

ESTUDO SOBRE OS INSUMOS MAIS UTILIZADOS PARA SÍNTESE DE BIOPLÁSTICOS NO BRASIL

Marcio Silva Lima*

Elisângela Lopes Galvão**

RESUMO

O presente trabalho investigou os principais insumos pesquisados no Brasil para a síntese de bioplásticos. Para tanto, a coleta das informações foi realizada através um levantamento bibliográfico sistemático acerca da temática em estudo conduzida na base de dados do Google Acadêmico. A pesquisa foi delimitada para publicações ocorridas de 2012 a 2022. A partir do levantamento realizado foi possível inferir que nesse período as matérias-primas mais pesquisadas no Brasil com foco na síntese de bioplásticos foram amido e celulose. As fontes de amido mais reportadas foram : amido de batata, de mandioca e de milho. Quanto as fontes de celulose, as mais mencionadas foram cascas de mandioca, de batata e de banana.

Palavras-chave: Biopolímeros. Biomassa. Amido. Celulose.

ABSTRACT

This work investigated the main inputs researched in Brazil for the synthesis of bioplastics. For this, the collection of information was carried out through a systematic bibliographical survey on the subject under study conducted in the Google Scholar database. The research was limited to publications that occurred from 2012 to 2022. Based on the survey carried out, it was possible to state that in this period the most researched raw materials in Brazil with a focus on the synthesis of bioplastics were starch and cellulose. The most reported sources of starch were: potato, cassava and corn starch. As for the sources of cellulose, the most mentioned were cassava, potato, and banana peels.

Key words: Biopolymers. Biomass. Starch. Cellulose.

*Discente do Bacharelado em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ Campus Angicos. E-mail: marciosilvalima26@gmail.com

**Professora do Magistério Superior – Universidade Federal Rural do Semi-Árido/Campus Angicos. E-mail: elgalvao@ufersa.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O plástico convencional produzido a partir do petróleo é um material com ampla variedade de uso no mundo inteiro. Devido sua grande usabilidade, seu consumo se elevou bastante desde sua criação e implementação no mercado. Apesar de ser viável economicamente e apresentar propriedades interessantes como leveza, maleabilidade e durabilidade, o mesmo resulta num grande malefício ao meio ambiente ao ser descartado (MASSUGA et al., 2021). Além disso, sua matéria-prima não é renovável e gera muita emissão de carbono durante sua produção (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

O maior problema envolvendo os plásticos convencionais surge após o seu consumo, pois são descartados de forma incorreta na maioria dos países, gerando acúmulos em locais indevidos e ocasionando poluição. A reciclagem existe como forma de reduzir esse impacto, porém, existe uma grande discrepância entre o que se produz e o que se recicla. Na maior parte das ocasiões menos de 10% de todo lixo plástico produzido é de fato reciclado (OCDE, 2022). Com isso, surge a importância das aplicações do bioplástico, um material feito a partir de fontes orgânicas e renováveis, que pode substituir gradativamente os plásticos convencionais, principalmente aqueles utilizados para embalagens de alimentos, que são os mais consumidos e descartados em todo o mundo. Diante disso, o presente trabalho se propôs a realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso de bioplásticos na produção de embalagens para alimentos, com foco nas pesquisas que vem sendo realizadas pelas universidades brasileiras, de modo a estabelecer as principais matérias-primas que vem sendo estudadas para esta finalidade no Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plásticos convencionais

Dados históricos apontam que o primeiro plástico foi fabricado a partir de celulose e apresentado na “Great London Exposition” em 1862, tendo recebido o nome de Parkesine, em homenagem ao seu inventor, Alexandre Parkes. Durante os 40 anos que se seguiram, foram fabricados vários plásticos derivados de matérias-primas naturais, mas foi apenas em 1907 que o Bakelite, o primeiro plástico totalmente sintético, foi produzido por Leo Hendrik Baekeland (LE COUTEUR; BURRESON, 1991; ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

Entretanto, os plásticos convencionais de fonte fóssil somente começaram a ser utilizados em larga escala a partir da década de 1950 e, desde então, sua produção só aumenta. Em 1950, foram produzidos 2 milhões de toneladas desse material, enquanto, apenas no ano de 2015, a produção foi de 380 milhões de toneladas (MAZHANDU et al., 2020 apud LOUREIRO, 2021).

Segundo a American Standard for Testing and Materials (ASTM), os plásticos em si tratam-se de materiais essencialmente compostos a partir de uma ou mais substâncias poliméricas orgânicas, com alta massa molar; se apresentando sólidos em seu estado acabado, mas que em algum momento da fabricação ou transformação pode ser moldado por fluxo para se obterem os produtos desejados (MEI, 2016. p. 21).

O plástico petroquímico, ou comumente chamado de plástico convencional é um dos materiais mais atrativos e utilizados no mercado produtivo em todo o mundo, porém é a razão de todas as preocupações relacionadas aos impactos ambientais, pois trata-se de um material sintético, ou seja, não natural, produzido através de petróleo e seus derivados e aditivado com diversos componentes que lhe conferem uma ampla bagagem de características desejáveis ao mercado, como alta resistência, boa maleabilidade, imensa durabilidade e entre outras; além de um baixo custo de produção (LANDIM et al. 2016). Apesar das características atrativas dos plásticos convencionais, a grande questão envolvida e amplamente discutida é o fato dele impactar diretamente o meio ambiente com problemas que vão desde sua produção, como as emissões de carbono até a sua fase de descarte, já que devido imenso tempo de decomposição, acarreta uma alta geração de lixo e acúmulo em locais inapropriados (LANDIM et al 2016; MEI, 2016).

2.1.1 Problemas ambientais

Em escala global, a produção e o consumo de plásticos têm aumentado exponencialmente (BEEGREEN, 2019; MOUALLEM, 2019). A cada dia, milhares de toneladas de plástico são produzidas e descartadas em todo o mundo. Só no ano de 2019 foram mais de 460 milhões de toneladas produzidas, um salto de mais de 80 milhões de toneladas se comparado com a produção em 2015, de 380 milhões de toneladas (CHIARETTI, 2022; MOUALLEM, 2019). Só no Brasil, segundo estudos do Banco Mundial, atualmente, em números são mais de 11,3 milhões de toneladas de lixo plástico por ano, sendo que apenas 1,3% deste valor é reciclado de fato (cerca de 145 mil toneladas), tornando o país o 4º colocado no ranking dos países com maior produção de lixo plástico no mundo, e um dos que menos recicla seus materiais, ficando muito abaixo da média global estipulada em 9% (WWF, 2019; MOUALLEM, 2019).

Além disso, uma má gestão dos resíduos sólidos urbanos resulta em sérios problemas ambientais, tais como: contaminação do solo, do ar e das águas superficiais e subterrâneas; combustão nociva de gases; ocupação de grandes espaços nas cidades pelos resíduos, que em sua grande maioria são persistentes quanto à degradação natural, entre outros problemas (VELOSO et al, 2022).

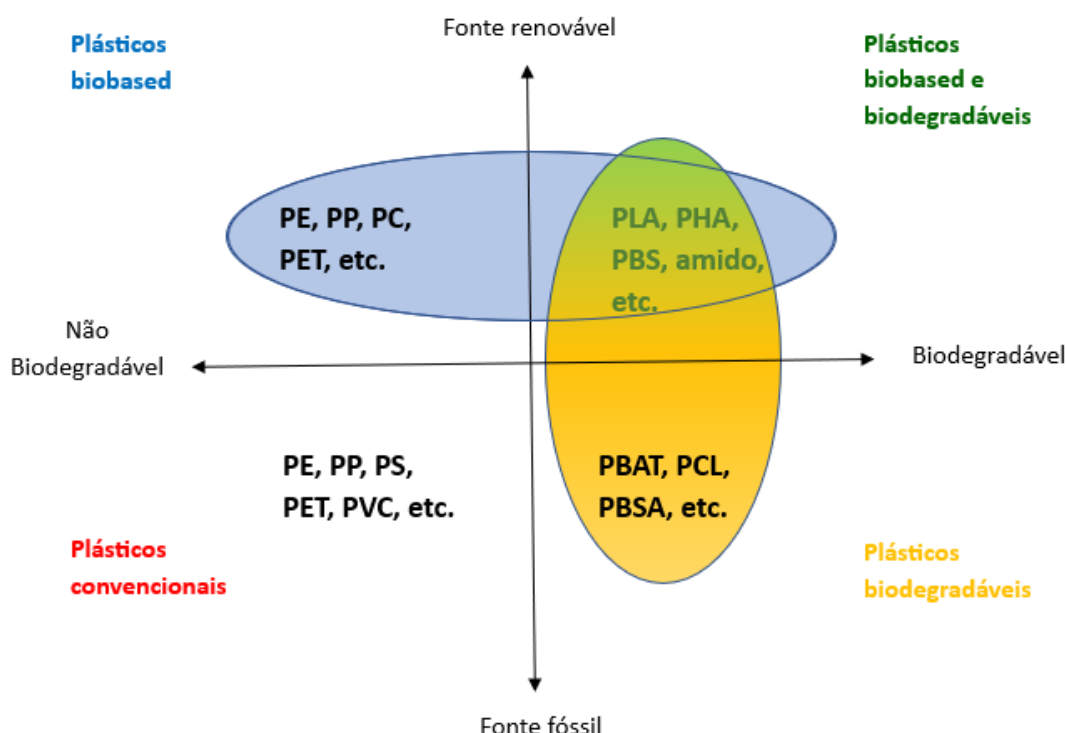
Outro fator importante que merece destaque foi a recente pandemia da COVID-19, que agravou ainda mais o quadro de consumo de plástico, a partir do uso de máscaras, EPIs e também elevando o consumo de embalagens plásticas e sacolas (MASSUGA et al., 2021). Com relação apenas ao uso de máscaras, uma estimativa do Atlas do Plástico (2020) apresenta que, se todos os brasileiros utilizassem máscaras descartáveis, que contêm o plástico polipropileno em sua composição, utilizaríamos 3,5 bilhões de máscaras por mês, o que em toneladas equivaleria a 10,5 mil toneladas ao mês (Atlas do plástico, 2020). Já com relação aos plásticos exclusivamente destinados a embalagem de alimentos, verificou-se que a pandemia da COVID-19 modificou e alavancou o modelo de comercialização de alimentos prontos para o consumo, baseado em embalagens e utensílios descartáveis (VELOSO et al, 2022). Com isso, as pesquisas sobre o uso de bioplásticos como alternativa às embalagens convencionais adquire ainda mais importância.

2.2 Bioplásticos

Os bioplásticos podem ser produzidos a partir de uma ampla quantidade de matérias-primas de fontes renováveis, isso é um dos pontos positivos que os envolvem, e que os tornam bastante atrativos para alguns mercados do Brasil e do mundo, e entra como vantagem na frente dos plásticos convencionais, que só possuem o petróleo como fonte material primária de produção (MEI, 2016). Essa especificidade é algo fundamental e um dos critérios principais utilizados como justificativa para uma integral substituição dos plásticos petroquímicos.

Os bioplásticos abrangem tanto plásticos biodegradáveis como não biodegradáveis (MEI, 2016). Os materiais utilizados para produção de plásticos biodegradáveis podem ser de origem biológica de fonte renovável (*biobased*) ou sintético de origem fóssil (Figura 1).

Figura 1. Classificação dos plásticos quanto a sua origem e biodegradação.



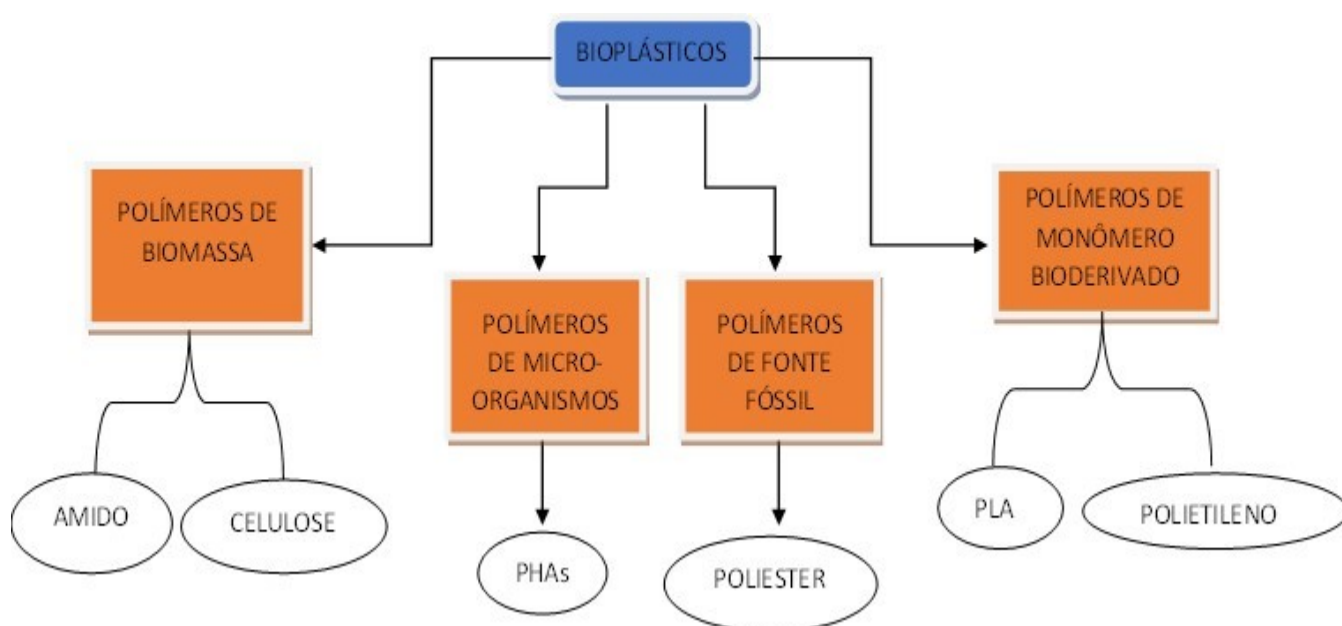
Os bioplásticos biodegradáveis são aqueles que podem ser decompostos em compostos orgânicos, dióxido de carbono e água pela ação de microrganismos e são usados principalmente em aplicações descartáveis, como sacolas, embalagens para alimentos e utensílios descartáveis (MEI, 2016; LOUREIRO, 2021). Os bioplásticos biodegradáveis mais comuns são o ácido polilático (PLA), o polihidroxialcanoato (PHA) e o polibutadieno succinato (PBS). O PLA é feito a partir do amido de milho e é usado principalmente em aplicações descartáveis. O PHA é

produzido por bactérias e pode ser decomposto em compostagem doméstica. O PBS é feito a partir de matérias-primas renováveis, como óleo de palma e óleo de soja, e é usado principalmente em aplicações de embalagens (MEI, 2016; LOUREIRO, 2021).

Já os bioplásticos não biodegradáveis são aqueles que não podem ser decompostos por microrganismos e, portanto, precisam ser reciclados ou descartados em aterros sanitários (MEI, 2016). Dentro dessa classificação, os mais comuns são o polietileno verde (PE), o polipropileno (PP) e o policarbonato (PC). O polietileno verde é produzido a partir do etanol da cana-de-açúcar e tem propriedades semelhantes ao polietileno convencional. O polipropileno é produzido a partir de óleo de palma e pode ser usado em aplicações duráveis, como peças automotivas e eletrônicas. O policarbonato é produzido a partir de fontes renováveis, como o óleo de mamona, e pode ser usado em aplicações que exigem alta resistência e transparência, como lentes de óculos e janelas de aviões (NEUPLAST, 2018; BELLOCOPO, 2020; AMA, 2021).

Os bioplásticos são basicamente produzidos através de alguns polímeros como: polímeros extraídos de biomassa, polímeros produzidos por microrganismos, polímeros sintetizados de matéria-prima de fonte fóssil e os polímeros sintetizados de monômeros bioderivados (Figura 2).

Figura 2 – Principais categorias de bioplásticos e suas fontes.



Fonte: Adaptada de Platt (2010) apud Mei (2016).

As principais matérias-primas dos polímeros extraídos de biomassa são o

amido e a celulose. O amido pode ser obtido a partir da batata, da mandioca, do milho, do trigo e de outros alimentos com características semelhantes (SANTOS et al., 2013; AZEVEDO et al., 2017; SILVA; BRINQUES; GURAK, 2020; DEL VECCHIO; SILVA, 2020, ALMEIDA et al., 2020), enquanto a celulose vem da madeira e das fibras (SANTOS, 2015; DOGNINI et al., 2020); já os polímeros produzidos por micro-organismos, os chamados PHAs (polihidroxialcanoato), que são poliésteres obtidos por fermentação de biomassa ou de plantas modificadas geneticamente, tem como principais matérias-primas o amido, o metano e o lodo; já os de fonte fóssil são os poliésteres, obtidos a partir do petróleo e gás natural; e por fim, os de monômeros bioderivados, que compreendem o PLA (ácido polilático), o polietileno e o bio-pet, derivados da cana-de-açúcar, uma matéria-prima em abundância no Brasil, bastante utilizada na produção do biocombustível etanol (MEI, 2016; LANDIM et al., 2016; AMARAL et al., 2019).

Além das citadas acima, foram encontradas algumas outras fontes, entre elas estão: o óleo vegetal, extraído de plantas como soja, palma e girassol (ZORTÉA et al., 2013; ROCHA, 2017; RODRIGUES et al., 2018; RODRIGUES, 2022); resíduos das indústrias de frutas e vegetais (ANDRINO, 2021), como também de leite, como é o caso da caseína (CARVALHO; LICCO, 2017; JUSTINO et al., 2022). Todas as matérias-primas mencionadas já foram testadas e utilizadas de forma efetiva para a produção de bioplásticos. Entretanto, as matérias-primas mais recomendadas em questão de uso em embalagens ou ambientalmente corretas são o amido, a celulose e os PLAs, justamente pelo fato que são biodegradáveis e biobased ao mesmo tempo, ou seja, são produzidos com fontes renováveis e possuem tempo de decomposição relativamente curtos (MEI, 2016).

2.3 Breve estado da arte sobre os bioplásticos

O primeiro bioplástico foi desenvolvido em 1920 pelo agrônomo francês Maurice Lemoigne, a partir de bactérias (ROCHA, 2017). Ele observou células refratárias no interior da bactéria *Bacillus megaterium* e, mais tarde, esse material foi identificado como PHB (Polihidroxibutirato), um polímero biodegradável promissor e muito utilizado atualmente. Apesar de ter sido desenvolvido em 1920, o PHB só começou a ser alvo de interesse e ter suas propriedades físicas e químicas estudadas em 1970, por conta da crise do petróleo (LOUREIRO, 2021).

A produção de bioplásticos em grande escala só começou a acontecer a partir da década de 1980, quando a necessidade de reduzir a dependência do

petróleo e as preocupações com o meio ambiente se tornaram mais urgentes.

Em 2000, o químico americano Richard Gross e seus colaboradores publicaram um artigo intitulado "Biodegradable polymers for the environment" na revista Science, no qual discutiram os desafios e oportunidades no desenvolvimento de bioplásticos e outros materiais biodegradáveis. Este trabalho chamou atenção para a importância da pesquisa sobre os bioplásticos como uma forma de reduzir a dependência do petróleo e reduzir os impactos ambientais dos plásticos convencionais (PUBMED, 2002; SCIENCE, 2002).

Desde sua criação, os bioplásticos têm sido objeto de interesse em todo o mundo e seu desenvolvimento tem se acelerado nos últimos anos, consequentemente, tem havido um aumento significativo no desenvolvimento e publicação de artigos e trabalhos científicos sobre bioplásticos, refletindo o crescente interesse na área.

No Brasil, a produção de bioplásticos ainda está em fase inicial de desenvolvimento, mas já é possível perceber um crescimento significativo, pois as pesquisas tem avançado muito nos últimos anos. A produção científica brasileira na área de bioplásticos tem se concentrado principalmente em materiais como o polihidroxibutirato (PHB) e o ácido polilático (PLA), produzidos a partir de fontes renováveis como a cana-de-açúcar e o milho (TELLES; SARAN, 2011).

2.4 Dados econômicos e desafios do setor

No mercado, os bioplásticos ainda representam uma pequena fração do mercado total de plásticos, mas sua demanda está crescendo. De acordo com uma pesquisa de mercado da Grand View Research, o mercado global de bioplásticos deve atingir US\$ 19,93 bilhões até 2027, impulsionado pelo aumento da conscientização sobre sustentabilidade e regulamentações governamentais mais rígidas em relação ao uso de plásticos convencionais (KORBER, 2019, AGROLINK, 2021).

Atualmente, a União Europeia é líder na produção de bioplásticos, seguida por América do Norte e Ásia. O setor de bioplásticos tem crescido rapidamente em todo o mundo, e a previsão é que a produção mundial de bioplásticos chegue a 2,44 milhões de toneladas em 2024 (EUROPEAN, 2020; BARBATO, 2022).

O desenvolvimento dos bioplásticos no Brasil segue uma trajetória semelhante ao que ocorreu no mundo, mas com algumas particularidades. Desde o

início dos anos 2000, o país tem investido em pesquisa e desenvolvimento de bioplásticos, com foco em materiais como o PHB (polihidroxibutirato), que é produzido a partir de bactérias (FAPESP, 2002). Além disso, o Brasil é um dos principais produtores de biocombustíveis, e detém um enorme potencial para a produção de biomassa, que pode ser utilizada na produção de bioplásticos. Alguns avanços já foram obtidos no país, como a produção de bioplásticos a partir de resíduos de cana-de-açúcar, por exemplo. A cana-de-açúcar é uma das principais matérias-primas utilizadas no Brasil, devido à sua abundância e facilidade de processamento. Empresas como a Braskem, por exemplo, produzem um tipo de plástico conhecido como Polietileno Verde (PE verde), obtido a partir da cana-de-açúcar, que já é comercializado em larga escala (BRASKEM, 2012; FAPESP, 2020; ECYCLE, 2021). O PE verde, colabora para a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa, pois durante sua produção há captura e fixação de gás carbônico da atmosfera. O Polietileno de alta densidade verde (PEAD verde) possui as mesmas funções, características e aplicações que polietilenos (PE) provenientes de recursos fósseis. Porém comparado aos PE à base de petróleo ou gás natural, PEAD verde usa 70% menos combustível fóssil e emitem, aproximadamente, 170% menos gases causadores do efeito estufa. O PEAD verde é uma alternativa viável na substituição de PEAD convencional para embalagens de produtos de grande consumo, como os alimentos. Assim como o PE, o Poli(cloreto de vinila) verde ou PVC verde, também é produzido a partir do etanol de cana-de-açúcar. No Brasil a empresa responsável por sua produção é a Solvay Indupa, multinacional belga (LANDIM et al 2016 p. 88) .

Além da cana-de-açúcar, outros materiais renováveis também têm sido explorados para a produção de bioplásticos no país, como a mandioca, o milho e o pinhão-manso (ORTIZ, et al, 2012; ROCHA, 2014; LUCHESE, C. L. et al. 2019; OLHAR DIGITAL, 2022). Pesquisadores brasileiros têm se dedicado a investigar as propriedades desses materiais e sua viabilidade para a produção de bioplásticos. Apesar dos avanços, o setor ainda enfrenta desafios como a falta de investimentos e de incentivo.

Um grande desafio na produção de bioplásticos é garantir que eles sejam realmente mais sustentáveis do que os plásticos convencionais. Embora os bioplásticos sejam produzidos a partir de fontes renováveis, eles ainda exigem uma quantidade significativa de energia e recursos para serem produzidos. Além disso, a maioria dos bioplásticos biodegradáveis só se decompõem em compostagem industrial, o que significa que eles precisam ser separados do lixo comum e

enviados para instalações especializadas de compostagem (BBC, 2020).

No entanto, a pesquisa e desenvolvimento de bioplásticos continuam avançando, e há várias iniciativas em andamento para tornar a produção de bioplásticos mais eficiente e sustentável. Por exemplo, pesquisadores estão explorando novas fontes de matérias-primas para bioplásticos, como resíduos agrícolas e celulose de madeira. Além disso, há um interesse crescente em tecnologias de reciclagem de bioplásticos, que poderiam permitir que esses materiais sejam reciclados junto com os plásticos convencionais.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

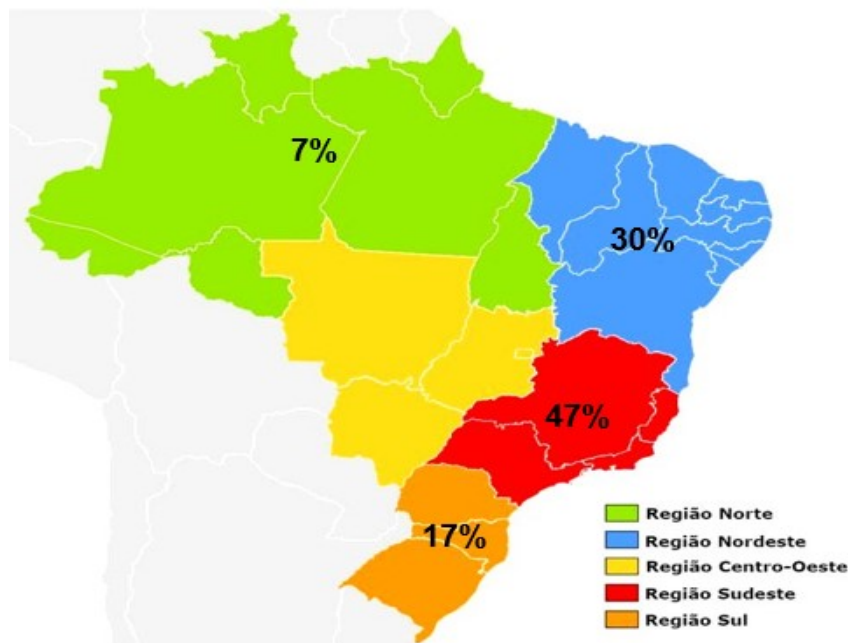
O trabalho foi desenvolvido a partir de um levantamento bibliográfico sistemático acerca da temática em estudo conduzida na base de dados do Google Acadêmico. Seguida da leitura de artigos e monografias sobre as matérias-primas mais utilizadas na produção de bioplásticos destinados a revestimentos e embalagens de alimentos, com foco nas pesquisas realizadas por universidades brasileiras nos últimos 10 anos. As seguintes palavras-chave foram utilizadas na busca: bioplásticos, bioplásticos para embalagens, plásticos biodegradáveis. Ao total, 30 estudos foram selecionados, compondo o portfólio de pesquisa. Os artigos encontrados foram selecionados dentro do escopo do trabalho e foi feito um apanhado sobre as principais matérias-primas utilizadas na síntese de bioplásticos destinados a embalagem de alimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo a realizar um levantamento sobre as pesquisas na área de bioplásticos desenvolvidas no Brasil no período de 2012 a 2022 foram analisados um total de 30 publicações referentes a esse tema.

Analisando todas as informações adquiridas foi possível observar os seguintes resultados: com exceção da região centro-oeste (onde não foram encontradas publicações no período estipulado), todas as demais regiões do Brasil desenvolveram trabalhos científicos sobre bioplásticos nos últimos 10 anos, com destaque para as regiões sudeste e nordeste, com 47% e 30% das publicações, respectivamente. A região sul ficou em terceiro lugar, com 17% das publicações e a região norte com 7% (Figura 3).

Figura 3. Mapa evidenciando as porcentagens em cada região do Brasil.



As universidades e instituições de ensino brasileiras têm tido importante papel na pesquisa sobre novos materiais a serem testados para o desenvolvimento de bioplásticos. O Quadro 1 apresenta diversos tipos de matérias-primas que vem sendo pesquisadas no Brasil, abordando também vantagens e desvantagens das mesmas .

Quadro 1 .Principais matérias-primas pesquisadas no Brasil para produção de bioplásticos.

Matéria-prima utilizada	Vantagens da matéria-prima	Desvantagem da matéria-prima	Autor(es)	Instituição de origem	Ano da publicação
Amido de milho e de mandioca	—	—	Ortiz et al.	Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro (UFRRJ)	2012
Amido de mandioca	Consistência viscoelástica e permeável a água	—	Santos et al.	Faculdade Estadual de Ciências e de Letras de Campo Mourão (Fecilcam)	2013
Amido de mandioca e proteína de soja	Baixa permeabilidade ao vapor de água, baixa solubilidade e boa resistência mecânica	Os filmes plásticos necessitam de otimização	Geisa Oliveira Rocha	Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro (UFRRJ)	2014
Cana de açúcar	Elevada cristalinidade, resistência à mistura, resistência à água, pureza óptica, boa estabilidade	Alto custo de produção e processo de produção complicado.	Camila Chuluck da Fonseca	Universidade de São Paulo (USP)	2014
Amido de jaca com lisozima	Boa aparência e atividade antimicrobiana	—	Taline Amorim Santos	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)	2015
Fécula de batata, farinha de maracujá, óleo de soja	Características semelhantes ao amido de milho	Menor resistência a tração	Azevedo et al.	Universidade Federal Fluminense (UFF)	2017
Óleo de mamona e glicerol	Bom desempenho elastomérico	Baixa conversão polimérica	Gomes et al.	Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)	2017
Batata doce	Filme consistente, com relativa resistência mecânica e maleabilidade.	—	Oliveira et al.	Instituto Federal do Tocantins	2018
Resina da ciriguela	Alta velocidade de degradação	Lenta absorção de água	Antônio Batista de Queiroz Junior	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	2018

Amido de batata-frita	Bons resultados na permeabilidade a vapor de água e bom retardando de deterioração de alimentos	—	Karoline Mansano Romeira	Universidade Estadual Paulista	2019
Proteína do leite (caseína).	Baixo custo de produção caseira	Inviável industrialmente	Carvalho & Licco	Centro Universitário Senac - SP	2017
Casca de banana-prata	Grande maleabilidade e resistência	—	Moraes et al.	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN	2019
Pectina com adição de fibras de mesocarpo do coco-da-baía	Diminuição da solubilidade e permeabilidade a vapor de água	—	Paixão et al.	Universidade Federal do Maranhão (UFMA)	2019
Amido de milho contendo farinha de subproduto de broto	Alta capacidade de retenção de água e baixa retenção de óleo.	capacidade de retenção de água inferior se comparado ao amido	Silva; Brinques; Gurak	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)	2020
Casca de batata e mandioca, talos de mandioca e glicerina.	Consistência macia, elástica, e bastante maleável	—	Almeida et al.	Universidade de Uberaba (UNIUBE)	2020
Borra de café	—	—	Dognini et al.	Instituto Federal Catarinense	2020
Alginato de sódio e Cloreto de cálcio	Boa flexibilidade e totalmente solúvel em água	Não demonstrou bons parâmetros para luminosidade	Renata Cristina Borges Da Silva Macedo	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	2020
Casca de banana e de ovo	Boa taxa de biodegradação	Pouco resistente a tração	Bezerra et al.	Centro Universitário UniFBV (Recife-PE)	2021
Agar com adição de cera de abelha	—	Não ideal para embalagens transparentes	Carvalho & Leite	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	2021
Fécula de mandioca e quitosana com extrato da semente de uva	Boa resistência a elasticidade e boa taxa de permeabilidade de vapor de água	—	Bárbara Jéssica Pinto Costa	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	2022

Do total de trabalhos analisados foram selecionadas 20 pesquisas, as quais traziam uma diversidade de matérias-primas distribuídas pelas diversas regiões no Brasil. As matérias-primas mais relatadas foram amido, celulose e cana-de-açúcar. Dentre os 20 artigos selecionados, em 12 deles, os pesquisadores trabalharam com algum tipo de amido como fonte de obtenção de bioplástico, entre eles, os amidos de batata, de mandioca e de milho, ou seja, mais de 50% dos trabalhos optaram pelo amido, algo que pode ser explicado pela facilidade e baixo custo de obtenção. A segunda matéria-prima mais relatada foi a celulose, ao todo, foi utilizada em 6 pesquisas. Diferentes fontes de celulose foram abordadas pelos autores: cascas de batata, mandioca, maracujá e banana, incluindo também borra de café e até mesmo resina de seriguela.

Com relação as pesquisas desenvolvidas na região nordeste, uma grande variedade de matérias-primas foram investigadas: batata doce, fibras de cascas de banana, agar com adição de cera de abelha, fécula de mandioca e quitosana com extrato da semente de uva, entre outras, em sua grande maioria utilizando a tecnologia de casting.

Oliveira et al (2018) produziram um polímero biodegradável a partir do amido de batata-doce utilizando a tecnologia de *casting*, que consiste na solubilização do amido em água e aquecimento até 130°C, com posterior adição de ácido acético 10% e glicerina. Os autores relataram que o amido extraído da batata-doce possibilitou a fabricação de um bioplástico com características homogêneas formando um filme consistente, com relativa resistência mecânica e maleabilidade. Outra pesquisa que também utilizou a tecnologia *casting* foi o trabalho de Moraes et al. (2019) visando a produção de um bioplástico com base em amidos orgânicos e fibras da casca de banana-prata (*Musa acuminata*). Os autores informaram terem obtido um filme de alta resistência, boa maleabilidade e baixo custo.

Carvalho e Leite (2021) produziram filmes mistos à base de ágar, glicerol, cera de abelha e tween 80. De acordo com os autores, aditivos como ceras e surfactantes podem alterar as propriedades ópticas dos filmes de biopolímeros. Os autores utilizaram um planejamento experimental e através de uma análise de regressão determinaram como a adição de cera de abelha e do tween 80 em diferentes concentrações afetaram as propriedades ópticas dos filmes. Os autores observaram que um aumento dos teores de cera e de tween levaram a filmes mais amarelados e opacos.

Costa (2022) analisou a eficiência do uso de blendas poliméricas de fécula de mandioca e quitosana incorporadas com extrato da semente de uva na conservação

de camarão refrigerado. Após o preparo das soluções filmogênicas, essas foram aplicadas nos camarões, que ficaram acondicionados em refrigeração a $7\pm1^{\circ}\text{C}$ durante seis dias. Para avaliar a qualidade do camarão, foram realizadas análises microbiológicas e físico-químicas nas amostras de camarão.

Além dos trabalhos abordados na Tabela 1, alguns outros trabalhos foram encontrados sobre a temática dos bioplásticos e seu uso para embalagens de alimentos, como o trabalho de Fortuna (2020): “IMPACTOS AMBIENTAIS DOS PLÁSTICOS: BIOPOLÍMEROS COMO ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DO ACÚMULO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS DE POLIPROPILENO NO MEIO AMBIENTE”, que analisou dois biopolímeros capazes de substituir o polipropileno na fabricação de embalagens flexíveis, o poliácido láctico (PLA) e os polihidroxialcanoatos (PHAs).

Outro importante trabalho foi o estudo de Ferreira, Silva; Madeira (2019) que abordaram os avanços em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de embalagens de baixo impacto ambiental (as chamadas embalagens verdes, ativas ou inteligentes). Em seu trabalho, os autores relataram os principais insumos utilizados na produção desse tipo de embalagem, as principais características e algumas aplicações. E ainda o trabalho de Landim et al (2016): “SUSTENTABILIDADE QUANTO ÀS EMBALAGENS DE ALIMENTOS NO BRASIL”. Todos eles foram utilizados como base para esta revisão bibliográfica e trazem bagagens sobre o problema dos plásticos convencionais, a vantagem dos bioplásticos e a importância de sua aplicação e implementação.

A pesquisa e a produção de bioplásticos continua avançando e é provável que esses materiais desempenhem um papel cada vez mais importante na futura economia global.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os plásticos são materiais amplamente utilizados na sociedade atualmente devido a sua praticidade e variabilidade de utilização, que vão desde embalagens de alimentos até componentes automotivos e eletrônicos. No entanto, os plásticos convencionais, que são derivados do petróleo, apresentam graves problemas ambientais em sua produção e descarte, como a emissão de carbono e o acúmulo de resíduos que levam séculos para se decompor. A reciclagem de plásticos convencionais ainda é limitada, com apenas cerca de 5% dos plásticos sendo reciclados e reaproveitados, o que torna necessário buscar alternativas.

Os bioplásticos, por serem derivados de fontes renováveis e por apresentarem menor impacto ambiental, surgem como uma alternativa promissora em relação aos plásticos convencionais.

O presente trabalho realizou uma revisão bibliográfica sobre os bioplásticos, destacando suas definições, características e principais matérias-primas, bem como apresentou um breve histórico sobre as pesquisas em desenvolvimento no Brasil.

Constatou-se que os bioplásticos são uma alternativa promissora aos plásticos convencionais, mas ainda há desafios a serem superados em relação à eficiência da produção, reciclagem e decomposição. Apesar de demonstrar vantagens ambientais e ser uma das melhores respostas atuais ao plástico petroquímico, vale salientar que o bioplástico não é, de forma alguma, a única solução existente. Também não é integralmente capaz de reverter ou conter os problemas gerados pelo plástico convencional. O bioplástico consiste apenas em uma alternativa, mas, por ser algo relativamente novo e com custo de produção ainda elevado, sua produção comercial ainda é feita em pequena escala, estando mais direcionada para plásticos de uso único. O fato é que são necessárias a realização de mais pesquisas e investimentos para que os bioplásticos possam se tornar economicamente viáveis e possivelmente serem usados e produzidos em larga escala pela indústria. Até lá a redução do consumo de plásticos de uso único (especialmente sacolas e embalagens) tem que partir de cada indivíduo, em prol de um modo de vida mais sustentável e de uma sociedade menos poluidora.

Enfim, esta pesquisa espera ter contribuído para um conhecimento inicial sobre os bioplásticos, bem como, espera ter despertado alguma reflexão sobre a necessidade de adotar práticas mais sustentáveis, como a redução no consumo de plásticos de uso único pela sociedade: menos sacolas, menos embalagens, menos lixo!

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.A. et al. Produção de bioplástico feito a partir de resíduos orgânicos. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p 12471-12478, mar. 2020.

ATLAS DO PLÁSTICO. Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. Disponível em: <[Atlas do Plástico | Heinrich Böll Stiftung - Rio de Janeiro Office \(boell.org\)](#)> Acesso em: 29 de abril 2023.

AGROLINK, 2021. Disponível em< https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-bioplasticos-deve-crescer-muito_454597.html> Acesso em: 02 de maio de 2023.

AMA, 2021. Disponível em< <https://blog.cidadeama.com.br/os-diferentes-tipos-de-plastico/>> Acesso em: 12 de março de 2023.

ANDRINO, L.M. **Produção de embalagens a partir do aproveitamento de coprodutos da indústria de alimentos: uma revisão**. 97f. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos)- Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas-MG, 2021.

AZEVEDO, A.R. et al. Síntese de bioplásticos feitos com polímeros naturais: uma alternativa para a gestão ambiental. **Conhecimento & Diversidade**, Niterói, v. 9, n. 19, p. 59–70, out./dez. 2017.

BARBATO, 2022: Disponível em:< file:///C:/Users/Aluno/Downloads/20art_Pg_365-390.pdf. Acesso em: 09 de abril de 2023.

BBC, 2020. Disponível em:< <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-52926914>> Acesso em: 11 de abril de 2023.

BEEGREEN. **Poluição plástica: como o consumo continua poluindo o planeta**. 2019. Disponível em: <https://beegreen.eco.br/poluicao-plastica-e-consumo/>. Acesso em: 24 out. 2022.

BELLOCOPO, 2020. Disponível em< ; <https://bellocopo.com.br/diferentes-tipos-plastico-como-sao-usados/>> Acesso em: 16 de março de 2023.

BRASKEM, 2012; Disponível em<

https://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Catalogo_PE_Verde.pdf> Acesso em: 19 de março de 2023.

BEZERRA, E.S.; ANDRADE, P.L. Desenvolvimento de Bioplásticos a base de cascas de bananas e de ovos. **Ciência e Engenharia de Materiais**. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/desenvolvimento-de-bioplasticos-a-base-de-cascas-de-bananas-e-de-ovos>. Acesso em: 04 de abril de 2023.

CARVALHO, G.C.A.; LICCO, E.A. Valorização de resíduos: produção de galalite a partir de leite não comercializado. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, Edição Temática em Sustentabilidade, São Paulo: Centro Universitário Senac v. 7, n.1, nov, 2017.

CARVALHO, L.J.S.; LEITE, R.H.L. **Influência da adição de cera de abelha e tween 80 nas propriedades ópticas de filmes à base de ágar** (Trabalho de Conclusão de Curso), Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2021.

CHIARETTI, D. **Mundo produziu 460 milhões de toneladas de plástico em 2019 e reciclou menos de 10%, alerta OCDE**. Disponível em:<
<https://valor.globo.com/brasil/noticia/2022/02/22/mundo-produziu-460-milhoes-de-toneladas-de-plastico-em-2019-e-reciclou-menos-de-10percent-alerta-ocde.ghtml>.
Acesso em: 24 out. 2022.

COSTA, B.J.P. **Eficiência de blendas poliméricas de fécula de mandioca e quitosana com extrato da semente de uva em parâmetros de qualidade do camarão refrigerado**. 77f. (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2022.

DOGNINI, D. et al. **Síntese de bioplástico utilizando a celulose extraída da borra do café**. Formação Acadêmica, Científica, Cultural e Humanística, Instituto Federal Catarinense, Campus Brusque-SC, 2020.

DEL VECCHIO, G. R. da S.; SILVA, L. Obtenção do bioplástico a partir do amido de batata-doce. **Ciência & Tecnologia**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 203-207, 2020.

ECYCLE, 2021. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/bioplastico/>> Acesso em: 24 abril de 2023.

EUROPEAN, 2020; Disponível em: < <https://bioplasticseurope.eu/about>. Acesso em: 24 janeiro de 2023.

FAPESP, 2020. Disponível em: < <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-promessa-dos-bioplasticos/>> Acesso em: 14 abril de 2023.

FERREIRA, D.; SILVA, P. MADEIRA, T. F. Embalagens verdes: conceitos, materiais e aplicações. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, v. 1, n. 2, 2019, p. 28-39.

FONSECA, C.C. **Produção e utilização do biopolímero poli(hidroxibutirato) (PHB) em embalagens alimentícias**. 64 f. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Bioquímica.) - Universidade de São Paulo, Lorena-SP, 2014.

FORTUNA, A.L.L. **Impactos ambientais dos plásticos: biopolímeros como alternativa para a redução do acúmulo de embalagens flexíveis de Polipropileno no meio ambiente**. 124 f. (Monografia em Engenharia Química), Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

GOMES, R.V.; MELO, B.N.; VELLOSO, M.H.R. Síntese e caracterização de bioplásticos a partir de glicerol e óleo de mamona. **Latin American Journal of Energy Research**, v.4, n.1. p.41-51, 2017.

KORBER, 2019, Disponível em: < <https://blog.koerber-tissue.com/pt/como-os-biopl%C3%A1sticos-e-os-fabricantes-de-tissue-est%C3%A3o-resolvendo-uma-crise-ecol%C3%B3gica>. Acesso em: 17 out. 2022.

JUSTINO, H.F.M. et al., Principais biopolímeros derivados de subprodutos alimentares: uma breve revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC**, v. 08 n. 07, 2022.

LANDIM et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil.

Polímeros, 26 (número especial), p. 82-92, 2016.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. **Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história**. Editora: Zahar, 1991.

LOUREIRO, A.O. **Bioplásticos e plásticos biodegradáveis: revisão bibliográfica dos principais materiais e seus impactos ambientais**. 59f. (Trabalho de Conclusão de Curso), Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos-SP, 2021.

LUCHESE, C. L. et al (2019). Avaliação da influência da incorporação de diferentes resíduos agroindustriais em filmes à base de amido de mandioca. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.2, p. 802-812, 2019.

MACEDO, R.C.B.S. **Caracterização de filmes à base de alginato de sódio e cloreto de cálcio e sua utilização na composição de coberturas comestíveis de queijo coalho**. 58f. (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2020.

MASSUGA et al, 2021. Resíduos plásticos e sustentabilidade: reflexos e impactos da pandemia de COVID-19 no contexto sociocultural e ambiental. **Revista de Gestão Social e Ambiental** ; 16(1), p.1-15, 2022.

MEI, L.H.I. (org). **Bioplásticos: biodegradáveis & biobased – definições, fontes e aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2016.

MORAIS, L.O. et al., **Produção de bioplástico a partir da casca de banana prata (*Musa acuminata*): desenvolvimento de exemplar interdisciplinar**. Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Ciências, 2019.

MOUALLEM, L. 2019. **Plástico: de mil e uma utilidades a problema ambiental**.

Disponível em: <<https://www.nexojournal.com.br/explicado/2019/04/06/Pl%C3%A1stico->

[de-mil-e-uma-utilidades-a-problema-ambiental#section-107](#)>. Acesso em: 17 out. 2022.

NEUPLAST, 2018. Disponível em: < <https://www.neuplast.com.br/blog/6-materiais-plasticos-reciclaveis-mais-utilizados-na-industria/>. Acesso em: 17 março. 2023.

OCDE, 2022. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/02/menos-de-10-do-plastico-do-mundo-e-reciclado-estima-ocde.shtml>> Acesso em: 24 out. 2022.

OLHAR DIGITAL, 2022. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/olhardigital.com.br/2022/05/11/ciencia-e-espaco/estudante-produz-plastico-com-casca-de-laranja-e-busca-apoio-para-competicao-internacional-de-ciencia/amp/> Acesso em: 13 março de 2022.

OLIVEIRA, S.V.S. et al. **Plástico biodegradável de batata doce**. Jornada de Iniciação Científica e Extensão- Ciência para redução das desigualdades, Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas, 2018.

ORTIZ, J. A. R. et al. **Propriedades mecânicas de bioplásticos extrudados termoprensados de amido de milho e de mandioca**. In: Workshop da Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, 6., 2012, Fortaleza. Anais... São Carlos: Embrapa Instrumentação; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. p. 138-140., 2012.

PAIXÃO, L.C. et al. Confeção e caracterização de filmes bioplásticos de pectina com adição de fibras do mesocarpo de Coco-da-baía (*Cocos nucifera*) seco. **Braz J. of Develop**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 19395-19412, 2019.

PUBMED, 2002; Disponível em< <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12161646/>> Acesso em 14 de abril de 2023.

QUEIROZ JUNIOR, A. B. **Produção de biopolímero utilizando resina da ciriguela (*Spondias purpurea*)**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros-RN, 2018.

ROCHA, G. O., et al. (2014). Filmes compostos biodegradáveis a base de amido de mandioca e proteína de soja. **Polímeros**, 24(5),p. 587-595, 2014.

ROCHA, L. L, N. **Utilização do óleo residual de fritura na produção de polihidroxicanoatos**. 71 f. (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp, Botucatu-SP, 2017.

RODRIGUES, J.D.O. **Poli(acil-uretanos) livres de isocianato e originadas de óleos vegetais**. 233 f. (Tese de doutorado), Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2022.

RODRIGUES, J.G.P. et al. **Síntese e caracterização físico-química de um biopolímero termorrígido a base de óleo de soja**. In: 73º Congresso Anual da ABM – Internacional, 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.

ROMEIRA, K. M. **Desenvolvimento e caracterização de bioplástico obtido a partir do amido residual proveniente da industrialização de batata frita**. 70f. (Mestrado Profissional) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos, Universidade Estadual Paulista, 2019.

SCIENCE, 2002. Disponível em<
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.297.5582.803>> Acesso em: 20 de abril de 2023.

SANTOS, B. D. et al. **Produção de bioplástico a partir do amido de mandioca**. 2013. Disponível em:
<http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Bruna_dos_Santos.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2023.

SANTOS, T.A. **Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos a base de amido de jaca com incorporação de lisozima**. 65f. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Engenharias e Ciências de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga-BA, 2015.

SILVA, M. L. T., BRINQUES, G. B., GURAK, P. D. (2020). Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de

broto. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23, e2018326.
<https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>

SILVA, J.C. **Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico dos polímeros**. 46f. (Trabalho de Conclusão de Curso), Licenciatura em Química- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2014.

TELLES; SARAN, 2011> Disponível em: <
<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/18L3bpDtBfx3yVI-t3ySGTmyvaVGQuG0V>. >
Acesso em: 20 de março de 2023.

VELOSO, R.R. et al. Uso de embalagens associadas às práticas de consumo alimentar na pandemia SARS-CoV-2. **Research, Society and Development**, v.11, n.3, 2022.

WWF. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. Disponível em:
<<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e%20o-4-pa%C3%ADs-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acesso em: 17 out. 2022.

ZORTÉA, M.E.B et al. Uso de fontes renováveis de carbono provenientes de resíduos das indústrias de alimentos e óleo de soja visando à produção de poli (3-hidroxibutirato), **Engevista**, v.15, n.2, p.166-175, 2013.