

## **MONITORAMENTO TECNOLÓGICO E CIENTÍFICO DA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS**

*Valdivânia A. do Nascimento<sup>1\*</sup>, Moisés das Virgens Santana<sup>2</sup>, Walber Alves Freitas<sup>3</sup>, Hitalo de Jesus Bezerra da Silva<sup>4</sup>, Humberto Denys de Almeida Silva<sup>5</sup>, João Batista de Oliveira Libório Dourado<sup>6</sup>, Bruna Leal Melo de Oliveira<sup>7</sup>*

<sup>1-4, 6, 7</sup> Universidade Federal do Piauí, Centro de Tecnologia, Teresina, PI, Brasil, CEP –64049550.

\*e-mail: val.albuquerque@hotmail.com

<sup>5</sup> Faculdade do Vale do Itapecuru, Caxias, Maranhão, Brasil.

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo realizar uma busca na literatura de estudos relacionados às aplicações de biopolímeros em embalagens alimentícias. Foi realizada uma busca de artigos e patentes nas bases de patentes do European Patent Office (EPO), da US Patent and Trademark (USPTO), da World Intellectual Property Organization (WIPO) e do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), além da pesquisa de artigos indexados nas bases Scopus, Web of Science e Scielo. O estudo foi realizado em abril de 2019, utilizando os seguintes termos: biopolymer and packing and food. Utilizando todas as palavras-chave foram apresentadas 75 patentes depositadas no banco de dados EPO na base dos Estados Unidos, as patentes encontradas foram depositadas pela China. No ano de 2017, foram encontradas 2 patentes. As bases Scopus e Web of Science são as que apresentam o maior número de artigos na área, a partir do século XXI. Com as pesquisas realizadas, foi possível que o uso de biopolímeros em embalagens alimentícias é bastante promissor.

**Palavras-Chave:** Biopolímero, Embalagem, Alimentícia.

### **TECHNOLOGICAL AND SCIENTIFIC MONITORING OF THE USE OF BIOPOLYMERS IN FOOD PACKAGING**

#### **ABSTRACT**

This work aims to carry out a search in the literature of studies related to the applications of biopolymers in food packaging. A search of articles and patents in the patent bases of the European Patent Office (EPO), the US Patent and Trademark (USPTO), the World Intellectual Property Organization (WIPO) and the National Intellectual Property Institute (INPI) was carried out. search for articles indexed in Scopus databases, Web of Science and Scielo. The study was conducted in April 2019, using the following terms: biopolymer and packing and food. Submitted 75 patents deposited in the EPO database at the base of the United States, the patents found were deposited by China. The first patent was filed in 2000. In the year 2017, two patents were found. The Scopus and Web of Science bases are the ones with the largest number of articles in the area, beginning in the 21st century. With the research carried out, it was possible that the use of biopolymers in food packaging is very promising.

**Keywords:** Biopolymer, Packaging, Food.

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Piauí. E-mail: val.albuquerque@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Piauí. E-mail: moisesdvs@outlook.com

<sup>3</sup>Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí. E-mail: walberfreitasnobre@gmail.com

<sup>4</sup>Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade do Vale do Itapecuru. E-mail: hitalo.ufpi@gmail.com

<sup>5</sup>Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade do Vale do Itapecuru. E-mail: hds0912@hotmail.com

<sup>6</sup>Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí. E-mail: jbliborio@hotmail.com

<sup>7</sup>Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí. E-mail: brunalealmelo@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, como: milho, cana-de-açúcar, celulose, quitina, e outras (Pradella, 2006). As fontes renováveis são assim conhecidas por possuírem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo que leva milhares de anos para se formar. Alguns fatores ambientais e socioeconômicos que estão relacionados ao crescente interesse pelos biopolímeros são: os grandes impactos ambientais causados pelos processos de extração e refino utilizados para produção dos polímeros provenientes do petróleo, a escassez do petróleo e aumento do seu preço (Fechine, 2010).

Polímeros biodegradáveis são polímeros nos quais a degradação resulta da ação de microorganismos de ocorrência natural como bactérias, fungos e algas (Calabia, et al. 2010), podendo ser consumidos em semanas ou meses sob condições favoráveis de biodegradação (Henton, et al. 2005). Eles podem ser provenientes de fontes naturais renováveis como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou serem sintetizados por bactérias a partir de pequenas moléculas como o ácido butílico ou o ácido valérico dando origem ao polihidroxibutirato – PHB e ao polihidroxibutirato-co-valerato – PHB-HV, respectivamente, ou até mesmo serem derivados de fonte animal, como a quitina, a quitosana ou proteínas (Suzuki, et al. 2010; Chen, 2005). Outros polímeros biodegradáveis podem ser obtidos de fontes fósseis, petróleo, ou da mistura entre biomassa e petróleo.

Os polímeros biodegradáveis provenientes do petróleo mais conhecidos são as policaprolactonas – PCL, as poliésteramidas, os copoliésteres alifáticos e os copoliésteres aromáticos. Dentre os polímeros biodegradáveis, os que têm atraído mais atenção são os obtidos a partir de fontes renováveis, devido ao menor impacto ambiental causado com relação a sua origem, o balanço positivo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) após compostagem, e a possibilidade de formação de um ciclo de vida fechado (Halley, et al. 2005; Fischer, et al. 2009).

As embalagens sintéticas têm originado sérios problemas ecológicos devido ao facto de não serem biodegradáveis. Neste contexto, acredita-se que os biopolímeros constituem uma fonte alternativa para o desenvolvimento de embalagens devido à sua biodegradabilidade.

O uso de revestimentos/filmes edíveis baseados em polímeros naturais e em aditivos reconhecidos como seguros tem aumentado na indústria alimentar. Os revestimentos/filmes podem ser produzidos utilizando uma grande variedade de produtos, tais como polissacáridos, proteínas, lipídios, resinas, com a adição de plasticizantes e surfactantes (Baldwin, et al. 1996).

Estes revestimentos/filmes edíveis e biodegradáveis têm sido utilizados com sucesso em várias aplicações comerciais: (a) gelatina para cápsulas, suplementos, fármacos e encapsulação de aromas (Pranoto, et al. 2005); (b) zeína de milho para revestimentos, suplementos e comprimidos (Nelson, 2000); (c) colágeno para envolver produtos de carne (Ribeiro, et al. 2007); (d) revestimentos de amido para comprimidos e frutos secos (Avérous, et al. 2001); (e) revestimentos de celulose para suplementos e comprimidos (Wong, et al. 1994); (f) ésteres de sacarose de ácidos gordos como revestimento de produtos frescos (Lima, et al. 2010); (g) revestimentos de cera e óleo para produtos frescos, suplementos e comprimidos (Martins, et al. 2010).

Dessa forma, sabendo que essa tecnologia continua em crescimento e sendo produzida no sentido de aprimorá-la, é pertinente uma investigação das tecnologias e processos empregados na produção de biopolímeros aplicados em embalagens alimentícias. Por conseguinte, este trabalho apresenta um levantamento prospectivo do processamento de biopolímeros aplicados em embalagens alimentícias com base em documentos patentários como também em artigos científicos que abordem a temática.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Resíduos das embalagens plásticas**

Um problema da sociedade contemporânea Os plásticos são amplamente utilizados por todo o mundo e a sua produção anual aumenta em média 10% ao ano. Na Europa Ocidental as embalagens representam a maior fatia (27%) das aplicações finais dos plásticos. Os resíduos gerados pelas embalagens plásticas têm um grande impacto no lixo doméstico produzido, e em Portugal, chegam a atingir 25% do total dos resíduos gerados por embalagens (Larotonda, 2007).

A preocupação crescente dos consumidores relativamente às questões ambientais estimula a procura de recursos biodegradáveis que possam diminuir a dependência

relativamente às embalagens sintéticas. Este tipo de embalagens feitas à base de produtos petroquímicos, tais como, poliolefinas, poliésteres, poliamidas, etc., têm sido amplamente utilizadas pois existem em grandes quantidades e a baixo custo e possuem características atractivas, como uma boa força de tracção, boas propriedades de barreira ao oxigénio e capacidade de reter o aroma (Larotonda, 2007).

Pelo contrário, possuem baixa transmissão ao vapor de água, são tóxicas, poluentes e a sua degradação pode demorar centenas de anos. Estudos realizados comprovam que muitos destes compostos sintéticos estão também associados a uma gama alarmante de doenças.

Com a crise petrolífera mundial a agravar-se encontrar uma solução alternativa que vise diminuir a dependência da sociedade deste tipo de compostos revela-se de importância vital.

### **Polímeros biodegradáveis**

A acumulação dos resíduos provenientes de matérias-primas não renováveis constitui uma grave ameaça ambiental pelo que, a procura de alternativas “amigas do ambiente” levou ao desenvolvimento de diferentes plásticos produzidos a partir de biopolímeros (Freile-Pelegrín et. al, 2006).

Plásticos com estruturas baseadas em polímeros naturais (lípidos, proteínas, polissacarídeos) quando colocados em ambientes biologicamente ativos, têm uma velocidade de degradação maior. A sua decomposição pode ser levada a cabo por ataques microbiológicos e/ou exposição a agentes atmosféricos tais como, radiação solar, vento, chuva, humidade, entre outros.

A degradação química destes materiais também pode ocorrer devido à quebra de ligações moleculares, pois são estruturas de grande instabilidade. Todas estas características especiais possibilitam processos de reciclagem natural. Uma das desvantagens do uso destes biopolímeros é o seu “tempo de vida” que vai desde meses até alguns anos (3-4) pelo que muitos deles ainda não foram incorporados em produtos comercializados.

Outro problema inerente a estes polímeros naturais é que não são tão resistentes como os polímeros sintéticos (D. Phan et al., 2005). Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos muitos estudos no sentido de descobrir biopolímeros capazes de substituir

os polímeros sintéticos em aplicações a embalagens ou revestimentos na indústria alimentar e/ou farmacêutica.

Na utilização como embalagens de alimentos, os filmes biodegradáveis devem aumentar a vida-de-prateleira do produto e obedecer a critérios de segurança, tais como, propriedades de barreira (vapor de água, gases, luz, aroma), propriedades ópticas (transparência), propriedades mecânicas (força, deformação), resistência a fenômenos químicos e à temperatura, e ainda, devem apresentar um preço competitivo (Haugaard et al., 2001).

As algas são fontes subaproveitadas de alguns biopolímeros que podem ser utilizados na produção destes biofilmes. As algas vermelhas, um tipo de macroalgas marinhas, são um recurso natural de obtenção de agar. O agar é um biopolímero com uma estrutura única e características singulares que o tornam num potencial candidato no que diz respeito a aplicações a embalagens de alimentos.

É aprovado para uso na indústria alimentar figurando na lista GRAS (Generally Recognized As Safe) e o seu grande poder gelificante a baixas concentrações constitui a sua principal arma comercial (Davidson, 1980).

### **Embalagens plásticas para alimentos**

O conceito de embalagem como simples recipiente para beber ou estocar surgiu há mais de 10.000 anos. Alguns estudiosos acreditam que os vidros egípcios e ânforas gregas representem o início da embalagem (BENZI, 1993).

A embalagem tem afetado radicalmente os hábitos de consumo em todo o mundo. O plástico aplicado à fabricação de embalagens surgiu como um subproduto da Segunda Guerra Mundial. Estas embalagens se apresentaram mais leves, de menor custo e mais fáceis de serem produzidas do que aquelas fabricadas com papel ou metal. Materiais como o polietileno, o poliéster, entre outros ampliaram o uso dos invólucros transparentes, iniciado na década de 20 com o celofane. Isso propiciou a oferta de embalagens em uma infinidade de formatos e tamanhos. A produção de embalagens plásticas passou a crescer a partir dos anos 60. Ao longo das últimas décadas, materiais plásticos de embalagem têm substituído metais e vidros no acondicionamento de alimentos e bebidas (Van WILLIGE, 2002).

As vantagens da utilização de embalagens plásticas frente às de metal e vidro, sob alguns aspectos, são inúmeras, a citar: menor custo de produção e de transporte, são mais leves, algumas têm menor probabilidade de sofrerem danos físicos, menor dispêndio de energia na fabricação, transparência, flexibilidade, possibilidade de entrar em contato direto com o alimento sem alterar as propriedades sensoriais deste, entre outras. Entretanto, existem algumas limitações ao uso de plásticos em comparação a outros materiais de embalagem, como a alta permeabilidade a gases e vapor de água que alguns polímeros apresentam, a absorção de sabores e odores de alimentos e bebidas, a baixa resistência ao calor de alguns polímeros, pois muitos alimentos requerem tratamento térmico a alta temperatura, a migração de componentes, se presentes, entre outras.

A embalagem deve garantir a adequada preservação do produto o qual acondiciona e, ao mesmo tempo, atender às necessidades do mercado consumidor. Corresponde a uma etapa importante dentre todas as que envolvem o processamento de alimentos. Nos últimos anos têm havido, no cenário mundial, importantes desenvolvimentos de novos materiais e sistemas de embalagem (FELLOWS, 2002).

A embalagem tem como principais funções: conter o alimento desde a produção até o momento do uso pelo consumidor final; protegê-lo contra danos mecânicos e condições ambientais adversas durante toda a cadeia de distribuição; atuar na comunicação, contribuindo para a venda do produto, valorizando a marca, apresentando informações acerca do mesmo e instruindo o consumidor quanto ao uso; apresentar bom desempenho na linha de produção; e conveniência, em toda a cadeia produtiva e de distribuição.

Atualmente, uma das classificações de embalagens plásticas para alimentos adotadas pela indústria diz respeito à estrutura, como flexíveis ou rígidas. As embalagens flexíveis correspondem a qualquer tipo de material que não é rígido, porém o termo “filmes flexíveis” é reservado aos polímeros para a fabricação de plásticos não-fibrosos com espessura menor do que 0,25 mm. Os filmes podem ser aplicados isoladamente, como único material de embalagem, ou ainda podem ser multicamadas, laminados ou coextrusados (FELLOWS, 2002).

Os principais polímeros utilizados na fabricação de filmes flexíveis são, por exemplo, celulose, polietileno, polipropileno, poliéster, entre outros. Mais recentemente, surgiram as embalagens plásticas termoprocessáveis, conhecidas também como retort

pouches, as quais são constituídas por materiais flexíveis, laminados, passíveis de serem submetidas a altas temperaturas, sendo aplicadas no acondicionamento de alimentos que necessitam de esterilização para a sua preservação, normalmente aqueles de baixa acidez (SARANTÓPOULOS, 1995).

As embalagens de estrutura rígida são fabricadas com os polímeros PEAD (polietileno de alta densidade), PP (polipropileno), PVC (poli(cloreto de vinila)), PS (poliestireno), PET (poli(tereftalato de etila)), etc., podendo ser encontradas sob a forma de garrafas, frascos, bandejas e caixas. O maior uso de embalagens rígidas está em garrafas plásticas.

Poliestireno de alto impacto (HIPS) e poli(acrilonitrila – butadieno – estireno) (ABS) são largamente utilizados na fabricação de bandejas termoformadas, copos para iogurte, potes para margarina, queijo, sorvete e sobremesas.

O polipropileno tem, geralmente, custo mais elevado do que o HIPS e o PVC, não sendo tão utilizado para a confecção de embalagens rígidas e semi-rígidas. Entretanto, possui maior resistência a uma faixa de temperatura mais ampla e, também, apresenta boas propriedades de barreira a vapor de água e ao oxigênio. É amplamente utilizado para o acondicionamento de sucos e água. Embalagens coextrusadas utilizando polipropileno e EVOH como material intermediário são utilizadas na fabricação de frascos para mostarda, maionese, geléias e outros produtos que demandam longa vida de prateleira (SARANTÓPOULOS, 1995).

O polietileno de alta densidade (PEAD) é um dos materiais mais utilizados na fabricação de garrafas, assim como o PET. Existem, também, as embalagens rígidas esterilizáveis, de alta conveniência, estáveis à temperatura ambiente. Os polímeros empregados nessas embalagens podem ser subdivididos em materiais estruturais, materiais-barreira e adesivos. Os materiais estruturais são responsáveis por darem forma e resistência à embalagem, os materiais-barreira conferem à estrutura resistência à permeação de gases, vapores e odores através da embalagem (SARANTÓPOULOS, 1995).

**Reciclagem de embalagens plásticas e a legislação vigente para materiais em contato com alimentos**

O setor de embalagens plásticas apresenta ainda um grande potencial de crescimento, dado o baixo consumo per capita e as possibilidades de substituição de outros tipos de embalagens por plásticos (SOUZA, 2002).

O elevado consumo de materiais plásticos leva, inevitavelmente, à geração de grande quantidade de resíduos poliméricos, principalmente porque muitas das aplicações desses materiais estão no segmento de embalagens. Os materiais plásticos conquistaram mercado em função de sua praticidade, leveza, fácil processamento e adequação às exigências dos mais diversos segmentos, em especial ao setor de embalagens. Dessa forma, outros materiais dificilmente substituem os materiais plásticos com o mesmo desempenho e, portanto, a redução na fonte e a reciclagem correspondem às únicas formas de preservação ambiental no que se refere ao consumo desses materiais.

Segundo Spinacé e De Paoli (2005), os principais polímeros encontrados nos resíduos sólidos urbanos brasileiros são o polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD), o PET, o PVC e o PP. Outros tipos de polímeros encontrados correspondem a apenas 11% do total.

A reciclagem do PET está em ascensão no Brasil. A evolução do mercado, bem como os avanços tecnológicos, tem impulsionado novas aplicações para o PET reciclado (SILVA e MIRANDA, 2003).

No caso do poliestireno, a reciclagem de embalagens produzidas com esse polímero representa apenas uma potencialidade, tendo em vista a ínfima participação desse material em relação ao seu consumo, inclusive nos países desenvolvidos.

A reciclagem de plásticos visando o retorno para aplicações alimentícias era proibida mundialmente até a década de 90. Atualmente essa atividade consta como um dos principais desafios desse setor, pois representa todo um segmento de mercado a ser explorado (SANTOS et al., 2004).

Inicialmente, apenas os EUA e alguns países da Europa permitiram a aplicação do plástico reciclado para embalagens alimentícias. No Brasil, Chile, Austrália e mesmo em alguns países Europeus a aplicação do mesmo foi restrita ao contato indireto com alimentos, ou seja, em produtos multicamadas, sendo a camada de material reciclado a intermediária (SANTOS et al., 2004).



Nos EUA, o FDA regulamenta as aplicações dos materiais plásticos reciclados para servirem como novas embalagens para alimentos. Há um incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias para esse fim naquele país, tendo em vista a necessidade de redução do impacto ambiental causado pela utilização cada vez maior de matéria-prima virgem para a confecção de embalagens e pela geração também crescente de resíduos.

A preocupação quanto à utilização dos plásticos reciclados para contato com alimentos advém, segundo o FDA (2005), de três aspectos, a citar: de que os contaminantes presentes no material pós-consumo possam permanecer no produto final em contato com o alimento; de que o material pós-consumo reciclado, não regulamentado para contato com alimentos, seja incorporado na embalagem para esse fim; e de que coadjuvantes de tecnologia presentes no material reciclado não sejam regulamentados para contato direto com alimentos.

Atualmente, com a finalidade de atender a essas questões, o FDA analisa caso a caso as propostas de tecnologias de reciclagem de materiais plásticos para contato com alimentos, sendo que existem aprovações já em uso, como por exemplo, para algumas aplicações de PS, PET, PP, PE, entre outros, disponíveis para consulta pública no site da internet desse órgão.

No Brasil, a resolução no 105, de 19 de maio de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) proíbe o uso de plástico reciclado para contato com alimentos, exceto no caso de materiais reprocessados pelo mesmo processo de transformação.

A necessidade de regulamentações específicas para a aplicação dos materiais plásticos reciclados em contato direto com alimentos está na possível presença de produtos químicos (pesticidas, solventes, agentes desinfetantes, etc.) e na contaminação microbiológica proveniente dos resíduos orgânicos durante a reutilização das embalagens (SANTOS et al., 2004).

Contudo, aspectos relacionados à contaminação microbiana podem ser desprezados, pois esta adere apenas superficialmente no polímero formador da embalagem, sendo inativada durante a reciclagem pelo pH do meio reacional, pela temperatura de processamento do polímero e pelos reagentes utilizados nesse processo,

os quais são, em sua maioria, extremamente nocivos às células microbianas (SANTOS et al., 2004).

Uma outra preocupação está no teor de monômero residual, que no caso do poliestireno, é o estireno. A legislação brasileira vigente determina limites de monômero residual para os materiais plásticos em contato com alimentos, não fazendo distinção para os reciclados ou não. No caso do poliestireno, o limite de composição residual é de 0,25%. Cabe salientar que a ANVISA se baseia em padrões estabelecidos pelo FDA para a maior parte dessas determinações.

## **METODOLOGIA**

A prospecção foi baseada na pesquisa de patentes depositadas e de artigos publicados. Os bancos de dados utilizados para busca de anterioridade de patentes foram: *European Patent Office* (EPO) - Instituto Europeu de Patentes, *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) – Departamento de Comércio dos Estados Unidos e Instituto Nacional da Propriedade Industrial do Brasil (INPI). Para os artigos científicos, foram realizadas buscas nas bases de periódicos *Web of Science*, SCIELO e SCOPUS. O levantamento de todos os dados foi realizado em abril de 2019.

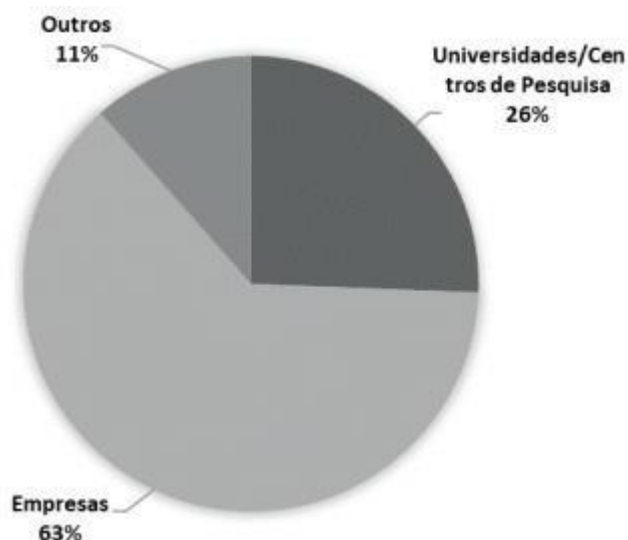
Inicialmente, as pesquisas foram realizadas para rastrear patentes e artigos com aplicação de biopolímeros em embalagens, através do uso das palavras-chave “*biopolymer and packing*”, no título e no *abstract*.

Procurou-se também a aplicação para embalagens alimentícias, na tentativa de maior abrangência de número de documentos de patentes e artigos, utilizando os termos “*biopolymer and packing*” com “*food*”. As buscas com essas palavras-chave foram realizadas envolvendo as bases de dados científicos (artigos) e bancos de dados de patentes, os quais foram descritos à priori. Neste trabalho foram utilizadas as mesmas combinações de palavras-chave para o banco de dados nacional, porém escritas em português.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As instituições que desenvolvem tecnologias relacionadas à biopolímeros aplicados em embalagens alimentícias foram classificadas em empresas e universidades/centros de pesquisas. Essa distribuição está representada na Figura 1.

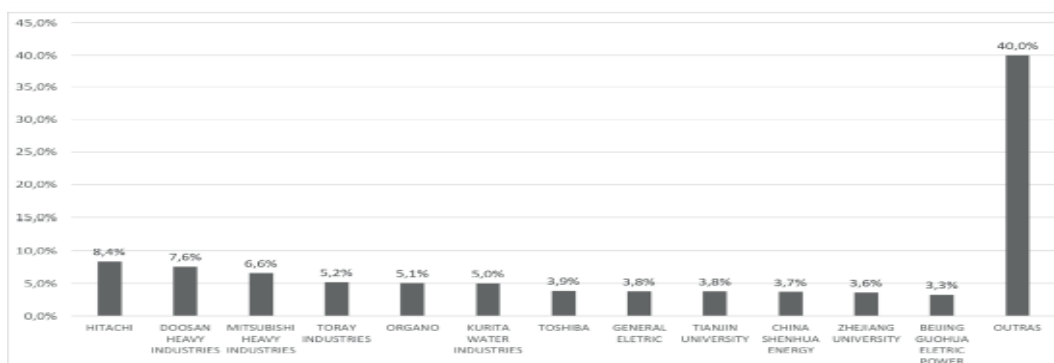
Figura 1 – Empresas e Universidades/Centros de Pesquisa que desenvolvem tecnologias relacionadas ao tema.



Dos dados relacionados à Figura 1, destacam-se a Hitachi como a empresa com maior número de patentes e a Tianjin University como a instituição de ensino com maior número de patentes. Esses dados estão dispostos na Figura 2 com seus respectivos quantitativos percentuais.

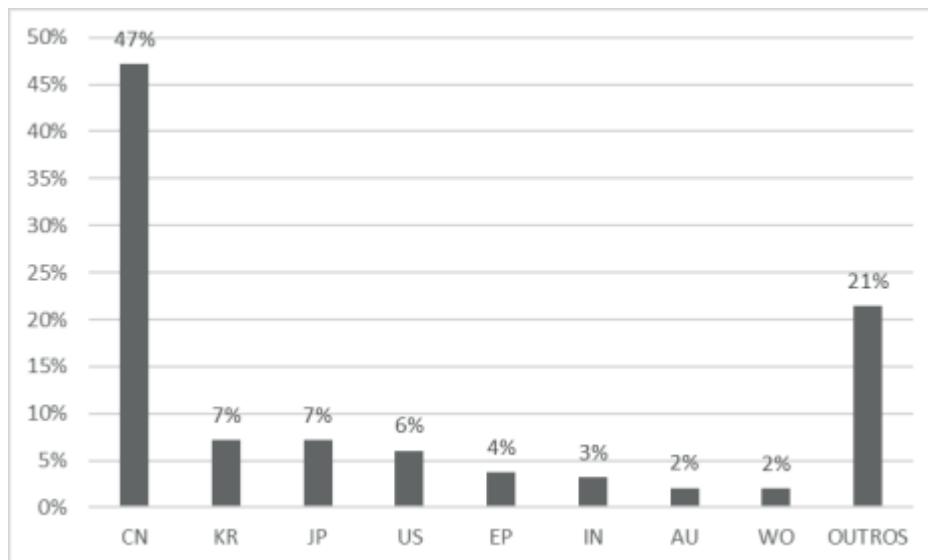
Figura 5 – Distribuição percentual de Empresas e Universidades/Centros de Pesquisa com maior número de patentes.

Em relação aos países de origem das patentes, a China se destaca com 47% do total de número de patentes depositadas sobre biopolímeros aplicados em embalagens alimentícias. Tal destaque se deve ao fato de menos de 60% das tecnologias serem nacionais em 2011, havendo um objetivo de aumentar esse número para 90% até 2020 (WINES, 2011). Na Figura 3 percebe-se que a China lidera com grande margem em



relação ao segundo país com maior número de patentes concedidas, a Coreia do Sul, sendo que a diferença fica próxima dos 40%.

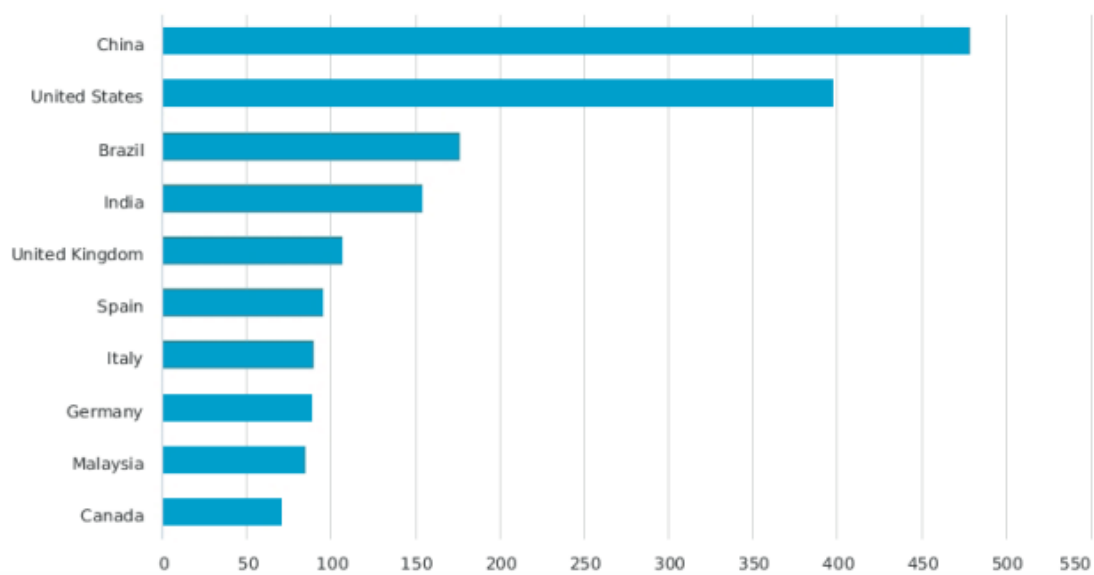
Figura 3 – Distribuição percentual de patentes concedidas por país.



De acordo com a distribuição de patentes por domínio tecnológico, constata-se que os biopolímeros aplicados em embalagens alimentícias estão contidos em diversos domínios, sendo que a maior parte está contida no domínio chamado tecnologia ambiental, num total de 41,5% das patentes. Em seguida, o domínio engenharia química representa 21,5% das patentes em relação ao domínio tecnológico. Somados, os dois domínios tecnológicos representam 63% de todas as patentes.

Ao realizar um refinamento na base Scopus por meio da combinação das palavras “*biopolymer and packing*” com “*food*” obteve-se o quantitativo de 2.320 documentos no segmento estudado. A Figura 4 apresenta os países que publicaram números significativos de documentos de 1997 a 2017, os quais de um total de 2.320 artigos publicados, a China aparece em primeiro lugar com 478 artigos e em segundo lugar, os Estados Unidos com 397. O Brasil aparece em terceiro lugar com 176 artigos.

Figura 4 – Número de documentos em relação ao país de origem.



## CONCLUSÃO

A partir da prospecção tecnológica realizada neste trabalho, percebeu-se que houve um crescimento acentuando do número de patentes depositadas e artigos produzidos nos últimos anos no que se refere a tecnologias biopolímeros aplicados a embalagens alimentícias. Esses resultados dizem muito sobre o desenvolvimento e os investimentos em inovação destinados a essa área. Embora seja uma tecnologia em ascensão, muito tem sido feito, em âmbito global, a respeito do tema, sobretudo partindo de potências econômicas, como China e Estados Unidos, que são os maiores depositantes. O Brasil tem poucos depósitos de patente, evidenciando a necessidade de investimentos em tecnologia e inovação

Por conseguinte, é importante salientar a importância do mapeamento de tecnologias e processos envolvidos na produção de biopolímeros aplicados em embalagens alimentícias como forma de traçar novas estratégias de expansão e consolidação dessa tecnologia por meio de investimento de empresas nesse setor, seja em etapas específicas do processo ou em unidades completas.

Os revestimentos comestíveis também têm sido usados em frutas e vegetais minimamente processados. Nesses produtos, os revestimentos comestíveis oferecem uma barreira semipermeável aos gases e ao vapor de água e reduzem a taxa de respiração. Além disso, evitam a perda de água, as mudanças de cor, melhoram a textura e a integridade mecânica, retendo o sabor e reduzindo o crescimento microbiano, aumentando, dessa forma, a vida de prateleira do produto. Os revestimentos comestíveis podem criar uma barreira que retarda a perda de sabor e água. Por outro lado, restringem o intercâmbio de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  criando uma atmosfera modificada com níveis relativamente altos de  $\text{CO}_2$  e baixos de  $\text{O}_2$ . Essa atmosfera não deve, porém, criar condições de anaerobiose que possam causar respiração anaeróbia, sabor não-desejável e crescimento de microrganismos anaeróbios.

Os filmes e revestimentos comestíveis podem ser considerados como ingrediente, quando melhoram a qualidade nutricional do alimento, ou aditivo, quando não incrementam o seu valor nutricional. Por serem embalagem e componente alimentar ao mesmo tempo, não devem interferir nas características sensoriais do produto e na estabilidade bioquímica, físico-química e microbiológica, além de terem eficientes propriedades mecânicas e de barreira, serem livres de tóxicos, seguros para a saúde, não poluentes e possuírem baixo custo do material e do processo de produção.

## REFERÊNCIAS

- Avérous, L.; Fringant, C.; Moro, L. (2001). Starch-based biodegradable material suitable for thermoforming packaging. **Starch**, 53, 368–371.
- Baldwin, E.A.; Nisperos, M.O.; Chen, X.; Hagenmaier, R.D. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biol. Technol.*, 9, 151–163.
- Benzi, L.D. Embalagem, história e evolução. **F & C Embalagem**, São Paulo, v.6, n.58, p.28-33, 1993.
- Calabia, B. P.; Tokiwa, Y.; Ugwu, C. U.; Aiba, S. Biodegradation. In: Auras, R.; Lim, L.; Selke, S.E.M.; Tsuji, H. **Poly (lactic acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
- Chen, G. G. Q. Polyhydroxyalkanoates. In: Smith, R. **Biodegradable Polymers for Industrial Application**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2005.
- Fechine, G. J. M. A Era dos Polímeros Biodegradáveis. **Plástico Moderno**. n. 423, 2010.
- Fellows, P.J. **Food processing technology: Principles and practice**. England: Woodhead Publishing Ltd., 2nd Ed., 2002, 575 p.
- Fischer, H. R.; De Vlieger, J. J. Starch-Based Nanocomposites Using Layered Minerals. In: Yu, L. **Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
- Food and Drug Administration. **Recycled Plastics in Food Packaging**. USA: CFSAN. Agosto 2005.
- Halley, P. F. Thermoplastic starch biodegradable polymers. In: Smith, R. **Biodegradable Polymers for Industrial Application**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2005.
- Henton, D. E.; Gruber, P.; Lunt, J.; Randall, J. Polylactic Acid Technology. In: Mohanty, A. K.; Misra, M.; Drzal, L. T. **Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005.
- Lima, A.M, Cerqueira, M.A, Souza, B.W.S., Santos, E.C.M., Teixeira, J.A., Moreira, R.A. Vicente, A.A. (2010) New edible coatings composed of galactomannans and

collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas transfer rate. **J. Food Eng.**, 97, 1, 101-109.

Martins, J.T.; Cerqueira, M.A.; Souza, B.W.S.; Avides, M. C., Vicente, A.A. (2010) Shelf Life Extension of Ricotta Cheese Using Coatings of Galacto mannans from Nonconventional Sources Incorporating Nisin against *Listeria monocytogenes*. **J. Agric. Food. Chem.**, 58, 3, 1884-1891.

Nelson, L.N.; Cox, M.M. (2000) **Lehninger Principles of Biochemistry**. 3rd ed., New York: Worth Publishers.

Pradella, J. G. C. Biopolímeros e Intermediários Químicos. **Relatório técnico n. 84396-205**. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos. Laboratório de Biotecnologia Industrial – LBI/CTPP. São Paulo, 2006.

Pranoto, Y.; Salokhe, V.M.; Rakshit, S.K. (2005). Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. **Food Res. Int.**, 38, 267-272.

Ribeiro, C.; Vicente, A.A.; Teixeira, J.A.; Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biol. Technol.**, 44, 63-70.

Santos, A.S.F.; Agnelli, J.A.M; Manrich, S. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.14, n.5, p.307-312, 2004.

Sarantópoulos, C.I.G.L.; Oliveira, L.M. **Embalagens termoprocessáveis: Conveniência e qualidade para produtos cárneos**. In: CTC e CETEA (Org.). *Ciência e tecnologia da Carne Bovina*, Campinas, 1995, p.71-83.

Silva, T.C.; Miranda, L.F. **Estudo comparativo das propriedades do poli (tereftalato de etileno) virgem e reciclado**. Escola de Engenharia Mackenzie, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Presbiteriana Mackenzie, ano (2003).

Souza, M.C.A.F. **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio**. Cadeia: Plásticos. UNICAMP, 2002, 102 p.



Suzuki, S.; Ikada, Y. Medical Applications. In: Auras, R.; Lim, L.; Selke, S.E.M.; Tsuji, H. *Poly (lactic acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

Spinacé, M.A.S.; De Paoli, M.A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, v.28, n.1, p.65-72, 2005.

Van Willige, R.W.G. **Effects of flavour absorption on foods and their packaging materials**. 2002. 140 f. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 2002.

Wong, W.S., Camirand, W.P., Pavlath, A.E. (1994) Development of edible coatings for minimally processed fruit and vegetables. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), *Edible coatings and films to improve food quality*. Switzerland: **Technomic Publishing Co**, pp. 65-88.