



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO – *CAMPUS* BARREIROS
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

AMANDA ALVES DA SILVA REIS

FORMAÇÃO DOCENTE E PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SUSTENTÁVEIS:
bioplástico de fruta-pão aplicado à conservação de tomates

Barreiros - PE

2025

AMANDA ALVES DA SILVA REIS

**FORMAÇÃO DOCENTE E PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SUSTENTÁVEIS:
bioplástico de fruta-pão aplicado à conservação de tomates**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Bezerra da Silva

Barreiros - PE

2025

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFPE (SIBI/IFPE) – Biblioteca do *Campus* Barreiros
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R375f Reis, Amanda Alves da Silva.

Formação docente e práticas experimentais sustentáveis : bioplástico de fruta-pão aplicado à conservação de tomates / Amanda Alves da Silva Reis. – 2025.

51 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Bezerra da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, *Campus* Barreiros, 2025.

1. Educação científica. 2. Revestimento biodegradável. 3. Amido.
4. *Artocarpus altilis*. 5. Professores - Formação. I. Silva, Gilson Bezerra da, orientador. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. III. Título.

CDD 370.71

AMANDA ALVES DA SILVA REIS

**FORMAÇÃO DOCENTE E PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SUSTENTÁVEIS:
bioplástico de fruta-pão aplicado à conservação de tomates**

Trabalho aprovado. Barreiros, 17 de dezembro de 2025

Prof. Dr. Gilson Bezerra da Silva – Orientador
(IFPE *campus* Barreiros)

Profa. Dra. Amanda Reges de Sena – Avaliadora Interna
(IFPE *campus* Barreiros)

Dr. Tony Cley Campos Leite – Avaliador Externo ao Curso
(IFPE *campus* Barreiros)

Esp. Priscila Maria da Silva – Avaliadora Externo ao Curso
(GRE Mata Sul de Pernambuco)

Barreiros - PE
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, cuja presença me guiou em cada etapa desta jornada. Foi ele quem firmou meus passos, renovou minhas forças e permitiu que tudo se tornasse possível.

À minha família, deixo minha gratidão. Em especial à minha mãe, Elissandra Maria, cuja dedicação e carinho me acompanharam em cada fase do meu desenvolvimento. Obrigada por me oferecer um lugar seguro no qual eu sempre posso retornar, seu abraço.

Ao meu marido, Fernando Augusto, agradeço pela parceria e incentivo. Obrigada por caminhar ao meu lado, por acreditar em mim e segurar em minha mão.

Às pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui. Principalmente aqueles que me acolheram quando precisei me deslocar entre uma cidade e outra para continuar meus estudos, deixo meu sincero reconhecimento.

Ao meu colega de turma, Diogo José, agradeço pela convivência respeitosa, pela disposição em compartilhar aprendizados, tornando a jornada acadêmica mais simples e leve.

Agradeço aos professores pela formação proporcionada ao longo do curso, pelos saberes compartilhados, que, à sua maneira, contribuíram para meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gilson Bezerra, expressei meu agradecimento pelas orientações, pelo acompanhamento atento e pelas contribuições que foram essenciais para a construção deste trabalho.

“Tudo posso naquele que me fortalece”

Filipenses 4:13

RESUMO

As crescentes preocupações com os impactos ambientais dos plásticos sintéticos têm impulsionado a busca por alternativas sustentáveis, como os bioplásticos de amido, materiais que integram aplicação tecnológica e potencial educativo. Neste contexto, o amido da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) configura-se como uma matéria-prima promissora, porém ainda pouco explorada para a produção de revestimentos biodegradáveis, especialmente em abordagens que integrem pesquisa e formação docente. Este trabalho teve como objetivo extrair amido da fruta-pão, desenvolver um bioplástico, avaliar qualitativamente sua aplicação como revestimento para a conservação de tomates (*Solanum lycopersicum*) e articular essa investigação ao processo de formação de professores. A pesquisa, de natureza qualitativa e experimental, foi realizada no IFPE – Campus Barreiros e envolveu procedimentos de trituração, lavagem, decantação e secagem do amido de fruta-pão, resultando em um produto que foi utilizado para produzir os filmes. Três formulações foram testadas com variações nas proporções de amido, água, glicerina e ácido acético, sendo o Teste III selecionado por apresentar melhor equilíbrio entre flexibilidade, transparência e resistência. Na etapa aplicada, um tomate foi revestido pelo bioplástico e outro mantido sem revestimento, foi utilizado como controle durante 13 dias de observação. Enquanto o tomate controle apresentou visível deterioração, o fruto revestido apresentou coloração uniforme e menor incidência de fungos, comprovando a eficiência do filme biodegradável. Além de evidenciar o potencial tecnológico da fruta-pão, os resultados também reforçam a importância de práticas investigativas sustentáveis no processo de formação docente, promovendo o desenvolvimento de professores críticos, reflexivos e aptos a integrar temas ambientais ao ensino de ciências.

Palavras-chave: educação científica; revestimento biodegradável; amido; *Artocarpus altilis*.

ABSTRACT

Growing concerns about the environmental impacts of synthetic plastics have driven the search for sustainable alternatives, such as starch-based bioplastics, which are materials that combine technological application and educational potential. In this context, breadfruit starch (*Artocarpus altilis*) emerges as a promising yet underexplored raw material for producing biodegradable coatings, especially within approaches that integrate research and teacher training. This study aimed to extract breadfruit starch, develop a bioplastic, qualitatively evaluate its application as a coating for preserving tomatoes (*Solanum lycopersicum*), and connect this investigation to the teacher training process. The research, of a qualitative and experimental nature, was conducted at IFPE – Campus Barreiros and involved grinding, washing, decantation, and drying procedures of the breadfruit starch, resulting in a product used to produce the films. Three formulations were tested with variations in the proportions of starch, water, glycerin, and acetic acid, with Test III being selected for exhibiting the best balance between flexibility, transparency, and resistance. In the applied stage, one tomato was coated with the bioplastic and another kept uncoated was used as a control during a 13-day observation period. While the control tomato showed visible deterioration, the coated fruit maintained uniform color and exhibited a lower incidence of fungi, proving the efficiency of the biodegradable film. Besides highlighting the technological potential of breadfruit, the results also reinforce the importance of sustainable investigative practices in teacher training, promoting the development of critical, reflective teachers capable of integrating environmental themes into science education.

Keywords: science education; biodegradable coating; starch; *Artocarpus altilis*.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MUNIC – Pesquisa de informações Básicas Municipais
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU – Organização das Nações Unidas
PBS – Succinato de polibutileno
PC – Policarbonato
PEAD – Polietileno de alta densidade
PEBD – Polietileno de baixa densidade
PET – Polietileno tereftalato
pH – Potencial Hidrogeniônico
PHA – Polihidroxialcanoatos
PLA – Ácido polilático
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP – Polipropileno
PS – Poliestireno
PVC – Policloreto de vinila
RCAB – Revestimentos Alimentícios Comestíveis Biodegradáveis
SIRP – Sistema de Identificação de Resinas Plásticas
TPS – Amido termoplástico
UV - Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Propriedades do plástico	11
2.1.1	<i>O plástico</i>	12
2.2	Produção do plástico	15
2.3	Degradação do plástico	17
2.4	Redução dos plásticos sintéticos	19
2.5	Bioplástico	22
2.6	Amido	23
2.7	Fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) como fonte de amido	26
2.8	Conservação de vegetais	27
2.9	Formação docente e experimentação sustentável	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	Extração do amido da fruta-pão	30
3.1.1	<i>Materiais</i>	30
3.1.2	<i>Procedimento de extração</i>	30
3.2	Produção dos bioplásticos	32
3.2.1	<i>Materiais</i>	33
3.2.2	<i>Teste I</i>	33
3.2.3	<i>Teste II</i>	34
3.2.4	<i>Teste III</i>	35
3.3	Aplicação do revestimento biodegradável	36
3.3.1	<i>Materiais</i>	36
3.3.2	<i>Revestimento</i>	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Coleta e preparo da matéria-prima	38
4.2	Produção dos bioplásticos	38
4.2.1	<i>Teste I</i>	39
4.2.2	<i>Teste II</i>	39
4.2.3	<i>Teste III</i>	40
4.3	Aplicação e desempenho do revestimento biodegradável	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A utilização crescente de plásticos sintéticos tem provocado preocupação global devido aos impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado. Esses materiais, amplamente empregados pela indústria por sua resistência, versatilidade e baixo custo, apresentam longa durabilidade e baixa taxa de degradação, acumulando-se no ambiente e fragmentando-se em micro e nanoplásticos que afetam ecossistemas terrestres e aquáticos (Gorni, 2003). Diante desse cenário, torna-se essencial buscar alternativas sustentáveis que reduzam a dependência de polímeros derivados do petróleo e contribuam para práticas ambientais responsáveis.

Nesse contexto, os bioplásticos surgem como uma alternativa promissora, especialmente aqueles produzidos a partir de amidos vegetais, por serem biodegradáveis, renováveis e apresentarem propriedades adequadas para a formação de filmes com potencial uso em embalagens e revestimentos. O interesse por esses materiais tem crescido tanto no campo científico quanto no didático, já que podem ser utilizados em práticas experimentais que aproximam os estudantes da investigação científica e da sustentabilidade.

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*), rica em carboidratos e encontrada em várias regiões tropicais, apresenta características que a tornam uma matéria-prima interessante para a produção de biopolímeros, como o elevado teor de amido e a facilidade de processamento (Pradhan *et al.*, 2012). Entretanto, o uso desse recurso em pesquisas nacionais ainda é limitado, especialmente no que diz respeito à sua aplicação para fins didáticos ou em contextos de formação inicial de professores em ciências.

Ao mesmo tempo, o desperdício de alimentos permanece como uma problemática relevante, especialmente no caso de frutos climatéricos como o tomate (*Solanum lycopersicum*), que continuam amadurecendo após a colheita e deterioram-se rapidamente quando armazenados à temperatura ambiente. Revestimentos biodegradáveis à base de amido vêm sendo considerados uma alternativa viável para prolongar a vida útil desses alimentos, atuando como barreiras semipermeáveis que reduzem a perda de água e retardam processos de deterioração (Oliveira *et al.*, 2018).

Além da relevância ambiental e científica, este tema assume importância também no âmbito da formação docente, pois práticas experimentais envolvendo sustentabilidade possibilitam ao futuro professor desenvolver habilidades investigativas, senso crítico e compreensão contextualizada dos problemas socioambientais contemporâneos (Krasilchik, 2016). Essas práticas favorecem uma aprendizagem mais significativa, articulando conceitos científicos, questões ambientais e metodologias ativas, elementos essenciais na formação de professores reflexivos e preparados para integrar a temática ambiental ao ensino (Carvalho, 2013).

Este trabalho tem como objetivo extrair o amido da fruta-pão, produzir um bioplástico biodegradável e avaliar sua aplicação como revestimento na conservação pós-colheita de tomates, articulando a investigação científica a práticas experimentais sustentáveis que podem ser incorporadas à formação docente. Busca-se, assim, evidenciar tanto a viabilidade técnica do bioplástico quanto o seu potencial como recurso pedagógico para o ensino de Ciências no contexto da educação ambiental.

Dessa forma, o desenvolvimento deste trabalho iniciou-se com um levantamento bibliográfico sobre plásticos, bioplásticos, amido, conservação de alimentos e formação docente, buscando fundamentar teoricamente a pesquisa. Em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada, desde as etapas de extração do amido da fruta-pão, produção das diferentes formulações de bioplástico e a aplicação do revestimento biodegradável no tomate. Logo após, são descritas a discussão dos resultados obtidos, relacionando os aspectos tecnológicos quanto ao potencial formativo da prática experimental. Espera-se, com isso, que a inovação tecnológica e científica apresentada estimule o debate sobre educação ambiental e, por meio desse debate, contribua para a formação de docentes críticos e adeptos de práticas experimentais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Propriedades do plástico

Os plásticos são materiais poliméricos formados por longas cadeias de unidades repetitivas denominadas de monômeros. Esses monômeros se ligam por meio de ligações químicas covalentes, originando estruturas macromoleculares com milhares de unidades repetidas. A presença predominante de ligações do tipo sp^3 entre átomos de carbono confere estabilidade às cadeias poliméricas, influenciando diretamente suas propriedades físico-químicas. À medida que mais monômeros se unem, aumenta-se a massa molar do polímero, o que resulta em maior resistência mecânica e menor suscetibilidade à degradação (Nayak, 1999).

Os plásticos podem ser classificados em sintéticos, semissintéticos ou naturais, sendo constituídos por cadeias de carbono ligadas a elementos como hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, cloro e bromo (Plastics Europe, 2019). A matéria-prima utilizada em sua produção pode ter origem fóssil, como petróleo e gás natural, ou pode ser derivada de fontes renováveis, como amido de milho, mandioca e cana-de-açúcar.

Historicamente, o carvão mineral foi a principal fonte para produção de polímeros no início do século XX, porém, a partir da década de 1950, o petróleo passou a ser utilizado, impulsionando a expansão da indústria petroquímica e favorecendo o desenvolvimento de novas resinas com propriedades distintas. A produção de plásticos ocorre por meio de reações denominadas polimerização, que podem ser classificadas em polimerizações por adição e polimerização por condensação (Gorni, 2003).

Na polimerização por adição, os monômeros se unem sucessivamente sem eliminação de subprodutos, permitindo rápida formação das cadeias poliméricas. Já na polimerização por condensação, ocorre a reação entre monômeros com formação simultânea de um novo grupo funcional e liberação de uma molécula pequena, como água, álcool ou amônia (Gorni, 2003).

Diferentemente de metais e cerâmicas, os plásticos têm como característica marcante a leveza, o que possibilita sua aplicação em diversas áreas industriais e no cotidiano. Enquanto os metais requerem elevadas temperaturas para fundição,

muitos polímeros podem ser moldados em temperaturas baixas, reduzindo o consumo energético e os custos de processamento.

Além disso, os plásticos apresentam boa flexibilidade, resistência e baixa condutividade térmica e elétrica, o que os torna adequados para revestimento de fios, cabos elétricos e componentes de isolamento. Eles também se destacam pela resistência à corrosão, pois não reagem facilmente com ácidos, bases ou soluções salinas. Contudo, alguns tipos podem ser solubilizados por solventes orgânicos, como gasolina, tolueno ou acetona (Gorni, 2003).

2.1.1 O plástico

Leo Baekeland desenvolveu, em 1907, a baquelite, o primeiro plástico totalmente sintético, resistente ao calor e à eletricidade. Esse material é obtido pela reação entre fenol (C_6H_5OH) e formaldeído (CH_2O), resultando em uma resina termofixa utilizada em aplicações elétricas, peças automotivas, utensílios domésticos e telefones (Kaufman, 1988).

O surgimento da baquelite marcou o início de uma transformação cultural no consumo global, pois abriu caminho para o desenvolvimento de materiais sintéticos e descartáveis. A partir desse avanço, diversos polímeros foram formulados. Mas foi durante a Segunda Guerra Mundial (1939–1945), que houve uma grande demanda por materiais leves, resistentes e de baixo custo para fins militares e industriais. Nesse contexto, o plástico passou a substituir matérias-primas escassas, como metais, madeira e vidro (Arpia *et al.*, 2021).

No período pós-guerra, o plástico tornou-se amplamente utilizado em embalagens de consumo. Muitos produtos mantiveram seus conteúdos originais, porém as embalagens passaram a ser produzidas em plástico, incentivando hábitos de compra baseados em itens descartáveis (Arpia *et al.*, 2021). A Figura 1 ilustra essa transição do uso de materiais tradicionais para embalagens plásticas.

Figura 1 – Embalagens de produtos

Fonte: adaptado de Arpia *et al.* (2021), pela autora (2025)

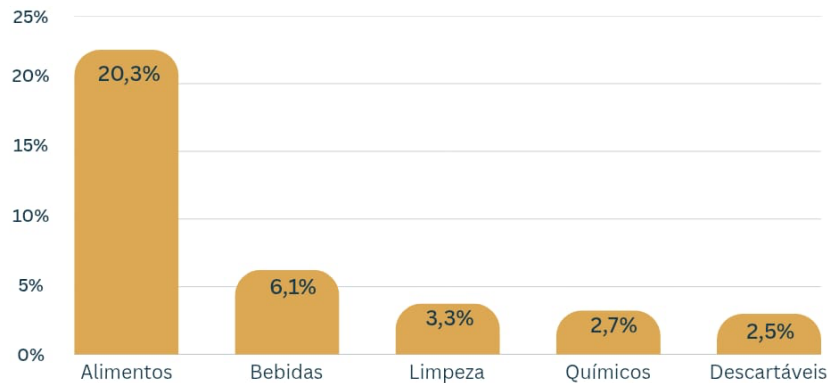
A partir dos dados apresentados na Tabela 1, observa-se que, entre 2017 e 2019, houve aumento significativo na produção de plásticos no Brasil, sobretudo de embalagens. Esses dados evidenciam a predominância dos produtos descartáveis e a forte dependência da sociedade em relação a esses materiais. Entre os produtos mais consumidos estão copos, pratos e talheres plásticos, devido ao baixo custo e facilidade de descarte (Lima *et al.*, 2022).

Tabela 1 – Produção em toneladas

Categoria	2017 (t)	2018 (t)	2019 (t)
Plásticos não especificados	853.725	769.913	992.511
Descartáveis de plásticos (copos, pratos, talheres)	236.196	247.998	261.015
Sacos de plástico para lixo	101.608	696.722	121.021

Fonte: Lima *et al.*, (2022)

O setor alimentício concentra o maior consumo de embalagens plásticas, já que o plástico é leve, resistente e eficaz na proteção e transporte de alimentos. O uso desse material também é expressivo nos setores de bebidas e limpeza, como apresentado no Gráfico 1. A maior parte desse consumo ocorre em produtos de uso imediato, cujo descarte é rápido e contribui para o aumento dos resíduos sólidos.

Gráfico 1 – Consumo de plásticos por setores

Fonte: adaptado de ABIPLAST (2020), pela autora (2025)

Com o avanço tecnológico, a indústria de embalagens plásticas se consolidou impulsionada pela criação de diferentes tipos de polímeros, cada um com propriedades específicas. Para facilitar a identificação, descarte e reciclagem desses materiais, foi criado o Sistema de Identificação de Resinas Plásticas (SIRP), que utiliza códigos numéricos de 1 a 7.

Esses códigos aparecem na base ou no rótulo das embalagens dentro de um triângulo com setas, indicando o tipo de polímero presente no produto. Essa identificação não apenas classifica o material, mas também orienta sobre as possibilidades de reciclagem e reaproveitamento. O polietileno tereftalato (PET), identificado pelo número 1, é amplamente utilizado em garrafas de bebidas, embalagens de alimentos e produtos cosméticos. É um material transparente, leve, resistente e reciclável.

O polietileno de alta densidade (PEAD), identificado pelo número 2, é rígido e resistente, empregado em embalagens de produtos de limpeza, cosméticos e galões. Já o policloreto de vinila (PVC), número 3, é encontrado em tubos, conexões, filmes plásticos e embalagens farmacêuticas. Sua reciclagem é limitada devido ao risco de liberação de compostos tóxicos, como o cloreto de hidrogênio, durante a queima ou processamento.

O polietileno de baixa densidade (PEBD), número 4, é flexível e utilizado em sacolas e sacos de lixo. No entanto, sua reciclagem é reduzida devido à contaminação orgânica e dificuldades na triagem. O polipropileno (PP), número 5, possui resistência térmica e química, sendo aplicado em potes, tampas e

embalagens de alimentos. Pode ser reciclado e transformado em fibras, escovas e peças automotivas.

O poliestireno (PS), número 6, é utilizado em copos descartáveis e bandejas de isopor. O grupo Outros, número 7, engloba materiais de composição mista, como policarbonato (PC). Tanto o PS quanto o grupo Outros possuem baixa reciclagem, devido à mistura de materiais e à falta de processos padronizados de reaproveitamento (Coutinho *et al.*, 2003). A Figura 2 apresenta os símbolos de identificação das resinas plásticas.

Figura 2 – Identificação dos tipos de materiais nos plásticos



Fonte: ABIPLAST (2020)

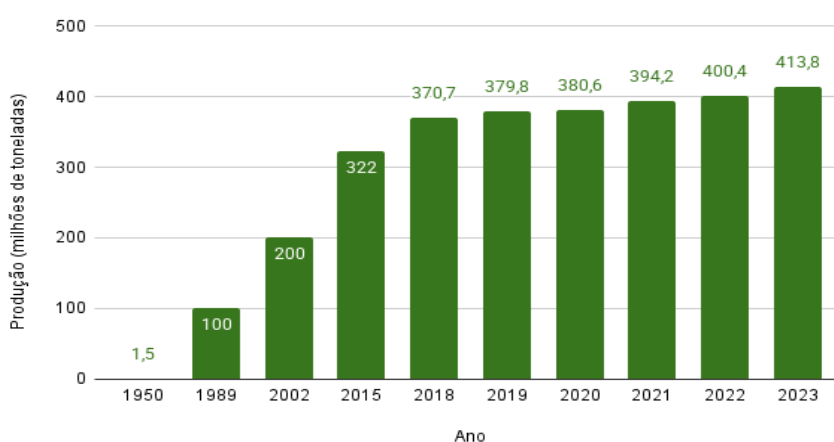
Os polímeros PP, PEAD e PVC representam quase 50% do consumo nacional de resinas plásticas (ABIPLAST, 2020). Apesar disso, a taxa de reciclagem ainda é muito baixa, com estimativas que indicam que cerca de 90% dos plásticos consumidos no Brasil não são reciclados.

2.2 Produção do plástico

A produção global de plásticos segue um ciclo linear composto pelas etapas de extração, produção, consumo e descarte. Esse modelo evidencia o caráter imediato do consumo e reforça a dependência mundial de materiais descartáveis. Assim, o aumento contínuo da produção de plástico não apenas acompanha o crescimento econômico e os processos de globalização, mas também revela uma logística produtiva voltada para bens de curta vida útil e elevado potencial de geração de resíduos.

Conforme apresentado no Gráfico 2 a produção mundial de plásticos cresceu de forma expressiva nas últimas décadas, iniciando com aproximadamente 1,5 milhão de toneladas em 1950 e alcançando 379,8 milhões de toneladas em 2019. Mesmo diante da crise econômica decorrente da pandemia de COVID-19 em 2020, não houve redução significativa na produção global. Pelo contrário, em 2022 a produção aumentou, atingindo 400,4 milhões de toneladas, demonstrando a forte dependência mundial desse material (Plastics Europe, 2023).

Gráfico 2 – Produção mundial de plásticos nos últimos anos



Fonte: adaptado de Plastics Europe (2023), pela autora (2025)

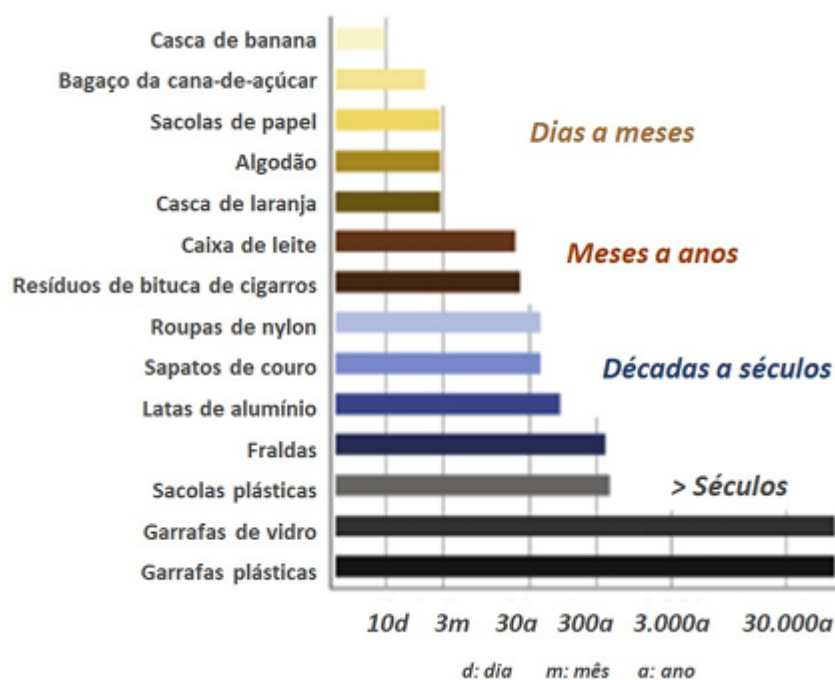
Após analisar a evolução do setor plástico em escala global, é fundamental observar sua distribuição geográfica. A Ásia concentra mais da metade do volume fabricado no mundo, com a China à frente, responsável por 32% do total. Essa concentração resulta, principalmente, do polo manufatureiro chinês, caracterizado por custos baixos e elevada demanda internacional (ABIPLAST, 2023).

Enquanto a Ásia, a Europa e a América do Norte se destacam como grandes produtores globais, a América Latina representa apenas 4% da produção mundial. Nessa região, o Brasil tem um papel distinto, atuando na transformação de matérias-primas e como um grande mercado consumidor de artigos plásticos com origem nas principais potências industriais (ABIPLAST, 2023).

2.3 Degradação do plástico

O plástico apresenta características vantajosas, como durabilidade, resistência mecânica e estabilidade química; porém, esses mesmos atributos contribuem para sua lenta degradação no ambiente. O tempo de permanência de um plástico no meio ambiente varia conforme sua estrutura química e suas propriedades físicas, conforme ilustrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Tempo de degradação de diferentes resíduos



Fonte: Caixeta; Morais (2022)

A degradação dos polímeros pode ocorrer por diferentes mecanismos. Em poliamidas, por exemplo, ocorre principalmente pela redução da massa molar. Em polímeros que contêm anéis aromáticos na cadeia principal, a degradação está associada à formação de ligações cruzadas e modificações estruturais. Esses processos são resultado da interação simultânea de fatores físicos, químicos e biológicos, sendo fortemente influenciados pelo descarte inadequado no ambiente (Silva; Santos; Silva, 2013).

Entre os principais mecanismos de degradação estão a fotodegradação, a degradação termo-oxidativa, térmica, termomecânica, enzimática e a biodegradação. A fotodegradação ocorre pela ação conjunta da radiação ultravioleta

e do oxigênio, sendo um processo superficial em que a luz penetra nas camadas externas do polímero. Grupos carbonila e determinadas ligações entre átomos de carbono absorvem radiação UV, iniciando reações que quebram a cadeia polimérica.

A biodegradação, por sua vez, ocorre a partir da ação de microrganismos que utilizam o carbono do polímero como fonte de energia. Enzimas microbianas promovem alterações estruturais que tornam o material fragmentável e posteriormente metabolizado (Bahl *et al.*, 2021). Esse processo depende de fatores bióticos e abióticos, como luz solar, temperatura, chuva e vento, que aumentam a área superficial do material e facilitam a ação biológica. A degradação resulta na liberação de dióxido de carbono, água e sais minerais.

Pesquisas na área de biotecnologia apontam que enzimas como hidrolases, lipases, proteases e oxidorredutases estão diretamente envolvidas nesses processos (Albuquerque *et al.*, 2014). Ainda assim, polímeros altamente cristalinos, como o PET, apresentam baixa taxa de degradação. Diversos estudos têm buscado alternativas para melhorar esse processo, incluindo o uso de fungos filamentosos como *Fusarium oxysporum* e *Fusarium solani*, que apresentam capacidade de degradação, embora ainda com baixa eficiência (Bissoli, 2021).

Um dos maiores desafios ambientais relacionados aos plásticos é sua gestão inadequada. Apenas cerca de 9% de todo o plástico produzido globalmente é reciclado, enquanto a maior parte é transportada para o ambiente por chuvas, ventos, rios e mares (UNEP, 2024). Muitos desses resíduos acumulam-se em regiões remotas. Um exemplo é a Ilha Henderson, um atol desabitado no Pacífico, onde foram identificadas aproximadamente 17,6 toneladas de resíduos plásticos provenientes de diversas regiões do mundo, incluindo Rússia, Estados Unidos, Japão, China, Europa e América do Sul (Lavers; Bond, 2017).

Além da poluição visível, a degradação física e química de plásticos ao longo dos anos gera partículas microscópicas conhecidas como microplásticos. Esses contaminantes estão amplamente distribuídos no planeta, sendo encontrados no ar, água, solo e em alimentos (O'Brien *et al.*, 2020). A Tabela 2 apresenta as principais fontes, vias de transporte e impactos dos microplásticos nos diferentes compartimentos ambientais.

Tabela 2 – Fontes, transporte e impactos dos microplásticos no meio ambiente

Compartimento	Fontes de entrada	Vias de transporte	Principais impactos
Solo	Aterros, compostagem, lodo de esgoto etc.	Escoamento superficial, erosão, fauna, atividades agrícolas.	Alteração da estrutura física e porosidade do solo. Redução da fertilidade e atividades microbiana. Absorção por raízes de plantas, danificando células.
Ar	Degradação de plástico, poeira, têxteis sintéticos etc.	Correntes de vento, chuva e neve.	Inalação humana e animal, inflamação respiratória e estresse oxidativo, transporte para áreas remotas.
Água	Escoamento superficial urbano e agrícola, fragmentos de resíduos, pesca e navegação, efluentes.	Correntes fluviais e oceânicas, ingestão e digestão por organismos.	Ingestão por fauna aquática, transferência na cadeia alimentar, bioacumulação de toxinas.
Subterrâneo	Infiltração de fossas sépticas e efluentes, vazamentos de infraestrutura.	Fluxo subterrâneo através de aquíferos porosos ou fraturados.	Contaminação de fontes de água potável.

Fonte: adaptado de Caixeta *et al.* (2022), pela autora (2025)

Os microplásticos são reconhecidos como poluentes emergentes que afetam tanto o meio ambiente quanto a saúde humana. Eles podem liberar aditivos tóxicos presentes em sua composição, contaminar superfícies e acumular-se em diferentes tecidos. Vale ressaltar que estudos indicam que um ser humano pode ingerir aproximadamente 74 mil partículas de microplásticos por ano, seja pela respiração ou pela alimentação diária (Chu *et al.*, 2022). Dessa forma, sua presença não se limita ao meio ambiente, sendo atualmente detectada em fluidos e tecidos humanos.

2.4 Redução dos plásticos sintéticos

A reciclagem de polímeros apresenta diversas limitações técnicas e logísticas. O PET e o PEAD são classificados como termoplásticos, o que significa que podem ser aquecidos, fundidos e remoldados várias vezes. Em contraste, os termorrígidos e elastômeros não podem ser reciclados pelo mesmo processo, uma vez que, após a cura, suas estruturas tornam-se permanentes e não podem ser novamente fundidas (Gorni, 2003). Mesmo entre os termoplásticos, a reciclagem enfrenta desafios, como o alto custo de transporte devido à baixa densidade do material, que ocupa grande volume.

A variedade de materiais plásticos impulsionou a expansão da indústria, mas também intensificou debates sobre sustentabilidade e gerenciamento adequado de resíduos. Diante da produção e consumo crescentes de polímeros sintéticos, grandes quantidades de resíduos são geradas, das quais apenas uma fração é de fato reciclada. Outra parte é incinerada, enquanto o restante acaba sendo disposto inadequadamente no ambiente, contribuindo para a poluição global.

Essa preocupação crescente com os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto do plástico fez com que o tema ganhasse visibilidade internacional, sendo escolhido como tema central do Dia Mundial do Meio Ambiente de 2025, buscando discutir medidas para reduzir a geração de resíduos e incentivar alternativas mais sustentáveis (UNEP, 2024).

Esses percentuais demonstram que a capacidade de reciclagem não acompanha a demanda de consumo e descarte, intensificando o problema ambiental. Para amenizar essa crise, surgiram alternativas baseadas na hierarquia dos 3Rs que são reduzir, reutilizar e reciclar, proposta na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92). Posteriormente, acrescentou-se o quarto “R”: repensar, ressaltando a necessidade de modificar hábitos de consumo (Quintela, 2015).

Nessa perspectiva, a redução do uso de plásticos é essencial, assim como o desenvolvimento de alternativas sustentáveis e a ampliação da reutilização de materiais já produzidos. Repensar o consumo torna-se fundamental diante dos impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado. Alguns países adotaram políticas eficazes para reduzir o uso de plásticos. A Irlanda, por exemplo, implementou em 2002 o PlasTax, um imposto de €0,15 por sacola, o que resultou na arrecadação de 23 milhões de euros para projetos ambientais e reduziu o consumo em 90% (Xanthos; Walker, 2017).

Além da Irlanda e de outros países, Bangladesh também instituiu restrições ao uso de sacolas plásticas. Embora tenha sido o primeiro país a implementar uma proibição em 2002, devido às obstruções dos sistemas de drenagem que provocavam enchentes, a aplicação das restrições perdeu força ao longo dos anos, principalmente pela falta de alternativas acessíveis e fiscalização, dificultando a redução do uso de sacolas plásticas (IPS, 2024).

No Brasil, maior produtor de plásticos da América Latina, projetos de educação ambiental e políticas públicas têm buscado incentivar a redução, reutilização e reciclagem desses materiais. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n.º 12.305/2010 (Brasil, 2010), estabelece prioridades como redução na fonte, reutilização, reciclagem e tratamento adequado, além de atribuir responsabilidade compartilhada a fabricantes, distribuidores e comerciantes quanto ao ciclo de vida dos produtos.

Um marco importante ocorreu em 2015, com o acordo setorial de embalagens firmado em cidades como São Paulo, Recife e Manaus (Sinir, 2018). No entanto, apesar dos avanços, a infraestrutura nacional ainda é insuficiente para garantir reciclagem ou reutilização em larga escala, limitando a efetividade da PNRS.

Embora a PNRS estabeleça, nos Arts. 9 e 54 o fim dos lixões, as práticas atuais de descarte de resíduos no Brasil não acontecem de forma adequada. A pesquisa de Saneamento da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC), divulgada pelo IBGE (2023) demonstra que 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizam lixões como destino final dos resíduos, enquanto apenas 60,5% possuem algum tipo de coleta seletiva funcionando.

Além disso, o IBGE (2024) aponta que 4,7 milhões de domicílios ainda queimam resíduos, principalmente áreas rurais, resultando na emissão de compostos tóxicos que são prejudiciais para a saúde humana e para o Meio Ambiente. Quando a reciclagem não é realizada, o lixo segue para aterros ou lixões, onde permanece por décadas ou séculos, já que sua degradação é lenta, favorecendo a liberação de microplásticos.

Nesse contexto, a educação ambiental desempenha papel estratégico na formação de uma consciência crítica sobre o uso e descarte de plásticos. Para Ribeiro (2009), a educação ambiental é um processo contínuo que integra o indivíduo à vida em sociedade, estimulando o entendimento ecológico e o vínculo com a natureza. A ecoalfabetização, portanto, é essencial para orientar escolhas sustentáveis e favorecer a construção de uma sociedade comprometida com a preservação ambiental.

2.5 Bioplástico

Os bioplásticos podem ser classificados de acordo com a origem do material e com seu mecanismo de degradação. Eles podem ser produzidos a partir de recursos renováveis, como amido, celulose, óleos vegetais e outros compostos de origem natural. Também podem ser obtidos por meio de processos biotecnológicos, como a fermentação bacteriana, ou ainda a partir de misturas entre polímeros naturais e sintéticos. Em geral, os bioplásticos são considerados biodegradáveis, uma vez que suas cadeias poliméricas podem ser metabolizadas por microrganismos presentes no solo, na água ou em matéria orgânica em decomposição (Rosa *et al.*, 2001).

A biodegradação ocorre quando esses microrganismos produzem enzimas capazes de romper ligações químicas dos polímeros, fragmentando as cadeias macromoleculares. Durante esse processo, as cadeias longas são convertidas em fragmentos menores que, posteriormente, são transformados em dióxido de carbono, água e biomassa, fenômeno conhecido como mineralização (Nayak, 1999).

Devido ao menor impacto ambiental associado à sua produção e descarte, os bioplásticos têm se destacado como alternativa sustentável aos polímeros convencionais. Embora representem apenas cerca de 0,5% da produção global de plásticos, sua fabricação vem crescendo em razão da demanda por materiais ecologicamente responsáveis (ABIPLAST, 2023).

Em 2023, foram produzidas aproximadamente 2,182 milhões de toneladas de bioplásticos, sendo a Ásia responsável por 48% dessa produção, com destaque para a China, que concentra cerca de 33% do total (ABIPLAST, 2023). Apesar desse avanço, os bioplásticos ainda ocupam uma pequena parcela do mercado quando comparados aos materiais derivados de petróleo. Entre os principais biopolímeros comercializados encontram-se PLA (ácido polilático), PHA (polihidroxialcanoatos), PBS (succinato de polibutileno) e TPS (amido termoplástico).

O PLA é produzido pela fermentação de açúcares provenientes do milho e da cana-de-açúcar, apresentando boas propriedades mecânicas e transparência. Os PHAs são sintetizados por microrganismos e possuem biodegradação acelerada. O PBS é um poliéster sintético biodegradável, conhecido por sua resistência e estabilidade térmica. Já o TPS é obtido a partir do processamento térmico do amido

com plastificantes como a glicerina, resultando em um material moldável e de baixo custo (Nayak, 1999).

No contexto brasileiro, políticas relacionadas à sustentabilidade ganharam espaço a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (United Nations, 1992). O evento apresentou a Agenda 21 e a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas, documentos que influenciaram programas de educação ambiental e gestão de resíduos, promovendo o uso de tecnologias limpas. Embora não tenha sido cumprida integralmente, a Agenda 21 serviu de base para a formulação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Em 2015, a ONU lançou a Agenda 2030, composta por 17 objetivos e 169 metas destinadas a orientar políticas globais rumo ao desenvolvimento sustentável (Capobianco, 1992). Os bioplásticos dialogam diretamente com os ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura) e com os ODS 12 (consumo e produção responsáveis), pois incentivam o uso de fontes renováveis, reduzem a dependência de combustíveis fósseis e favorecem a diminuição da geração de resíduos.

No entanto, apesar das vantagens ambientais, os bioplásticos ainda apresentam alguns desafios. O custo de produção permanece mais elevado em comparação aos plásticos convencionais (Rosa *et al.*, 2001). Além disso, bioplásticos à base de amido possuem maior sensibilidade à água, o que limita seu uso em embalagens que necessitam de barreira contra umidade. Mesmo assim, uma vantagem significativa é que muitos bioplásticos podem ser processados em equipamentos já existentes na indústria, reduzindo a necessidade de investimentos em maquinários específicos.

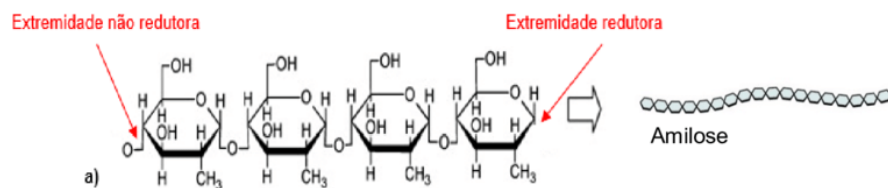
2.6 Amido

O amido é um dos polissacarídeos naturais mais abundantes na biosfera, funcionando como principal forma de reserva energética de diversas plantas. É constituído por unidades repetidas de anidroglicose, organizadas em macromoléculas cuja composição pode variar conforme a espécie vegetal da qual é extraído. Por isso, o amido pode ser obtido de cereais, como milho, trigo e arroz, e também de tubérculos e raízes, como mandioca e batata, apresentando diferenças

estruturais e funcionais de acordo com a espécie do vegetal que o amido é extraído (Cereda *et al.*, 1994).

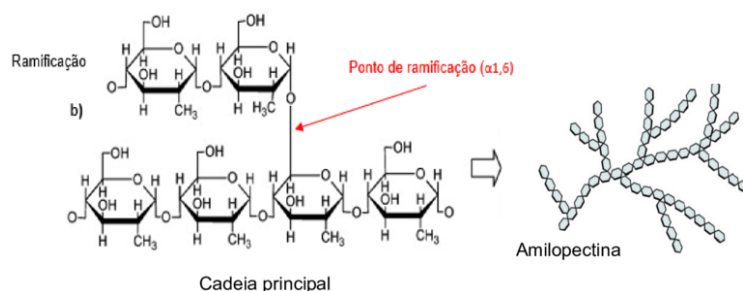
Quimicamente, o amido é composto por duas macromoléculas de glicose: amilose e amilopectina. A amilose (Figura 3) apresenta cadeia linear com conformação helicoidal, formada por unidades de α -D-glicopiranosose unidas por ligações glicosídicas α -1,4. Já a amilopectina (Figura 4) possui estrutura altamente ramificada, com ligações α -1,4 nas cadeias principais e α -1,6 nos pontos de ramificação, resultando em um arranjo tridimensional organizado e complexo. A proporção entre essas duas moléculas determina características essenciais do amido, como viscosidade, solubilidade, cristalinidade e comportamento térmico, influenciando diretamente suas aplicações industriais (Buléon *et al.*, 1998).

Figura 3 – Estrutura da amilose



Fonte: Chandra e Rustgi (1998)

Figura 4 – Estrutura da amilopectina



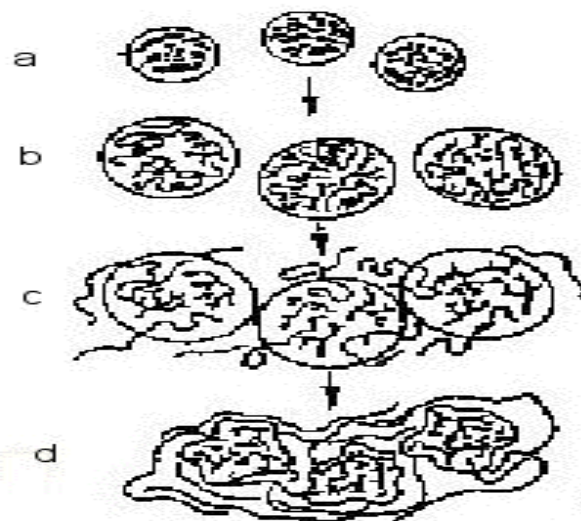
Fonte: Chandra e Rustgi (1998)

Além da composição molecular, os grânulos de amido apresentam regiões cristalinas e amorfas, formando estruturas semicristalinas cujo tamanho varia de poucos micrômetros até cerca de 100 μ m. Esses grânulos são classificados em três padrões principais: A, característico de cereais; B, típico de tubérculos; e C, encontrado em leguminosas, representando uma combinação dos dois padrões

anteriores. Essa classificação está diretamente ligada ao tipo de empacotamento das cadeias de amilopectina, o que afeta a refratividade, a densidade e as propriedades térmicas do amido (Cereda *et al.*, 1994).

Entre as propriedades mais importantes para seu uso industrial está a gelatinização (Figura 5), fenômeno que ocorre quando os grânulos de amido são aquecidos em meio aquoso. Durante o processo, a água penetra na estrutura granular, provocando inchamento, ruptura parcial das regiões cristalinas e aumento progressivo da viscosidade, resultando em uma pasta homogênea. Quando essa pasta resfria, ocorre a retrogradação, processo no qual as cadeias de amilose e parte da amilopectina se organizam por meio de ligações de hidrogênio, levando à formação de géis mais rígidos e estáveis (Lai e Kokini, 1991)

Figura 5 - Processo de gelatinização do amido



Fonte: Lai e Kokini (1991)

Essas características estruturais e físico-químicas tornam o amido um material promissor para a produção de bioplásticos, especialmente quando processado na forma de amido termoplástico (TPS). O TPS é obtido quando o amido é aquecido na presença de plastificantes, como glicerina, que reduzem as interações intermoleculares e permitem seu processamento em equipamentos semelhantes aos utilizados para polímeros convencionais. Por ser abundante, renovável e biodegradável, o amido aparece como alternativa sustentável aos plásticos derivados do petróleo, contribuindo para o desenvolvimento de materiais com menor

impacto ambiental e alinhados às demandas atuais por soluções ecologicamente responsáveis.

2.7 Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) como fonte de amido

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*), pertencente à família Moraceae, da qual também fazem parte a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) e a amoreira (*Morus nigra*), destaca-se pelo elevado teor de carboidratos e amido, característica comum ao gênero *Artocarpus* (Pradhan *et al.*, 2012). Originária do Sudeste Asiático, a espécie foi difundida em regiões tropicais devido à sua adaptabilidade e alta produtividade. No Brasil, ocorre principalmente nos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e São Paulo, desenvolvendo-se em ambientes de baixa altitude e temperaturas médias próximas a 25 °C (Sacramento *et al.*, 2009).

A árvore apresenta grande porte, podendo atingir até 25 metros, e possui frutificação sazonal, com produção concentrada entre quatro e seis meses. Os frutos, de formato oval ou cilíndrico, pesam entre 1 e 3 kg e continuam amadurecendo após a colheita, o que limita sua comercialização e armazenamento. Do ponto de vista nutricional, a fruta apresenta vitaminas do complexo B, vitamina C, ferro, aminoácidos e alto teor de carboidratos, sendo utilizada tanto na alimentação direta quanto na forma de farinha (Pradhan *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2016).

Estudos físico-químicos demonstram a relevância do fruto para aplicações tecnológicas. Resende *et al.* (2019) identificaram uma massa média de 1,52 kg, composta por 70,93% de polpa, 19,76% de casca e 9,31% de estrutura central. A umidade registrada foi de 68,76%, além de cinzas (0,61%) e proteínas (1,73%). Esses valores diferem daqueles apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Taco, 2011), o que pode estar relacionado ao clima, solo e estado de maturação, indicando a influência das condições ambientais sobre a composição do fruto.

O teor de amido encontrado (24,68%) confirma o potencial da fruta-pão como fonte natural de carboidratos e matéria-prima para extração de amido, conforme já indicado por Latchoumia *et al.* (2014). O pH levemente ácido (6,4) favorece a estabilidade da biomolécula durante o processamento térmico, e o baixo teor de taninos (0,023%) reduz a formação de complexos insolúveis, mantendo a pureza do amido.

A elevada atividade de água ($A_w = 0,993$) torna necessária a secagem adequada da polpa para evitar deterioração e favorecer a obtenção do amido. Resende *et al.* (2019) destacam que temperaturas entre 60 °C e 80 °C promovem desidratação eficiente sem comprometer os nutrientes e a estrutura do amido.

Assim, a fruta-pão apresenta potencial não apenas alimentar, mas também tecnológico, sendo uma alternativa viável ao uso de polímeros sintéticos. Como apontam Souza *et al.* (2016), suas propriedades químicas favorecem a formação de biopolímeros resistentes, o que reforça o valor da espécie na busca por materiais sustentáveis e alinhados às demandas ambientais contemporâneas.

2.8 Conservação de vegetais

A adoção de métodos sustentáveis para a conservação de frutas e hortaliças tem se intensificado diante do crescente desperdício de alimentos. Entre as alternativas mais promissoras estão os revestimentos à base de biopolímeros naturais, como o amido, capazes de prolongar a vida útil dos vegetais ao formar uma película protetora que reduz a perda de água e o avanço de processos oxidativos. Esses materiais apresentam vantagem ambiental significativa, pois substituem embalagens plásticas convencionais derivadas de recursos fósseis, cuja degradação é lenta e altamente impactante (Shehata *et al.*, 2021).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) destaca-se entre os frutos climatéricos mais perecíveis. Além de amplamente consumido, possui relevante importância econômica no país, onde a produção supera 4 milhões de toneladas anuais. É um alimento rico em vitaminas A e C e em minerais como ferro, potássio e cálcio. Entretanto, seu amadurecimento continua após a colheita, elevando a taxa respiratória e acelerando reações enzimáticas que ocasionam perda de firmeza, alterações de cor e sabor e redução do tempo de prateleira (Silva *et al.*, 2022).

Nesse contexto, os revestimentos alimentícios comestíveis biodegradáveis (RCAB) surgem como alternativa tecnológica eficaz. Elaborados a partir de proteínas, lipídios ou polissacarídeos, esses revestimentos formam uma película fina e transparente que atua como barreira semipermeável, controlando trocas gasosas, umidade e a entrada de oxigênio, além de reduzir o ataque de microrganismos (Rodrigues, 2019). Assim, contribuem para retardar o amadurecimento e preservar atributos sensoriais dos frutos sem adição de agentes químicos.

O amido é amplamente utilizado na produção desses filmes devido ao baixo custo, abundância e boas propriedades filmogênicas. Por ser hidrofílico, apresenta sensibilidade à umidade, sendo comum a incorporação de plastificantes, como o glicerol, que aumentam a flexibilidade e a resistência mecânica do filme (Ferreira, 2024). Rocha *et al.* (2014) verificaram que filmes produzidos com amido de milho e fécula de mandioca reduzem a perda de massa e retardam o amadurecimento; já Yildirim-Alçin *et al.* (2019) destacam o potencial biotecnológico desses materiais na conservação pós-colheita.

O amadurecimento dos frutos envolve transformações fisiológicas e estruturais relacionadas a textura, aroma e coloração. Fatores como atividade de água, exposição à luz e oxigênio influenciam diretamente sua deterioração. Os revestimentos biodegradáveis contribuem para regular esses processos, reduzindo a taxa respiratória e mantendo a integridade dos tecidos vegetais (Ferreira, 2024). Dessa forma, apresentam-se como estratégia sustentável, eficiente e alinhada às demandas atuais de redução do desperdício e diminuição do uso de embalagens plásticas.

2.9 Formação docente e experimentação sustentável

A formação docente em Ciências, principalmente na Licenciatura em Química, exige que o futuro professor desenvolva competências que vão além do domínio dos conteúdos. É necessário compreender que a ciência é uma prática social, investigativa e deve ser contextualizada, com problematização, diálogo e experimentação. O professor não é apenas transmissor, mas mediador de experiências que permitem que os alunos observem, levantem hipóteses, testem ideias e construam uma aprendizagem significativa (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000). A formação inicial precisa proporcionar vivências que aproximem o licenciando das práticas investigativas e das demandas reais da escola, favorecendo o desenvolvimento da autonomia e uma didática que atenda as limitações estruturais e às particularidades da sala de aula.

A experimentação, nesse processo formativo, desempenha um papel essencial. A prática experimental não é apenas uma demonstração ou reprodução de um roteiro, mas uma oportunidade de promover o pensamento científico e o levantamento de hipóteses, bem como a resolução de problemas. Essa

experimentação possibilita aos alunos participar de atividades nas quais o problema não é resolvido pelo professor, mas construído coletivamente a partir de situações significativas. Durante o desenvolvimento dessas práticas experimentais, o professor orienta e intervém, garantindo que o aluno analise, compreenda os resultados e elabore explicações fundamentadas (Sasseron; Carvalho, 2011).

Dessa forma, a experimentação sustentável surge como uma alternativa pedagógica relevante, principalmente em escolas públicas onde os laboratórios completos são raros ou inexistentes. O uso de materiais simples, naturais e recicláveis, como frutas, resíduos orgânicos e substâncias simples, permite que o professor desenvolva práticas científicas seguras e relacionadas com a educação ambiental. Além de democratizar o acesso ao conhecimento científico, esse tipo de experimentação valoriza a criatividade docente e evidencia que a ciência pode ser realizada mesmo em ambientes escolares com recursos limitados. Ademais, essa abordagem aproxima o aluno de problemas reais, como o descarte de resíduos e o consumo consciente.

Integrar a experimentação sustentável ao processo de formação docente é uma estratégia que desenvolve competências fundamentais para um professor na área de Ciências. Ao vivenciar práticas investigativas com materiais alternativos, o futuro docente aprende a adaptar recursos, criar propostas e relacionar Ciência e Meio Ambiente. Por isso, a formação docente e a experimentação sustentável são abordagens complementares, promovendo a construção de uma educação científica acessível e contextualizada (Carvalho *et al.*, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida com uma abordagem qualitativa e de caráter experimental, voltada à produção de um bioplástico derivado do amido extraído da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e a observação de sua aplicação como revestimento biodegradável para conservação de tomates. Todas as etapas foram realizadas no Laboratório de Química do IFPE – *Campus* Barreiros, utilizando materiais de baixo custo, de modo a possibilitar futuras replicações em contextos educativos. Além da parte experimental, a metodologia foi relacionada com os conteúdos estudados na disciplina de Polímeros do sétimo período e ao desenvolvimento de competências da formação docente, como práticas experimentais sustentáveis que podem ser aplicadas no ensino de Ciências.

3.1 Extração do amido da fruta-pão

3.1.1 Materiais

Foram utilizados frutos de fruta-pão verde, faca de aço inoxidável, triturador doméstico, liquidificador, peneira fina, recipientes plásticos higienizados, água potável e superfície plana para secagem.

3.1.2 Procedimento de extração

A extração iniciou-se com a seleção manual dos frutos, que foram colhidos no IFPE – *Campus* Barreiros, priorizando exemplares íntegros e sem sinais de deterioração. Após a lavagem em água corrente, os frutos foram descascados e o miolo central removido, preservando somente a polpa. Logo após, a polpa foi fracionada em pequenos cubos para facilitar a trituração.

Os pedaços foram triturados até formar uma massa úmida, que posteriormente foi colocada em um litro de água e processada no liquidificador até obtenção de uma suspensão leitosa, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Processo de trituração do fruta-pão



Fonte: autora (2025)

Essa suspensão foi deixada em repouso para permitir a decantação natural do amido (Figura 7). Logo após a decantação, o sobrenadante foi descartado cuidadosamente, e o procedimento de lavagem e decantação foi repetido três vezes para a remoção de impurezas.

Figura 7 – Líquido em repouso para decantação



Fonte: autora (2025)

Após a última decantação, o sedimento rico em amido foi transferido para peneira fina e submetido à secagem em temperatura ambiente (Figura 8), em local protegido da luz solar direta, até completa eliminação da umidade.

Figura 8 – Secagem do amido extraído



Fonte: autora (2025)

O material seco (Figura 9) foi peneirado e armazenado em recipiente hermético.

Figura 9 - Armazenamento do amido em pó



Fonte: autora (2025)

3.2 Produção dos bioplásticos

Após a secagem do amido extraído da fruta-pão, foram realizados três testes experimentais para identificar a melhor formulação para o bioplástico. Cada teste variou a quantidade de água, vinagre, glicerina e a temperatura de aquecimento. O objetivo foi descobrir qual fórmula gerava um filme mais flexível, uniforme e

transparente. Essa parte da metodologia permitiu, de forma prática, aplicar os conteúdos aprendidos na disciplina de Polímeros, como o processo de gelatinização do amido, plastificação e comportamento do bioplástico.

A seleção dessa matéria-prima justifica-se por sua relevância como recurso subutilizado e pela carência de estudos, em especial de origem nacional, que forneçam protocolos reprodutíveis para sua aplicação em biopolímeros (Latchoumia *et al.*, 2014).

Dessa forma, foram testadas três formulações distintas, nas quais o método inicial utilizado foi um roteiro de amido de batata inglesa (Apostila QAM e NBA, 2017). Contudo, os amidos de diferentes fontes botânicas possuem propriedades físico-químicas distintas. Parâmetros como a razão de amilose e amilopectina, a temperatura de gelatinização e a presença de lipídios e proteínas variam significativamente. Dada à natureza singular do amido de *Artocarpus altilis*, às formulações subsequentes ao primeiro teste foram ajustadas.

3.2.1 Materiais

- Amido extraído da fruta-pão
- Água destilada
- Glicerina
- Vinagre (ácido acético diluído)
- Béquer (50 mL)
- Proveta (30 mL)
- Pipeta graduada (5 mL)
- Espátula
- Bastão de agitação
- Termômetro
- Placa de aquecimento
- Placa de vidro

3.2.2 Teste I — Baixa quantidade de água

Para o Teste I, inicialmente foram pesados 8 g de amido e transferidos para um béquer. Em seguida, adicionaram-se 22 mL de água, 3 mL de vinagre e 2 mL de glicerina, misturando-se todos os componentes até a formação de uma solução uniforme. A mistura foi então aquecida até atingir aproximadamente 72 °C, mantendo-se a agitação constante durante todo o processo (Figura 10).

Figura 10 - aquecimento



Fonte: autora (2025)

O gel formado foi imediatamente espalhado sobre uma placa de vidro para secagem natural (Figura 11).

Figura 11 – Bioplástico na placa de vidro



Fonte: autora (2025)

3.2.3 Teste II - Mais água, temperatura menor

No Teste II, foram utilizados 10 g de amido, 100 mL de água, 3 mL de vinagre e 2 mL de glicerina. Todos esses componentes foram colocados em um béquer e

misturados até que se formasse uma solução homogênea. Após a homogeneização, a mistura foi aquecida até atingir aproximadamente 65 °C, mantendo-se a agitação constante durante todo o processo. O gel resultante foi vertido sobre uma placa de vidro para secagem natural (Figura 12).

Figura 12 – Bioplástico em repouso para secagem



Fonte: autora (2025)

3.2.4 Teste III – Mais água, temperatura maior

No Teste III, empregaram-se 10 g de amido, 250 mL de água, 2 mL de vinagre e 3 mL de glicerina. Todos esses componentes foram misturados em um béquer até que o amido estivesse completamente dissolvido e a solução adquirisse aspecto uniforme. Em seguida, a mistura foi aquecida até aproximadamente 80 °C, mantendo-se a agitação constante durante todo o processo para garantir a gelatinização adequada.

Após a obtenção desse gel, metade dele foi espalhada sobre uma placa de vidro para secagem natural e a outra metade foi reservada em um béquer para ser utilizada posteriormente como solução de revestimento do tomate (Figura 13).

Figura 13 – Bioplástico produzido no teste III



Fonte: autora (2025)

3.3 Aplicação do revestimento biodegradável

3.3.1 Materiais

- Solução do bioplástico (Teste III)
- Dois tomates do tipo salada
- Pinça metálica
- Placa de vidro limpa

3.3.2 Revestimento

Para o procedimento de revestimento, inicialmente foram selecionados dois tomates com características semelhantes, sendo um destinado à aplicação do bioplástico e o outro utilizado como controle. O tomate escolhido para receber o revestimento foi imerso na solução ainda líquida resultante do Teste III por aproximadamente 30 segundos, garantindo que toda a sua superfície fosse coberta pelo gel, (Figura 14).

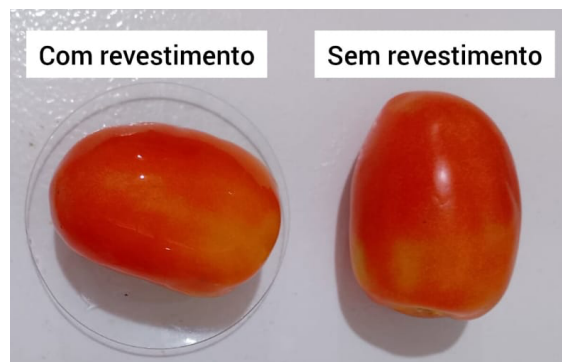
Figura 14 – Aplicação do bioplástico no tomate



Fonte: autora (2025)

Após esse período, o fruto foi retirado da solução com o auxílio de uma pinça metálica e colocado sobre uma placa de vidro, onde permaneceu até que a película formada pelo bioplástico secasse completamente (Figura 15).

Figura 15 – Tomate revestido e tomate de controle



Fonte: autora (2025)

O tomate controle, por sua vez, foi mantido ao lado do tomate revestido, sem receber qualquer tipo de tratamento, permanecendo nas mesmas condições ambientais. Ambos os frutos foram monitorados ao longo de 13 dias, registrando-se alterações na cor, na firmeza e no eventual surgimento de fungos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coleta e preparo da matéria-prima

A extração do amido resultou em um sedimento branco, obtido após sucessivas etapas de lavagem e decantação. Logo após a trituração e homogeneização da polpa, observou-se uma suspensão bastante turva, característica da presença de fibras, pigmentos e sólidos solúveis. Com o repouso (Figura 16), tornou-se evidente a separação entre o sobrenadante e o sedimento, indicando que o método adotado foi eficiente na deposição das partículas amiláceas.

Figura 16 – Fases da decantação e purificação do amido da fruta-pão



Fonte: autora (2025)

Com as sucessivas lavagens, a coloração da água tornou-se gradualmente mais clara. Esse comportamento está associado à baixa solubilidade da amilose e amilopectina em água fria, o que facilita sua sedimentação. Ao término da secagem, o material apresentou textura fina, o que favoreceu sua posterior utilização como matéria-prima na síntese dos bioplásticos.

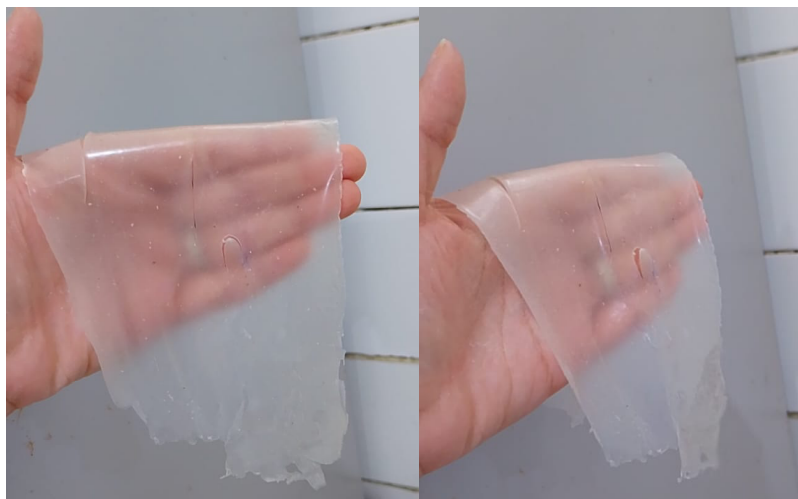
4.2 Produção dos bioplásticos

Os três testes realizados demonstraram, de maneira qualitativa e visual, que variações pontuais nos parâmetros estudados exercem um impacto decisivo na integridade e aparência dos filmes.

4.2.1 Teste I – Formação de gel: Bioplástico espesso e quebradiço

No Teste I, após a secagem completa, observou-se que o filme formado era rígido, opaco e quebradiço, evidenciando que a combinação de baixa quantidade de água e alto teor de amido gerou um material denso (Figura 17).

Figura 17 – Bioplástico teste I



Fonte: autora (2025)

A elevada concentração de amilose, combinada com a quantidade limitada de plastificante, impediu a formação de uma matriz flexível. Como consequência, o filme apresentou fissuras, destacando a importância do equilíbrio entre fração sólida e solvente para filmes de boa qualidade.

4.2.2 Teste II – Gelatinização incompleta

Embora esse teste tenha utilizado mais água, a temperatura insuficiente (cerca de 65 °C) impediu a ruptura completa dos grânulos de amido, resultando em um gel heterogêneo. Após o período de secagem, observou-se que o filme obtido apresentava textura irregular, contendo grumos de amido não gelatinizado e baixa resistência mecânica. Esses resultados mostraram que, apesar da maior diluição do amido, a temperatura empregada não foi suficiente para promover a gelatinização completa, comprometendo a qualidade do bioplástico produzido (Figura 18).

Figura 18 – gelatinização incompleta



Fonte: autora (2025)

Os resíduos de partículas não gelatinizadas impediram a formação de uma matriz contínua, comprometendo características essenciais como transparência, aderência e flexibilidade. Portanto, essa formulação mostrou-se inadequada para fins de revestimento.

4.2.3 Teste III – Gelatinização e formação do bioplástico

O Teste III apresentou o melhor desempenho, indicando que a combinação de maior volume de água e temperatura próxima a 80 °C favorece a completa gelatinização do amido. O filme formado apresentou superfície lisa, boa flexibilidade e transparência (Figura 19).

Figura 19 – Bioplástico formado



Fonte: autora (2025)

O plastificante foi determinante para evitar retrações bruscas durante a secagem, e o leve teor de ácido acético contribuiu para estabilizar a viscosidade e melhorar a homogeneidade do polímero. Assim, essa formulação foi selecionada como padrão para a etapa de aplicação em alimentos.

4.3 Aplicação e desempenho do revestimento biodegradável

A aplicação do bioplástico produzido no Teste III permitiu avaliar visualmente sua eficiência como revestimento biodegradável para conservar tomates. O fruto recebeu uma camada uniforme após imersão na solução gelatinizada (Figura 20).

Figura 20 – imersão do tomate



Fonte: autora (2025)

Foi observado que a secagem formou um filme aderente e flexível que se manteve íntegro durante os primeiros dias de observação (Figura 21).

Figura 21 – Tomate revestido

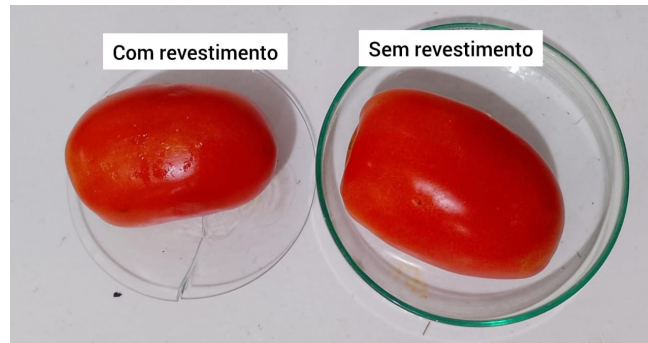


Fonte: autora (2025)

Nos cinco primeiros dias, não foram observadas diferenças significativas entre o tomate revestido e o controle. Contudo, a partir do sexto dia, o controle apresentou perda de brilho, textura mais macia, enquanto o fruto revestido manteve coloração mais estável.

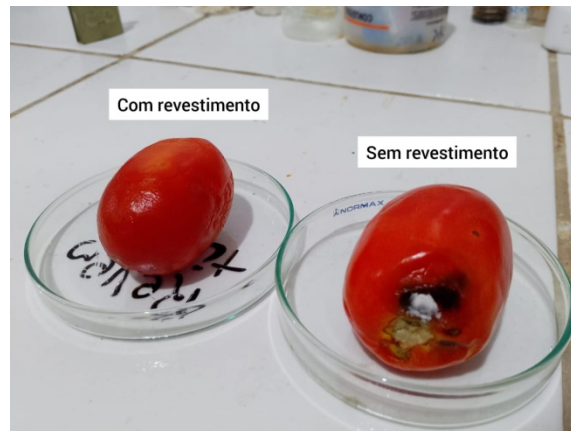
A película atuou como barreira semipermeável, reduzindo a taxa de respiração e de transpiração, fenômeno fundamental para retardar processos fisiológicos acelerados em frutos climatéricos. A estabilidade visual observada é compatível com estudos que relatam o uso de revestimentos à base de amido na conservação pós-colheita.

Com o avanço dos dias, os tomates começaram a apresentar as primeiras diferenças entre si. O tomate sem revestimento apresentou uma leve mudança de cor e uma mancha pequena e escura, indicando o início do processo natural de deterioração, enquanto o tomate revestido manteve integridade estrutural e ausência de microrganismos visíveis (Figura 22).

Figura 22 – Tomates em observação

Fonte: autora (2025)

No décimo terceiro dia de monitoramento, as discrepâncias entre as amostras tornaram-se marcantes. O tomate sem revestimento apresentou estágio avançado de deterioração visível e atração de insetos (Figura 23). Em contraste, o tomate revestido manteve-se estruturalmente íntegro, exibindo apenas uma leve redução volumétrica, sem, contudo, apresentar sinais de degradação.

Figura 23 – Tomates em observação

Fonte: autora (2025)

Durante o experimento, o revestimento permaneceu bem aderido à casca do tomate e pôde ser retirado com facilidade com uma ação mecânica. O revestimento pôde ser retirado manualmente ou lavando o fruto em água corrente, o que mostra que o material é biodegradável e seguro (Figura 24).

Figura 24 – Tomates em observação



Fonte: autora (2025)

Além disso, como o filme é feito apenas com ingredientes de origem alimentar, ele também pode ser ingerido sem a necessidade de remoção. Esses resultados mostram que o bioplástico produzido a partir do amido da fruta-pão realmente funciona como um revestimento protetor, ajudando a retardar o processo de deterioração e preservando as características físicas do tomate por mais tempo.

Os resultados podem ser explicados pelas propriedades físico-químicas do filme formado. A formação de uma matriz polimérica contínua requer um equilíbrio preciso entre seus componentes. A fase aquosa é responsável pela plastificação e mobilização das cadeias de amido durante o aquecimento. O plastificante, neste caso a glicerina, atuou reduzindo as forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas, aumentando o espaçamento molecular e, consequentemente, favorecendo a flexibilidade e reduzindo a fragilidade do material seco.

A adição de ácido acético promoveu a hidrólise ácida do amido. Neste processo, os íons H^+ atuam como catalisadores, atacando as ligações glicosídicas que unem os monômeros de glicose, resultando na quebra química das cadeias poliméricas.

O aquecimento a cerca de 80 °C foi essencial para romper ligações de hidrogênio entre amilose e amilopectina, permitindo a formação de uma matriz homogênea, translúcida e mais resistente. Isso explica o melhor desempenho do filme obtido nesse teste, em comparação aos anteriores, que falharam devido ao desequilíbrio nas proporções e na temperatura de preparo. Essas observações estão de acordo com estudos que mostram que revestimentos à base de amido funcionam como barreiras semipermeáveis, reduzindo a perda de água e a taxa respiratória dos frutos (Rocha *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2018).

Os resultados desse trabalho são compatíveis com trabalhos experimentais que avaliaram o uso de revestimentos alimentícios à base de amido na conservação pós-colheita do tomate. Borba *et al.* (2024) desenvolveram um revestimento comestível formulado com amido de milho, cera de abelha e compostos ativos, observando a redução da perda de massa e o retardo do processo de deterioração dos frutos ao longo das observações. Apesar das diferenças na composição do revestimento, uma vez que nesse trabalho foi utilizada uma formulação simples, baseada apenas no amido da fruta-pão, glicerina e ácido acético, sem a adição de ceras ou agentes antimicrobianos, o comportamento observado foi qualitativamente semelhante, com maior estabilidade visual e preservação dos tomates revestidos em comparação ao controle.

Esses resultados reforçam que a formação de uma película contínua à base de amido atua como uma barreira semipermeável, contribuindo para a redução da transpiração e da respiração dos frutos climatéricos, independentemente da fonte do amido utilizada.

A comparação entre as amostras confirmou esses princípios, o tomate sem revestimento deteriorou-se mais rapidamente, enquanto o revestido manteve sua aparência e estrutura física por mais tempo. Além disso, o filme produzido apresentou características adequadas para uso em alimentos, como brilho, transparência e flexibilidade. Apesar de ser um estudo qualitativo e visual, os resultados mostram que o amido da fruta-pão possui potencial para a produção de bioplásticos funcionais, destacando-se como uma matéria-prima pouco explorada e de fácil acesso, o que reforça a relevância da pesquisa.

Durante o desenvolvimento do experimento, desde a extração do amido até a análise dos testes de formulação, foi possível desenvolver habilidades importantes para a formação na área de Ciências. Experimentos simples e de baixo custo podem favorecer a compreensão de conteúdos abstratos, além de promover discussões sobre sustentabilidade e conservação de alimentos em sala de aula. Por isso, além dos resultados obtidos com a produção de bioplásticos e a conservação de alimentos através de revestimentos, o experimento é uma atividade pedagógica para futuros professores, pois integra teoria, prática e discussão sobre o papel da ciência no cotidiano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstrou que a fruta-pão é uma matéria-prima viável para a produção de bioplásticos, permitindo a extração de um amido de boa qualidade e a elaboração de filmes biodegradáveis. Entre as formulações testadas, o Teste III apresentou melhor desempenho, resultando em um bioplástico homogêneo, flexível e transparente, graças ao equilíbrio adequado entre água, glicerina, vinagre e temperatura de aquecimento.

Ao ser aplicado como revestimento pós-colheita, o bioplástico produzido mostrou eficiência na conservação do tomate, reduzindo a perda de massa, retardando o amolecimento e evitando o surgimento de fungos durante o período de observação. Em comparação, o fruto controle deteriorou-se mais rapidamente, evidenciando que a película atua como barreira semipermeável capaz de diminuir a respiração e a transpiração do vegetal.

Além dos resultados tecnológicos, o estudo reforça o potencial pedagógico do uso de bioplásticos à base de amido na formação docente. Por se tratar de um experimento simples, de baixo custo e ligado à sustentabilidade, ele pode ser integrado ao ensino de química para promover práticas investigativas e reflexão sobre alternativas ao plástico convencional. Conclui-se que o bioplástico de fruta-pão é funcional como revestimento biodegradável e relevante como recurso educativo, contribuindo tanto para pesquisas sobre materiais sustentáveis quanto para práticas formativas em ciências.

Mesmo com os resultados obtidos, o tema ainda apresenta questões que podem ser estudadas com maior profundidade, principalmente as propriedades estruturais do filme e do comportamento do amido da fruta-pão diante de variações de temperatura, composição e umidade. Em relação à formação de professores, a articulação entre teoria e prática contribui para o desenvolvimento da autonomia investigativa, permitindo que o futuro professor compreenda os processos científicos para adaptá-los no contexto escolar.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. *Perfil 2020*. São Paulo: ABIPLAST, 2021.

ALBUQUERQUE, M. C. C. *et al.* Aplicações de enzimas na síntese e na modificação de polímeros. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 699–708, 2014.

ARPIA, A. A. *et al.* Microplastic degradation as a sustainable concurrent approach for producing biofuel and obliterating hazardous environmental effects: a state-of-the-art review. *Journal of Hazardous Materials*, Amsterdam, v. 418, p. 1–14, 2021.

BAHL, S.; DOLMA, J.; SINGH, J. J.; SEHGAL, S. Biodegradation of plastics: a state of the art review. *Materials Today: Proceedings*, Amsterdam, v. 39, p. 31–34, 2021.

BISSOLI, O. D. *Bioteχνologias para a degradação de plásticos*. 2021. 87 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade do Porto, Porto, 2021.

BORBA, R. N. S. *et al.* Revestimento alimentício à base de amido e cera de abelha no auxílio da pós-colheita do tomate-salada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 63., 2024, Salvador. *Anais [...]*. Salvador: Associação Brasileira de Química, 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, Amsterdam, v. 23, p. 85–112, 1998.

CAIXETA, D. *et al.* Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos. *Enciclopédia Biosfera*, Jandaia - GO, v. 19, n. 40, 2022.

CAIXETA, D.; MORAIS, E. Panorama mundial de produção de plástico e estratégias de degradação. *Enciclopédia Biosfera*, Jandaia - GO, v. 19, n. 39, 2022.

CAPOBIANCO, J. P. O que podemos esperar da Rio 92. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v. 6, n. 1–2, p. 13–17, 1992.

CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* *Investigar e aprender ciências*. São Paulo: Sarandi, 2011.

CEREDA, M. P.; VEIGA, P.; VILPOUX, O. *Possíveis usos da fécula de mandioca: critérios de qualidade*. Boletim Técnico, n. 3. Botucatu, SP: CERAT-UNESP, 1994.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, Amsterdam, v. 23, p. 1273–1335, 1998.

CHU, X. *et al.* Occurrence and distribution of microplastics in water supply systems: in water and pipe scales. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, v. 803, 2022.

COUTINHO, F. M. B. *et al.* *Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações*. Rio de Janeiro: [s. n.], 2003.

FERREIRA, V. B. *Revestimento à base de amido na pós-colheita de hortaliças-fruto*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal do Sertão de Pernambuco, Petrolina, 2024.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 51. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

GORNI, A. A. Introdução aos plásticos. *Revista Plástico Industrial*, v. 10, n. 9, 2003.

IBGE. Coleta de lixo atende 93% dos domicílios, mas 4,7 milhões ainda queimam resíduos. *Agência IBGE de Notícias*, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/44274-coleta-de-lixo-atende-93-dos-domicilios-mas-4-7-milhoes-ainda-queimam-residuos-em-2024>. Acesso em: 4 dez. 2025.

IBGE. MUNIC 2023: 31,9% dos municípios brasileiros ainda despejam resíduos sólidos em lixões. *Agência IBGE de Notícias*, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41994-munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes>. Acesso em: 1 dez. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. Campus Lages. *Roteiros de aulas práticas: Química Ambiental (QAM) e Noções de Biotecnologia Ambiental (NBA)*. Lages, 2017.

IPS. Bangladesh bans polythene bags, sparking hopes for eco-friendly jute-based “Sonali Bag”. *Inter Press Service*, 2024. Disponível em: <https://www.ipsnews.net/2024/11/bangladesh-bans-polythene-bags-sparking-hopes-eco-friendly-jute-based-sonali-bag>. Acesso em: 4 dez. 2025.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRIGUEZ, A.; DUSCHI, R. A. “Doing the lesson” or “doing science”: argument in high school genetics. *Science Education*, New York, v. 84, p. 757–792, 2000.

KAUFMAN, M. *O primeiro século dos plásticos: celuloide e sua sequência*. [S. l.]: The Plastics and Rubber Institute, 1988.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Ciências*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2016.

LAI, L. S.; KOKINI, J. L. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion: a review. *Biotechnology Progress*, New York, v. 7, p. 251–266, 1991.

LATCHOUMIA, J. N. *et al.* Composition and growth of seedless breadfruit (*Artocarpus altilis*) naturalized in the Caribbean. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 175, p. 187–192, 2014.

LAVERS, J. L.; BOND, A. L. Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Washington – DC, v. 114, n. 23, p. 6052–6055, 2017.

LIMA, T. M. P. de *et al.* Impactos da degradação do plástico no meio ambiente e na saúde humana: uma revisão. *Research, Society and Development*, Itabira - MG, v. 11, n. 10, 2022.

NAYAK, P. L. Biodegradable polymers: opportunities and challenges. *Macromolecular Chemistry and Physics*, Weinheim, v. 39, n. 3, p. 481–505, 1999.

O'BRIEN, S. *et al.* Airborne emissions of microplastic fibres from domestic laundry dryers. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, v. 747, 2020.

OLIVEIRA, V. R. L. *et al.* Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 259, p. 55–64, 2018.

PLASTICS EUROPE. *Plastics – the Facts 2019*. Bruxelas: Plastics Europe, 2019.

PLASTICS EUROPE. *Plastics – the Facts 2020*. Bruxelas: Plastics Europe, 2020.

PLASTICS EUROPE. *Plastics – the Facts 2023*. Bruxelas: Plastics Europe, 2023.

PRADHAN, C.; MOHANTY, M.; ROUT, A. Phytochemical screening and comparative bioefficacy assessment of *Artocarpus altilis* leaf extracts for antimicrobial activity. *Frontiers in Life Science*, London, 2012.

QUINTELA, E. J. A.; TORMO, E.; BERENGUER, F. *Desenvolvimento sustentável passado o século XX: estabelecimento de parâmetros de aplicação*. Valencia: Faculdade de Bellas Artes de San Carlos, 2015.

RESENDE, K. K. O. *et al.* Cinética de secagem e avaliação físico-química de frutapão (*Artocarpus altilis*) variedade semínifera. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia - MS, v. 6, n. 1, p. 74–81, 2019.

RIBEIRO, M. A. *Ecologizar: princípios para a ação*. Brasília, DF: Universa, 2009.

ROCHA, G. O. *et al.* Filmes compostos biodegradáveis à base de amido de mandioca e proteína de soja. *Polímeros*, São Carlos - SP, v. 24, p. 587–595, 2014.

RODRIGUES, A. A. M. *Revestimentos e filmes biodegradáveis de diferentes fontes amiláceas*. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019.

ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos - SP, v. 11, n. 2, 2001.

SACRAMENTO, C. K. *et al.* Fruta-pão. In: SANTOS-SEREJO, J. A. *et al.* (ed.). *Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 185–200.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão Toulmin. *Ciência e Educação*, Bauru - SP, v. 17, p. 97–114, 2011.

SINIR. Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos Sólidos. *Acordo Setorial de Embalagens Geral*. Brasília, DF, 22 mar. 2018.

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas. *REGET*, Santa Maria - RS, v. 13, p. 2683–2689, 2013.

SILVA, L. G. M. da; SARTO, L. E.; ROCHA, M. C. Influência do revestimento comestível à base de amido e cera de abelha na preservação da qualidade pós-colheita de tomates italianos. *Research, Society and Development*, Itabira – MG, v. 11, n. 7, 2022.

SILVA, O. B.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um estudo de caso para a educação química no nível médio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 185–192, 2011.

SHEHATA, S. A. *et al.* Extending shelf life and maintaining quality of tomato fruit by calcium chloride, hydrogen peroxide, chitosan, and ozonated water. *Horticulturae*, Basel, v. 7, n. 9, 2021.

SOUZA, C. T. *et al.* Determination and evaluation of the mineral composition of breadfruit (*Artocarpus altilis*) using multivariate analysis technique. *Microchemical Journal*, Amsterdam, v. 128, p. 84–88, 2016.

TACO. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. 4. ed. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011.

UNEP. Dia Mundial do Meio Ambiente de 2025 mobiliza esforços globais para combater a poluição plástica. *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*, 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/dia-mundial-do-meio-ambiente-de-2025-mobiliza>. Acesso em: 4 dez. 2025.

UNEP. Transformando o lixo em recurso para acabar com a cultura do desperdício. *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*, 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/discurso/transformando-o-lixo-em-recurso-para-acabar-com-cultura-do>. Acesso em: 31 ago. 2025.

UNITED NATIONS. *United Nations Conference on Environment and Development (Rio-92)*. New York, 1992.

XANTHOS, D.; WALKER, T. R. Políticas internacionais para reduzir a poluição marinha por plásticos de uso único (sacolas plásticas e microesferas): uma revisão. *Marine Pollution Bulletin*, Amsterdam, v. 118, n. 1–2, p. 17–26, 2017.

YILDIRIM-YALÇIN, M.; SEKER, M.; SADIKOGLU, H. Development and characterization of films based on modified cornstarch and grape juice. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 292, p. 613, 2019.