

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 06/06/2026 | aceite: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026

Revisão bibliográfica sistemática: Viabilidade de substituição de polímeros convencionais por biopolímeros no setor de embalagens alimentícias.

Systematic Literature Review: Feasibility of Replacing Conventional Polymers with Biopolymers in the Food Packaging Sector.

Revisión sistemática de la literatura: viabilidad de sustituir los polímeros convencionales por biopolímeros en el sector del envasado alimentario.

Abner Teodoro Menezes dos Santos

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

abner.teodoro@ufms.br

Elida de Paula Moraes Corveloni

Graduação em Engenharia Química (1996) - Universidade Estadual de Maringá - UEM; Mestrado em Engenharia Química, área de Desenvolvimento de Processos Industriais (2000) - Universidade Estadual de Maringá - UEM; Doutorado em Engenharia Química, área de Desenvolvimento de Processos Industriais, pela Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá - PR. Tem experiência na área de Engenharia de Processos, com ênfase em Processos Industriais e Desenvolvimento de Produto, atuando principalmente nos seguintes temas: processos industriais, clarificação, zeólitas e matéria-prima natural. Atualmente, é professora associada na UFMS, no Campus de Três Lagoas.

elida.moraes@ufms.br

<https://orcid.org/0009-0002-2670-9897>

Elizangela Veloso Saes

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Maringá (2005), MBA em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário de Maringá (2007) e mestrado e doutorado em Gestão da Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2010). A pesquisadora possui experiência na área empresarial, na qual atuou como consultora e engenheira da qualidade, desenvolvendo projetos de treinamento pessoal, certificações, controle de processos e gestão empresarial. Atualmente, é professora adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no campus de Três Lagoas, onde atua nas linhas de Planejamento e Controle de Produção, Estratégia de Produção, Gestão de Projetos e Gestão da Qualidade.

elizangela.saes@ufms.br

<https://orcid.org/0000-0002-9169-1542>

Thiago Galbiati Lagoin

Graduado em Engenharia de Controle e Automação pelo Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium (2007), com Mestrado (2011) e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista - Unesp, Campus de Ilha Solteira (2017). Atualmente, é professor associado do curso de Engenharia de Produção da UFMS - Três Lagoas. Tem experiência em Mecânica dos Sólidos, com ênfase em projetos, dinâmica e controle.

thiago.lagoin@ufms.br

<https://orcid.org/0000-0003-2659-8365?lang=en>

Sandra Cristina Marchiori de Brito

Possui graduação em Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (1999), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Atualmente, é professora titular da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, tendo atuado, desde 2012, nas seguintes áreas do curso de Engenharia de Produção do Câmpus de Três Lagoas: Estatística, Pesquisa Operacional e Controle Estatístico de Processo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Inteligência

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 06/06/2026** | **aceito: 09/06/2026** | **publicação: 12/06/2026**

Artificial, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas elétricos de potência, controle estatístico de processos e análise de dados em saúde.

sandra.brito@ufms.br

<https://orcid.org/0000-0002-1048-4606>

Resumo

Os polímeros convencionais são amplamente utilizados na indústria de embalagens alimentícias devido a fatores como baixo custo, versatilidade e resistência. Esses materiais geram grande quantidade de resíduos e têm tempo de degradação prolongado, o que prejudica o meio ambiente. Assim, os biopolímeros surgem como alternativa sustentável aos materiais de origem fóssil. O presente estudo visa analisar aspectos técnicos, econômicos e ambientais dos biopolímeros no setor de embalagens alimentícias, com vistas à substituição dos polímeros convencionais por materiais biodegradáveis. A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica sistemática, com buscas em bases de dados como Scopus, Web of Science, Elsevier e Google Scholar, limitando-se a estudos publicados entre 2021 e 2025. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 13 estudos para análise qualitativa. Com os resultados obtidos, pode-se verificar, por meio da análise, que os biopolímeros apresentam diversas vantagens: biodegradabilidade, uso de matérias-primas renováveis e redução de resíduos sólidos. Também foi observado que materiais como PLA (ácido polilático), amido, celulose e quitosana têm grande potencial de aplicação em embalagens biodegradáveis; entretanto, ainda existem barreiras relacionadas à resistência dos materiais, sensibilidade à umidade, estabilidade térmica e custos de produção. Deste modo, verifica-se que os biopolímeros são uma alternativa promissora para substituir os polímeros convencionais, porém, ainda são necessários avanços tecnológicos, melhorias nos processos e maior viabilidade econômica, visando à ampliação da aplicação em larga escala industrial.

Palavras-chave: Biopolímeros, Embalagens sustentáveis, Polímeros biodegradáveis, Sustentabilidade, Embalagens alimentícias.

Abstract

Conventional polymers are widely used in the food packaging industry due to their low cost, versatility, and strength. However, they generate a large amount of waste and have a long degradation time, harming the environment. Thus, biopolymers emerge as a sustainable alternative to fossil-based materials. This study aims to analyze the technical, economic, and environmental aspects of biopolymers in the food packaging sector to replace conventional polymers with biodegradable materials. The methodology used was a systematic literature review, searching databases such as Scopus, Web of Science, Elsevier, and Google Scholar, limiting the search to studies published between 2021 and 2025. After applying the inclusion and exclusion criteria, 13 studies were selected for qualitative analysis. Based on the results obtained, the analysis shows that biopolymers have several advantages: biodegradability, use of renewable raw materials, and reduction of solid waste. It was also observed that materials such as PLA (polylactic acid), starch, cellulose, and chitosan have great potential for application in biodegradable packaging. However, there are still barriers related to material resistance, humidity sensitivity, thermal stability, and production costs. Thus, it is clear that biopolymers are a promising alternative to conventional polymers, but technological advances, process improvements, and greater economic viability are still needed to expand their industrial applications.

Keywords: Biopolymers, Sustainable packaging, Biodegradable polymers, Sustainability, Food packaging.

1. Introdução

Os plásticos formados por polímeros convencionais, como o polietileno (PE), o polipropileno (PP) e o polietileno tereftalato (PET), são amplamente utilizados na indústria de embalagens e desempenham um papel essencial na sociedade; estão presentes em diversas atividades cotidianas, especialmente no armazenamento de alimentos e produtos de higiene pessoal, devido a características como leveza, maleabilidade, flexibilidade e resistência a agentes microbianos, bem como à taxa de degradação. Nos últimos anos, observa-se uma tendência crescente na produção e no consumo de plásticos, acompanhada de um aumento significativo na geração de resíduos decorrentes do descarte. Esse cenário é impulsionado, sobretudo, pelos baixos custos de produção e pelo modelo econômico linear, o que favorece sua ampla aplicação em produtos descartáveis. Como consequência, há acúmulo de resíduos que persistem no meio ambiente, causando impactos negativos no ecossistema e na saúde humana (TAMBURINI *et al.* 2021).

Diante desse contexto, tornam-se necessários o desenvolvimento e a comercialização de materiais alternativos igualmente viáveis, como os polímeros biodegradáveis e de base biológica (ROSENBOOM; LANGER; TRAVERSO, 2022).

Os fatores abordados anteriormente justificam a necessidade de estudos focados na substituição de polímeros convencionais por polímeros de base biológica, visando à mudança da cultura mundial, para, futuramente, produzir um ambiente menos poluído e mais limpo para a sociedade, sem afetar as práticas cotidianas.

Para que essa mudança de mentalidade ocorra de forma eficiente, é necessário compreender as classificações e a aplicação dos biopolímeros estudados na literatura científica. Segundo Jin e Spontak (2023), os polímeros de base biológica são classificados como materiais verdes, obtidos a partir de matérias-primas naturais. Fazendo-se necessário, mapear e selecionar estudos relevantes que abordem a substituição de polímeros convencionais por biopolímeros no setor de embalagens que sejam representativos (últimos 5 anos), comparar com base na literatura o desempenho técnico e ambiental dos biopolímeros em relação aos compostos poliméricos convencionais, e também analisar os principais fatores que influenciam essa viabilidade, como custo, matéria-prima, escalabilidade industrial e aceitação pelo mercado, identificando lacunas e oportunidades de pesquisas futuras relacionada a implementação de biopolímeros em embalagens sustentáveis. Eventualmente, com esses objetivos definidos, facilita a compreensão da aplicabilidade e da escala de produção industrial atuais, bem como das vantagens comparativas do ciclo de vida do produto e dos impactos ambientais gerados.

Com isto, justifica-se o estudo dos biopolímeros, devido aos impactos ambientais dos polímeros convencionais, bem como o conceito de economia circular, que vem se tornando cada vez mais importante, visando ao reaproveitamento dos recursos naturais em novos segmentos produtivos, integrando a indústria, a economia e a sociedade (SATIE; CARVALHO; ROEDER, 2021). Considerando os fatores abordados, a substituição por biopolímeros na indústria alimentícia tem sido apontada como uma alternativa mais sustentável, tendo em vista que a indústria alimentícia é um fator vital para o desenvolvimento humano, opera em grande escala e necessita de embalagens para a proteção e o manuseio dos alimentos, o que gera alta demanda por embalagens, atualmente fabricadas a partir de compostos poliméricos convencionais.

2. Referencial Teórico

2.1. Polímeros convencionais e biopolímeros

Os polímeros convencionais são atualmente essenciais em embalagens de produtos alimentícios devido à sua versatilidade de propriedades, podendo ser flexíveis ou rígidos, bem como ao baixo custo de produção, e possuem excelente barreira a agentes externos e facilidade de processamento, devido à alta moldabilidade. O principal desafio atualmente é o lixo plástico, que apresenta alto volume demandado pelo setor de embalagens e degradação lenta, com prazo de mais de 400 anos, causando poluição exorbitante e acumulada ao longo do ciclo de vida do produto. Sendo assim, são necessárias mais pesquisas para explorar novas e melhores tecnologias, com o objetivo de acelerar a degradação do plástico ou reduzir a produção de resíduos, a fim de mitigar o impacto ambiental decorrente da geração de resíduos de polímeros convencionais (BABAREMU; OLADIJO; AKINLABI, 2023).

Como meio de solucionar esses desafios, principalmente o fator acumulativo, os biopolímeros apresentam grande potencial, pois trazem benefícios ao desenvolvimento sustentável, com a redução do ciclo de vida do produto, evitando, assim, o acúmulo excessivo de resíduos no meio ambiente. A ideia dos biopolímeros surgiu a partir da descoberta de novos usos para resíduos de frutas e plantas, já comumente utilizados na indústria alimentícia, mas sem reaproveitamento, o que reforça o conceito de economia circular e promove ganhos para o meio ambiente, a indústria e a sociedade (PINTO, 2022). Eles ganharam visibilidade na indústria de embalagens por serem ecológicos e sustentáveis, constituindo uma proposta de substituição aos plásticos tradicionais derivados de combustíveis fósseis, além de ajudar a reduzir o impacto ambiental dos materiais de embalagem. Uma ampla gama de biopolímeros tem sido explorada para uso em embalagens (ULLAH; AHMED, 2025). Atualmente, observa-se que a indústria de embalagens alimentícias utiliza polímeros sintéticos como matérias-primas, devido ao seu baixo custo, acessibilidade, flexibilidade e leveza. Logo, a produção, o estudo e a aplicação de compostos poliméricos biodegradáveis são essenciais para enfrentar os desafios atuais de sustentabilidade (EDO *et al.* 2025).

2.2. Tipos de biopolímeros

Com o passar do tempo, o setor industrial tem demonstrado um interesse crescente em biopolímeros, tornando-os uma alternativa aos polímeros convencionais derivados do petróleo, devido à sua taxa de biodegradação, ao menor impacto ambiental e à independência de recursos não renováveis. A necessidade de novos materiais de origem biopolimérica deverá crescer de forma significativa, assumindo cada vez mais proporção devido à demanda e às mudanças mercadológicas (EDO *et al.* 2025). Com o desenvolvimento científico, tornou-se possível produzir diversos polímeros sustentáveis para atender a diferentes áreas de aplicação, como o setor de embalagens de alimentos. Muitos deles são variações ou são desenvolvidos a partir de moléculas já existentes, como a celulose obtida a partir de fibras vegetais (SANTOS, 2021).

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 06/06/2026 | aceito: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026

Além da celulose, há diversos biopolímeros cuja aplicação varia significativamente entre si. Entre os mais utilizados estão o amido, o ácido polilático, a quitosana e as proteínas. São biopolímeros amplamente utilizados na produção de sacolas, embalagens flexíveis e filmes para embalagens no segmento alimentício. Esses materiais são produzidos a partir de diferentes fontes e são suscetíveis a diversos desafios, como baixa resistência mecânica, sensibilidade à umidade e processabilidade limitada devido às exigências de controle de variáveis de processo, como a temperatura. A indústria requer mais inovações para melhorar a resistência mecânica e a afinidade à umidade dos biopolímeros (BABAREMU; OLADIJO; AKINLABI, 2023).

As proteínas são biopolímeros naturais compostos por aminoácidos ligados por ligações peptídicas; exemplos: seda, colágeno e queratina. Elas exibem uma variedade de funções biológicas e são empregadas na produção de alimentos, de produtos farmacêuticos, na engenharia de tecidos e em inúmeras outras aplicações. Proteínas como a de soja e a do soro do leite podem ser usadas na fabricação de materiais de embalagem biodegradáveis e são frequentemente empregadas em conjunto com outros materiais para melhorar a resistência mecânica e a flexibilidade desses materiais (ULLAH; AHMED, 2025).

Além das proteínas, outros biopolímeros se destacam, como o ácido polilático (PLA) e o ácido poliglicólico (PGA), produzidos a partir de materiais recicláveis, como amido de cana-de-açúcar ou de milho, e o PLA, frequentemente utilizado na produção de componentes de embalagens e de polímeros biodegradáveis. O PLA e o PGA podem ser produzidos a partir de biomassa, de produtos petroquímicos e de policaprolactona, bem como de succinato-co-adipato de butileno. Separadamente, o PLA é um dos biopolímeros mais utilizados em embalagens. É biodegradável e compostável em determinadas condições, o que o torna adequado para aplicações em embalagens de uso único e de curto prazo, incluindo copos, recipientes e filmes (ULLAH; AHMED, 2025).

O amido é frequentemente utilizado como componente de materiais de embalagem biodegradáveis. Essas embalagens são adequadas para itens como talheres descartáveis, sacolas e recipientes para alimentos. A celulose é obtida de fontes renováveis, como a polpa de madeira e o algodão, e filmes e revestimentos de celulose oferecem boas propriedades de barreira em materiais de embalagem de base biológica, como rótulos e janelas transparentes. A quitosana é derivada da quitina, um polímero orgânico que ocorre na camada mais externa de crustáceos como camarão e caranguejo. Filmes e revestimentos à base de quitosana podem ser utilizados em embalagens, especialmente na indústria alimentícia, para conferir propriedades antibacterianas e prolongar a vida útil dos produtos. Já os poli(hidroxiuretanos) são produzidos a partir de recursos renováveis e utilizados em aplicações biomédicas, como na administração de medicamentos e na engenharia de tecidos. Eles também são aplicados em embalagens flexíveis e rígidas e podem ser usados como alternativas sustentáveis aos plásticos tradicionais. Os peptídeos são polímeros sintéticos bioinspirados que imitam a estrutura dos peptídeos, mas são mais resistentes à degradação enzimática. Eles têm aplicações potenciais na administração de medicamentos e na ciência dos materiais. Enquanto isso, os ácidos nucleicos, como o DNA e o RNA, são biopolímeros compostos por unidades de nucleotídeos e são essenciais para o armazenamento e a transferência de informações genéticas em organismos vivos (ULLAH; AHMED, 2025).

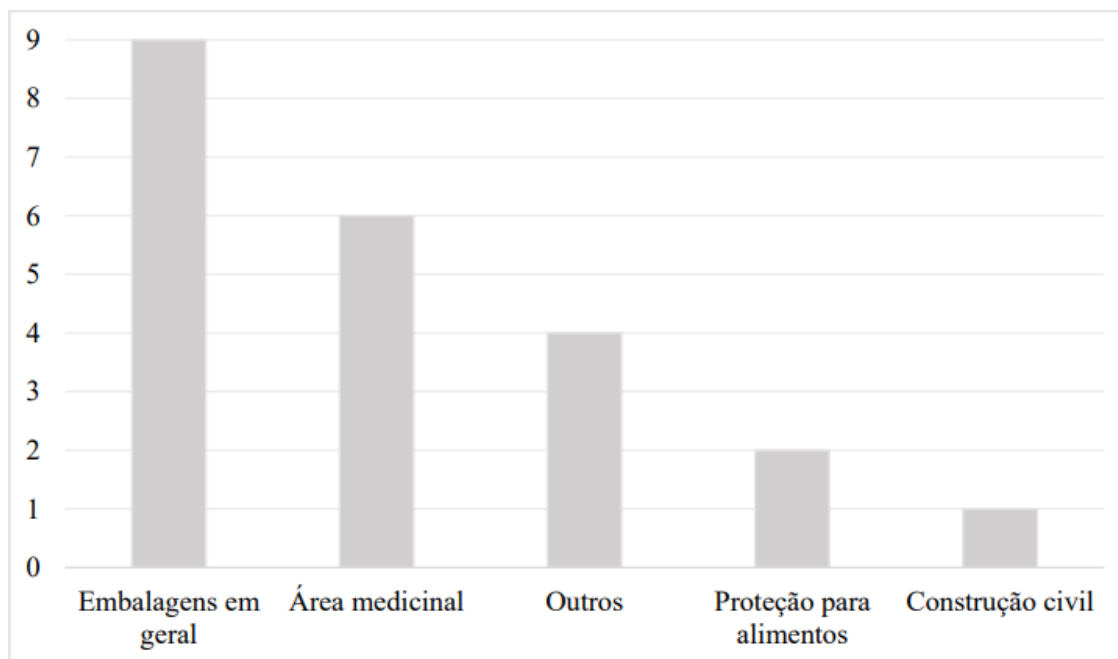
2.3. Aplicação em embalagens

Segundo Stoica *et al.* (2024), as embalagens desempenham um papel crucial na proteção dos alimentos contra danos físicos e contra a influência externa de micro-organismos. Polímeros derivados de combustíveis fósseis são amplamente utilizados na indústria alimentícia como materiais de embalagem devido às suas propriedades vantajosas, como transparência, apelo estético, boas propriedades de barreira e mecânicas, versatilidade, combinabilidade, processabilidade e custo-benefício. Do mesmo modo, Edo *et al.* (2024) afirmam que as embalagens de alimentos, por exemplo, são essenciais para proteger os alimentos contra contaminação externa e manter sua qualidade, segurança e pureza durante o prazo de validade. A indústria alimentícia utiliza principalmente materiais à base de polímeros sintéticos para embalagens devido ao seu baixo custo, facilidade de fabricação, acessibilidade, flexibilidade e leveza. Além disso, o desenvolvimento e a aplicação de compostos poliméricos biodegradáveis são necessários para enfrentar os desafios ambientais e acompanhar o desenvolvimento sustentável, que vem ganhando espaço no setor industrial.

Sendo assim, o uso excessivo de embalagens à base de polímeros, ainda dominante no setor de embalagens de alimentos, representa um problema sério para a sustentabilidade ecológica, pois projeções indicam que, até 2050, os resíduos plásticos poderão superar em número a vida marinha em ambientes oceânicos. Como a natureza dos polímeros convencionais não é renovável, a longevidade desses materiais e a expectativa de quase triplicar o consumo global contribuem significativamente para o agravamento das crises ambientais, principalmente devido à quantidade exorbitante produzida diariamente no mundo (RAJENDRAN *et al.* 2024). Nos últimos anos, o *design* de embalagens mudou seu foco das embalagens passivas convencionais para embalagens ativas ecológicas, que atendem às demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis e seguros, pois o mercado está cada vez mais pressionado a demandar produtos sustentáveis como modo de as indústrias se preocuparem com meio ambiente pois irá afetar a sua lucratividade, em vez de apenas fornecer proteção contra o ambiente externo, como fazem as embalagens passivas convencionais. Neste contexto, os biopolímeros biodegradáveis naturais, devido às suas propriedades físico-químicas únicas, representam uma alternativa promissora aos polímeros de origem fóssil, oferecendo uma solução sustentável para embalagens ativas ecológicas (STOICA *et al.* 2024).

O setor de produção de embalagens é um dos que mais geram resíduos, desta forma há diversos estudos apontando as aplicações de materiais biodegradáveis, com isto foi demonstrado na figura 1, as principais áreas de aplicação de biopolímeros apontados por Santos (2021) sendo eles, Bio-PE(Polietileno verde), Bio-PET(Poli(tereftalato de etileno) renovável), Bio-PTT(Poli(trimetileno tereftalato)), PLA(Ácido Polilático), PHA(Polihidroxialcanoatos), amido, PBAT(Poli(butileno adipato-co-tereftalato)), PCL(Poli(caprolactona)) e PBS(Poli(butileno succinato)).

Figura 1 – Tipos de biopolímeros X principais áreas de aplicação



Fonte: Santos (2021).

A partir da Figura 1, pode-se analisar, juntamente com o pensamento dos autores Ullah e Ahmed (2025), que dizem que, por serem plásticos biodegradáveis, possuem extrema variabilidade de aplicações; também destacam a popularidade por sua eficácia em embalagens de cosméticos e itens de higiene pessoal, bem como de alimentos, porque os filmes e revestimentos de PHA fornecem propriedades de barreira que protegem os produtos embalados. Existem diferentes aplicações de compostos biopoliméricos, de acordo com Pinto (2022), nesse contexto de degradação deve-se observar os três principais mecanismos, descritos como: físico, químico e causado por microrganismos, como também os principais atributos de desempenho aplicáveis em embalagem ou aperfeiçoamento dos existentes, sendo esses, toxicidade dos materiais constituintes do filme, propriedades de barreira, propriedades mecânicas (alongamento, adaptabilidade às dimensões do produto e flexibilidade) e estabilidade química em relação à permeabilidade de água, óleo, gases e solventes que podem prejudicar a segurança e qualidade no segmento de embalagens alimentícias.

2.4. Aspectos técnicos e econômicos

Fogaça e Irazusta (2021) demonstraram que, atualmente, há grande interesse em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para a síntese e produção de polímeros baseados em recursos naturais (biopolímeros), devido à sua alta capacidade de degradação, sem gerar resíduos tóxicos, e destacaram que as indústrias têm buscado materiais cuja deposição não prejudique o meio ambiente e sejam de baixo custo. Jin e Spontak (2023) afirmam que a ampliação da escala de produção pode aprimorar as capacidades de fabricação, reduzir os custos dos produtos e, em última análise, promover a adoção de materiais nos mercados atuais e em desenvolvimento.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 06/06/2026 | aceito: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026

Em termos técnicos, infelizmente, esses biopolímeros apresentam algumas desvantagens, como extrema vulnerabilidade à água e propriedades mecânicas e de barreira térmica inferiores. Stoica *et al.* (2024) sugerem misturá-los com outros materiais para projetar embalagens de alimentos mais eficazes. Além disso, a incorporação de antimicrobianos e antioxidantes pode aprimorar a funcionalidade desses filmes, contribuindo para o sucesso da aplicação de biopolímeros biodegradáveis em embalagens de alimentos projetadas e ajudando a mitigar as crises ambientais associadas ao uso generalizado de embalagens de polímeros convencionais. Mesmo com inúmeras tentativas de inspirar um mundo de materiais ecologicamente corretos e sustentáveis para o futuro da sociedade e do planeta, as mudanças necessárias na indústria continuam sendo um grande obstáculo. A dependência global de polímeros sintéticos derivados de recursos fósseis limitados, pode ser reduzida com a substituição por materiais de origem biológica, ademais, uma vantagem separada, mas não menos significativa, dos materiais de base biológica provenientes de resíduos alimentares, são a reutilização dos refugos e resíduos alimentícios do seu processo industrial, tornando o processo da indústria alimentícia mais sustentável, dando o aumento de materiais compostáveis e biodegradáveis, como também, a consequência as reduções no acúmulo de resíduos sólidos e na produção de nano/microplásticos (JIN; SPONTAK, 2023).

Espera-se que o potencial de substituição técnica dos biopolímeros em relação aos plásticos convencionais de origem sintética, bem como a taxa de substituição, alcancem valores de até 90%. Sendo assim, isso demonstra que os biopolímeros têm potencial para, eventualmente, com progressões tecnológicas e discussão sobre o tema, substituir a maioria dos polímeros convencionais atualmente usados no cotidiano e, à medida que a crescente comercialização de biopolímeros resulta em custos mais baixos e melhores capacidades tecnológicas, a realidade desse número pode começar a parecer mais alcançável, embora ainda esteja muito distante (SANTOS, 2021).

2.5. Aspectos ambientais

Com a revolução industrial, surgiram diversos avanços tecnológicos, com um amplo espectro de benefícios globais; todavia, esses avanços provaram ser uma faca de dois gumes, já que inúmeras descobertas afetam positivamente a humanidade, mas prejudicam igualmente o meio ambiente (JIN; SPONTAK, 2023). Marcheze *et al.* (2024) ressaltam a crescente importância ambiental. A utilização de biopolímeros emerge como alternativa para minimizar os impactos ambientais causados pelos polímeros, devido à geração de resíduos de difícil degradação.

Jin e Spontak (2023) evidenciam que boa parte dos projetos voltados a materiais sustentáveis e ecológicos atualmente concentra-se em estratégias inovadoras para reduzir os danos ambientais globais e instituir padrões ecologicamente corretos para o futuro. Para atingir esse objetivo e reduzir a dependência atual dos polímeros convencionais, devem-se promover avanços químicos e de processo para a adoção e adaptação de recursos naturais.

Desta maneira, a sustentabilidade é um conceito muito comentado atualmente, fundamentado no princípio do *triple bottom line* (tripé da sustentabilidade), tendo como ideias centrais os resultados financeiros, a responsabilidade social e a preservação ambiental. Os sistemas de produção devem levar em consideração esses três pilares da sustentabilidade, conhecidos como

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 06/06/2026** | **aceito: 09/06/2026** | **publicação: 12/06/2026**

people-profit-planet (pessoas, lucro e planeta). Com isso, a preocupação com embalagens renováveis e biopolímeros tornou-se um assunto relevante na atualidade, pois podem substituir plásticos de origem sintética de difícil degradação. Os biopolímeros, apesar de ainda serem mais custosos, são uma alternativa sustentável para substituir os polímeros derivados de fontes não renováveis, pois apresentam menor tempo de degradação no ambiente e oferecem múltiplas aplicações (FOGAÇA; IRAZUSTA, 2021).

Em suma, os biopolímeros demonstram alto potencial como alternativas sustentáveis aos polímeros à base de petróleo, reduzindo os efeitos dos gases de efeito estufa no meio ambiente. As embalagens plásticas à base de polímeros biodegradáveis estão rapidamente assumindo a liderança em responsabilidade social e na promoção de um estilo de vida sustentável e saudável. Como também algumas propriedades, como sua biodegradabilidade e biocompatibilidade, que demonstram uma série de benefícios e aumentam a probabilidade de seu uso em diversas áreas, além do setor de embalagens. Ademais, os materiais utilizados na produção de biopolímeros têm sido examinados por cientistas e engenheiros para avaliar sua eficácia, segurança e impacto ambiental (EDO *et al.* 2025).

3. Método aplicado

A pesquisa científica é um procedimento estruturado e racional que visa identificar respostas aos problemas propostos sobre determinado tema, desempenhando papel importante no avanço do conhecimento e contribuindo para o desenvolvimento acadêmico, tecnológico e social. O estudo científico pode ser realizado por meio de uma classificação metodológica que envolve quatro critérios principais. Quanto ao propósito, a pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa, conforme o objetivo da investigação (GIL, 2008).

Quanto à natureza da pesquisa, pode ser básica, quando se busca ampliar o conhecimento, ou aplicada, quando tem como objetivo solucionar problemas específicos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Em relação à abordagem, a pesquisa pode ser qualitativa, priorizando a interpretação dos fenômenos, ou quantitativa, que utiliza dados numéricos e técnicas estatísticas para a análise (PRODANOV; FREITAS, 2013). Quanto ao método, refere-se ao procedimento adotado para realizar a investigação, podendo ser RBS (Revisão Bibliográfica Sistemática), estudos de caso, survey, pesquisa experimental, entre outros (GIL, 2008).

3.1. Caracterização da pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma RBS (Revisão Bibliográfica Sistemática), método utilizado para identificar, selecionar, analisar e sintetizar evidências científicas sobre um tema específico (GALVÃO; PEREIRA, 2014). Segundo Conforto, Amaral e Silva (2011), a RBS permite reunir e avaliar, de forma estruturada e criteriosa, as informações relevantes disponíveis na literatura. Assim, esse método foi adotado para avaliar a viabilidade de substituir polímeros convencionais por materiais renováveis no setor de embalagens alimentícias.

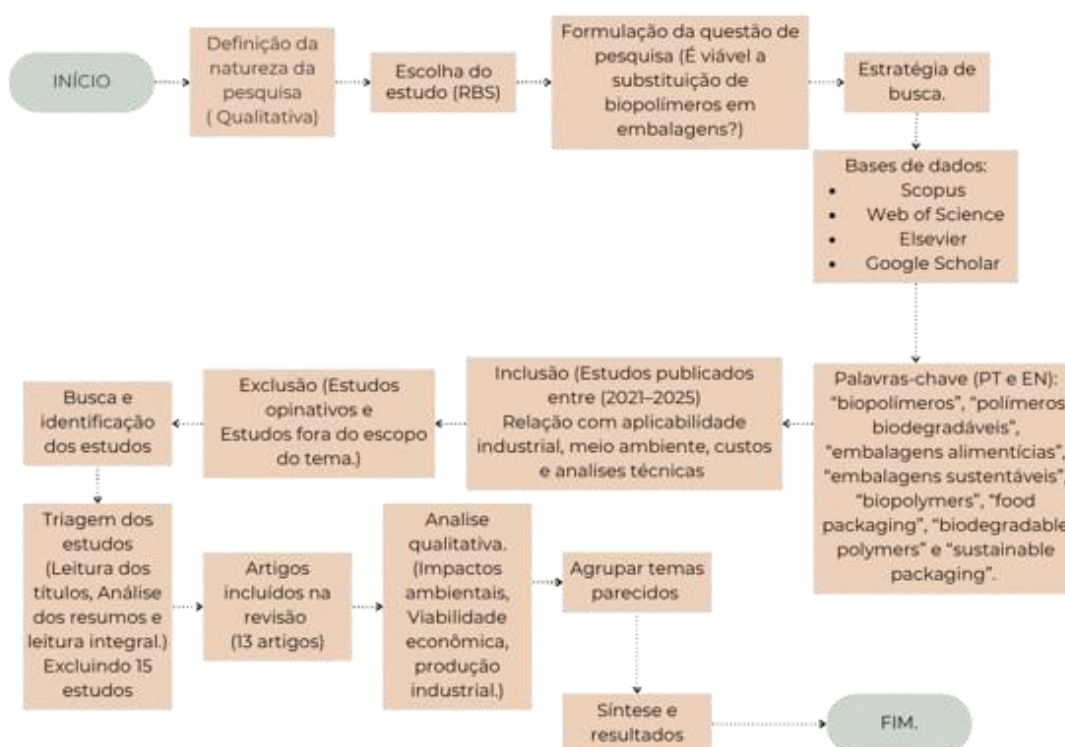
A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, buscando interpretar e comparar os resultados dos estudos selecionados com base nos aspectos técnicos, ambientais e econômicos dos

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 06/06/2026 | aceito: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026

biopolímeros. Conforme Botelho, Cunha e Macedo (2011), a revisão bibliográfica sistemática segue um método claro e reproduzível, assegurando rigor científico e a possibilidade de replicação dos procedimentos. O estudo caracteriza-se como exploratório e descritivo, de natureza pura, com abordagem qualitativa, desenvolvido por meio de uma RBS, cujo objetivo foi reunir e analisar publicações científicas recentes relacionadas à utilização de biopolímeros em embalagens alimentícias, identificando vantagens, limitações e desafios para a substituição dos polímeros convencionais de origem fóssil.

As etapas de produção da presente revisão bibliográfica sistemática ocorreram em sequência, conforme apresentado na Figura 2 abaixo.

Figura 2: Fluxograma do processo metodológico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

3.1.1. Definição da base de dados

As buscas bibliográficas foram realizadas nas bases de dados Scopus, Web of Science, Elsevier e Google Scholar. Essas bases foram escolhidas devido à ampla abrangência de publicações científicas nas áreas de engenharia, materiais, sustentabilidade e embalagens alimentícias. Segundo Biolchini *et al.* (2005), a definição das bases de dados faz parte do processo metodológico da revisão bibliográfica sistemática, sendo fundamental para garantir a confiabilidade e a rastreabilidade da pesquisa; assim, optou-se por utilizar bases reconhecidas internacionalmente pela relevância e pela quantidade de publicações indexadas. As buscas por

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 06/06/2026 | aceito: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026

artigos foram limitadas a publicações entre 2021 e 2025, visando selecionar estudos recentes e garantir alinhamento com os avanços tecnológicos relacionados a biopolímeros e embalagens sustentáveis.

3.1.2. Definição das palavras-chave

Para realizar as buscas, utilizaram-se palavras-chave relacionadas ao tema da pesquisa. As pesquisas foram realizadas utilizando palavras em português e em inglês, com o objetivo de ampliar a abrangência dos resultados. Entre os principais termos usados, destacam-se: "biopolímeros", "polímeros biodegradáveis", "embalagens alimentícias", "embalagens sustentáveis", "*biopolymers*", "*food packaging*", "*biodegradable polymers*" e "*sustainable packaging*". A definição das palavras-chave se deu a partir do objetivo de pesquisa e da análise prévia da literatura; segundo Conforto, Amaral e Silva (2011), a seleção das palavras-chave para a busca é muito importante para garantir a qualidade e a relevância dos estudos encontrados em uma RBS. As palavras-chave foram combinadas utilizando operadores booleanos, como "e" e "ou", permitindo refinar os resultados para melhor alinhamento com o tema de substituição de polímeros convencionais por biopolímeros no setor de embalagens alimentícias.

3.1.3. Critério de inclusão dos artigos

Nesta etapa, foram incluídos artigos científicos completos, publicados entre 2021 e 2025, relacionados ao uso de biopolímeros em embalagens alimentícias, bem como pesquisas que envolvem análises técnicas, ambientais ou econômicas, além de trabalhos integralmente disponíveis nas bases selecionadas, totalizando 28 estudos. Foram excluídos 15 artigos, entre eles duplicados, estudos sem relação direta com o tema proposto, publicações sem acesso ao texto completo e estudos sem resultados relevantes sobre o tema. Segundo Botelho, Cunha e Macedo (2011), os critérios de inclusão e exclusão de publicações garantem o rigor metodológico. Após a definição dos critérios, foram selecionados 13 artigos científicos para compor a análise qualitativa da pesquisa.

3.1.4. Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, por meio da leitura integral e da interpretação crítica dos estudos selecionados; assim, foram analisadas informações relacionadas às propriedades dos biopolímeros, à biodegradabilidade, à resistência mecânica, à estabilidade térmica, à sensibilidade à umidade, aos custos de produção, às aplicações industriais e aos impactos ambientais. Botelho, Cunha e Macedo (2011) afirmam que a revisão bibliográfica sistemática permite organizar e sintetizar o conhecimento científico já produzido, contribuindo para a identificação de lacunas e tendências de pesquisa. Assim, os dados obtidos permitiram comparar os principais biopolímeros utilizados em embalagens alimentícias, como PLA (ácido polilático), amido, celulose e quitosana, além de identificar os desafios técnicos e econômicos à sua aplicação em larga escala industrial. Os resultados encontrados foram organizados e discutidos à luz da literatura científica recente, permitindo avaliar a viabilidade

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 06/06/2026 | aceite: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026

de substituir polímeros convencionais por polímeros sustentáveis no setor de embalagens alimentícias.

4. Resultados e discussões

A presente revisão bibliográfica sistêmica permitiu analisar a viabilidade de substituir polímeros convencionais, derivados de matérias-primas não renováveis, por biopolímeros no segmento de embalagens alimentícias, considerando fatores essenciais, como aspectos técnicos, econômicos e ambientais. Assim, foram analisados 13 artigos que atenderam aos critérios metodológicos, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Estudos Selecionados

Autor(es)	Ano de publicação	Título do artigo/obra
Fogaça, Leandro Soares Fernandes; Irazusta, Sílvia Pierre	2021	<i>Síntese, Aplicações e Degradação de Biopolímeros: Revisão de Literatura</i>
Santos, Lucas Leite dos	2021	<i>Métodos de Produção de Biopolímeros de Matérias-Primas Vegetais: Uma Revisão da Literatura</i>
Satie, Juliana; Carvalho, Becker de; Roeder, Luana Alessandra	2021	<i>Bioeconomia no Bioma Amazônico</i>
Tamburini, E.; Costa, S.; Summa, D.; Battistella, L.; Fano, E. A.; Castaldelli, G.	2021	<i>Plastic (PET) vs Bioplastic (PLA) or Refillable Aluminum Bottles—What Is the Most Sustainable Choice for Drinking Water? A Life-Cycle (LCA) Analysis</i>
Pinto, Milena Patrícia Martinez de Almeida	2022	<i>Análise da Viabilidade Tecnológica da Obtenção de Biopolímeros a Partir do Açaí para Aplicação em Embalagens</i>
Rosenboom, J. G.; Langer, R.; Traverso, G.	2022	<i>Bioplastics for a Circular Economy</i>
Babaremu, Kunle; Oladijo, Oluseyi P.; Akinlabi, Esther	2023	<i>Biopolymers: A Suitable Replacement for Plastics in Product Packaging</i>
Jin, Soo-Ah; Spontak, Richard J.	2023	<i>Fundamentals of and Advances in Nanocellulose and Nanochitin Systems</i>
Marcheze, Gabriel Gonçalves et al.	2024	<i>Estudo de biopolímeros como uma alternativa sustentável</i>
Rajendran, Devi Sri et al.	2024	<i>A Review on Bio-Based Polymer Polylactic Acid Potential on Sustainable Food Packaging</i>
Stoica, Maricica et al.	2024	<i>Review of Bio-Based Biodegradable Polymers: Smart Solutions for Sustainable Food Packaging</i>
Edo, G. I.; Ndudi, W.; Ali, A. B. M.; Yousif, E.; Jikah, A. N.; Isoje, E. F.; Igbuku, U. A.; Mafe, A. N.; Opiti, R.	2025	<i>Biopolymers: An Inclusive Review</i>

A.; Madueke, C. J.; Essaghah, A. E. A.; Ahmed, D. S.; Umar, H.		
Ullah, Aman; Ahmed, Shakeel (org.)	2025	<i>Green Biopolymers for Packaging Applications</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Com base nesta análise qualitativa dos estudos selecionados, observou-se que os biopolímeros representam um grande potencial sustentável e uma crescente aplicabilidade industrial; todavia, ainda existem limitações relacionadas ao custo, às propriedades mecânicas e à escalabilidade industrial.

4.1. Consensos identificados na literatura

A partir dos 13 estudos analisados, demonstrou-se a ligação entre o potencial de sustentabilidade e a alternativa positiva de substituir polímeros convencionais por biopolímeros. Esses apontam que os materiais biodegradáveis apresentam menor tempo de degradação e permitem o uso de matérias-primas renováveis, o que resulta em menor impacto ambiental. Babaremu, Oladijo e Akinlabi (2023), Stoica *et al.* (2024) e Edo *et al.* (2025) destacam, em seus estudos, as contribuições dos biopolímeros para a redução de resíduos sólidos e da poluição causada por embalagens plásticas convencionais. Deste modo, observou-se um alinhamento entre os estudos quanto à crescente demanda industrial por materiais sustentáveis, impulsionada por questões ambientais e pela pressão do mercado.

4.2. Comparação entre biopolímeros e polímeros convencionais

Os polímeros comuns ainda são amplamente utilizados na indústria de embalagens alimentícias devido às suas propriedades, à facilidade de processamento e aos baixos custos de produção. Stoica *et al.* (2024) afirmam que esses materiais de origem fóssil têm muitas vantagens para embalagens, como flexibilidade, propriedades de proteção do produto e bom custo-benefício, o que demonstra sua predominância no segmento de embalagens alimentícias. Edo *et al.* (2025) também abordam a popularidade dos polímeros sintéticos, devido à sua facilidade de fabricação, acessibilidade e versatilidade de aplicações.

Dos 13 artigos selecionados, observou-se consenso quanto aos impactos ambientais negativos desses polímeros sintéticos. Rajendran *et al.* (2024) enfatizam que o aumento do consumo de embalagens plásticas está diretamente ligado ao aumento de resíduos sólidos e à poluição ambiental, principalmente devido ao tempo de degradação desses materiais. Tamburini *et al.* (2021) realizaram uma análise do ciclo de vida dos materiais biodegradáveis, como o PLA, que apresenta vantagens ambientais em relação ao PET, principalmente devido à sua produção a partir de matéria-prima renovável e à redução da dependência de compostos fósseis limitados. No entanto, os autores destacam que os impactos ambientais dependem da produção, da reutilização e do descarte dos produtos.

Os biopolímeros têm menor impacto ambiental na produção e no descarte, o que os torna uma alternativa às embalagens comuns. Babaremu Oladijo e Akinlabi (2023) afirmam que materiais como PLA, amido, celulose e quitosana são biopolímeros promissores e têm grande potencial

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 06/06/2026 | aceito: 09/06/2026 | publicação: 12/06/2026**

de aplicação no setor de embalagens biodegradáveis. Isso ocorre devido a fatores como a origem renovável e o alto grau de degradação natural.

Ullah e Ahmed (2025) também ressaltam a aplicação desses compostos na produção de filmes e revestimentos biodegradáveis para embalagens alimentícias, entre outros setores. Rosenboom Langer e Traverso (2022) e Pinto (2022) também ressaltam a importância da produção de biopolímeros na economia circular, cuja matéria-prima pode ser composta por resíduos aproveitados, o que reduz os custos do processo produtivo.

Foram apontadas importantes limitações técnicas. Stoica et al. (2024), por exemplo, afirmam que diversos biopolímeros apresentam baixa resistência, sensibilidade à umidade e baixa estabilidade térmica. Babaremu, Oladijo e Akinlabi (2023) complementam afirmando que, atualmente, essas limitações representam um grande problema para a aplicação em escala industrial, pois ainda exigem maior durabilidade e resistência. Pinto (2022) também acrescenta que há diversos desafios a serem superados, como a permeabilidade e a estabilidade química e hidrofóbica, para que os biopolímeros possam substituir os tradicionais.

Além das questões técnicas, foram apontado, limitações econômicas, Fogaça e Irazusta (2021), discorrem sobre o fator dos custos de produção dos biopolímeros atualmente ainda são muito mais altos do que dos polímeros convencionais, tornando mais difícil sua inserção no mercado de embalagens, entretanto Jin e Spontak (2023) argumentam que a partir de evoluções tecnológicas e o aumento de produção podem ajudar a reduzir os custos e melhorar desempenho desses materiais futuramente, sendo assim, embora os biopolímeros demonstrem sua importância ambiental, ainda há necessidade de avanços tecnológicos, melhoria nas propriedades dos materiais e de viabilidade econômica.

4.3. Divergências na literatura e limitações observadas

De acordo com os artigos que foram analisados, foi percebido um grande potencial de substituição de polímeros convencionais por matérias biodegradáveis de forma sustentável, porem existem divergências se realmente pode ocorrer ou não essa substituição na área de embalagens, pois alguns autores tiveram uma visão otimista, dizendo que é possível porem necessita de avanços tecnológicos, crescimento e aceitação no mercado, Santos (2021) diz que o fator de evolução tecnológica, melhoria de processos e melhoria na propriedade desses materiais biodegradáveis, vão permitir a substituição dos polímeros convencionais, na mesma linha de pensamento. Jin e Spontak (2023) falam que o aumento da escala de produção pode auxiliar na redução de custos, e facilitar aceitação e investimento nesse setor sustentável, porem alguns autores falam sobre as limitações técnicas o que torna difícil realizar uma produção em larga escala, assim Stoica *et al.* (2024) dizem que os biopolímeros são restritos para embalagens que precisam de um alto desempenho devido a fatores como resistência, sensibilidade a umidade e limitações térmicas, Babaremu, Oladijo e Akinlabi (2023) complementam com o pensamento dizendo que o desenvolvimento tecnológico vai ajudar a romper esses desafios relacionados ao processo de produção e características mecânicas dos produtos.

A viabilidade econômica é outro aspecto sobre o qual a literatura diverge bastante. Fogaça e Irazusta (2021) afirmam que, embora os biopolímeros sejam vantajosos para o meio ambiente, os custos de produção são elevados, especialmente em comparação aos polímeros de origem

Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 06/06/2026** | **aceito: 09/06/2026** | **publicação: 12/06/2026**

fóssil. Já Rosenboom, Langer e Traverso (2022) afirmam que o aumento da demanda por materiais sustentáveis e a economia circular levam investidores a ter interesse nesse segmento, tornando os biopolímeros mais competitivos no futuro.

Outra limitação observada foi a biodegradabilidade desses materiais sob diferentes condições ambientais. Assim, Pinto (2022) acrescenta que os aspectos físicos, químicos e microbiológicos podem interferir no desempenho dos produtos biodegradáveis. Isso demonstra que a degradação dos biopolímeros não ocorre de forma uniforme sob diferentes condições de uso e de descarte. Desta forma, verifica-se que os autores concordam quanto aos benefícios ambientais dos biopolímeros, mas ainda há divergência quanto aos fatores limitantes, como o desempenho técnico, a viabilidade econômica e a capacidade de produção em larga escala. Esses fatores evidenciam a necessidade de realizar mais pesquisas focadas no desenvolvimento tecnológico e na melhoria de processos para viabilizar a produção em larga escala.

Conclusão

Dos 13 artigos selecionados, revelaram-se algumas lacunas relevantes sobre como os biopolímeros podem ser usados na indústria de embalagens alimentícias; a maioria dos estudos foca nos benefícios ambientais e nas características gerais dos materiais biodegradáveis, porém ainda faltam pesquisas que abordem a produção em grande escala e uma análise econômica completa do processo. Jin e Spontak (2023) dizem que esse aumento de produção ainda necessita dos avanços tecnológicos e redução de custos de processo, sendo esses fatores essenciais para inserir os biopolímeros no mercado, além disso Stoica *et al.* (2024) comentam que há poucos estudos que avaliam o desempenho dos biopolímeros em situações reais de armazenamento, transporte e conservação de alimentos, em complemento Pinto (2022) destacam a importância de estudos aprofundados em permeabilidade, estabilidade química, resistência mecânica e interação entre embalagens biodegradáveis e diversos tipos de alimentos. Outra lacuna observada foi a das limitações técnicas dos biopolímeros. Babaremu, Oladijo e Akinlabi (2023) apontam que problemas como a sensibilidade à umidade, a menor resistência mecânica e as restrições térmicas dificultam o uso de materiais biodegradáveis em embalagens alimentícias. Rajendran *et al.* (2024) destacam a necessidade de materiais tecnologicamente avançados para melhorar a competitividade desses materiais em relação aos polímeros tradicionais.

Sendo assim, os resultados obtidos demonstraram, que os biopolímeros em breve podem substituir parcialmente os polímeros de origens não renováveis como citado por Jin e Spontak (2023), sendo necessário novas tecnologias para mitigar custos e propriedades das embalagens alimentícias, ressaltando o pensamento de Pinto (2022) que trás a ideia de inovações como materiais híbridos e melhorias de processos, sendo essas estratégias necessárias para a viabilidade de aplicação dos polímeros de origem renovável no setor de embalagens alimentícias. Com isso, percebemos que, atualmente, é inviável devido a limitações técnicas e econômicas, o que impede a produção em larga escala para substituir os polímeros convencionais.



Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 06/06/2026** | **aceito: 09/06/2026** | **publicação: 12/06/2026**

REFERÊNCIAS:

BABAREMU, Kunle; OLADIJO, Oluseyi P.; AKINLABI, Esther. **Biopolymers: a suitable replacement for plastics in product packaging**. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, v. 6, p. 333–340, 2023. DOI: 10.1016/j.aiepr.2023.01.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.01.001>. Acesso em: 24 de maio de 2026.

BIOLCHINI, Jorge et al. **Systematic review in software engineering**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

BOTELHO, Louise de Lira Roedel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. **O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais**. *Gestão e Sociedade*, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121–136, 2011.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luís da. Roteiro para revisão bibliográfica **sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e no gerenciamento de projetos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: CBGDP, 2011.

EDO, G. I. et al. **Biopolymers: an inclusive review**. *Hybrid Advances*, v. 9, p. 100418, 2025. DOI: 10.1016/j.hybadv.2025.100418. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2025.100418>. Acesso em: 24 de maio de 2026.

FOGAÇA, Leandro Soares Fernandes; IRAZUSTA, Sílvia Pierre. **Síntese, aplicações e degradação de biopolímeros: revisão de literatura**. In: SIMPÓSIO DOS PROGRAMAS DE MESTRADO PROFISSIONAL (SIMPROFI), 16., 2021, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Paula Souza, 2021. p. 1178–1188.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Maurício Gomes. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183–184, 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JIN, Soo-Ah; SPONTAK, Richard J. **Fundamentals of and advances in nanocellulose and nanochitin systems**. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, v. 6, p. 356–381, 2023. DOI: 10.1016/j.aiepr.2023.04.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.04.003>. Acesso em: 24 de maio de 2026.

MARCHEZE, Gabriel Gonçalves et al. **Estudo de biopolímeros como alternativa sustentável**. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR DA UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA (INIC Jr.), 18., 2024, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: UNIVAP, 2024.

PINTO, Milena Patrícia Martinez de Almeida. **Análise da viabilidade tecnológica da obtenção de biopolímeros a partir do açaí para aplicação em embalagens**. 2022. Projeto Final (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.



Ano VII, v.1 2026 | **submissão: 06/06/2026** | **aceito: 09/06/2026** | **publicação: 12/06/2026**

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e de trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAJENDRAN, Devi Sri et al. **A review on bio-based polymer polylactic acid potential on sustainable food packaging**. Food Science and Biotechnology, v. 33, p. 1759–1788, 2024. DOI: 10.1007/s10068-024-01543-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01543-x>. Acesso em: 24 de maio de 2026.

ROSENBOOM, J. G.; LANGER, R.; TRAVERSO, G. **Bioplastics for a circular economy**. Nature Reviews Materials, v. 7, p. 117–137, 2022. DOI: 10.1038/s41578-021-00407-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00407-8>. Acesso em: 24 de maio de 2026.

SANTOS, Lucas Leite dos. **Métodos de produção de biopolímeros a partir de matérias-primas vegetais: uma revisão da literatura**. 2021. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2021.

SATIE, Juliana; CARVALHO, Becker de; ROEDER, Luana Alessandra. **Bioeconomia no bioma amazônico**. Insper Agro Global, [s. l.], p. 1–13, 2021.

STOICA, Maricica et al. **Review of bio-based biodegradable polymers: smart solutions for sustainable food packaging**. Foods, Basel, v. 13, n. 19, p. 3027, 2024. DOI: 10.3390/foods13193027. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13193027>. Acesso em: 24 de maio de 2026.

TAMBURINI, E. et al. **Plastic (PET) vs bioplastic (PLA) or refillable aluminum bottles—What is the most sustainable choice for drinking water? A life-cycle (LCA) analysis**. Environmental Research, v. 196, p. 110974, 2021.

ULLAH, Aman; AHMED, Shakeel (org.). **Green biopolymers for packaging applications**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2025. DOI: 10.1201/9781003455356. ISBN 978-1-0325-8574-1.