



COLEÇÃO SINPETE

SISTEMAS INTELIGENTES DE EMBALAGENS

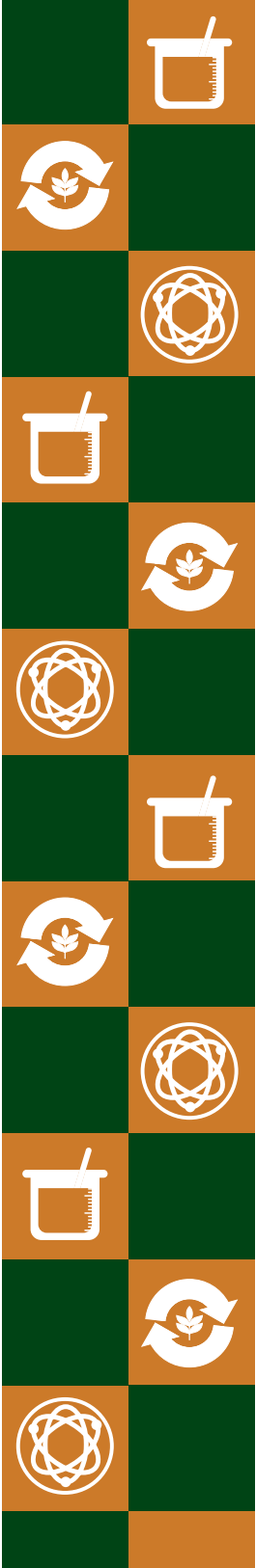
À BASE DE RESÍDUOS
AGROALIMENTARES

SÉRIE 3 | VOLUME 7

TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL
E INOVAÇÃO APLICADA

Nataly Miranda do Nascimento
Beatriz Nascimento Ribeiro
Letícia Vicente da Silva
Rebeca Ferreira da Silva
Francine Santos de Paula

 **Edufal**



Vera Lucia Pontes dos Santos
Maria Ester de Sá Barreto Barros
Jadriane de Almeida Xavier
(Org.)

COLEÇÃO SINPETE

CIÊNCIA NA ESCOLA PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

SÉRIE 3 | VOLUME 7

TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL
E INOVAÇÃO APLICADA



Maceió/AL
2025



Edufal

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Reitor

Josealdo Tonholo

Vice-reitora

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

CONSELHO EDITORIAL DA EDUFAL

Presidente

Eraldo de Souza Ferraz

Gerente

Diva Souza Lessa

Coordenação Editorial

Fernanda Lins de Lima

Secretaria Geral

Mauricélia Batista Ramos de Farias

Bibliotecário

Roselito de Oliveira Santos

Membros do Conselho

Alex Souza Oliveira
Cícero Péricles de Oliveira Carvalho
Cristiane Cyrino Estevão
Elias André da Silva
Fellipe Ernesto Barros
José Ivamilson Silva Barbalho
José Márcio de Moraes Oliveira
Juliana Roberta Theodoro de Lima
Júlio Cezar Gaudêncio da Silva
Mário Jorge Jucá
Muller Ribeiro Andrade
Rafael André de Barros
Sílvia Beatriz Beger Uchôa
Tobias Maia de Albuquerque Mariz

CONSELHO CIENTÍFICO DA EDUFAL

César Picón - Cátedra Latino

Americana e Caribenha (UNAE)

Gian Carlo de Melo Silva

Universidade Federal de Alagoas (Ufal)

José Ignácio Cruz Orozco

Universidade de Valência - Espanha

Juan Manuel Fernández Soria

Universidade de Valência - Espanha

Junot Cornélio Matos

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Nanci Helena Rebouças Franco

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Patrícia Delgado Granados

Universidade de Servilha-Espanha

Paulo Manuel Teixeira Marinho

Universidade do Porto - Portugal

Wilfredo Garcia Felipe

Universidad Nacional de Educación (UNAE)

Núcleo de Conteúdo Editorial

Fernanda Lins de Lima - Coordenação

Roselito de Oliveira Santos - Registros

e catalogação

Planejamento do Projeto gráfico, diagramação e capa

Mariana Lessa

Revisão ortográfica e Normalização (ABNT)

Lídia Maria Marinho da Pureza Ramires

Ícones da capa

Freepik

Catalogação na fonte

Editora da Universidade Federal de Alagoas - EDUFAL

Núcleo Editorial

Bibliotecário responsável: Roselito de Oliveira Santos - CRB-4/1633

S623 Sistemas inteligentes de embalagens: à base de resíduos agroalimentares / Nataly Miranda do Nascimento [et al.]. - Maceió: EDUFAL, 2025.

76 p. : il.

(Tecnologia aplicada e inovação sustentável; Série 3, v. 7) - (Coleção Sinpete: Ciência na Escola para o Desenvolvimento Sustentável).

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-65-5624-513-3 E-book.

1. Reciclagem. 2. Matérias-primas sustentáveis. 3. Produção de embalagens.

I. Ribeiro, Beatriz Nascimento. II. Silva, Leticia Vicente da.
III. Silva, Rebeca Ferreira da. IV. Paula, Francine Santos de.

CDU: 37:504

Direitos desta edição reservados à

Edufal - Editora da Universidade Federal de Alagoas

Av. Lourival Melo Mota, s/n - Campus A. C. Simões

CIC - Centro de Interesse Comunitário

Cidade Universitária, Maceió/AL Cep: 57072-970

Contatos: www.edufal.com.br | contato@edufal.com.br | (82) 3214-1111/1113

Editora afiliada:



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Nataly Miranda do Nascimento
Beatriz Nascimento Ribeiro
Letícia Vicente da Silva
Rebeca Ferreira da Silva
Francine Santos de Paula

COLEÇÃO SINPETE

CIÊNCIA NA ESCOLA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

SISTEMAS INTELIGENTES DE EMBALAGENS

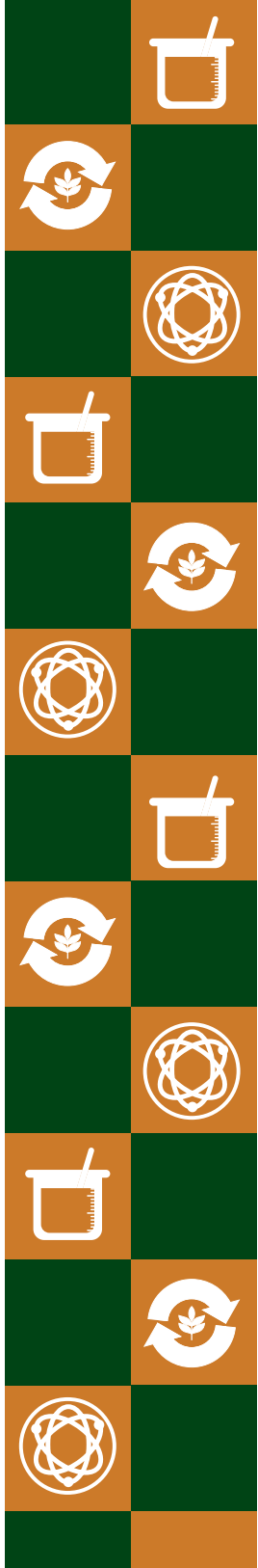
À BASE DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES

SÉRIE 3 | VOLUME 7

**TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL
E INOVAÇÃO APLICADA**

 **Edufal**
Editora da Universidade Federal de Alagoas

**Maceió/AL
2025**



Este volume integra a Coleção SINPETE - *Ciência na Escola para o Desenvolvimento Sustentável*, produto do Laboratório de Mentoria 2024-2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (Ufal)

Reitor

Josealdo Tonholo

Vice-reitora

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

Pró-Reitora de Graduação

Eliane Barbosa da Silva

Coordenador de Desenvolvimento Pedagógico

Willamys Cristiano Soares

Coordenação do Programa de Formação Continuada em Docência do Ensino Superior (Proford/Ufal)

Regina Maria Ferreira da Silva Lima

Vera Lucia Pontes dos Santos

Líder do Grupo de Pesquisa Formação de Professores da Educação Básica e Superior (Foproebs/Prograd/Ufal)

Vera Lucia Pontes dos Santos

Coordenação-geral do Programa SINPETE - Ciência e Inovação na Educação Básica (Prograd/Ufal)

Vera Lucia Pontes dos Santos

Regina Maria Ferreira da Silva Lima

Coordenação do projeto Ciclo de Formação em Educação Científica e Sustentabilidade dos Biomas Brasileiros (Ufal/CNPq/MCTI)

Vera Lucia Pontes dos Santos

Laboratório de Mentoria (LabMent)

Coordenação

Hilda Helena Sovierzoski

Maria Ester de Sá Barreto Barros

Mentores científicos

André Felipe de Almeida Xavier

Cristiano da Silva Santos

Eliemerson de Souza Sales

Felipe Cabral da Silva

Francine Santos de Paula

Geisa Ferreira dos Santos

Isnaldo Isaac Barbosa

Jadriane de Almeida Xavier

Jeylla Salomé Barbosa dos Santos Lima

Lais de Miranda Crispim Costa

Laura Cristiane de Souza

Letícia Ribes de Lima

Luana Marina de Castro Mendonça

Luciana Santana

Luis Guillermo Martinez Maza

Marcela Fernandes Peixoto

Maria Ester de Sá Barreto Barros

Marília de Matos Amorim

Müller Ribeiro Andrade

Nickson Deyvis da Silva Correia

Patrícia Brandão Barbosa da Silva

Raphael de Oliveira Freitas

Regina Maria Ferreira da Silva Lima

Ricardo Augusto da Silva
Rosane Batista de Souza
Rosely Maria Moraes de Lima Frazão
Sidinelma Araújo Filho
Vanessa Maria Costa Bezerra Silva
Vanuza Souza Silva
Vera Lucia Pontes dos Santos

Projetos

1. Atendimento educacional especializado: caixa de jogos em contextos de aprendizagens criativas.
2. Barbatimed: produção de membrana biodegradável a partir do amido da casca da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) utilizando extrato do barmatimão (*Stryphnodendron barbatiman*) como alternativa ecológica para curativos.
3. Biobijus: produção de bijuterias a partir da casca do ovo.
4. Canacraft: papel biodegradável a partir de bagaço de cana-de-açúcar.
5. Cobogós ecológicos e renda filé: sustentabilidade e cultura na arquitetura.
6. Desenvolvimento e aplicabilidade de filmes biodegradáveis em frutas.
7. Econap: conforto sustentável para pets.
8. Educação contextualizada e práticas sustentáveis na Escola Antônio Barbosa Leite.
9. Emma coque: madeira compensada sustentável utilizando os resíduos do coqueiro (*Cocos nucifera*).
10. Geladeira rentável de pastilha de Peltier.
11. Gess eco: utilização sustentável de casca de ovo na produção de gesso.
12. Hora do conto: território de aprendizagens.
13. Horta vertical: práticas com uso de material de descarte.
14. Liderança feminina e motivação matemática lúdica para estudantes da Escola Pedro Tenório Raposo.

15. Memes para ver ouvir: laboratório de memes acessíveis para professores e usuários da audiodescrição.
16. Mentoria por pares em escolas alagoanas.
17. M.E.T.A: Mudança Estudantil Tavares Acessível.
18. Mulheres em Alagoas: desafios para a valorização da figura feminina na formação cultural.
19. Pomada Dermaliv.
20. Produção de biofertilizantes a partir de microrganismos eficientes coletados na caatinga.
21. Projeto de iniciação científica júnior - parasitos em foco: investigando e educando sobre doenças parasitárias em Paripueira-AL.
22. Projeto desvendando o céu da lagoa.
23. Povos quilombolas alagoanos: desafios para a valorização e reconhecimento da sua cultura.
24. Reciclamapa.
25. Repelente Caseiro.
26. Salas inteligentes com realidade aumentada: transformando a educação com tecnologia.
27. Sargassole - produção de uma borracha sustentável.
28. Sistemas inteligentes de embalagens à base de resíduos agroalimentares.
29. Tecendo redes e saberes: a sala *maker* da criatividade e empreendedorismo.
30. *Wildlife Adventures*: biomes – um jogo digital para educação e exploração dos biomas brasileiros.

Municípios

Branquinha, Maceió, Murici, Olho d'Água do Casado, Palmeira dos Índios, Rio Largo, Paripueira e Olho d'Água Grande.

Escolas Municipais

Escola Municipal Antônio Barbosa Leite

Escola Municipal de Ensino Fundamental Pedro Tenório Raposo

Escola Municipal de Ensino Fundamental Profa. Maria das Graças Oliveira

Escola Municipal Demócrito José

Escola Municipal Josélio Efigênio de Vasconcelos

Escola Municipal Silvestre Péricles

Escolas Estaduais

Escola Estadual Anália Tenório

Escola Estadual Dr. Rodriguez de Melo

Escola Estadual Graciliano Ramos

Escola Estadual João Francisco Soares

Escola Estadual Professor Rosalvo Lôbo

Escola Estadual Professora Benedita de Castro Lima

Escola Estadual Tavares Bastos

Escolas Particulares

Colégio Rosalvo Félix

Colégio Santíssima

Unidade Integrada Sesi/Senai Carlos Guido Ferrario Lobo

Instituições Federais

Instituto Federal de Alagoas (Ifal) - Campus Murici

Universidade Federal de Alagoas (Ufal) - Campus Maceió

- Faculdade de Letras (Fale/Ufal)

- Faculdade de Medicina (Famed/Ufal)

Apoio Institucional

Secretaria de Estado da Ciência, da Tecnologia e da Inovação (Secti) de Alagoas

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (Fapeal)

Fundação Universitária de Desenvolvimento de Extensão e Pesquisa (Fundepes)

Universidade Estadual de Alagoas (Uneal)

Instituto Federal de Alagoas (Ifal)
Secretaria de Estado da Educação (Seduc - AL)
Instituto do Meio Ambiente (IMA)
União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (Undime)
Secretaria Municipal de Educação de Maceió (Semed Maceió)
Federação das Indústrias do Estado de Alagoas - Fiea

Apoio Financeiro

Programa de Extensão da Educação Superior na Pós-Graduação
(Proext-PG/Ufal)
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
(Capes)
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
(CNPq)
Programa Nacional de Popularização da Ciência (Pop Ciência)
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)

Obra financiada com recursos do Programa de Extensão da
Educação Superior na Pós-Graduação (Ufal/Capes/Proext-PG).



AGRADECIMENTOS

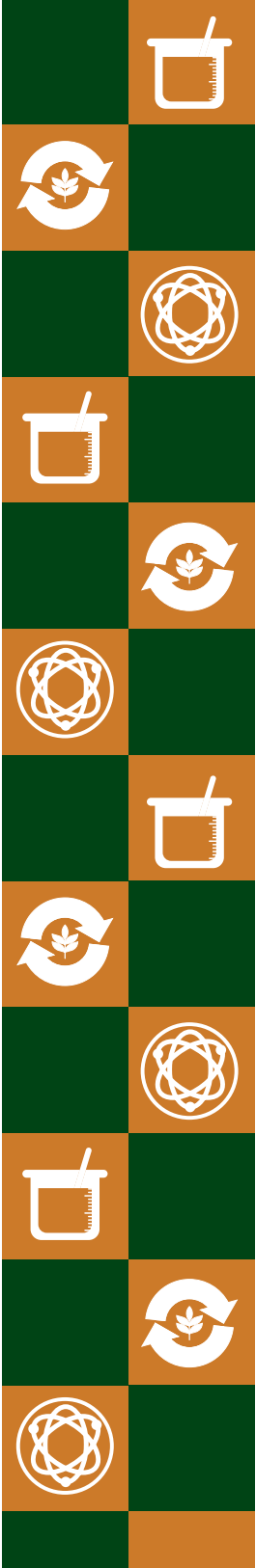
Agradecemos a Deus, por nos permitir chegar até aqui e por toda sua bondade conosco materializada nos frutos colhidos até então.

Gostaríamos de expressar nosso agradecimento ao Sinpete por poder proporcionar a difusão do conhecimento e estimular o desenvolvimento da pesquisa científica em escolas do Ensino Fundamental e Médio, o que contribui para fortalecermos os laços entre instituições de ensino.

Agradecemos profundamente ao Ifal campus Murici por todo apoio no decorrer dessa árdua jornada científica e a Fapeal pelo aporte em tantas atividades realizadas a fim de se obter êxito nos resultados alcançados.

E aos principais protagonistas do desenvolvimento científico nesse trabalho, que são os alunos do nosso grupo de pesquisa em Biopolímeros. Alguns já se formaram, outros permanecem, mas nada seria possível sem a vontade de aprender e fazer dar certo que todos vocês demonstraram durante todos esses meses de trabalho.







SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA COLEÇÃO	17
APRESENTAÇÃO DO VOLUME	23
1 DO DESPERDÍCIO À INOVAÇÃO: UM PANORAMA SOBRE EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS	25
2 EMBALAGENS INTELIGENTES: FUNÇÃO, INOVAÇÃO E MATÉRIAS-PRIMAS SUSTENTÁVEIS	29
Muito além de proteger: o papel das embalagens inteligentes	29
O amido como alternativa biodegradável	32
Semente de jaca: um recurso subutilizado com potencial inovador	36
3 COMO INVESTIGAMOS: DO LABORATÓRIO À INOVAÇÃO	39
4 DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS INTELIGENTES	43
Extração e preparação das matérias-primas	43
Produção de filmes biodegradáveis	45
Aplicação dos filmes no monitoramento de alimentos	48
5 RESULTADOS E AVALIAÇÕES EXPERIMENTAIS	51
Rendimento da extração do amido da semente de jaca	51

Características dos filmes inteligentes obtidos	53
Avaliação do potencial sensorial dos filmes	54
6 TRAJETÓRIA FORMATIVA E PROTAGONISMO	
ESTUDANTIL	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS E HORIZONTES DA PESQUISA	61
REFERÊNCIAS	63
SOBRE OS/AS AUTORES/AS E ORGANIZADORAS	69



APRESENTAÇÃO DA COLEÇÃO

É com imensa alegria que apresentamos a terceira edição da *Coleção Sinpete – Ciência na Escola para o Desenvolvimento Sustentável*, uma publicação anual que se consolida como espaço de divulgação científica e popularização da ciência, tecnologia e inovação entre estudantes e professores da Educação Básica e Superior. Esta obra é fruto do compromisso da Universidade Federal de Alagoas (Ufal), por meio do Programa *Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica*, com a valorização da ciência escolar, a promoção da cultura científica e o incentivo a práticas sustentáveis nos diversos territórios educacionais de Alagoas.

Resultado direto do Laboratório de Mentoria (Lab-Ment), a Coleção reafirma o papel da universidade pública na formação de sujeitos críticos e criativos, na construção coletiva do conhecimento e no fortalecimento do vínculo entre ciência e sociedade.

Nesta terceira edição, são apresentados trinta projetos escolares de pesquisa e intervenção realizados por professores e estudantes do Ensino Fundamental, Médio,





Técnico e Superior, oriundos de escolas públicas e privadas de oito municípios alagoanos. As experiências aqui publicadas foram selecionadas por meio do “Concurso de Ideias e Pesquisas Inovadoras” do Sinpete 2024, realizado de forma simultânea nos municípios de Maceió, Arapiraca e Delmiro Gouveia, durante a 21ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Todo o processo contou com a participação essencial dos mentores científicos do LabMent — uma equipe interdisciplinar composta por docentes, discentes de pós-graduação e pesquisadores da Ufal e instituições parceiras — que acompanharam cada equipe, desde a revisão da versão inicial do projeto à elaboração do texto final do livro.

A proposta metodológica da Coleção se alicerça na prática da mentoria científica, compreendida como uma ação formativa, dialógica e orientadora, que promove a escuta, o acolhimento, o desenvolvimento das competências investigativas e o estímulo à autoria estudantil. Cada equipe é formada por um professor-orientador e até quatro estudantes, acompanhados por um mentor voluntário, em uma relação de confiança, colaboração e construção mútua de saberes. Essa aproximação entre universidade e escola reafirma o compromisso da Ufal com a formação continuada e com o fortalecimento da Educação Básica e Superior de Alagoas.

Todos os projetos publicados dialogam com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com destaque para as áreas de Educação Científica, Educação Ambiental, Educação em Direitos Humanos e Educação para o Desenvolvimento Sustentável, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Or-



ganização das Nações Unidas (ONU, 2015). Dentre as competências mobilizadas, destacam-se o pensamento crítico e criativo, a empatia, a colaboração, a responsabilidade social e o protagonismo juvenil.

A Coleção valoriza a ciência feita com os recursos do território, a partir de uma abordagem pedagógica interdisciplinar, voltada à resolução de problemas reais e ao uso criativo de tecnologias acessíveis. Os projetos apresentados demonstram que a ciência pode — e deve — ser compreendida como uma prática viva, coletiva e transformadora, construída com e para os estudantes.

Para facilitar a leitura, articulação pedagógica e aplicação dos conteúdos nos contextos escolares, os 30 projetos estão organizados em três séries temáticas, compostas por dez volumes, cada:



A. Série 1 - Educação, Inclusão e Inovação Didática

Apresenta propostas voltadas a práticas pedagógicas inovadoras, acessibilidade, cidadania e uso criativo de tecnologias educacionais:

1. Mulheres em Olho d'Água Grande (AL): desafios para a valorização da figura feminina na formação cultural;
2. Soluções criativas e sustentáveis para cultivar a vida dentro da escola;
3. Meta: Mudança Estudantil Tavares Acessível: uma jornada de transformação rumo à inclusão e à diversidade;
4. Memes pra Ver Ouvir: laboratório de memes científicos acessíveis para professores e usuários da audiodescrição



5. Caixa de jogos: aprendizagens criativas no atendimento educacional especializado;
6. Mentoria por pares: transformando realidades em escola pública alagoana;
7. Povos quilombolas alagoanos: desafios para a valorização e o reconhecimento da cultura da comunidade Mumbaça;
8. Wildlife adventures: um jogo digital educativo para explorar os biomas brasileiros;
9. Liderança feminina e matemática lúdica: motivação e aprendizagem na Escola Pedro Tenório Raposo;
10. Hora do conto, território de aprendizagens: contação de histórias para encantar e incentivar a leitura nos anos iniciais.



B. Série 2 – Sustentabilidade, Reutilização e Produtos Naturais

Reúne iniciativas que promovem o reaproveitamento de materiais, a valorização da biodiversidade, a biotecnologia e a produção sustentável:

1. Sustentabilidade nas mãos dos estudantes: horta vertical com reuso do plástico na Escola Municipal Silvestre Péricles;
2. Barbatimed: membrana cicatrizante sustentável feita com resíduos de mandioca e barbatimão;
3. Canacraft: papel biodegradável a partir de bagaço de cana-de-açúcar;
4. Gess Eco: utilização sustentável de casca de ovo na produção de gesso;

5. Cobogós com alma alagoana: renda filé, arquitetura e sustentabilidade;
6. Pomada D'Aliv: elaboração de um produto com a utilização de plantas medicinais para tratamento de contusões;
7. Soluções da natureza: produção escolar de repelentes ecológicos;
8. Biofertilizantes do Sertão: microrganismos da caatinga a serviço da sustentabilidade;
9. BioBijus: transformando casca de ovo em arte e sustentabilidade;
10. Emma Coque: compensado sustentável utilizando os resíduos do coqueiro.



C. Série 3 – Tecnologia Sustentável e Inovação Aplicada



Contempla projetos com foco em dispositivos funcionais, soluções tecnológicas e protótipos com impacto ambiental positivo:

1. Geladeira rentável com pastilha de Peltier: uma alternativa sustentável e acessível para refrigeração;
2. Filmes biodegradáveis: inovação sustentável na conservação de frutas;
3. Sargassole – É possível produzir borracha a partir do sargasso?;
4. Além das quatro paredes: educação imersiva com realidade aumentada;
5. Desvendando o céu da lagoa: astronomia para todos;



6. Reciclmapa: um aplicativo com elo entre ciência, educação e meio ambiente;
7. Doenças parasitárias em Paripueira (AL): investigação científica e educação em saúde;
8. Criar, Reutilizar, Cuidar: camas sustentáveis para pets com pneus inservíveis;
9. Tecendo redes e saberes: a sala maker da criatividade e do empreendedorismo;
10. Sistemas inteligentes de embalagens à base de resíduos agroalimentares.

Esta edição da Coleção SINPETE é mais do que uma compilação de projetos científicos — é um convite à esperança, à criatividade e à ciência que nasce na escola, ganha forma com ela e se fortalece na ponte com a universidade. Por meio destas páginas, é possível testemunhar como a nossa adolescência e juventude vêm se apropriando do conhecimento científico para transformar suas comunidades, imaginar futuros sustentáveis e afirmar sua voz no mundo.

Convidamos você, leitor e leitora, a mergulhar nesta leitura com olhar curioso e coração aberto. Que cada página inspire novas ideias, que cada projeto dialogue com sua prática, e que, juntos, possamos reafirmar o poder da ciência, da educação e do trabalho colaborativo na construção de um mundo mais justo, inclusivo e sustentável.

As Organizadoras





APRESENTAÇÃO DO VOLUME

O livro *Sistemas Inteligentes de Embalagens à Base de Resíduos Agroalimentares* nasce da experiência concreta de um projeto de pesquisa inovador, desenvolvido por estudantes e professores do Instituto Federal de Alagoas (Ifal) – *Campus* Murici, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (Fapeal) e do Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica.

Com foco na sustentabilidade e na redução do desperdício de alimentos, esta obra tem como objetivo apresentar alternativas viáveis e ecológicas às embalagens convencionais, alinhando-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 – Cidades e comunidades sustentáveis – e 12 – Consumo e produção responsáveis.

A iniciativa investigativa que deu origem a este volume desenvolveu sistemas inteligentes de embalagem a partir de resíduos agroindustriais, com destaque para o aproveitamento do amido extraído da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) e a incorporação de antocianinas da casca da uva roxa. O resultado são filmes biodegradáveis que, além de contribuir para a preservação ambiental,





funcionam como sensores naturais, capazes de indicar o frescor de alimentos, como os camarões utilizados nos testes experimentais.

Voltado a estudantes, professores, pesquisadores e profissionais das áreas de alimentos, meio ambiente e sustentabilidade, o material apresenta de forma clara e acessível todas as etapas do processo: desde a extração das substâncias bioativas até sua aplicação prática como indicador de qualidade.

Ao tornar visível a potência da ciência desenvolvida no espaço escolar, este livro busca inspirar práticas pedagógicas que unam criatividade, consciência ambiental e rigor investigativo – contribuindo para a formação de sujeitos mais críticos, engajados e comprometidos com um futuro sustentável.



Francine Santos de Paula

Mentora científica do Laboratório de Mentoria do Sinpete



1 DO DESPERDÍCIO À INOVAÇÃO:

UM PANORAMA SOBRE EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS

O desperdício de alimentos é uma das faces mais visíveis e alarmantes dos desafios ambientais e sociais contemporâneos. Segundo o Relatório do Índice de Desperdício de Alimentos, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Unep, 2021), cerca de 931 milhões de toneladas de alimentos foram descartadas no mundo em 2019. Esse volume expressivo representa não apenas perdas econômicas e insegurança alimentar, mas também um forte impacto ambiental, já que entre 8% e 10% das emissões globais de gases de efeito estufa estão relacionadas a alimentos que não chegam a ser consumidos.

Paralelamente, a indústria alimentícia é uma das que mais gera resíduos agroalimentares, contribuindo para o aumento da poluição e da pressão sobre os sistemas naturais. Nesse contexto, destaca-se também o uso intensivo de embalagens plásticas, amplamente utilizadas no setor de alimentos e bebidas. Suas propriedades — como leveza, resistência e baixo custo — garantem grande aplicabilidade,





mas seu principal insumo, o petróleo, e sua baixa biodegradabilidade representam desafios sérios à sustentabilidade.

Diante disso, cresce o interesse por materiais biodegradáveis oriundos de fontes renováveis, como o amido, que vem sendo explorado como alternativa sustentável para a produção de embalagens (Baril, 2020). Entre as fontes potenciais de amido, as sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) se destacam por serem subutilizadas, frequentemente descartadas e ricas nesse polissacarídeo. Estudos indicam que o rendimento da extração de amido dessas sementes varia entre 11% e 26%, com propriedades funcionais diferenciadas, como o alto teor de amilose, o que favorece a produção de biopolímeros com características biodegradáveis (Souza, 2023; Campos, 2017).

Nesse contexto, nasce a seguinte questão: Como desenvolver sistemas inteligentes de embalagem biodegradável, a partir de resíduos agroalimentares, que contribuam para a conservação de alimentos e a redução do impacto ambiental?

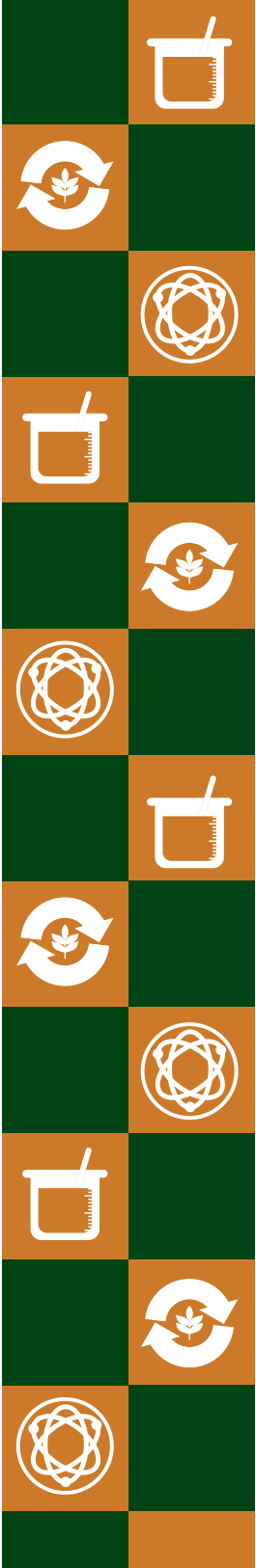
A presente obra busca apresentar uma resposta a essa pergunta por meio do relato de uma pesquisa aplicada, que propõe o uso do amido de semente de jaca e de antocianinas da casca de uva roxa na produção de filmes biodegradáveis com função sensorial, capazes de indicar o frescor de alimentos como o camarão. Trata-se de uma proposta científica e educacional que alia inovação, sustentabilidade e responsabilidade social, além de promover o aproveitamento de resíduos e a busca por soluções ambientalmente conscientes.



Este livro está estruturado em seções que acompanham o percurso investigativo: iniciamos com os fundamentos teóricos e contextuais do problema; em seguida, apresentamos os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa; depois, detalhamos os processos de extração e produção dos filmes inteligentes; e, por fim, discutimos os resultados obtidos com foco na aplicação prática e nos impactos ambientais e pedagógicos da proposta.

Ao unir ciência, educação e sustentabilidade, esta obra visa contribuir para a formação de uma cultura científica engajada com os desafios do nosso tempo e com a construção de um futuro mais justo e equilibrado.







2 EMBALAGENS INTELIGENTES:

FUNÇÃO, INOVAÇÃO E MATÉRIAS-PRIMAS SUSTENTÁVEIS

As embalagens desempenham um papel fundamental na cadeia produtiva dos alimentos. Tradicionalmente, sua função principal era proteger o produto contra agentes externos, garantindo sua integridade física, microbiológica e sensorial.

No entanto, com o avanço da ciência e das exigências do mercado, surgem novas demandas voltadas à sustentabilidade, rastreabilidade, segurança alimentar e redução de desperdícios. Nesse cenário, ganham destaque as embalagens inteligentes, desenvolvidas com tecnologias que permitem monitorar, informar ou até mesmo reagir a alterações no ambiente ou na condição do alimento.

Muito além de proteger: o papel das embalagens inteligentes

As embalagens alimentícias têm passado por transformações significativas, deixando de ser apenas recipientes protetores para atuar como instrumentos ativos de monitoramento da qualidade dos alimentos. Entre essas





inovações, destacam-se os filmes inteligentes, capazes de reagir a mudanças no ambiente — como temperatura, pH e presença de gases — sinalizando alterações no estado do alimento e contribuindo para a segurança alimentar.

Grande parte dos sensores colorimétricos utilizados nesses filmes se baseia em compostos cromóforos, que mudam de cor em resposta a estímulos como a liberação de aminas voláteis, um subproduto do apodrecimento de carnes e pescados. A mudança de pH gerada por essas substâncias permite a detecção visual de deterioração por meio de simples variação de cor (Zhang *et al.*, 2019; Chi *et al.*, 2020). Contudo, muitos desses indicadores sintéticos são tóxicos e prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

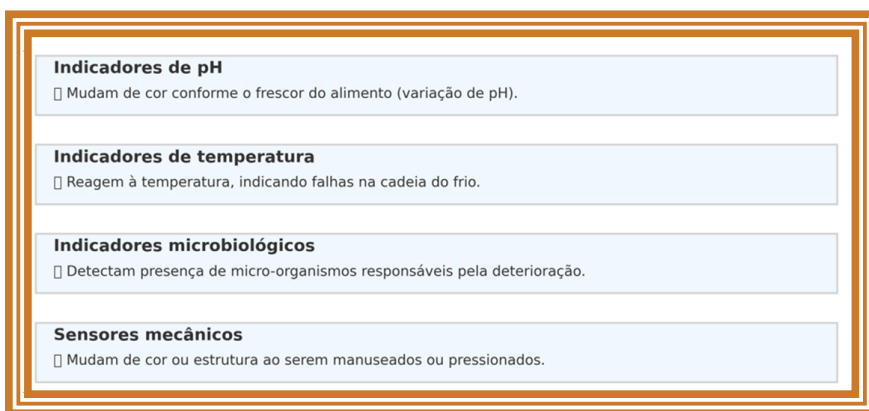
Por isso, cresce o interesse por cromóforos naturais, como as antocianinas — pigmentos vegetais sensíveis ao pH e atóxicos, extraídos de fontes como a casca da uva roxa, um resíduo da indústria vinícola. As antocianinas, pertencentes à classe dos flavonoides, apresentam coloração variável conforme o ambiente químico, além de propriedades antioxidantes (Ongkowijoyo; Luna-Vital; González de Mejía, 2018). Já foram aplicadas com sucesso em filmes inteligentes para monitoramento da deterioração de leite e pescado (Chi *et al.*, 2020).

Além das mudanças de pH, sensores também podem responder a estímulos mecânicos, rompimento de cadeias poliméricas ou interação com compostos liberados durante a senescência dos alimentos. Essas tecnologias atendem à demanda do mercado por embalagens que informam, previnem riscos e reduzem o desperdício.



Essas novas tecnologias se organizam em diferentes categorias, de acordo com o tipo de informação que oferecem e os estímulos aos quais respondem. A seguir, apresentamos um infográfico com os principais tipos de embalagens inteligentes utilizadas atualmente e suas respectivas funções:

Figura 1 – Tipos de embalagens inteligentes e suas principais funcionalidades.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base em Chi *et al.* (2020), Zhang *et al.* (2019) e Luchesi (2023), com auxílio da ferramenta *OpenAI*.

Como se observa, os sensores inteligentes podem atuar detectando variações de pH, alterações de temperatura, atividade microbiana ou manipulações físicas. Esses mecanismos tornam possível o monitoramento em tempo real do estado dos alimentos, contribuindo para a redução do desperdício, o aumento da segurança alimentar e a confiança do consumidor.

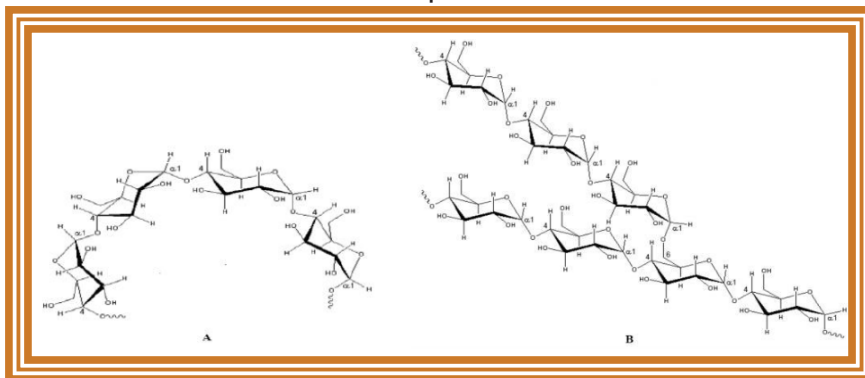
O amido como alternativa biodegradável

O plástico convencional, amplamente usado na indústria alimentícia, oferece propriedades como leveza, resistência e baixo custo, mas representa um grave problema ambiental por ser derivado do petróleo e não biodegradável. Diante disso, o amido surge como uma alternativa viável, renovável e biodegradável.

O amido é um biopolímero vegetal composto por duas frações principais: amilose, de estrutura linear, e amilopectina, de estrutura ramificada. A proporção entre essas frações varia conforme a fonte vegetal e influencia diretamente propriedades como solubilidade, viscosidade, transparência e capacidade de formar filmes biodegradáveis (Souza, 2023). A seguir, apresentamos uma representação gráfica dessas estruturas:



Figura 2 – Imagem representativa do amido. (A) Amilose. (B) Amilopectina.



Fonte: Silva *et al.* (2023).

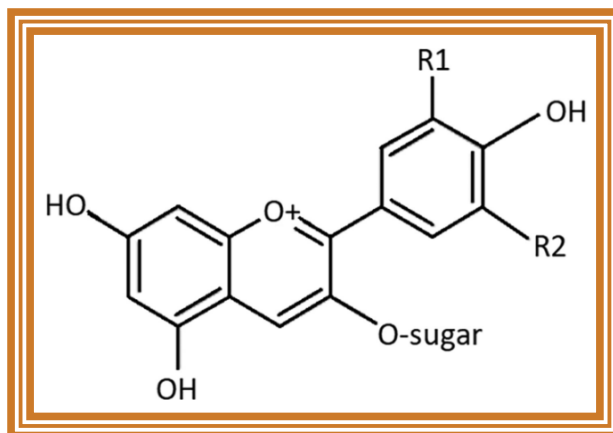
A visualização da Figura 2 ajuda a compreender como essas diferenças estruturais impactam o desempenho do amido em aplicações industriais e tecnológicas, como na produção de embalagens biodegradáveis. Por exemplo, um alto teor de amilose tende a favorecer a formação de filmes mais rígidos e transparentes, enquanto a amilopectina contribui para maior flexibilidade e resistência à retração.

Por sua versatilidade, o amido é utilizado em diversos setores, como o alimentício, têxtil e farmacêutico, sendo também uma das matérias-primas mais estudadas para a produção de filmes biodegradáveis, com potencial para substituir os plásticos sintéticos em embalagens.

Entre os componentes naturais com potencial funcional para embalagens inteligentes, destacam-se as antocianinas, compostos fenólicos do grupo dos flavonoides que apresentam coloração variável de acordo com o pH do ambiente. Essas moléculas são formadas por uma estrutura química característica, composta por dois anéis aromáticos e um anel heterocíclico contendo oxigênio, como mostra a Figura 3:



Figura 3 – Estrutura química das antocianinas.



Fonte: Santamarina *et al.* (2023).



Essa conformação estrutural, especialmente o grupo heterocíclico carregado positivamente, confere às antocianinas propriedades antioxidantes e sensibilidade a variações de pH, tornando-as ideais para aplicação em sensores colorimétricos naturais.

Apesar das vantagens do uso de insumos naturais, a regulação sanitária limita o uso de amidos quimicamente modificados em produtos alimentícios. Esse cenário tem impulsionado a busca por amidos nativos com propriedades especiais, como resistência térmica, solubilidade em diferentes pHs e boa capacidade de formação de filmes (Santos, 2013), o que amplia o interesse por fontes alternativas como a semente de jaca.

A seguir, apresentamos uma comparação entre o amido de semente de jaca e os plásticos convencionais, destacando os principais aspectos que motivam sua substituição em aplicações sustentáveis:

Quadro 1 - Comparativo entre o amido de semente de jaca e o plástico convencional.

Característica	Amido de semente de jaca	Plástico convencional
Fonte	Renovável (resíduo agroalimentar)	Não renovável (petróleo)
Biodegradabilidade	Alta	Baixa
Toxicidade	Baixa (com aditivos naturais)	Potencialmente tóxico
Tempo de decomposição	Semanas a meses	Séculos
Aplicação em filmes sensoriais	Sim (com antocianinas)	Não

Fonte: elaborado pelos autores (2015) com base nos dados da literatura (Souza, 2023; Santos, 2013; Campos, 2017).

A análise comparativa evidencia o potencial do amido de semente de jaca como uma alternativa promissora aos plásticos convencionais, especialmente por suas características biodegradáveis, renováveis e seguras para o uso em embalagens alimentícias. Ao reunir qualidades técnicas e ambientais, esse biopolímero contribui para a construção de sistemas de embalagem mais sustentáveis e alinhados às





exigências do mercado e às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Diante disso, torna-se relevante investigar fontes alternativas de amido que atendam a essas demandas. Entre elas, destaca-se a semente de jaca, um subproduto agroalimentar subutilizado, com elevado teor de amido e grande potencial de valorização tecnológica — tema que abordaremos a seguir.

Semente de jaca: um recurso subutilizado com potencial inovador

Entre as fontes alternativas de amido, destaca-se a semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) — um subproduto da fruta normalmente descartado, mas rico em amido com alto teor de amilose, ideal para a produção de biopolímeros.

Cada jaca pode conter de 100 a 500 sementes, o que representa cerca de 8 a 15% do peso total do fruto. Essas sementes medem entre 2 e 4 cm e possuem, em média, 24% de amido em base seca, com rendimento de extração entre 11% e 26%, segundo diferentes estudos (Luciano, 2016; Campos, 2017; Lubis *et al.*, 2017; Rengsutthi; Charoenrein, 2011; Kittipongpatana, 2011).

Transformar essas sementes em farinha ou amido funcional é uma forma de agregar valor ao resíduo, ampliar sua vida útil e contribuir para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis. Ao serem combinadas com antocianinas naturais, essas matrizes de amido oferecem base para



filmes biodegradáveis e sensoriais com forte impacto ambiental e social.

A proposta de desenvolvimento de embalagens inteligentes e biodegradáveis, a partir de resíduos agroalimentares como a semente de jaca e a casca da uva roxa, está diretamente alinhada à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). A seguir, apresentamos uma visualização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015):

Figura 4 - Relação do projeto com os ODS.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base em ONU (2015), com auxílio da ferramenta *OpenAI*.



Como a figura ilustra, o projeto contribui especialmente para:

- o **ODS 9**, por incentivar inovação e uso de tecnologias acessíveis;
- o **ODS 11**, ao estimular práticas sustentáveis em comunidades urbanas e rurais;
- o **ODS 12**, ao promover o reaproveitamento de resíduos e o consumo responsável;
- e o **ODS 13**, ao propor soluções que ajudam a reduzir os impactos das mudanças climáticas.

Ao integrar ciência, sustentabilidade e educação, a iniciativa reforça o papel da escola como espaço de produção de conhecimento comprometido com o futuro do planeta.





3 COMO INVESTIGAMOS: DO LABORATÓRIO À INOVAÇÃO

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem experimental e investigativa, fundamentada em princípios da ciência cidadã e da sustentabilidade, com foco na produção de sistemas inteligentes de embalagem biodegradável. O percurso metodológico integrou práticas laboratoriais, revisão bibliográfica e análise qualitativa dos resultados obtidos, articulando teoria e prática de forma acessível ao contexto da Educação Básica.



A base teórica partiu do estudo de resíduos agroalimentares como fontes alternativas para a produção de biopolímeros, com destaque para o amido extraído da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) e os pigmentos naturais – especialmente as antocianinas – presentes na casca da uva roxa. Esse embasamento orientou a seleção dos materiais e a definição das técnicas utilizadas.

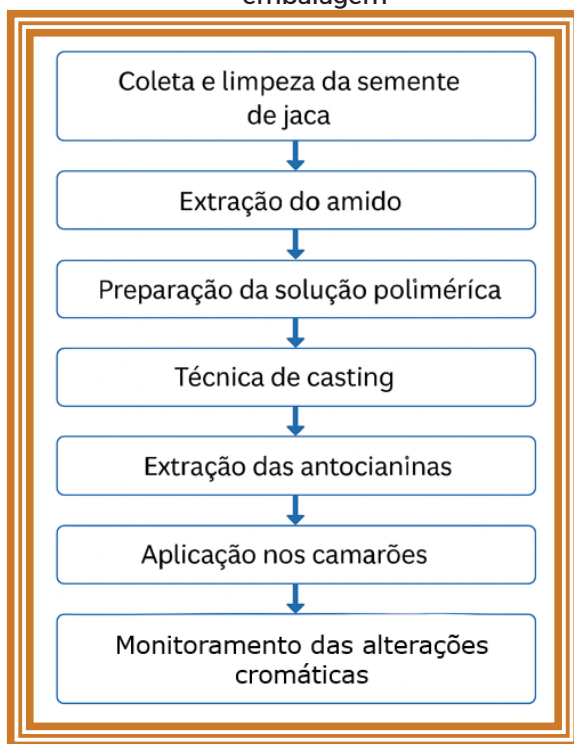
O trabalho foi coorientado por mentores da Universidade Federal de Alagoas (Ufal), no âmbito do Programa SINPETE – Ciência e Inovação na Educação Básica, por meio do Laboratório de Mentoria (LabMent). Essa orientação qualificada fortaleceu o processo de construção do co-



nhecimento científico e contribuiu para o desenvolvimento de competências como comunicação científica, autonomia investigativa, colaboração e protagonismo estudantil.

Para favorecer a replicação da experiência em outros contextos escolares e facilitar a compreensão do percurso metodológico, elaboramos um fluxograma com as etapas principais do desenvolvimento do sistema inteligente de embalagem biodegradável.

Fluxograma 1 - Etapas do desenvolvimento do sistema inteligente de embalagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), com auxílio da ferramenta *OpenAI*.

Complementando o fluxograma, o quadro a seguir apresenta uma síntese das etapas, materiais utilizados, objetivos e produtos gerados, o que permite visualizar de forma estruturada o caminho investigativo trilhado:

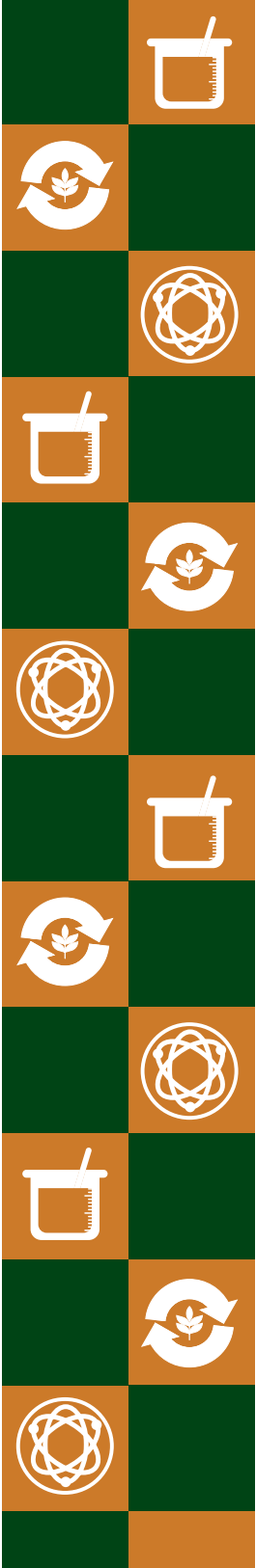
Quadro 2 – Síntese das etapas experimentais do desenvolvimento do filme inteligente

Etapa	Material utilizado	Objetivo	Produto gerado
Extração	Sementes de jaca	Obter amido	Pó rico em amido
Casting	Solução com amido + glicerol	Produzir filme base	Filme biodegradável
Extração	Casca da uva roxa + etanol ácido	Obter antocianinas	Pigmento natural
Incorporação	Antocianinas no filme	Criar sensor de pH	Filme sensível
Teste	Camarão deteriorando	Avaliar sensibilidade	Alteração de cor

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Esses recursos visuais tornam mais acessível a compreensão do método adotado e reforçam a intencionalidade pedagógica do projeto, permitindo que outros professores e estudantes se inspirem e repliquem experiências semelhantes.







4 DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS INTELIGENTES

Esta seção detalha os procedimentos técnicos adotados para a produção dos filmes inteligentes biodegradáveis, bem como sua aplicação experimental para o monitoramento do frescor de alimentos.

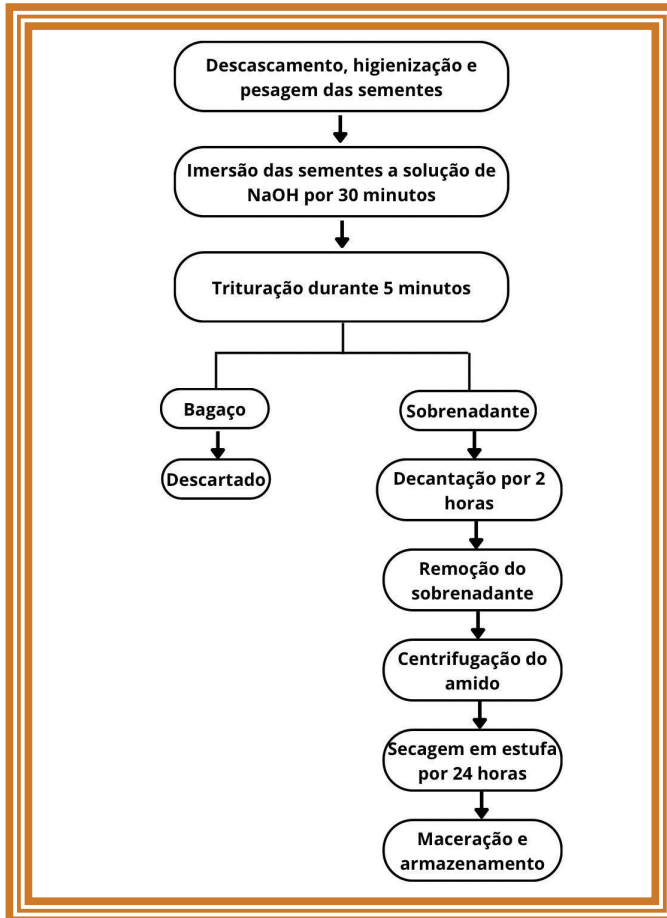
Extração e preparação das matérias-primas

A extração do amido foi realizada com base nos protocolos descritos por Santos *et al.* (2013) e Miguel (2023), com adaptações do método proposto por Chiang. Inicialmente, as sementes de jaca foram descascadas, higienizadas, pesadas e imersas em solução de NaOH a 0,2% por 30 minutos. Em seguida, foram trituradas em liquidificador industrial.

O extrato obtido foi coado e decantado por aproximadamente 2 horas. Após a separação das fases, o sobrenadante foi descartado e o amido decantado foi ressuspenso em água destilada. Essa suspensão foi submetida a cinco ciclos de centrifugação e lavagem com água destilada, visando sua purificação. O material final foi seco em estufa com circulação de ar a 40°C por 12 horas, macerado e armazenado, conforme apresentado no fluxograma abaixo:



Figura 5 - Fluxograma da extração do amido da semente de jaca.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base nos experimentos.

Paralelamente, a extração das antocianinas foi conduzida segundo Prieto *et al.* (2018), com modificações. As cascas de uva foram submetidas à extração com solução

etanólica, favorecendo a liberação dos compostos bioativos. A solução obtida foi filtrada e armazenada para posterior incorporação nos filmes.

Figura 6 – Esquema da extração das antocianinas da casca da uva



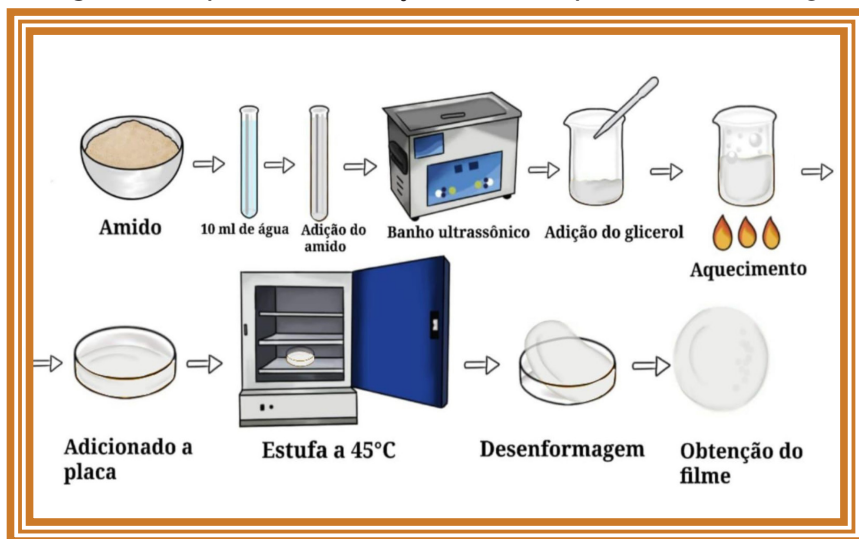
Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base em dados experimentais, com auxílio da ferramenta *OpenAI*.



Produção de filmes biodegradáveis

A produção dos filmes utilizou a técnica *casting*, conforme métodos de Santos *et al.* (2013) e Miguel (2023), adaptados do procedimento de Chiang. O amido purificado foi disperso em água destilada, submetido a banho ultrassônico e, em seguida, coado. A solução foi levada à agitação com aquecimento, e o glicerol foi adicionado como plastificante. Após a formação do gel, o material foi moldado em placas e levado à estufa para secagem, originando um filme branco translúcido.

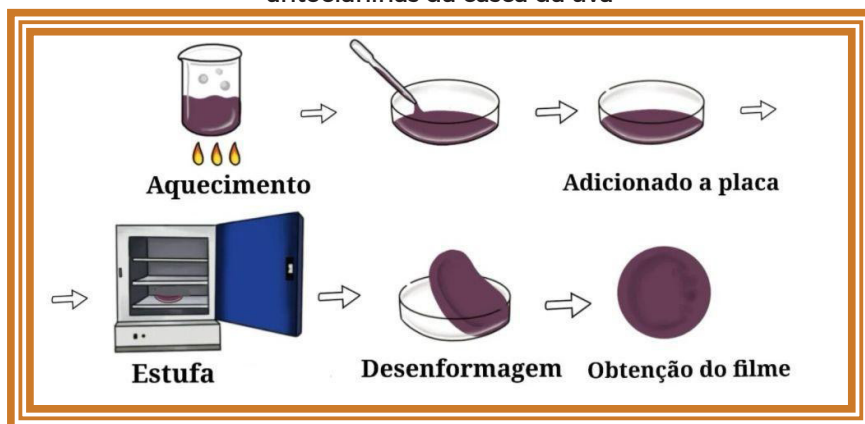
Figura 7 - Esquema de obtenção dos filmes pelo método *casting*.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base em dados experimentais, com auxílio da ferramenta *OpenAI*.

Para a produção dos filmes inteligentes com antocianinas, a solução obtida da casca da uva foi incorporada à matriz amilácea antes da formação completa do gel, mantendo-se o mesmo processo de moldagem e secagem. O resultado foi um filme com propriedades sensoriais, capaz de responder a alterações de pH.

Figura 8 - Esquema de obtenção dos filmes incorporados com as antocianinas da casca da uva



Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base em procedimentos experimentais, com auxílio da ferramenta *OpenAI*.



Para sistematizar o percurso metodológico adotado na pesquisa, a seguir apresentamos um quadro-resumo com as principais etapas envolvidas no desenvolvimento dos filmes inteligentes, desde a extração das matérias-primas até a aplicação em alimentos:

Quadro 3 - Etapas de desenvolvimento dos filmes inteligentes biodegradáveis.

Etapa	Descrição Resumida
1. Extração do amido da semente de jaca	Descasque, imersão em NaOH, trituração, decantação, centrifugação, secagem e maceração.
2. Extração das antocianinas da casca da uva	Extração com solução etanólica, filtração e armazenamento da solução pigmentada.



Etapas	Descrição Resumida
3. Produção dos filmes pelo método <i>casting</i>	Solubilização do amido, adição de glicerol, formação do gel, moldagem e secagem.
4. Incorporação das antocianinas à matriz do filme	Adição da solução de antocianinas antes da formação completa do gel.
5. Aplicação dos filmes no monitoramento de camarões	Cobertura dos camarões com os filmes para detectar variação de pH por mudança de cor.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025) com base nos procedimentos experimentais descritos nesta seção.

O quadro apresentado resume de forma clara as etapas experimentais do projeto, facilitando a visualização do percurso metodológico seguido pelos pesquisadores. Essa organização reforça o caráter replicável da proposta, evidenciando sua viabilidade técnica e o potencial de aplicação em diferentes contextos escolares ou laboratoriais. Na próxima etapa da pesquisa, os filmes produzidos foram testados como sensores na avaliação do frescor de alimentos, conforme descrito a seguir.



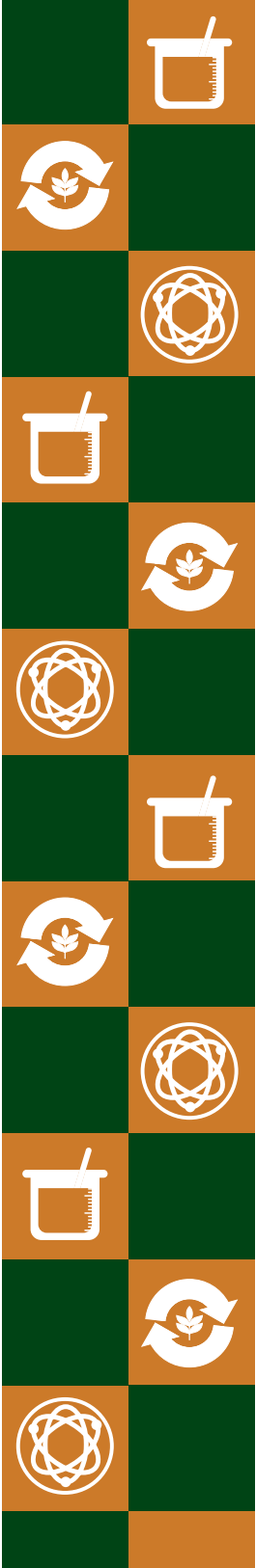
Aplicação dos filmes no monitoramento de alimentos

A aplicação dos filmes inteligentes foi testada na avaliação da deterioração de camarões, armazenados em temperatura ambiente por cinco dias. Os camarões, ainda com casca e cabeça, foram colocados em béqueres higienizados e cobertos na parte superior pelos filmes produzidos.

O objetivo foi detectar compostos voláteis liberados durante a decomposição do pescado, principalmente aminas, que elevam o pH do meio. Os filmes, sensíveis a variações de acidez por meio das antocianinas incorporadas, alteraram sua coloração conforme o grau de deterioração dos camarões.

As mudanças cromáticas observadas permitiram uma avaliação qualitativa visual do frescor, funcionando como indicadores naturais da qualidade do alimento. Essa aplicação experimental evidencia o potencial dos filmes desenvolvidos como sensores acessíveis e sustentáveis para monitoramento de alimentos.







5 RESULTADOS E AVALIAÇÕES EXPERIMENTAIS

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos durante o desenvolvimento e aplicação dos sistemas inteligentes de embalagem. As etapas experimentais envolveram a extração do amido de sementes de jaca, a produção de filmes biodegradáveis com e sem adição de antocianinas, e sua aplicação como sensores de frescor em amostras de camarão.



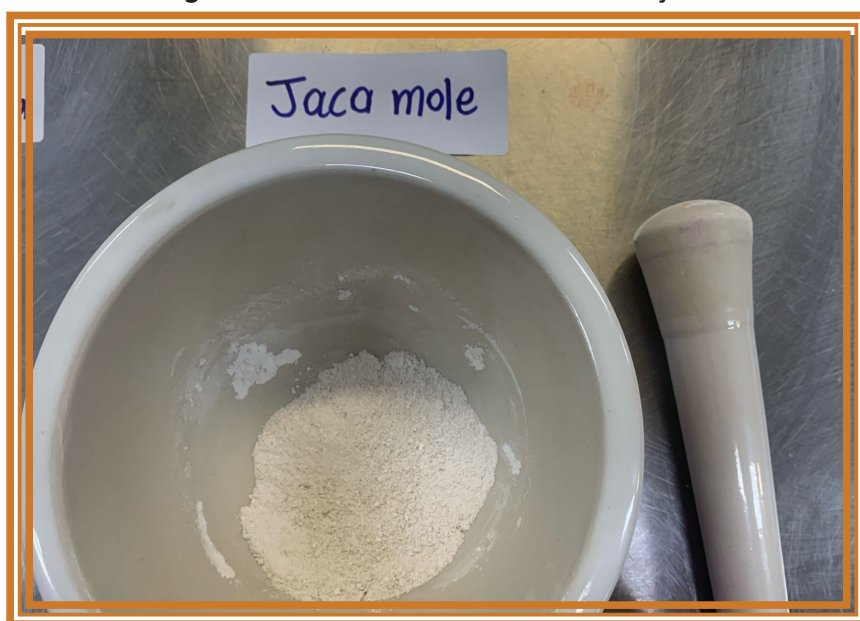
Os dados obtidos foram comparados com resultados da literatura e analisados quanto à viabilidade técnica e funcional das embalagens inteligentes produzidas, especialmente no que diz respeito à sua capacidade de indicar, de forma visual, alterações no pH associadas à deterioração dos alimentos.

Rendimento da extração do amido da semente de jaca

Os resultados obtidos para a extração do amido (Figura 9), a partir das sementes de jaca das variedades mole e dura, revelaram variação significativa de rendimento. Segundo Campos (2017), a literatura aponta uma faixa entre 11% e 26% para esse processo.

Em nossos experimentos, com sementes da variedade mole e sem a película marrom, obtivemos 13,6 g de amido a partir de 217 g de sementes, o que corresponde a um rendimento de aproximadamente 11%, em consonância com os valores relatados por Santos *et al.* (2013), que obtiveram 12,22% com metodologia semelhante.

Figura 9 – Amido extraído da semente de jaca.



Fonte: Acervo dos autores, 2025.

A imagem apresentada na Figura 9 ilustra o resultado final do processo de extração do amido da semente de jaca. Observa-se a formação de um pó branco, fino e homogêneo, característica desejável para aplicações tecnológicas em fil-

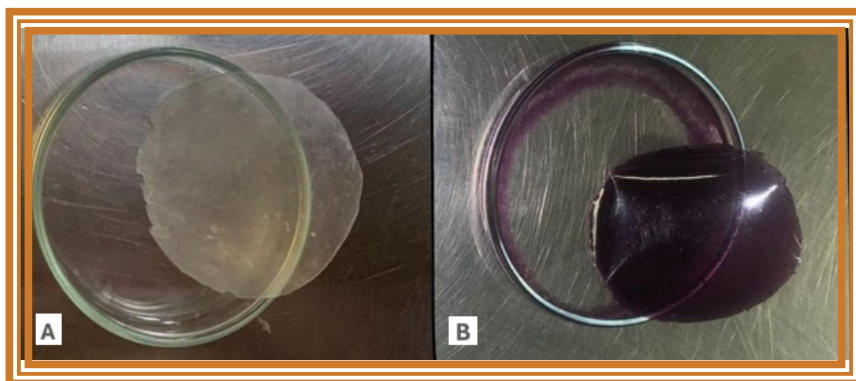
mes biodegradáveis. A uniformidade do material evidencia a eficácia das etapas de purificação e secagem descritas na metodologia, alinhando-se aos rendimentos reportados pela literatura.

Características dos filmes inteligentes obtidos

A metodologia adaptada de Miguel (2023) proporcionou a formação de filmes com propriedades adequadas ao uso como embalagens inteligentes, com boa gelatinização, elasticidade e transparência, como pode ser observado na Figura 10. Tais resultados corroboram os de Campos (2017), que também obteve filmes maleáveis e livres de fissuras. Costa (2017) demonstrou que filmes semelhantes responderam com alterações de cor em função do pH, confirmando sua viabilidade como sensores.



Figura 10 - Filmes inteligentes obtidos a partir de amido de semente de jaca. (A) Filme branco sem incorporação de pigmentos; (B) Filme roxo obtido com incorporação de antocianinas da casca da uva.



Fonte: Acervo dos autores, 2025.



A Figura 10 mostra dois tipos de filmes obtidos: (A) um filme branco, formado apenas por amido, com aparência translúcida e estrutura contínua; (B) um filme roxo-escuro, desenvolvido com a incorporação das antocianinas da casca da uva. A coloração intensa do segundo reflete a presença dos pigmentos fenólicos e demonstra sua funcionalidade como sensor de pH. A integridade visual e a flexibilidade dos materiais obtidos reforçam o sucesso do processo de gelatinização e moldagem pelo método de *casting*.

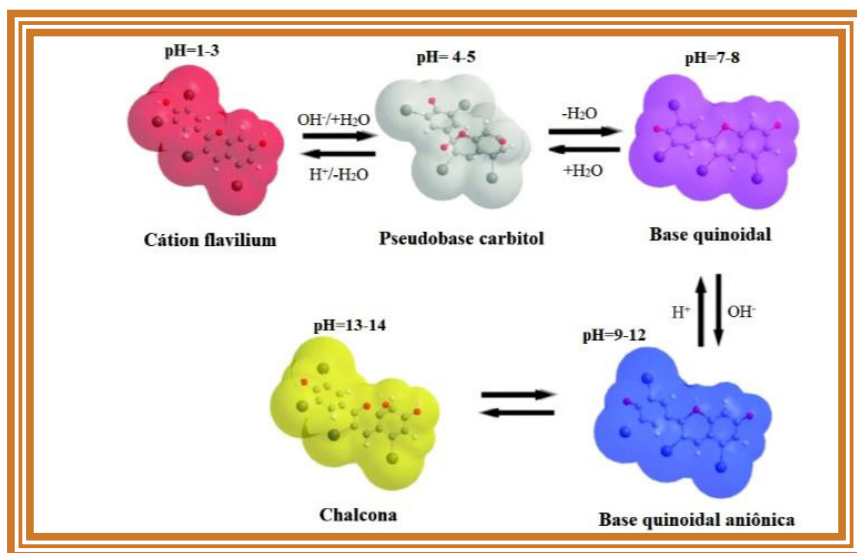
Os filmes obtidos apresentaram homogeneidade, espessura adequada e ausência de bolhas ou partículas insolúveis, o que facilitou o manuseio e reforçou seu potencial tecnológico. Após a incorporação das antocianinas, os filmes passaram a atuar como sensores colorimétricos, apresentando mudanças visíveis de cor em resposta à variação de pH.



Avaliação do potencial sensorial dos filmes

A eficiência sensorial dos filmes foi avaliada em camarões armazenados em temperatura ambiente por cinco dias. A partir da liberação de aminas voláteis durante o processo de decomposição, os filmes responderam com alterações cromáticas visíveis. Inicialmente, os filmes apresentavam coloração roxa, relacionada a um pH próximo da neutralidade (Figura 13).

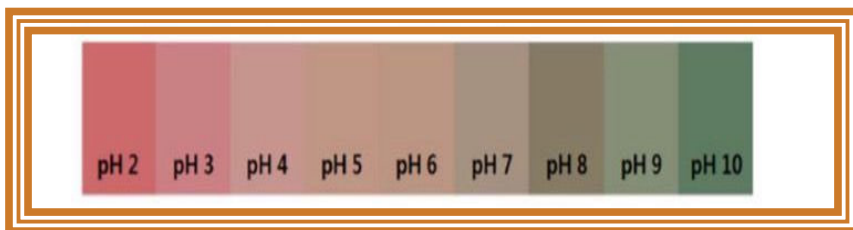
Figura 11 – Modificações estruturais das antocianinas conforme o pH.



Fonte: Adaptado de Ananga et al. (2013).

A Figura 11 apresenta a estrutura química das antocianinas e suas modificações em função do pH. A ilustração evidencia as mudanças moleculares que justificam a variação de cor desses compostos em diferentes ambientes. Essa base estrutural é essencial para compreender o mecanismo de atuação dos filmes sensoriais, cuja coloração reflete diretamente as condições químicas do meio.

Figura 12 – Variação da cor das antocianinas com a modificação do pH



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Costa (2017).

Nesta figura, observa-se a escala de coloração típica assumida pelas antocianinas em diferentes faixas de pH. Em ambientes mais ácidos, predominam tons vermelhos; já em meios neutros ou levemente alcalinos, surgem tonalidades roxas, azuis e amarronzadas. Essa informação é fundamental para interpretar a resposta visual dos filmes aplicados aos camarões em deterioração.



Figura 13 – Amostras antes do processo de deterioração: filmes com mais antocianinas (esq.) e menos antocianinas (dir.).

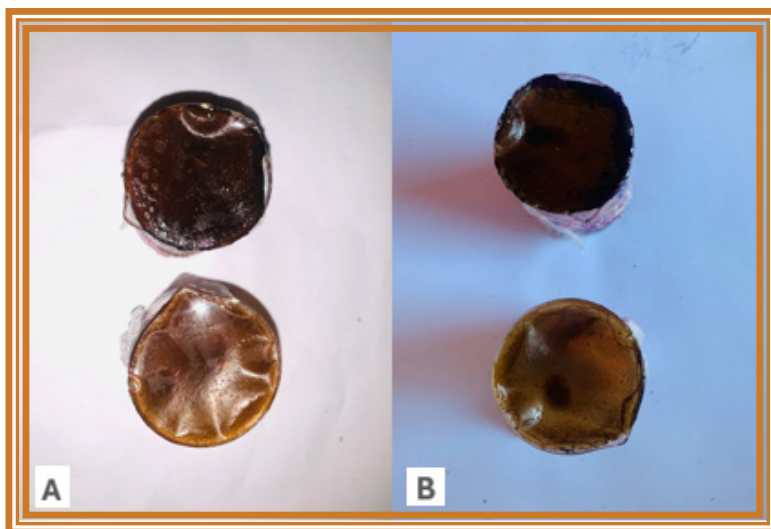


Fonte: Acervo dos autores, 2025.

A Figura 13 apresenta os filmes aplicados sobre os béqueres contendo camarões frescos, antes do início do processo de decomposição. A coloração roxa intensa no filme da esquerda indica uma maior concentração de antocianinas, enquanto o da direita mostra um tom mais claro, revelando menor teor do pigmento. Ambos ainda se encontram em um ambiente com pH próximo da neutralidade, sem sinais de alteração visual indicativa de deterioração.

Com o avanço da deterioração (após 48h), observou-se uma transição para tons amarronzados (Figura 14), indicativa do aumento do pH e da perda de frescor, corroborando estudos de Pelicioli (2019) e Teixeira (2021).

Figura 14 – Filme branco e filme incorporado com antocianinas da casca da uva. (A) Amostras após 24 horas de exposição ao camarão em processo de deterioração. B) Amostras após 48 horas de exposição.



Fonte: Acervo dos autores, 2025.



A sequência de imagens da Figura 12 evidencia a variação cromática dos filmes ao longo do tempo de exposição aos compostos voláteis liberados pelos camarões em processo de decomposição. Após 24 horas (A), observa-se um escurecimento inicial da superfície do filme, indicando alterações no pH. Já após 48 horas (B), a tonalidade torna-se visivelmente mais amarronzada, sugerindo um ambiente progressivamente mais alcalino. Essa resposta visual confirma a sensibilidade do filme às aminas voláteis e reforça seu potencial como indicador de frescor, configurando-se como uma solução acessível e eficaz para embalagens inteligentes aplicadas à segurança alimentar.

De acordo com o Riispoa (2020), o pH ideal para pescado fresco é de até 7,85. Assim, a variação de cor dos filmes, impulsionada pela reatividade das antocianinas frente às aminas básicas (como amônia, dimetilamina e trimetilamina), demonstra sua eficácia como ferramenta acessível de detecção de frescor.

Adicionalmente, destaca-se que a porosidade e a natureza hidrofílica dos filmes de amido influenciam diretamente na sensibilidade da detecção, facilitando a difusão de gases e a interação com compostos voláteis.

Conclui-se que os filmes de amido incorporados com antocianinas são promissores para aplicações em embalagens sensíveis, agregando valor à conservação de alimentos e à segurança alimentar.





6 TRAJETÓRIA FORMATIVA E PROTAGONISMO ESTUDANTIL

A participação no Laboratório de Mentoria (LabMent) e nas demais ações científicas vinculadas ao Programa SINPETE – Ciência e Inovação na Educação Básica representou um marco na trajetória da equipe. Ao longo do processo investigativo, estudantes e professora orientadora vivenciaram experiências que extrapolaram os limites da sala de aula tradicional, inserindo-se no universo da ciência aplicada com propósitos sociais e ambientais.

As orientações recebidas no LabMent promoveram o amadurecimento acadêmico, favorecendo o desenvolvimento de competências essenciais à pesquisa, como o pensamento crítico, a comunicação científica, a colaboração e a autonomia investigativa. O contato com metodologias científicas, aliado ao acompanhamento constante de mentores e pesquisadores, fortaleceu a confiança dos estudantes para conduzir seus experimentos e apresentá-los em ambientes formais de divulgação.

Essa trajetória culminou na participação da equipe em eventos científicos e feiras, onde o projeto foi socializado com a comunidade acadêmica e o público em geral, promovendo o intercâmbio de saberes e inspirando novas





possibilidades de atuação em ciência e tecnologia. Tais vivências evidenciam o potencial transformador da pesquisa escolar, que não apenas contribui com soluções inovadoras, mas também forma cidadãos mais conscientes e engajados com os desafios contemporâneos.

A Figura 15 registra momentos significativos, simbolizando não apenas a presença da equipe, mas o reconhecimento do esforço coletivo, da dedicação e do envolvimento afetivo com o projeto desenvolvido.

Figura 15 – Participação da equipe no Sinpete 2024 e atividades no LabMent/Ufal



Fonte: Acervo dos autores, 2025.

Essa dimensão formativa e transformadora reforça o compromisso do projeto com uma educação científica mais inclusiva, crítica e voltada para a construção de um futuro mais sustentável.





CONSIDERAÇÕES FINAIS E HORIZONTES DA PESQUISA

Este estudo teve como ponto de partida a seguinte questão norteadora: Como desenvolver sistemas inteligentes de embalagem biodegradável, a partir de resíduos agroalimentares, que contribuam para a conservação de alimentos e a redução do impacto ambiental?

A busca por respostas a essa indagação conduziu ao desenvolvimento de um filme biodegradável à base de amido extraído da semente de jaca, incorporado com antocianinas obtidas da casca da uva roxa. A proposta aliou inovação tecnológica, sustentabilidade e acessibilidade, em consonância com os ODS 9, 11, 12 e 13.

A metodologia experimental adotada envolveu a extração do amido por meio de adaptações do protocolo de Santos *et al.* (2013), a produção dos filmes pela técnica de *casting* e a incorporação de pigmentos naturais. Na etapa de aplicação, os filmes foram utilizados em sistemas com camarões em processo de deterioração, possibilitando o monitoramento colorimétrico das mudanças de pH por meio da variação de cor.

Os resultados revelaram que os filmes responderam de forma visível à liberação de compostos voláteis, alteran-





do sua coloração à medida que o ambiente se tornava mais alcalino, conforme também demonstrado por Costa (2017) e Pelicioli (2019). Tal comportamento reforça a eficácia do sistema proposto como sensor inteligente acessível e funcional.

Além da eficiência sensorial, destaca-se o caráter sustentável da iniciativa. O aproveitamento da semente de jaca — um resíduo agroalimentar frequentemente descartado — valoriza a cadeia produtiva, fortalece a lógica da economia circular e contribui para a redução do desperdício, como discutem Luciano (2016) e Campos (2017). A transformação de um subproduto em um material de alto valor agregado evidencia uma prática inovadora e ambientalmente responsável.

A participação no Laboratório de Mentoria da Universidade Federal de Alagoas (LabMent/Ufal), no contexto do Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica, foi decisiva para o fortalecimento do projeto. Essa vivência nos proporcionou não apenas acesso à orientação científica de qualidade, mas também o desenvolvimento de competências essenciais, como comunicação científica, trabalho colaborativo e autonomia investigativa.

Dessa forma, esta pesquisa demonstrou que é possível articular ciência, sustentabilidade e protagonismo juvenil em uma proposta concreta e relevante. Os sistemas inteligentes de embalagem desenvolvidos representam uma alternativa viável para o monitoramento do frescor de alimentos e abrem caminhos promissores para novas investigações com outras fontes de resíduos e bioindicadores naturais.





REFERÊNCIAS

BARIL, Michele. Análise estatística e qualitativa de propriedades de filmes inteligentes contendo antocianinas. 2020. 49f. Trabalho de conclusão de curso em engenharia química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2020.

CAMPOS, Natália di Loreto. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis ativos de amido de semente de jaca. 2017. 94f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais voltados à Agroindústria) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74133/tde-07122017-152954/pt-br.php>>. Acesso em: 12/05/2025.

COSTA, Leandro Araújo da. Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis à base de amido de semente de jaca incorporados com antocianinas. 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Bacharelado)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 5ed., p.279, 1991.

CHI, W. *et al.* Developing a highly pH-sensitive κ-carrageenan-based intelligent film incorporating grape skin powder via a cleaner process. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v.





244, p. 118862, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118862>. Acesso em: 12/05/2025.

KITTIPONGPATANA, Ornanong S.; KITTIPONGPATANA, Nisit. Preparation and physicochemical properties of modified jackfruit starches. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1766–1773, 2011. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.03.023

LUBIS, M. *et al.* Utilization starch of jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus*) as raw material for bioplastics manufacturing using sorbitol as plasticizer and chitosan as filler. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 801, n. 1, 2017.

LUCHESI, Bruno Ribeiro. Desenvolvimento de sensores colorimétricos baseados em compostos amido/cera de abelha e antocianinas por casting contínuo para embalagens inteligentes. 2023. 143f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.

LUCIANO, C. G. Caracterização da farinha e do amido isolado da semente de jaca e comportamento reológico de dispersões de amido. 2016. 142 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 12/05/2025.

MIGUEL, Thaís Bezerra Veríssimo. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir do amido da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) com a incorporação de



resíduo de acerola (*Malpighia emarginata*). 2023. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFRN31386933b4570e52baef0e3a625f62df>. Acesso em: 12/05/2025.

ONGKOWIJOYO, P.; LUNA-VITAL, D. A.; GONZALEZ DE MEJIA, E. Extraction techniques and analysis of anthocyanins from food sources by massspectrometry: An update. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 250, n. January, p. 113–126, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.056> Acesso em: 12/05/2025.

PRIETTO, L.; PINTO, V.; HALAL, S.; MORAIS, M.; COSTA, J.; LIM, L.; DIAS, A.; ZAVAREZE, E. Ultrafine fibers of zein and anthocyanins as natural pH indicator. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 2735–2741, 2018.

RAHMAN, M.A.; NAHAR, N.; MIAN, A.J.; Mosihuzzaman, M. Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with maturity and climatic conditions. **Food Chemistry**, v.65, n.1, p.91-97, 1999.

RENGSUTTHI, K.; CHAROENREIN, S. Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 1309-1313.

SANTOS, Leandro Soares *et al.* Efeito dos métodos de extração na composição, rendimento e propriedades da pasta do amido obtido da semente de jaca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 255-261, 2013.





SANTAMARINA, Aline B.; CALDER, P. C.; ESTADELLA, D.; PISANI, L.P. Anthocyanins ameliorate obesity-associated meta-inflammation: Preclinical and clinical evidence. **Nutrition Research**, v. 114, p. 50-70, 2023.

SILVA, G. T.; de Paula, R. P., Borges, B., dos Anjos Brito, C., Schmiele, M., & da Costa, J. M. G. Processo de extração do amido de aveia: estudo de revisão. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 5, p. e9812540361-e9812540361, 2023.

SOUZA, J. H. Potencial antibacteriano e antibiofilme da própolis vermelha brasileira frente a bactérias periodontopatogênicas. 2023. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biomédicas. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

TEIXEIRA, Samiris Côcco. Desenvolvimento de filme inteligente incorporado de antocianinas como indicador de qualidade de alimentos. 2021. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021.

UNEP. **Food Waste Index**. 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/ptbr/resources/relatorios/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021>. Acesso em: 12 mar. 2025.

ZHANG, J., ZOU, X., ZHAI, X., HUANG, X., JIANG, C., HOLMES, M. Preparation of na intelligent pH film based on biodegradable polymers and roselleanthocyanins for monitoring pork freshness. **Food Chem**. v. 272, 306e312.2019.

PELICIOI, Jaine. Produção de filmes indicadores contendo antocianinas da casca da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). 2019. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia

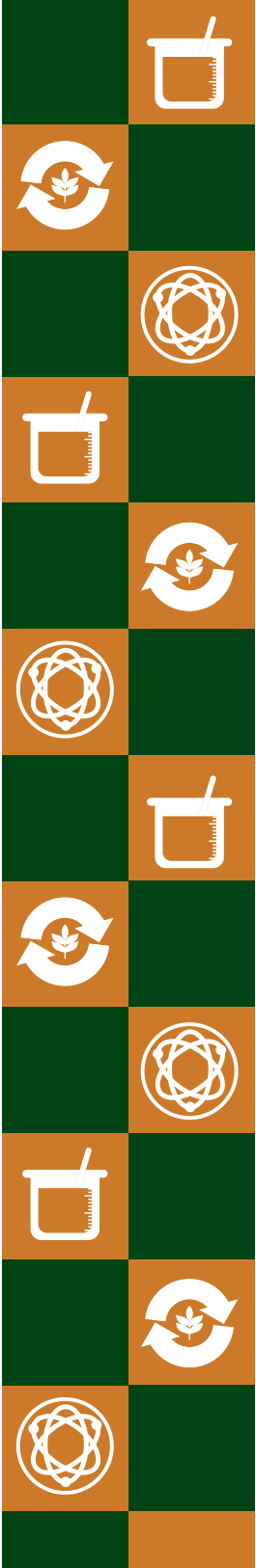


Química e Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

TEIXEIRA, Samiris Côcco. Desenvolvimento de filme inteligente incorporado de antocianinas de açaí como indicador de qualidade de alimentos. 2021. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.



Nota: No processo de preparação desta publicação, os(as) autores(as) podem ter recorrido, em determinados momentos, a ferramentas de Inteligência Artificial disponibilizadas pela OpenAI, empregadas exclusivamente para fins de revisão de linguagem, aprimoramento da fluidez textual e ajustes de estilo. Importa esclarecer que tais recursos não substituem a autoria intelectual, sendo toda a concepção, fundamentação, análise e conclusões de responsabilidade integral dos(as) autores(as), que respondem pelo rigor científico, ético e acadêmico desta obra.





SOBRE OS/AS AUTORES/AS E ORGANIZADORAS



Nataly Miranda do Nascimento | Mentorada

Sou formada em Farmácia pela UFAL e pela Universidade do Porto, em Tecnologia em Alimentos pelo IFAL, fiz mestrado em Nutrição na área de Análise de Alimentos e Segurança Alimentar pela UFAL e Doutorado em Materiais pelo Centro de Tecnologia da UFAL. Atualmente, sou professora EBTT no curso de Agroindústria do IFAL campus Murici, onde desenvolvo trabalhos financiados pelo IFAL (modalidades PIBIC e PIBITI) e pela FAPEAL (Pibic Jr) voltados para

o desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de resíduos agroindustriais, área que atuo desde meu Doutorado. No ano passado, nossa pesquisa foi premiada na categoria “Boas Ideias não têm Idade” da Trakto Show 2024. Orientei a proposta “Aproveitamento da Semente de Jaca para Elaboração de Bioplásticos de Amido” que virou capítulo de livro no Sinpete 2023, e as propostas apresentadas no Sinpete 2024: “Desenvolvimento e aplicabilidade de filmes biodegradáveis em frutas”, que ganhou Menção Honrosa na categoria Pesquisa Inovadora, bem como a proposta “Sistemas inteligentes de embalagens à base de resíduos agroalimentares”, que ganhou 3º lu-





gar na categoria Ideia Inovadora. Também desenvolvo projetos de Ensino e Extensão voltados para temática polímeros sintéticos *versus* biodegradáveis. Também participou como mentorada do Laboratório de Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica, que resultou na produção e publicação deste livro.



Beatriz Nascimento Ribeiro | Mentorada

Estudante do Ensino Médio Técnico no Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - Campus Murici, possui experiência na área de Biopolímeros e, atualmente, é bolsista do PIBITI, com financiamento do IFAL. Integra a proposta inovadora “Sistemas inteligentes de embalagens à base de resíduos agroalimentares” desenvolvida no âmbito do Sinpete/Ufal, que conquistou o 3º lugar na categoria Ideia Inovadora. Também participou como mentorada do Laboratório de

Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica, que resultou na produção e publicação deste livro.





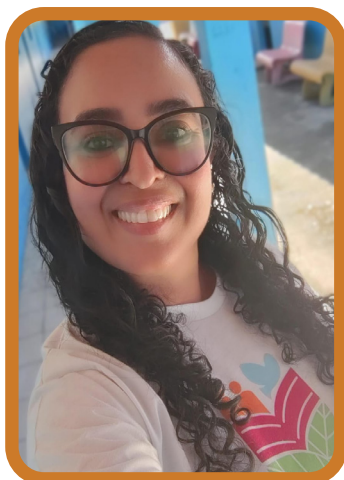
Letícia Vicente da Silva | Mentorada

Estudante do Ensino Médio Técnico Integrado à Agroindústria do Instituto Federal de Alagoas (Ifal) - Campus Murici. Tem experiência na área de Biopolímeros para revestimento de alimentos e, atualmente, é bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIBIC) através do IFAL. É integrante do projeto “Sistemas inteligentes de embalagens à base de resíduos agroalimentares” desenvolvido no âmbito do Sinpete/Ufal, conquistando o 3º lugar na categoria Ideia Inovadora. Também participou como mentorada do Laboratório de Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica, que resultou na produção e publicação deste livro.



Rebeca Ferreira Da Silva | Mentorada

Estudante do Ensino Médio Técnico do Instituto Federal de Alagoas (Ifal) - Campus Murici. Tem experiência na área de Biopolímeros para revestimento de alimentos e, atualmente, é bolsista do Pibic Jr, financiado pela Fapeal. É integrante do projeto “Sistemas inteligentes de embalagens à base de resíduos agroalimentares” desenvolvido no âmbito do Sinpete/Ufal, conquistando o 3º lugar na categoria Ideia Inovadora. Também participou como mentorada do Laboratório de Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica, que resultou na produção e publicação deste livro.

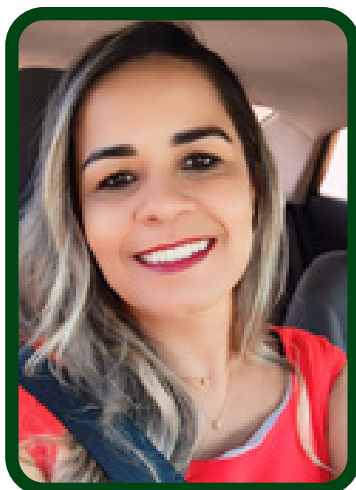


Francine Santos De Paula | Mentora

Doutora e mestra em Química e Biotecnologia pela Ufal. Graduada em Química Licenciatura pela mesma instituição. Atuou como professora de Química na rede estadual de ensino. Atualmente é professora no curso de Química Licenciatura da Ufal, atuando principalmente nos estágios supervisionados e pesquisa educacional. Tem experiência na área de Química, com ênfase em educação química e eletroanalítica. Foi coordenadora do curso de Química Licenciatura, vice-

-diretora e diretora do IQB/Ufal. Também participou como mentor científico do Laboratório de Mentoria - LabMent (2024-2025), promovido pelo Programa Sinpete – Ciência e Inovação na Educação Básica, que resultou na produção e publicação deste livro.

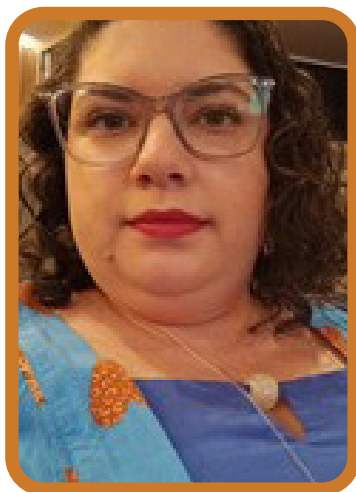
E-mail: fsp@qui.ufal.br



Vera Lucia Pontes dos Santos

É mestra e doutora em Educação (PPGE/Ufal), especialista em Gestão e Planejamento (Fatec-PE) e em Tecnologias em Educação (PUC-Rio). É Líder do Grupo de Pesquisa Formação de Professores da Educação Básica e Superior (CNPq). Editora da Revista OPTIE - Observatório de Pesquisa, Tecnologia e Inovação na Educação Básica (Sinpete/Ufal). Pedagoga da Prograd/Ufal, atuando na gestão do Programa de Formação Continuada em Docência do Ensino Superior (Proford/Ufal). Técnica pedagógica

da Secretaria Municipal de Educação - Semed Maceió, atuando no apoio à gestão da política de formação dos profissionais da educação da rede municipal de Maceió. Coordenadora do projeto Ciclo de Formação em Educação Científica e Sustentabilidade dos Biomas Brasileiros - Ufal/CNPq/MCTI (2024-2025). Coordenadora-geral do Programa Sinpete - Ciência e Inovação na Educação Básica (Prograd/Ufal). Também participou como mentora científica do Laboratório de Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete, que resultou na produção e publicação de texto científico decorrente do projeto “Horta vertical: práticas com uso de material de descarte”.

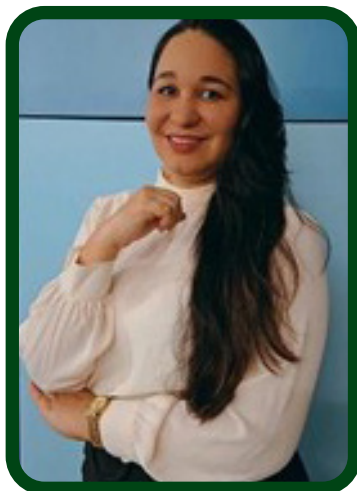


Maria Ester de Sá Barreto Barros

É graduada em Química Bacharelado, mestra e doutora em Química Orgânica pela UFPE. É professora do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas (IQB-Ufal). Faz parte do Laboratório de Química Orgânica Aplicada a Materiais e Compostos Bioativos (LMC) e do Grupo de Pesquisa em Ensino e Extensão em Química (Qui-Ciência). Atualmente, é coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (Prof-qui-Ufal), desenvolvendo pesquisas na

produção de materiais didáticos para o ensino de química orgânica no ensino básico e superior. Coordenou a Semana de Pesquisa, Tecnologia e Inovação na Educação Básica - Sinpete (2024) e o Laboratório de Mentoria (2024-2025). Também participou como mentora científica do Laboratório de Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete/Ufal, que resultou na produção e publicação de texto científico decorrente do projeto “Sargassole - produção de uma borracha sustentável”.





Jadriane de Almeida Xavier

É graduada em Química (Bacharelado e Licenciatura), mestra e doutora em Química Orgânica pela Ufal. É professora do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas (IQB-Ufal) e do Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia (PPG-QB-Ufal). É integrante do Laboratório de Eletroquímica e Estresse Oxidativo (LEEO), no qual desenvolve pesquisas em temas relacionados ao estresse oxidativo, estresse carbonílico, glicação, diabetes e química dos produtos natu-

rais. Coordena o evento Sinpete desde 2024. Coordenou a Semana de Pesquisa, Tecnologia e Inovação na Educação Básica - Sinpete (2024) e atualmente coordena a edição vigente. Também participou como mentora científica do Laboratório de Mentoria (LabMent), promovido pelo Programa Sinpete/Ufal, que resultou na produção e publicação de texto científico decorrente do projeto “Barbatimed: produção de membrana biodegradável a partir do amido da casca da mandioca utilizando extrato do barbatimão como alternativa ecológica para curativos”.



A Edufal não se responsabiliza por possíveis erros relacionados às
revisões ortográficas e de normalização (ABNT).
Elas são de inteira responsabilidade dos/as autores/as.



REALIZAÇÃO



APOIO FINANCEIRO



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



Programa Nacional de
POPULARIZAÇÃO
DA CIÊNCIA

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



ISBN: 978-65-5624-513-3

