente focada em funcionalidade e desempenho do produto;

- Estímulo ao surgimento de políticas públicas e regulações que possam contribuir para desenvolver a cadeia de bioplásticos no Brasil, e principalmente reduzir a quantidade de resíduos plásticos oriundos de aplicações em produtos descartáveis dentro de um conceito de economia circular e revalorização de resíduos de pós-consumo;

Conclusão

A substituição dos plásticos de origem fóssil por bioplásticos de base renovável vem ganhado força em alguns mercados da Europa, América do Norte e no Brasil, com o desenvolvimento de plásticos derivados da cana de açúcar e pode tornar-se uma alternativa para reduzir volumes crescentes desses dejetos em lixões e aterros sanitários. Todavia, para viabilizar a inserção competitiva dos bioplásticos de base renováveis no mercado são necessárias o desenvolvimento de metodologias que possibilitem uma análise sistêmica e criteriosa de todos os elos da cadeia de valor do produto desde a sua concepção ao descarte, com base em conceitos de economia circular. Além do desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis do ponto de vista ambiental, social e econômico, existe ainda a necessidade de uma legislação específica para normatização do setor e a criação de indicadores de sustentabilidade que atestem o desempenho dos bioplásticos de fontes renováveis não apenas em termos do seu impacto ambiental mas também pela percepção de seus benefícios por toda a sociedade através de um sistema de *accountability.*

Referências

BIO-TIC – Technological roadmap – Draft II – Identifying the hurdles for innovation for biotechnology industry in Europe (2014) Disponível em http://www.industrialbiotech-europe.eu/bio-tic/deliverables/ acesso em 01/07/2018

BIO-TIC – Market roadmap – Draft II – Identifying the hurdles for innovation for biotechnology industry in Europe (2014). Disponível em http://www.industrialbiotech-europe.eu/bio-tic/deliverables/ acesso em 01/07/2018

BNDES - Estudos de Diversificação da Indústria Química Brasileira. Bain Company/Gas Energy. 2011.

BROCKHAUS, S.; PETERSEN, M.; KERSTEN, W. A crossroads for bioplastics: exploring product developers' challenges to move beyond petroleum-based plastics. Journal of Cleaner Production, v.127, 84-95, 2016

Compostable Plastics 101 – An overview of compostable plastics. Sponsored by the California organics recycling council. Disponível em http://compostingcouncil.org. (última consulta em 29/06/2018)

CORREA, C.A. Utilização de resíduos da indústria de bio-energia na formulação de biopolímeros para aplicação na indústria de embalagens biodegradáveis e manufatura de dispositivos recicláveis da indústria eletro-eletrônica. Relatório FAPESP/PIPE Fase 2 – Proc. 2009/54664-1 - Projetos Colaborativos de Pesquisa Entre São Paulo e Canadá). São Carlos, 2013.

COUTINHO P.; BOMTEMPO, J.V. Roadmap tecnológico em matérias-primas renováveis: uma base para a construção de políticas e estratégias no Brasil, Quim. Nova, v. 34, 5, 910-916, 2011

ELLEN MAC ARTHUR FOUDATION, Towards a circular economy – economic and business rationale for an accelerated transition, 2013. Disponível em https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf acesso em 01/07/2018

FGV EAESP, 2013 - Inovação e Sustentabilidade na Cadeia de Valor: Resíduos e Pós-Consumo. disponível em http://www.gvces.com.br/inovacao-e-sustentabilidade-na-cadeia-de-valor-residuos-e-pos-consumo?locale=pt-br aceso em 02/07/2018

ILES, A.; MARTIN. A. Expanding bioplastics production: sustainable business innovation in the chemical industry. Journal of Cleaner Production, v. 45, 38-49, 2013

KEMP, R.; SOETE, L. The greening of technological progress an evolutionary perspective. *Futures.* v.24, 5; 437-457, 1992

LETTNER, M.; SCHÖGGL, J-P.; STERN, T. Factors influencing the market diffusion of bio-based plastics: Results of four comparative scenario analyses. Journal of Cleaner Production v. 157, 289-298, 2017.

LINDE, A. The Future of Biopolymers, A converter's view – Biopolymers Symposium, Chicago, 2008. Disponível em https://www.edie.net/whatson/The-Future-of-Biopolymers-Symposium-2008/4038. Acesso em 02/07/2018

LOPES, M. Rethinking Chemistry – Driving Innovation with Renewable Chemicals Plataform. World Bio Markets Brasil 2014, São Paulo, 2014.

MAGRINI, A. *et. al.* Impactos Ambientais Causados Pelos Plásticos: Uma Discussão Científica a Respeito dos Fatos e dos Mitos. 2ª Edição E-Paper 2012. Rio de Janeiro 364p.

NOVA INSTITUT, Market study on biobased polymers in the world, Capacities, productions and applications: Status-quo and trends towards 2020, Germany (2013).

PEREIRA, F. Biobased Chemicals in Brazil – Market achievements and opportunities. World Bio Markets Brasil 2014, São Paulo, 2014.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBER, D. Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*. Cambrigde, 5-26, 2004.

PHILP, C. *et al.* Bioplastics science from a policy vantage point. New Biotechnology, v. 30, Number 6, 2013

Resíduos e Pós- Consumo – Inovação e Sustentabilidade na Cadeia de Valor, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo 73p, 2013. Disponível em: http://inovacaonacadeiadevalor,com.br (última consulta, 27/06/2018)

SHEN, L.; HAUFE, J.; PATEL, M.K. Product overview and market projection of emerging bio-based plastics. PRO-BIP 2009 Final Report, Utrecht University, NL, 2009.

SPI - The Society of the Plastics Industry, Bioplastics Council. Bioplastics Industry Overview Guide – Executive Summary, USA 2012.

UNISANTA - I Seminário Internacional Oceanos Livres de Plásticos, Universidade Santa Cecília, Santos-SP, 7-8 junho de 2018. Palestras e comunicações disponíveis em https://pt-br.facebook.com/oceanoslivresdeplasticos/ Acesso em 01/06/2018.