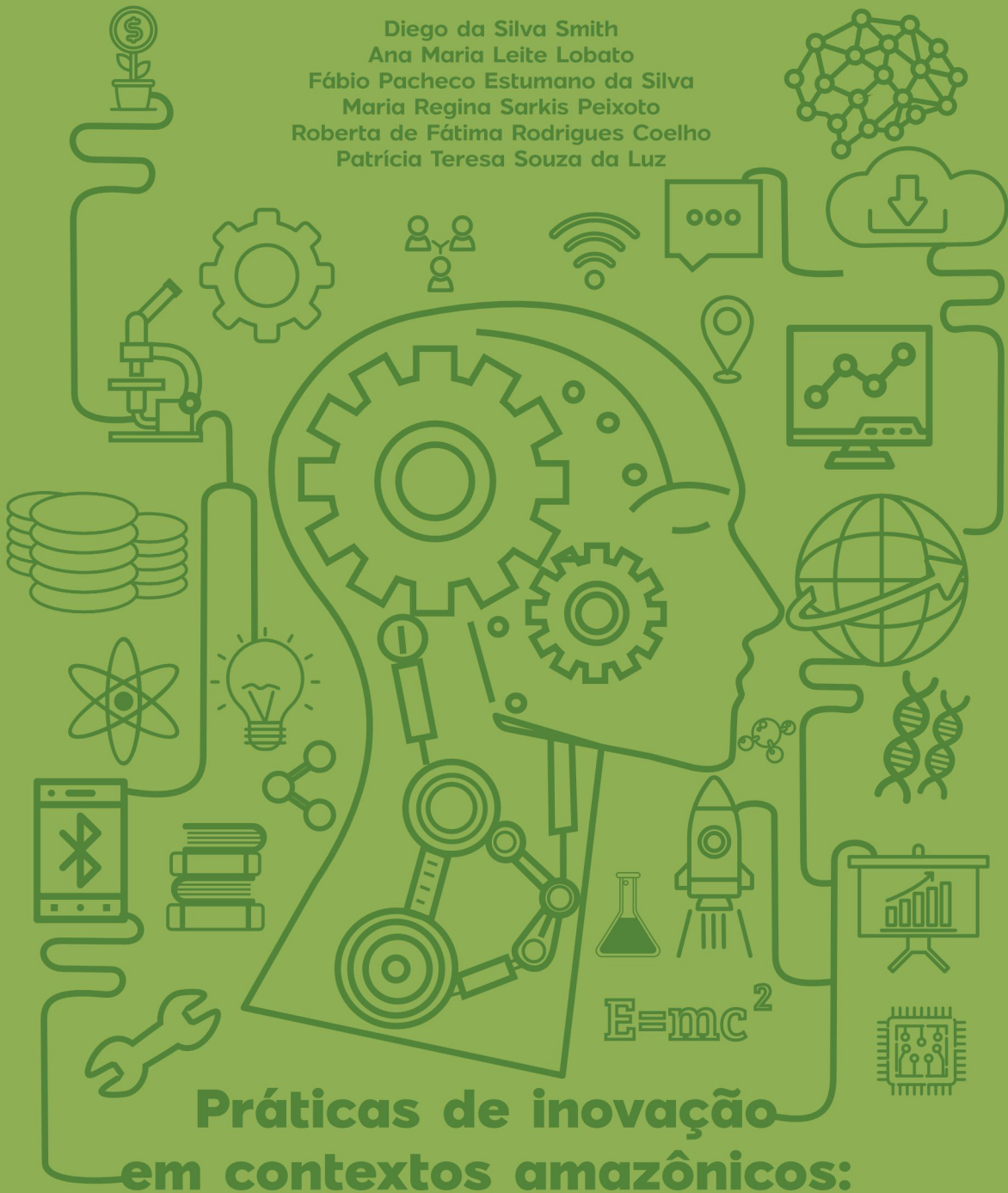


Organização

Diego da Silva Smith
Ana Maria Leite Lobato
Fábio Pacheco Estumano da Silva
Maria Regina Sarkis Peixoto
Roberta de Fátima Rodrigues Coelho
Patrícia Teresa Souza da Luz



Práticas de inovação em contextos amazônicos: relatos de experiências na pós-graduação do IFPA

Vol. 1

©2026 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Todos os direitos da publicação reservados. O conteúdo dos artigos aqui publicados, no que diz respeito à linguagem e ao conteúdo, é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial do Instituto Federal do Pará, da Editora IFPA ou das instituições parceiras. Os textos dessa publicação foram selecionados pelo Conselho Editorial da Editora IFPA por meio da CHAMADA Nº 05/2025 PARA PUBLICAÇÃO DE OBRA COLETIVA ADVINDA DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU DO IFPA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P912 Práticas de inovação em contextos amazônicos: relatos de experiências na pós-graduação do IFPA - vol. 1. / Organização Diego da Silva Smith [et al.] – Belém: Editora IFPA, 2026. 192 p.: il. color. Ebook.

Disponível em: <https://proppg.ifpa.edu.br/e-books>

ISBN: 978-65-5163-027-9

1. Inovação. 2. Amazônia. 3. Pós-graduação. I. Lobato, Ana Maria Leite. II. Silva, Fábio Pacheco Estumano da. III. Peixoto, Maria Regina Sarkis. IV. Coelho, Roberta de Fátima Rodrigues V. Luz, Patrícia Teresa Souza da. VI. Título.

CDD: 378.12

Elaborada Por: Eliana Amoedo de Souza Brasil
Bibliotecária IFPA/PROEN - CRB-2 /1121

Editora IFPA

Av. João Paulo II, nº 514 - Castanheira

Prédio Reitoria, 1º andar.

CEP: 66645-240

Belém - PA

editora.ifpa@ifpa.edu.br

Organização

Diego da Silva Smith
Ana Maria Leite Lobato
Fábio Pacheco Estumano da Silva
Maria Regina Sarkis Peixoto
Roberta de Fátima Rodrigues Coelho
Patrícia Teresa Souza da Luz

Práticas de inovação em contextos amazônicos: relatos
de experiências na pós-graduação do IFPA - Vol. 1

Belém
2026

Presidente da República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação

Leonardo Barchini

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica

Marcelo Bregagnoli

Reitora

Ana Paula Palheta Santana

Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação – PROPPG

Saulo Rafael Silva e Silva

Presidente do Conselho Editorial

Saulo Rafael Silva e Silva

Conselho Editorial

Bruno Sebastião Rodrigues da Costa

Caroline Azevedo Rosa

Eliana Amoedo de Souza Brasil

João Augusto Pereira da Rocha

Josevana de Lucena Rodrigues

Kauana de Carvalho

Liz Carmem Silva Pereira

Luiz Antonio Soares Cardoso

Raimundo Adalberto Pacheco de Pinho

Rodrygo Rocha Macedo

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Valéria dos Santos Dias

Vitor Hugo Lopes Branco

Ilustração da capa, Projeto gráfico e diagramação

Ana Carolina Chagas Marçal

Revisão de texto

Jéssica Rejane Lima

Prefácio

Produzir inovação em contextos amazônicos exige mais do que domínio técnico ou capacidade de desenvolvimento científico. Exige sensibilidade para compreender territórios marcados por múltiplas realidades sociais, ambientais, culturais e produtivas, nas quais os desafios do desenvolvimento se apresentam de maneira complexa e, muitas vezes, profundamente desigual. Na Amazônia, inovar não pode significar apenas incorporar tecnologias ou replicar modelos concebidos em outros contextos. Significa, sobretudo, construir respostas situadas, capazes de dialogar com as especificidades locais, reconhecer saberes historicamente constituídos e articular ciência, sociedade e território em torno de soluções socialmente relevantes.

É justamente nesse horizonte que esta obra se insere. Ao reunir relatos de experiências desenvolvidas no âmbito da pós-graduação do Instituto Federal do Pará, “Práticas de Inovação em Contextos Amazônicos” reafirma o papel estratégico das instituições públicas de ensino, pesquisa e extensão na produção de conhecimento comprometido com a transformação social e com o desenvolvimento regional. Mais do que uma coletânea de estudos, este livro expressa a capacidade da pós-graduação em produzir conhecimento aplicado, conectado a problemas concretos e orientado por demandas que emergem das dinâmicas do próprio território amazônico.

Ao longo das últimas décadas, a Educação Profissional e Tecnológica consolidou-se como um espaço singular de produção científica no Brasil, especialmente por sua capacidade de aproximar formação, pesquisa e realidade social. Nos Institutos Federais, essa característica adquire contornos ainda mais significativos, uma vez que a pesquisa frequentemente

nasce da relação direta com os arranjos produtivos locais, com as necessidades das comunidades e com os desafios cotidianos enfrentados em diferentes setores da sociedade. Nesse contexto, inovação deixa de ser compreendida apenas como desenvolvimento tecnológico em sentido estrito e passa a incorporar também dimensões sociais, educacionais, ambientais e organizacionais.

Essa compreensão ampliada da inovação aparece de forma muito evidente ao longo desta obra. As experiências aqui reunidas revelam diferentes possibilidades de aplicação do conhecimento científico, envolvendo desde processos tecnológicos e aproveitamento sustentável de materiais até propostas educacionais, soluções voltadas à sustentabilidade, práticas inclusivas e iniciativas de impacto social. Ainda que partam de objetos distintos, os textos compartilham um elemento fundamental: o compromisso com a construção de soluções conectadas à realidade amazônica e à valorização do conhecimento como instrumento de transformação.

Nesse sentido, a Amazônia não aparece nestas páginas apenas como cenário ou espaço geográfico onde as pesquisas foram realizadas. Ela surge como elemento ativo na formulação das perguntas, na definição das prioridades e na construção das próprias soluções investigadas. Seus recursos naturais, suas dinâmicas sociais, seus desafios ambientais e suas múltiplas formas de organização da vida influenciam diretamente os caminhos percorridos pelas pesquisas aqui apresentadas. Há, portanto, uma dimensão particularmente relevante nesta coletânea: a reafirmação da Amazônia como território produtor de conhecimento, inovação e reflexão científica.

Ao longo de minha trajetória na pesquisa, na pós-graduação, na gestão e na Educação Profissional e Tecnológica, tornou-se cada vez mais evidente que algumas das experiências mais transformadoras surgem

justamente quando ciência e território deixam de caminhar separadamente. Em contextos amazônicos, isso assume importância ainda maior, pois os desafios locais frequentemente exigem abordagens interdisciplinares, diálogo entre diferentes saberes e forte compromisso ético com o desenvolvimento sustentável e com as populações que vivem e constroem cotidianamente essa região.

Por isso, esta obra possui relevância que ultrapassa o conjunto dos trabalhos aqui apresentados. Ela simboliza a maturidade de uma pós-graduação que se fortalece a partir de sua inserção regional e de sua capacidade de produzir conhecimento com significado social. Também evidencia a potência dos Institutos Federais enquanto espaços de ciência aplicada, inovação e formação humana, reafirmando o papel da educação pública na construção de futuros mais sustentáveis, inclusivos e socialmente comprometidos.

Que a leitura desta coletânea permita não apenas conhecer experiências de inovação desenvolvidas na Amazônia, mas também refletir sobre o papel da ciência, da educação e das instituições públicas diante dos desafios contemporâneos. Em tempos marcados por profundas transformações sociais, tecnológicas e ambientais, inovar talvez seja, antes de tudo, exercer a capacidade de construir soluções responsáveis, sensíveis ao território e comprometidas com a vida em suas múltiplas dimensões.

Luis André Luz Barbas
Professor Doutor Titular do IFPA
Pesquisador PQ/CNPq

Castanhal, Pará, Brasil
Maio de 2026

Sumário

Apresentação	17
Parte I: Apresentação – Matéria, processos e desenvolvimento tecnológico	21
Reaproveitamento de argilas saturadas da indústria de óleo de palma: um relato de experiência tecnológica e sustentável	25
<i>José Wilton Serrão Nascimento</i>	
<i>Oscar Jesus Choque Fernandez</i>	
<i>Jaime Henrique Barbosa da Costa</i>	
<i>Diogo Monteiro Porfírio</i>	
<i>Marison Franco Rocha de Lima</i>	
<i>Ramon Sousa Santos</i>	
Cerâmica artesanal e sustentabilidade em Bragança, Pará: uma experiência com reincorporação de resíduos cerâmicos em massas de argila	39
<i>Oscar Jesus Choque Fernandez</i>	
<i>Dayana Rosy Souza dos Santos</i>	
<i>Patrícia Teresa de Souza da Luz</i>	
<i>Diogo Monteiro Porfírio</i>	
<i>Ramon Sousa Santos</i>	
<i>Marison Franco Rocha de Lima</i>	

Biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibra de açaí: uma experiência no desenvolvimento, caracterização e potencial tecnológico para aplicações sustentáveis **55**

Bruna Ribeiro dos Reis

Juliani Jamile Pinheiro Oliveira

Demetrius Pereira Morilla

Jean da Silva Rodrigues

Patrícia Teresa de Souza da Luz

Síntese de catalisador heterogêneo à base de carbono sulfonado do endocarpo de uxi amarelo (*Endopleura uchi*): um relato de inovação sustentável na Amazônia **69**

Laís Sardinha da Silva

Yago Claudionor Fonseca Lopes Leite

Demetrius Pereira Morilla

Waldomiro Gomes Paschoal Junior

Bruno Apolo Miranda Figueira

Patrícia Teresa de Souza da Luz

Inter-relação entre processos de solidificação e tratamento térmico: relatos experimentais sobre a liga Al-3Cu-3Nb **83**

Rogério Bentes da Costa

Bruno Yuji Goto Feio

Leonardo Carvalho de Oliveira

Thiago Antônio Paixão de Sousa Costa

Otávio Fernandes Lima da Rocha

Experiência de pesquisa aplicada: estudo da solidificação e capacidade de adesão de liga de soldagem potencialmente empregada em dispositivos eletrônicos 101

Emerson de Jesus da Silva Braga

Melquizedeq Barbosa Carlos

Leonardo Carvalho de Oliveira

José Marcelino da Silva Dias Filho

Thiago Antônio Paixão de Sousa Costa

Parte II: Apresentação – Tecnologias aplicadas ao território e à sustentabilidade 121

Elaboração, otimização e caracterização de biscoitos com farinha de casca de abacaxi: uma alternativa tecnológica ao desperdício agroindustrial 123

Monique Damasceno Pinto

Consuelo Lucia Sousa

Lucia de F. H. Lourenço

Suezilde C. Amaral Ribeiro

Maria Regina S. Peixoto Joele

Entre saberes e sustento: o protagonismo feminino e a multifuncionalidade dos quintais agroflorestais (QAF) do Território Quilombola Tipitinga 147

Alberani Pinheiro Maciel

Roberta de Fátima Rodrigues Coelho

Louise Ferreira Rosal

Romier da Paixão Sousa

Vibra Amazônia: vestindo o mundo de floresta

165

Lícia Amazonas Calandrini Braga

Liz Carmem Silva-Pereira

Helder Marques Batista

Autores

175

Apresentação

A presente obra, intitulada *Práticas de Inovação em Contextos Amazônicos: relatos de experiências na pós-graduação do IFPA*, tem como propósito reunir e dar visibilidade a um conjunto de experiências desenvolvidas no âmbito da pós-graduação do Instituto Federal do Pará (IFPA), orientadas pela temática da inovação. Trata-se de uma coletânea que emerge de pesquisas aplicadas, construídas a partir de diferentes objetos, metodologias e contextos, mas que compartilham um compromisso comum: a produção de conhecimento relevante, socialmente situado e potencialmente transformador.

Os capítulos que compõem este livro não se limitam a discussões teóricas ou a experimentações descontextualizadas. Ao contrário, resultam de investigações que dialogam diretamente com problemas concretos, articulando ciência, tecnologia e realidade. Essa característica confere à obra um caráter aplicado e evidencia o papel da pós-graduação como espaço de produção de soluções, e não apenas de reflexão acadêmica.

Inserido no contexto institucional do IFPA, o livro também expressa a força da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) como campo de produção de conhecimento. Mais do que formar profissionais, a EPT tem se consolidado como um espaço estratégico para o desenvolvimento científico e tecnológico, especialmente quando articulada às demandas locais. Nesse sentido, a Amazônia não aparece apenas como cenário, mas como território ativo de produção de saberes. É a partir de seus recursos naturais, de suas dinâmicas produtivas, de suas comunidades e de seus desafios socioambientais que os trabalhos aqui apresentados se

estruturam.

A especificidade amazônica é, portanto, um elemento central da obra. Os estudos abordam questões relacionadas ao reaproveitamento de resíduos, à valorização de recursos regionais, às práticas produtivas locais e às demandas por sustentabilidade. Essa vinculação com o território reforça que as pesquisas não são genéricas, mas respondem a realidades concretas, contribuindo para o desenvolvimento regional e para a construção de soluções contextualizadas.

A inovação, eixo que orienta o livro, manifesta-se de múltiplas formas ao longo dos capítulos. Em alguns casos, aparece associada ao desenvolvimento tecnológico, com a criação ou o aprimoramento de materiais e processos. Em outros, assume caráter social, ao dialogar com comunidades e valorizar saberes tradicionais. Também se expressa no campo educacional, ao propor práticas formativas e metodológicas inovadoras. Essa diversidade revela que a inovação não se restringe ao avanço técnico, mas envolve diferentes dimensões do conhecimento e da intervenção no mundo. A obra, nesse sentido, dialoga com os eixos propostos no edital que a originou, evidenciando a amplitude e a transversalidade do conceito de inovação.

A organização do livro foi pensada de forma a orientar o leitor e evidenciar uma progressão temática, estruturando-se em dois volumes complementares. No primeiro volume, reúnem-se estudos voltados aos fundamentos materiais e às aplicações tecnológicas, distribuídos em duas partes: a Parte I — Matéria, Processos e Desenvolvimento Tecnológico, que concentra pesquisas relacionadas à criação, caracterização e ao aprimoramento de materiais e processos; e a Parte II — Tecnologias Aplicadas ao Território e à Sustentabilidade, que evidencia a transposição dessas soluções para contextos reais, com foco em demandas ambientais, produtivas e sociais da Amazônia.

O segundo volume, por sua vez, amplia essa trajetória ao incorporar a dimensão formativa e social da inovação, sendo composto pela Parte III — Educação, Inclusão e Produção de Conhecimento. Nessa seção, destacam-se experiências que articulam ensino, pesquisa e extensão, enfatizando o papel da educação na formação de sujeitos, na democratização do conhecimento e na promoção de práticas inovadoras comprometidas com a transformação social.

Essa organização reflete um percurso que parte do desenvolvimento tecnológico, avança para sua aplicação no território e culmina na sua integração aos processos educativos, evidenciando a indissociabilidade entre ciência, tecnologia e sociedade.

Apesar da diversidade temática, os capítulos compartilham elementos que os conectam. Destaca-se, em primeiro lugar, o caráter aplicado das pesquisas, que buscam responder a problemas concretos. Soma-se a isso o vínculo com a realidade amazônica, que atravessa os estudos de diferentes maneiras. A preocupação com a sustentabilidade, seja ambiental, social ou econômica, também se apresenta como um eixo comum. Além disso, observa-se um esforço recorrente na construção de soluções com potencial de impacto, seja na indústria, nas comunidades ou nos processos educativos.

A contribuição desta obra reside, portanto, não apenas na reunião de estudos, mas na evidência do papel estratégico da pós-graduação na geração de inovação. Ao apresentar experiências concretas, o livro demonstra como a pesquisa pode contribuir para a formação de profissionais qualificados, para o desenvolvimento de tecnologias e para a produção de conhecimento com impacto social. Mais do que um registro acadêmico, trata-se de um convite ao diálogo entre ciência, tecnologia, educação e sociedade.

Ao final, esta coletânea reafirma que inovar, em contextos amazônicos, é também reconhecer o território, valorizar saberes e construir soluções comprometidas com o desenvolvimento sustentável e com a transformação social.

Os organizadores

Parte I

Apresentação

Matéria, processos e desenvolvimento tecnológico

O primeiro volume desta obra insere o leitor no universo da ciência aplicada, reunindo estudos que têm como foco o desenvolvimento tecnológico a partir da manipulação, caracterização e transformação de materiais e processos. Nesta seção, a inovação se estrutura a partir da matéria, evidenciando como diferentes insumos podem ser reinterpretados à luz do conhecimento científico e convertidos em soluções técnicas voltadas a demandas concretas.

Esse movimento se organiza em torno de um eixo central: a transformação da matéria. O capítulo *“Reaproveitamento de argilas saturadas da indústria de óleo de palma: um relato de experiência tecnológica e sustentável”*, de Josée Wilton Serrão Nascimento, Oscar Jesus Choque Fernandez, Jaime Henrique Barbosa da Costa, Diogo Monteiro Porfírio, Marison Franco Rocha de Lima e Ramon Sousa Santos, apresenta rotas de reativação de argilas saturadas, demonstrando possibilidades de reaproveitamento de resíduos industriais.

Na mesma direção, o capítulo *“Cerâmica artesanal e sustentabilidade em Bragança, Pará: uma experiência com reincorporação de resíduos cerâmicos em massas de argila”*, de Oscar Jesus Choque Fernandez, Dayana Rosy Souza dos Santos, Patrícia Teresa de Souza da Luz, Diogo

Monteiro Porfírio, Ramon Sousa Santos e Marison Franco Rocha de Lima, evidencia a integração entre práticas tradicionais e caracterização técnica no uso do chamote.

A valorização de biomassa aparece de forma mais evidente no capítulo *“Biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibra de açai: uma experiência no desenvolvimento, caracterização e potencial tecnológico para aplicações”*, de Bruna Ribeiro dos Reis, Juliani Jamile Pinheiro Oliveira, Demetrius Pereira Morilla, Jean da Silva Rodrigues e Patrícia Teresa de Souza da Luz, que propõe o uso de fibras residuais como reforço em biopolímeros. De forma complementar, o capítulo *“Síntese de catalisador heterogêneo à base de carbono sulfonado do endocarpo de uxi amarelo (Endopleura uchi): um relato de inovação sustentável na Amazônia”*, de Laís Sardinha da Silva, Yago Claudionor Fonseca Lopes Leite, Demetrius Pereira Morilla, Waldomiro Gomes Paschoal Junior, Bruno Apolo Miranda Figueira e Patrícia Teresa de Souza da Luz, amplia esse campo ao desenvolver um catalisador a partir de biomassa lignocelulósica com potencial aplicação em processos químicos.

A progressão desta seção conduz, então, a estudos que envolvem maior controle de propriedades e desempenho tecnológico. O capítulo *“Inter-relação entre processos de solidificação e tratamento térmico: relatos experimentais sobre a liga Al-3Cu-3Nb”*, de Rogério Bentes da Costa, Bruno Yuji Goto Feio, Leonardo Carvalho de Oliveira, Thiago Antônio Paixão de Sousa Costa e Otavio Fernandes Lima da Rocha, analisa a relação entre condições térmicas e propriedades mecânicas em ligas metálicas.

Encerrando esta seção, o capítulo *“Experiência de pesquisa aplicada: estudo da solidificação e capacidade de adesão de liga de soldagem potencialmente empregada em dispositivos eletrônicos”*, de Emerson de Jesus da Silva Braga, Melquizedeq Barbosa Carlos, Leonardo Carvalho de Oliveira, José Marcelino da Silva Dias Filho e Thiago Antônio Paixão de

Sousa Costa, investiga uma liga alternativa com potencial de aplicação tecnológica e menor impacto ambiental.

Ao longo desta seção, a Amazônia se apresenta como espaço de produção de conhecimento, seja pelo uso de recursos locais, seja pelas problemáticas investigadas. Mais do que cenário, o território aparece como elemento que orienta escolhas materiais e possibilidades de aplicação.

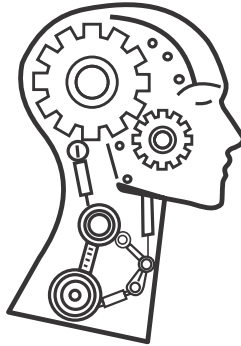
Lidos em conjunto, os capítulos delineiam um percurso que parte do reaproveitamento de resíduos, avança para o desenvolvimento de biomateriais e insumos tecnológicos e alcança estudos de maior complexidade, com controle refinado de propriedades e desempenho. É nesse movimento que se estabelece a base técnico-científica do Volume 1, a partir da qual as tecnologias ganham forma, aplicação e sentido nas seções seguintes.

Diego da Silva Smith

(Organizador)

Raimundo Adalberto Pacheco de Pinho

(Coordenador da Editora IFPA)



Reaproveitamento de argilas saturadas da indústria de óleo de palma: um relato de experiência tecnológica e sustentável

José Wilton Serrão Nascimento

Oscar Jesus Choque Fernandez

Jaime Henrique Barbosa da Costa

Diogo Monteiro Porfírio

Marison Franco Rocha de Lima

Ramon Sousa Santos

Introdução

O óleo de palma (*Elaeis guineensis*), popularmente conhecido como dendê, é atualmente o óleo vegetal mais consumido no mundo, com ampla aplicação nos setores alimentício, cosmético, farmacêutico e energético. Essa predominância global decorre de sua elevada produtividade, adaptabilidade climática e de seu baixo custo de produção. Dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2023) indicam que Indonésia e Malásia concentram 87 % da produção mundial, enquanto o Brasil responde por cerca de 2 %, com destaque para o estado do Pará. O processo de refino

físico do óleo bruto envolve as etapas de degomagem, branqueamento e desodorização (Netto, 2019), sendo o branqueamento o responsável pela remoção de impurezas por meio do uso de argilas adsorventes, como a bentonita ativada (O'Brien, 2008; Skevin *et al.*, 2012).

O resíduo gerado nesse processo, denominado “torta de argila saturada”, representa um passivo ambiental relevante, pois retém de 15 % a 25 % de óleo residual (Gonçalves; Costa, 2018). O descarte inadequado dessa torta pode ocasionar contaminação do solo e dos recursos hídricos. No Brasil, a empresa Agropalma produziu mais de 2 mil toneladas desse resíduo apenas em 2022, cuja destinação atual ainda depende de soluções transitórias, como aplicação agrícola. Tradicionalmente, a recuperação do óleo residual era o foco principal, mas abordagens mais recentes buscam reativar a argila para uso posterior, promovendo sua reinserção em ciclos industriais.

Processos térmicos e químicos vêm sendo estudados como alternativas para restaurar parcialmente a capacidade adsorvente da argila, diminuindo a demanda por matéria-prima virgem e alinhando-se aos princípios da economia circular (Silva, Kerscher, Lazari, 2011; Melo, 2018). Contudo, esses processos enfrentam limitações quanto à eficiência, ao consumo energético e à ausência de protocolos normatizados; fatores como a composição mineralógica da argila e sua capacidade de troca catiônica (CTC) influenciam diretamente nos resultados obtidos. Diante disso, o presente relato de experiência visa a investigar, de forma sistemática, rotas viáveis para a reativação da argila saturada oriunda do refino do óleo de palma. A iniciativa, conduzida no âmbito do Instituto Federal do Pará (IFPA) em parceria com outras instituições, busca consolidar um modelo tecnológico aplicável, contribuindo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9, 12 e 13 e promovendo soluções técnicas e ambientalmente responsáveis para a indústria oleoquímica amazônica.

Relato do percurso de criação da tecnologia

O desenvolvimento da presente tecnologia teve início a partir da coleta de um resíduo industrial relevante, a bentonita saturada proveniente do processo de clarificação do óleo de palma (figura 1), com o objetivo de investigar rotas viáveis para sua reativação e seu aproveitamento como insumo alternativo. A experiência foi conduzida no IFPA, em colaboração com instituições parceiras como a Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Instituto Senai de Inovação (ISI-Senai)/PA, cuja infraestrutura laboratorial viabilizou a execução das etapas analíticas e experimentais planejadas.



Figura 1 - Amostras de bentonitas saturadas

Fonte: os autores (2025)

Com base na literatura e em adaptações de metodologias aplicadas a outras matrizes oleosas (figura 2), após realizada a coleta de amostras, procedeu-se à desagregação delas. Somente na amostra *in natura* foram realizadas análises térmicas. Logo, foram definidas duas rotas principais: tratamento térmico por calcinação controlada entre 100 °C e 1000 °C; e extração por solventes usando hexano em sistema Soxhlet. Em ambas as rotas, buscou-se remover o óleo residual, recuperar sólidos e preservar as

características essenciais da argila. Os produtos tratados foram avaliados mineralogicamente por difração de raios X (DRX), e quimicamente por fluorescência de raios X (FRX).

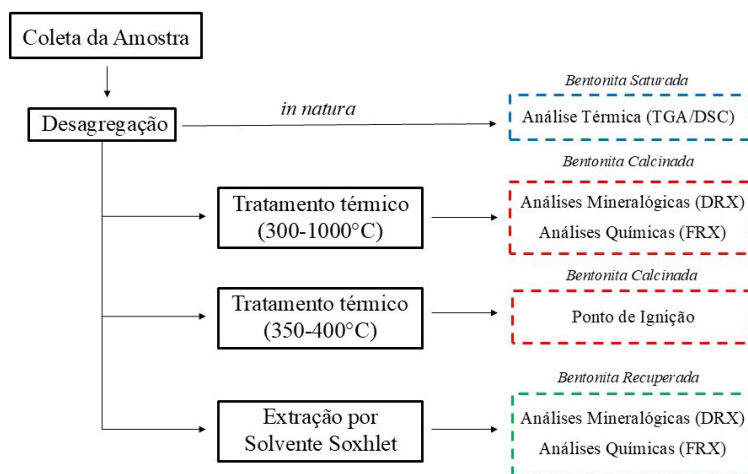


Figura 2 - Fluxograma desenvolvido na caracterização da argila bentonita saturada

Fonte: os autores (2025)

Também, realizou-se especificamente a determinação do ponto de ignição do óleo entre 350 °C e 400 °C, cujos resultados possibilitaram propor rotas tecnológicas viáveis para o reaproveitamento da bentonita em aplicações industriais e na construção civil. Esse percurso evidencia a integração entre pesquisa aplicada, ensino e inovação no contexto amazônico, reafirmando o papel do IFPA na promoção de soluções sustentáveis e de impacto regional.

Descrição da tecnologia

A regeneração do material bentonítico por tratamento térmico controlado (calcinação) e extração química por solventes orgânicos seguiu as seguintes rotas tecnológicas:

Tratamento térmico. Foi realizado por meio de calcinação em forno mufla, com controle preciso de temperatura e tempo de residência. Alíquotas dos materiais foram pesadas em uma balança analítica de precisão e colocadas em diferentes cadinhos cerâmicos aferidos, que foram inseridos, então, em um forno mufla (figura 3). A seguir, as amostras foram aquecidas entre 100 °C e 1000 °C em intervalos de 100 °C, permitindo observar o comportamento da bentonita em relação à perda de óleo e à transformação estrutural a altas temperaturas. Após essa etapa preliminar, investigou-se com maior detalhamento o intervalo térmico entre 350 °C e 400 °C (com incrementos de 10 °C), com o intuito de determinar o ponto crítico de volatilização e ignição do óleo remanescente. Essa abordagem permitiu definir as condições térmicas ideais para a regeneração da bentonita, porém, comprometeu a sua estrutura mineralógica essencial. Mineralogicamente, observou-se que a estrutura original, composta por montmorilonita, caulinita, illita e quartzo, degrada-se acima de 400 °C, com formação de mulita e hematita a partir de 800 °C, conferido pelas tonalidades de cor dos produtos calcinados.

Extração por solventes. Foi empregada a extração contínua em extrator Soxhlet, em meio orgânico hexano como solvente, no Laboratório de Catálise e Oleoquímica (LCO) da UFPA. Inicialmente, pesou-se o material bentonítico (figura 4a); logo, colocado no extrator Soxhlet com um cartucho de papel filtro selado com o material a ser separado, e o condensador de solvente por uso de chiller utilizou 1 (um) litro de hexano como solvente

orgânico (figura 4b). O material extraído ficou dentro do cartucho de papel filtro, enquanto o óleo e outros compostos orgânicos semelhantes vazaram para o balão (figura 4c). A extração de óleo do material bentonítico demorou em torno de 12 horas. Geralmente, a extração realizada visa a extrair os compostos orgânicos de matéria sólida; no caso utilizado, foi de recuperar a matéria sólida, não a solúvel. O método Soxhlet permitiu uma extração eficiente e contínua dos compostos orgânicos, operando a baixas temperaturas e com recuperação do óleo em estado líquido. Mineralogicamente, esse método preservou a estrutura cristalina, mesmo com resíduos orgânicos, evidenciando a efetividade da extração química.

Quimicamente, os teores de dióxido de silício e óxido de alumínio se mantiveram estáveis, assim como os óxidos de ferro, potássio, cálcio e magnésio, indicando resiliência da matriz argilosa. As análises térmicas apontaram perda de massa significativa entre 300 °C e 400 °C, com ignição do óleo em 370 °C e desidroxilação entre 400 °C e 500 °C, dados essenciais para o controle de processos futuros em aplicações tecnológicas como adsorção, catálise e cerâmica.

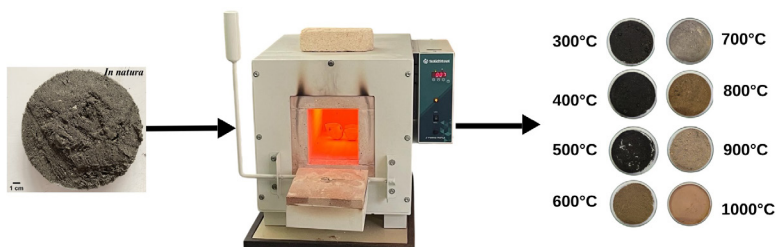


Figura 3 - Esquema de tratamento térmico

Fonte: os autores (2025)



Figura 4 – Procedimento de tratamento químico usando o extrator Soxhlet

Fonte: os autores (2025)

Usos e aplicações das bentonitas tratadas

A bentonita regenerada, por tratamento térmico e por extração química (Soxhlet), apresenta elevado potencial de reutilização em diversas aplicações industriais e ambientais, como observado na figura 5.

a) **Clarificação de óleos vegetais.** Bentonitas regeneradas por extração química preservam significativamente a estrutura esmectítica original, sobretudo a montmorilonita, altamente eficiente, permitindo múltiplos ciclos de uso com eficiência e economia de insumos.

b) **Fabricação de materiais cerâmicos e refratários.** Quando calcinada a acima de 400 °C, adquire propriedades cerâmicas e refratárias, adequadas para revestimentos e materiais de alta resistência térmica. Essa aplicação representa uma alternativa tradicional e consagrada no reaproveitamento de argilas calcinadas.

c) **Tratamento de efluentes e purificação de compostos orgânicos.**

A bentonita regenerada pelo método Soxhlet, rica em esmectitas reativadas, permite tratar efluentes, pois sua estrutura reativada adsorve eficientemente contaminantes orgânicos e metais pesados, podendo ainda ser modificada para uso como filtro molecular.



Figura 5 – Bentonita regenerada e reutilização
em contextos industriais e ambientais

Fonte: os autores (2025)

d) **Aplicações na construção civil.** Bentonitas regeneradas por tratamento térmico podem atuar como aditivo em argamassas, selantes e barreiras geossintéticas.

e) **Uso agrícola como condicionador de solo e suporte de nutrientes.** A bentonita regenerada por Soxhlet deve manter elevada CTC, que confere a retenção de água, sendo eficaz como condicionador de solo e suporte para fertilizantes de liberação lenta, melhorando o desenvolvimento radicular e

a eficiência dos insumos agrícolas. É especialmente útil em solos arenosos ou degradados.

f) **Restauração histórica.** Bentonita regenerada por Soxhlet pode ser usada na limpeza delicada de superfícies, consolidação de argamassas e selagem de fundações. Sua alta capacidade de retenção de água e compatibilidade com materiais tradicionais garantem eficácia sem comprometer a integridade original. É reversível, natural e adequada a práticas conservadoras.

g) **Utilização em perfuração marítima.** Bentonita regenerada por Soxhlet pode ser utilizada na perfuração marítima como fluido de perfuração, devido à sua capacidade de formar lama tixotrópica, estabilizar as paredes do poço e facilitar a remoção de cascalhos. Sua elevada capacidade de expansão e retenção de água contribui para o controle de pressão. Além disso, atua como agente lubrificante, reduzindo o atrito entre a broca e as formações geológicas.

h) **Sustentabilidade e economia circular.** O aproveitamento da bentonita regenerada integra-se aos princípios da economia circular, promovendo a redução de resíduos sólidos industriais, o reaproveitamento de subprodutos e a mitigação de impactos ambientais. A durabilidade da estrutura aluminossilicática, rica em dióxido de silício e óxido de alumínio, garante resistência a múltiplos ciclos térmicos e operacionais, reduzindo custos com aquisição de novos insumos e aumentando a eficiência de sistemas industriais.

Diferenciais da tecnologia aplicada

A tecnologia desenvolvida para a reativação e reaproveitamento de bentonitas saturadas com óleo vegetal apresenta diversos diferenciais importantes, que a destacam no contexto tradicional da engenharia de

materiais e beneficiamento de argilas.

Integração de tratamentos térmico e químico. O tratamento térmico controlado (calcinação) e a extração química com solventes orgânicos (Soxhlet) configuram uma abordagem abrangente e eficaz para a remoção de óleo residual em bentonitas saturadas. Tal estratégia permite a adaptação dos processos às características específicas do material, otimizando os resultados. Observa-se que, no tratamento térmico, a regeneração das argilas pode ser comprometida devido à alteração de sua estrutura mineralógica. Por outro lado, o método de extração por Soxhlet promove a regeneração da bentonita sem comprometer sua integridade cristalina essencial. Essa constatação representa um avanço significativo quando se compara os dois métodos de forma isolada, evidenciando a superioridade da abordagem integrada.

Controle preciso da temperatura para preservação estrutural. O estudo detalhado do comportamento térmico da bentonita, especialmente a identificação do ponto crítico de ignição do óleo em torno de 370 °C, possibilita estabelecer protocolos operacionais seguros e otimizados. Isso assegura que a remoção do óleo seja eficiente sem provocar degradações excessivas na estrutura da bentonita, preservando suas propriedades físico-químicas e adsorventes, aspecto frequentemente negligenciado em processos convencionais de calcinação.

Preservação da matriz mineralógica e composição química. Os métodos de tratamento adotados mantêm elevados teores de constituintes essenciais, como dióxido de silício e óxido de alumínio, e a estabilidade relativa dos óxidos menores, garantindo que a bentonita regenerada mantenha suas características originais de resistência química e térmica. Essa preservação é fundamental para a reutilização eficiente do material, conferindo-lhe versatilidade e confiabilidade técnica.

Flexibilidade de aplicações pós-tratamento. A tecnologia permite

adaptar o material regenerado para diferentes usos industriais, desde processos tradicionais de clarificação de óleos vegetais até a produção de materiais cerâmicos e refratários avançados. Tal versatilidade amplia significativamente o valor agregado da bentonita regenerada, proporcionando um ciclo produtivo sustentável e diversificado.

Sustentabilidade e valorização de resíduos industriais. Ao possibilitar a recuperação de bentonitas saturadas, que seriam consideradas resíduos, a tecnologia apoia práticas de economia circular e minimização de impactos ambientais, reafirmando o compromisso com métodos tradicionais que valorizam o reaproveitamento dos recursos minerais e a redução do desperdício industrial.

Fundamentação em técnicas analíticas consagradas. O emprego de técnicas consagradas, como DRX, FRX, TG/DSC (termogravimetria/calorimetria exploratória diferencial), avaliando a mineralogia, a composição química e o comportamento térmico detalhado, respectivamente, confere robustez científica ao processo, assegurando a caracterização precisa e o monitoramento rigoroso das modificações promovidas nos materiais. Esse rigor metodológico reforça a confiabilidade da tecnologia frente às exigências acadêmicas e industriais.

Considerações finais

A presente investigação comprovou a viabilidade técnica da regeneração de bentonitas saturadas com óleo vegetal, integrando métodos térmicos e químicos como rotas complementares. O tratamento térmico mostrou-se eficaz na remoção do óleo, embora com degradação estrutural em altas temperaturas; por sua vez, a extração por Soxhlet conservou a estrutura esmectítica, garantindo maior versatilidade de uso. A integração

das duas abordagens permitiu a adaptação do material regenerado a distintas aplicações industriais, com destaque para clarificação de óleos, formulações cerâmicas, remediação ambiental e construção civil. As análises confirmaram a estabilidade composicional e a funcionalidade da bentonita tratada, evidenciando sua qualidade tecnológica. A proposta reforça os fundamentos da engenharia de materiais ao valorizar resíduos industriais sob uma perspectiva sustentável e circular. Portanto, sugere-se, para trabalhos futuros, o refinamento dos protocolos e a avaliação de desempenho em escala industrial.

Referências

GONÇALVES, R. F.; COSTA, J. C. Propriedades e reativação de argilas bentoníticas usadas no refino de óleo vegetal. **Revista Matéria**, v. 23, n. 4, p. 1-12, 2018.

IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Boletim de produção de óleos vegetais: 2023. **Boletim**. São Paulo: IEA, 2023.

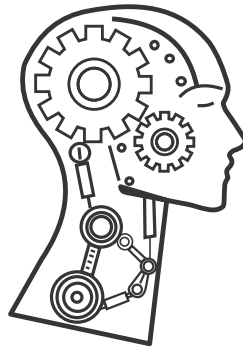
MELO, A. S. **Potencial de reuso de argilas saturadas do refino de óleo de palma**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

NETTO, D. L. Processo de purificação de óleos com argilas adsorventes. In: LIMA, U. C. (org.). **Engenharia de óleos vegetais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2019. p. 215-234.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 764 p.

SILVA, E. R.; KERSCHER, M.; LAZARI, R. F. Reativação de argilas saturadas no refino de óleos com vistas à redução de resíduos sólidos industriais. **Revista Cerâmica Industrial**, v. 16, n. 2, p. 14-20, 2011.

SKEVIN, D. *et al.* Soybean oil bleaching parameters. **Food Technology and Biotechnology**, v. 50, n. 2, p. 199-207, 2012.



Cerâmica artesanal e sustentabilidade em Bragança, Pará: uma experiência com reincorporação de resíduos cerâmicos em massas de argila

Oscar Jesus Choque Fernandez

Dayana Rosy Souza dos Santos

Patrícia Teresa de Souza da Luz

Diogo Monteiro Porfírio

Ramon Sousa Santos

Marison Franco Rocha de Lima

Introdução

A cerâmica artesanal é uma prática ancestral que combina tradição, criatividade e conhecimento empírico na manipulação de recursos naturais, especialmente a argila (Santos *et al.*, 2019). No Brasil, ela constitui uma expressão viva da cultura material de diversos povos, com destaque para regiões como Bragança, Pará. Nessa localidade, a produção cerâmica transcende a função utilitária e adquire dimensão simbólica, servindo como instrumento de identidade e sustentação econômica das comunidades

envolvidas. Entretanto, com o passar dos anos, a cerâmica artesanal passou a enfrentar desafios relevantes, notadamente os impactos ambientais gerados durante o processo produtivo (Setur, 2018). Um dos principais problemas é a geração do chamote, resíduo sólido resultante de perdas de produção ou reaproveitamento de cerâmica quebrada. Estima-se que aproximadamente 30 % do volume total produzido nas olarias se transforma em resíduos (Oliveira *et al.*, 2016; Zaccaron *et al.*, 2016), cujo descarte inadequado compromete a qualidade do solo e dos corpos hídricos, agravando questões ambientais locais.

O artesanato produzido no município de Bragança reflete, de forma significativa, a identidade cultural da população local (Sebrae, 2024). Em cerca de 15 comunidades, como Fazendinha e São Mateus, a produção artesanal se destaca. Os artesãos da comunidade de Fazendinha produzem diversos vasos decorativos e telhas utilizando exclusivamente argila, enquanto os da comunidade de São Mateus são reconhecidos pela confecção das tradicionais panelas de barro, que resultam da mistura de argila com uma porção de chamote. Durante o processo de queima, ocorrem falhas que resultam em peças defeituosas (Moreno; Bartolomeu; Lima, 2009), descartadas como chamote. Na maioria dos casos, o descarte desses resíduos é realizado de forma inadequada, e o reaproveitamento direto na produção ainda é limitado.

Relato de experiência da produção de cerâmica no município de Bragança, Pará

As experiências dos ceramistas que trabalham nas olarias de Fazendinha e São Mateus subsidiam este trabalho, pois ambas as comunidades mantêm viva a herança cultural amazônica por meio de técnicas ancestrais

de confecção de cerâmica, conciliando o saber empírico com práticas sustentáveis, mesmo diante de desafios econômicos e logísticos. Isto é citado como segue:

Na comunidade da Fazendinha, o Sr. José Cláudio representa a continuidade de um conhecimento transmitido por gerações. Trabalhando com argila pura [sem adição de chamote], Seu José valoriza a argila branca, extraída de camadas profundas, pelas propriedades estéticas e de pureza. As peças, não refratárias, são destinadas ao uso decorativo ou para servir alimentos. A queima é realizada em forno, seguida de um processo de escurecimento parcial [apreta], que confere identidade à peça sem o uso de tintas [figura 1a]. Os métodos de moldagem e acabamento são totalmente artesanais, utilizando materiais naturais como sementes de anajá e sacas de cebola. Apesar das dificuldades com transporte da matéria-prima e falta de incentivos públicos, a produção mantém sua qualidade, resultado da resiliência e do domínio técnico local (Entrevista, Sr. José Cláudio Azevedo da Costa, conhecido como “Bigode”).

Na comunidade São Mateus, a produção cerâmica tem foco nas panelas refratárias. Segundo Daniel da Silva, a mistura de argila com chamote é o segredo da resistência térmica das peças. A produção é baseada em um ciclo artesanal completo: extração da argila, preparação manual da massa, modelagem, polimento com caroço de anajá e queima com defumação. A prática é sustentada por uma lógica de reaproveitamento total dos materiais, desde os fragmentos cerâmicos até o uso de resíduos vegetais como combustível. A venda das peças [figura 1b], em média 35 reais por unidade, representa uma fonte de renda para a comunidade e uma expressão da identidade cultural amazônica (Entrevista, Daniel Ferreira da Silva, presidente da associação local).



Figura 1 - a) Peças amontoadas no interior do forno para serem queimadas (Fazendinha); b) panelas para venda (São Mateus)

Fonte: os autores (2024)

Ambas as comunidades exemplificam como o saber tradicional pode ser fonte de inovação tecnológica e sustentabilidade. A proposta desta pesquisa, sobre a incorporação de chamote em argilas refratárias, surge como um desdobramento dessas experiências, buscando aprimorar propriedades físico-mecânicas das peças e fortalecer a produção local (Racanelli *et al.*, 2020). A trajetória dessas comunidades reforça a importância da valorização do artesanato como patrimônio imaterial, ressaltando o papel da cerâmica na articulação entre cultura, economia e território.

Relato do percurso de criação da tecnologia

A experiência foi realizada em duas etapas:

a) **Etapla de campo.** Foi realizado trabalho de campo com coleta

de amostras na comunidade São Mateus, localizada no município de Bragança, no nordeste do Pará. As amostras coletadas foram blocos de argila tradicional (figura 2a) e fragmentos de chamote (figura 2b). Anteriormente, já haviam sido feitos primeiros contatos, quando foram realizadas entrevistas.

b) **Etapa laboratorial.** Realizada no Laboratório de Caracterização de Materiais (LCM) do Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Belém, no Instituto Senai de Inovação e no Laboratório de Caracterização dos Materiais (LABCMAT) da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foram conduzidos: a) preparação e beneficiamento da matéria-prima, b) caracterização das matérias-primas, c) formulação e conformação dos corpos de prova, d) secagem e sinterização controladas, e) ensaios físico-mecânicos segundo normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e f) avaliação morfológica e defeitos.

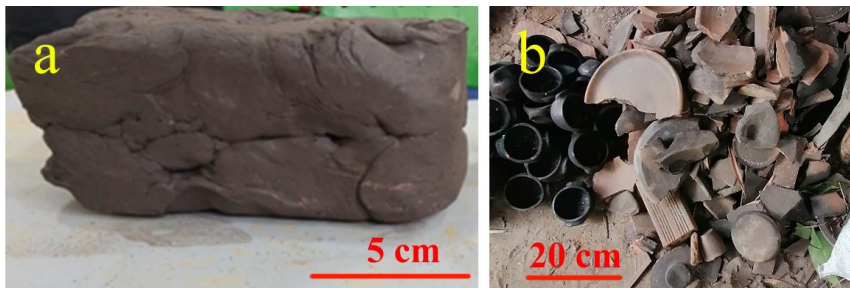


Figura 2 - a) Amostras de argila; b) resíduo chamote

Fonte: os autores (2025)

Descrição da tecnologia

A tecnologia desenvolvida consiste em um processo sistematizado e adaptável de formulação, produção e caracterização tecnológica de cerâmicas artesanais, utilizando argila e chamote (moído) em proporções controladas. O processo tecnológico está dividido em etapas sequenciais, conforme descrito a seguir:

a) **Preparação e beneficiamento da matéria-prima.** A argila, previamente beneficiada e isenta de impurezas grosseiras, foi submetida a secagem ao ar livre. Em seguida, foi triturada e peneirada para obtenção de um material com distribuição granulométrica homogênea, adequado à conformação cerâmica. O chamote foi peneirado (malha 80#), visando a garantir a uniformidade das formulações.

b) **Caracterização das matérias-primas.** As amostras de argila e chamote foram submetidas a um conjunto de análises, incluindo: caracterização mineralógica por difração de raios X; caracterização química por fluorescência de raios X; microscopia eletrônica de varredura; determinação dos limites de Atterberg, para avaliação da plasticidade da argila; análises térmicas, para compreender o comportamento térmico das amostras; e ensaios mecânicos de flexão (ABNT, 2005).

c) **Formulação e conformação dos corpos de prova.** Com base na prática tradicional da comunidade, foram elaborados corpos de prova utilizando chamote em proporção equivalente a aproximadamente 10 % do volume de argila (1 [uma] cuia). A partir dessa referência empírica, formularam-se composições com teores de chamote variando entre 0 % e 25 % em massa (0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % e 25 %) (figura 3a). Os corpos de prova foram moldados manualmente com o auxílio de moldes de madeira padronizados (figura 3b).

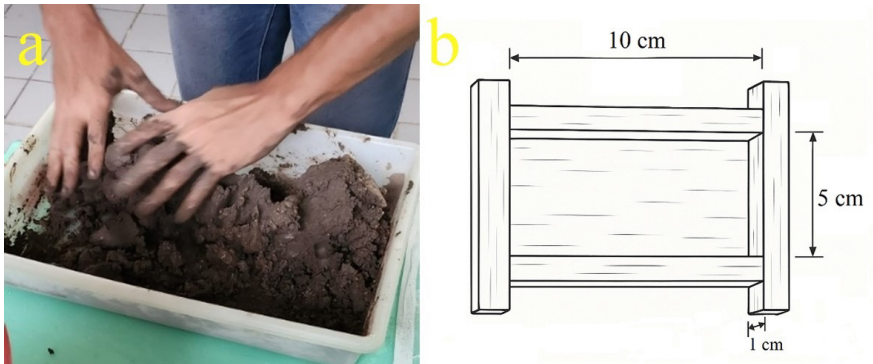


Figura 3 – a) Mistura argila-chamote; b) esquema de molde de madeira

Fonte: os autores (2025)

d) **Secagem e sinterização controladas.** Os corpos de prova foram submetidos a secagem, em ambiente controlado de temperatura, até atingirem umidade adequada para queima. Posteriormente, foram sinterizados em forno tipo mufla, em temperaturas escalonadas de 600 °C a 1000 °C, com incrementos de 100 °C. Foram feitos dois procedimentos, chamados de inicial (figura 4) e ajuste final (figura 5). Esse controle térmico visou a avaliar o impacto das condições de queima sobre a formação de defeitos, como o coração negro, e sobre o desempenho final dos corpos de prova.

e) **Ensaio físico-mecânicos.** Os testes de Atterberg mostraram que a argila possui um índice de plasticidade de 26 %, considerado bom. Todas as amostras apresentaram uma resistência à flexão superior ao mínimo de 2,0 MPa, exigida pela norma (ABNT, 2005). De maneira geral, as resistências mostraram variação menor com o aumento da concentração de chamote e da temperatura entre 600 °C e 800 °C, mas entre 900 °C e 1000 °C apresentam maior resistência à ruptura. A 1000 °C, a resistência à flexão superou 7,0 MPa, o que suporta a produção de telhas cerâmicas vermelhas para cobertura. Pode-se sugerir que de 5 % a 15 % de chamote

em cerâmicas sinterizadas a 900 °C podem ser usados. Embora os melhores resultados sejam obtidos a 1000 °C, essa temperatura não é comum entre os artesãos.

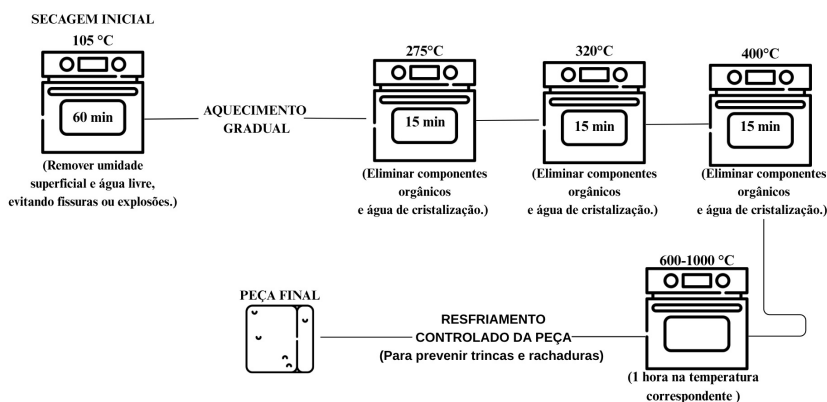


Figura 4 - Procedimento inicial para a sinterização de corpos de prova

Fonte: os autores (2025)

f) **Avaliação morfológica e defeitos.** As seções transversais dos corpos de prova foram examinadas após ruptura mecânica para identificar defeitos internos, com especial atenção à formação do “coração negro”, defeito característico da queima incompleta, associado à combustão de matéria orgânica e redução de óxidos férricos (figura 6). Depois da sinterização, pode ser observada a presença de corpos negros no interior das peças após os testes de resistência em menores temperaturas e menores percentuais de chamotes; porém, em maiores temperaturas e maiores percentuais de chamotes, esses corpos não aparecem. Tais aspectos são indicadores que tendem a influenciar resistência mecânica e absorção de

água. À medida que as peças diminuem o tom escuro, ocorrem melhores desempenhos para a resistência mecânica, obtendo bons valores para temperaturas elevadas e piores, para as expostas em menor condição térmica.

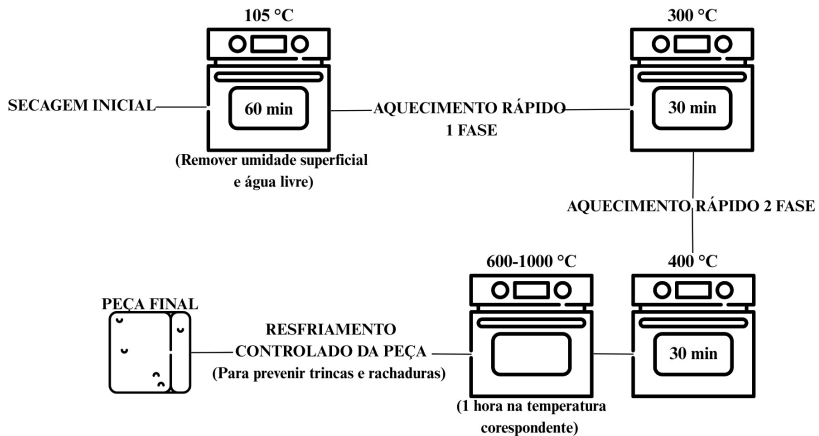


Figura 5 – Procedimento final para otimizar e ajustar o tempo de sinterização

Fonte: os autores (2025)

Uso e aplicações

A pesquisa realizada demonstrou que os corpos de prova formulados com argila local da comunidade São Mateus, em Bragança, e com adição controlada de chamote apresentam características tecnológicas que ampliam seu potencial de aplicação tanto em contextos tradicionais quanto em mercados especializados. Sugere-se os seguintes tipos de aplicações: aplicações utilitárias, aplicações decorativas e culturais, aplicações em design, patrimônio e economia criativa e, como potencial de replicação.

Aplicações utilitárias. As cerâmicas produzidas com teores de chamote entre 10 % e 15 %, sinterizadas entre 900 °C e 1000 °C, apresentaram desempenho satisfatório em termos de resistência à flexão, baixa porosidade e boa estabilidade térmica. Essas propriedades tornariam as peças aptas para uso como utensílios domésticos, painéis, potes, entre outros recipientes para cocção e armazenamento de alimentos. A ausência de defeitos internos, como o coração negro, confere maior segurança no uso e durabilidade dos produtos, reduzindo o risco de fissuras e quebras por choque térmico. A melhoria das propriedades físicas também favorece a higiene e a funcionalidade, especialmente pela menor absorção de água e menor proliferação microbiana. Tais características são indispensáveis em peças que mantêm contato direto com alimentos ou líquidos.

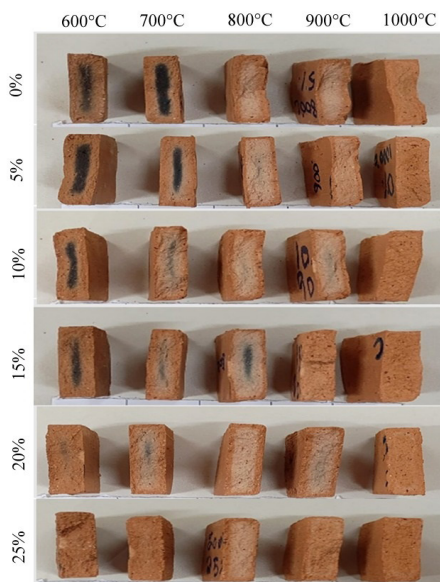


Figura 6 - Comportamento térmico dos corpos de prova rompidos

Fonte: os autores (2025)

Aplicações decorativas e culturais. Os corpos de prova podem ser indicados para fins ornamentais e culturais, abrangendo vasos, estatuetas, miniaturas da fauna e flora amazônica, objetos de identidade étnico-cultural e reproduções de peças tapajônicas e marajoaras, com requisitos técnicos menos rigorosos, porém, com forte valorização do acabamento superficial, da uniformidade da cor e da fidelidade estética às tradições artesanais locais. A presença de chamote contribui significativamente para o controle dimensional e a integridade das formas durante a secagem e queima, evitando trincas e deformações.

Aplicações em design, patrimônio e economia criativa. Sugere-se a inserção das peças em design artesanal, decoração, turismo cultural e educação patrimonial. A valorização de produtos sustentáveis e de origem comunitária amplia seu apelo comercial. A padronização das massas e a eliminação de defeitos estruturais permitem escalar a produção, isso agregando valor econômico sem perder a identidade cultural local.

Potencial de replicação. Os parâmetros definidos nesta pesquisa – controle da proporção de chamote, ajuste da temperatura de sinterização e observação de propriedades físico-mecânicas – podem ser replicados em outras comunidades ceramistas da região amazônica, especialmente em contextos similares no Pará.

Diferenciais

O presente estudo apresenta diferenciais relevantes no campo da pesquisa aplicada à cerâmica artesanal amazônica, articulando aspectos metodológicos, sociotécnicos e culturais em um modelo integrado entre ciência e tradição.

Integração entre o saber tradicional e a metodologia científica.

Reconhecimento e incorporação do conhecimento empírico dos ceramistas de Bragança na formulação das amostras. A proporção tradicional de mistura entre argila e chamote, uma cuia para cada bloco, foi tomada como referência científica (90:10), sendo adaptada para ensaios com variações sistemáticas de ± 5 %. Essa abordagem respeita e valoriza o saber artesanal, traduzindo-o para uma linguagem técnico-científica.

Reaproveitamento sustentável de resíduos cerâmicos. O reaproveitamento de chamote promove sustentabilidade ao reduzir o uso de matérias-primas in natura e os impactos ambientais, alinhando-se aos princípios da economia circular.

Controle experimental rigoroso em ambiente técnico-científico. Esse diferencial, com caracterizações térmicas, químicas, físicas e mecânicas, supera o padrão geralmente adotado em estudos de cerâmica artesanal.

Avaliação tecnológica multifuncional dos corpos de prova. Essa avaliação incluiu resistência à flexão e outros parâmetros físicos, assegurando qualidade técnica sem prejuízo da estética ou identidade cultural das peças.

Aplicabilidade direta para a comunidade artesanal. Os resultados têm aplicabilidade direta na prática artesanal, permitindo a otimização de processos como a sinterização, com melhorias na resistência, aparência e no desempenho final dos produtos.

Valorização cultural e identidade regional. Por fim, o trabalho reafirma a cerâmica como expressão cultural viva do Pará, ao valorizar formas tradicionais tapajônicas e marajoaras e reconhecer o papel social dos ceramistas, contribuindo para a preservação da identidade amazônica.

Considerações finais

O estudo evidencia a relevância de integrar o saber tradicional à pesquisa científica para fortalecer a cerâmica artesanal amazônica. A validação técnico-científica das práticas da comunidade de São Mateus ampliou seu potencial de aplicação, com o uso controlado do chamote inserindo-se na lógica da economia circular, reduzindo impactos ambientais e custos. As cerâmicas obtidas atendem a padrões técnicos e culturais, com aplicações utilitárias e decorativas, sendo o modelo desenvolvido replicável em outras comunidades, favorecendo a sustentabilidade e o fortalecimento da economia local. A pesquisa valoriza o patrimônio imaterial amazônico e reforça a identidade cultural, demonstrando-se, assim, que ciência e tradição podem caminhar juntas, promovendo inclusão, desenvolvimento regional e inovação social por meio da cerâmica.

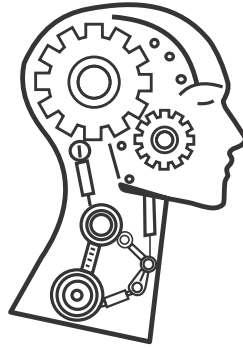
Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15310**: componentes cerâmicos: telhas: terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- MORENO, M. M. T.; BARTOLOMEU, D.; LIMA, D. R. H. C. Análise do comportamento de queima de argilas e formulações para revestimento cerâmico. **Cerâmica**, v. 55, p. 286-295, 2009.
- OLIVEIRA, Y. L. *et al.* Estudo da reutilização de resíduos de telha cerâmica (chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 21, n. 2, p. 45-50, mar./abr. 2016.
- RACANELLI, L. de A.; CÂNDIDO, V. S.; SOUZA, J. A. da S.; CARDOSO, D. N. Caracterização e estudo das propriedades físicas, químicas e mecânicas das argilas caulínicas da região nordeste do estado do Pará. **Revista Matéria**, v. 25, n. 1, 2020.
- SANTOS, D. R. S. *et al.* Efeitos da incorporação do chamote no processamento e microestrutura da cerâmica utilitária do município de Bragança-PA. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 28., 2019, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABM, 2019.
- SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Cerâmica vermelha: estudo de mercado. **Relatório**. 2016. Disponível em: <http://www.redeapmineral.org.br/biblioteca/ceramica-vermelha/NT00038DA6.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SETUR – SECRETARIA MUNICIPAL DE TURISMO. Relatório do boletim de ocupação hoteleira do município de Bragança – período de 2017.

Relatório. Bragança: Setur, 2018. 9 p.

ZACCARON, A. *et al.* Adição de chamote na massa de cerâmica vermelha como valorização de resíduo na fabricação de blocos de vedação: estudo em escala laboratorial. **Revista Engenharia e Construção Civil**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 1-16, jan./jun. 2016.



Biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibra de açaí: uma experiência no desenvolvimento, caracterização e potencial tecnológico para aplicações sustentáveis

Bruna Ribeiro dos Reis

Juliani Jamile Pinheiro Oliveira

Demetrius Pereira Morilla

Jean da Silva Rodrigues

Patrícia Teresa de Souza da Luz

Introdução

A crescente crise ambiental associada à produção e ao descarte inadequado de plásticos de origem fóssil constitui um dos maiores desafios do século XXI. Dados globais indicam que, anualmente, são geradas mais de 300 milhões de toneladas de plástico, grande parte destinada a aterros sanitários ou descartada em ambientes naturais, onde pode levar centenas de anos para se degradar (Caixeta; Moraes, 2022). No Brasil, a baixa taxa de

reciclagem e a ausência de sistemas eficazes de logística reversa agravam esse quadro, tornando urgente a busca por alternativas sustentáveis e biodegradáveis. Nesse contexto, os biopolímeros têm emergido como uma resposta estratégica, especialmente aqueles derivados de fontes renováveis e de baixo impacto ambiental, alinhando-se aos princípios da economia circular e da inovação socioambiental.

Entre os biopolímeros, o amido destaca-se como uma matriz promissora para a produção de materiais sustentáveis, devido à sua abundância, biodegradabilidade, não toxicidade e ao baixo custo. O amido de mandioca, em particular, é um dos principais produtos agrícolas do estado do Pará, com grande potencial para aplicações industriais, especialmente na fabricação de embalagens e filmes (Callister; Rethwisch, 2018). No entanto, o uso do amido puro como material de engenharia é limitado por suas propriedades intrínsecas, como alta hidrofiliabilidade, fragilidade e baixa resistência mecânica, que comprometem sua funcionalidade em aplicações práticas. Para superar essas limitações, uma abordagem amplamente adotada na ciência dos materiais é a produção de compósitos, na qual a matriz polimérica é reforçada com fibras naturais, conferindo melhorias significativas nas propriedades mecânicas, térmicas e de barreira (Castanho, 2020).

A escolha de fibras naturais como reforço não apenas melhora as propriedades do material, mas também fortalece o caráter sustentável da tecnologia ao utilizar recursos renováveis e subprodutos agrícolas. Nesse sentido, o aproveitamento de resíduos agroindustriais torna-se uma estratégia de duplo impacto: reduz o volume de descarte e transforma um passivo ambiental em um insumo de valor agregado. É nesse cenário que se insere o resíduo do açaí, especificamente o caroço, um subproduto abundante na região amazônica. O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma das principais fontes de renda da população extrativista da Amazônia,

mas seu processamento gera grandes volumes de resíduos, dos quais o caroço representa cerca de 90 % do fruto (Mesquita, 2013). Esse resíduo, historicamente descartado sem aproveitamento, possui alto teor de celulose, lignina e hemicelulose, componentes que conferem potencial como reforço em matrizes poliméricas (Linan *et al.*, 2021).

Pesquisas recentes têm demonstrado o potencial das fibras do caroço de açaí na produção de compósitos poliméricos, destacando seu papel como fase dispersa em matrizes termoplásticas, com melhorias nas propriedades mecânicas e térmicas (Silva *et al.*, 2022). Além disso, estudos sobre fibras amazônicas apontam seu uso na produção de nanocelulose e nanocompósitos, um campo em expansão que valoriza os recursos regionais e promove a inovação tecnológica sustentável (Mathias, 2021). Técnicas de tratamento das fibras, como a alcalinização com hidróxido de sódio, são essenciais para remover lignina e hemicelulose, aumentando a exposição da celulose e melhorando a compatibilidade com a matriz polimérica, conforme demonstrado em estudos com bagaço de cana-de-açúcar (Seixas, 2019) e outras fibras vegetais.

Essa predominância global decorre de sua elevada produtividade, adaptabilidade climática e de seu baixo custo de produção. Dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2023) indicam que Indonésia e Malásia concentram 87 % da produção mundial, enquanto o Brasil responde por cerca de 2 %, com destaque para o estado do Pará. O processo de refino físico do óleo bruto envolve as etapas de degomagem, branqueamento e desodorização (Netto, 2019), sendo o branqueamento o responsável pela remoção de impurezas por meio do uso de argilas adsorventes, como a bentonita ativada (O'Brien, 2008; Skevin *et al.*, 2012).

Adicionalmente, o processo de produção de biofilmes exige o uso de plastificantes para conferir flexibilidade e reduzir a fragilidade. O glicerol é um dos plastificantes mais utilizados, devido a sua compatibilidade com

o amido, baixo custo e natureza renovável. A concentração de glicerol e sua interação com a matriz e o reforço são fatores determinantes para as propriedades finais do material, influenciando diretamente a resistência, a elasticidade e a solubilidade em água (Teixeira *et al.*, 2021).

Este relato de experiência apresenta o desenvolvimento de biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibras do caroço de açaí, realizado no Laboratório de Materiais Não Metálicos do Instituto Federal do Pará (IFPA). O trabalho integra ciência dos materiais, engenharia de processos e sustentabilidade, propondo uma tecnologia de baixo custo, acessível e com alto potencial socioambiental. A seguir, são descritos o percurso de criação da tecnologia, a metodologia adotada, os resultados obtidos e os diferenciais dessa inovação para a comunidade científica e a sociedade amazônica.

Relato do percurso de criação da tecnologia

O desenvolvimento dos biofilmes foi conduzido entre 2021 e 2023 no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do IFPA. O percurso pode ser dividido em três fases principais: exploração do resíduo, formulação e produção, e caracterização e otimização.

Na fase de exploração do resíduo, realizou-se o levantamento de pontos de coleta do bagaço de açaí em pequenas indústrias de beneficiamento. Visitas de campo permitiram estabelecer parcerias com três unidades produtoras, que cederam o resíduo de forma regular. O bagaço foi transportado ao laboratório, onde foi submetido a lavagem com água destilada, secagem em estufa a 60 °C por 48 horas, e moagem em moinho de martelos até obtenção de partículas com granulometria inferior a 250 µm.

A purificação das fibras foi realizada por tratamento alcalino com solução de NaOH 5 % (m/v) a 80 °C por 2 horas, seguido de lavagem até potencial hidrogeniônico (pH) neutro e nova secagem. Esse processo visava a remover lignina e hemicelulose, aumentando a exposição da celulose e melhorando a compatibilidade com a matriz polimérica. A figura 1 ilustra o processo de preparação das fibras.

Na fase de formulação e produção, foram preparadas cinco formulações com diferentes teores de fibras (0 %, 2 %, 5 %, 10 % e 15 % em massa), mantendo constante a proporção de amido de mandioca e glicerol (30 % em relação ao amido). A gelatinização do amido foi realizada em água destilada sob agitação magnética a 80 °C por 30 minutos. Em seguida, as fibras foram adicionadas gradualmente, com agitação contínua por mais 15 minutos. A suspensão foi desgaseificada em vácuo por 10 minutos e vazada em moldes de politetrafluoroetileno (PTFE) com diâmetro de 10 centímetros. A secagem ocorreu em estufa a 40 °C por 24 horas.

Durante essa fase, alguns desafios foram enfrentados. A dispersão das fibras na matriz mostrou-se crítica: em teores superiores a 10 %, observou-se aglomeração e heterogeneidade na superfície dos filmes. A umidade ambiente também influenciou a velocidade de secagem e a integridade dos filmes, exigindo ajustes no tempo de permanência na estufa. Além disso, a variação na composição do bagaço – dependendo da origem e da época de colheita – impactou a cor e a textura dos filmes, o que levou à padronização das amostras coletadas.

Na fase de caracterização e otimização, os biofilmes foram submetidos a uma bateria de ensaios para avaliação de suas propriedades. Os resultados foram analisados com foco na identificação de correlações entre composição, estrutura e desempenho, permitindo a seleção da formulação mais promissora.

Descrição da tecnologia

Os biofilmes desenvolvidos são compósitos à base de amido de mandioca reforçado com fibras de bagaço de açaí, produzidos por método de casting. A tecnologia é de baixo custo, acessível e adaptável a diferentes escalas de produção.

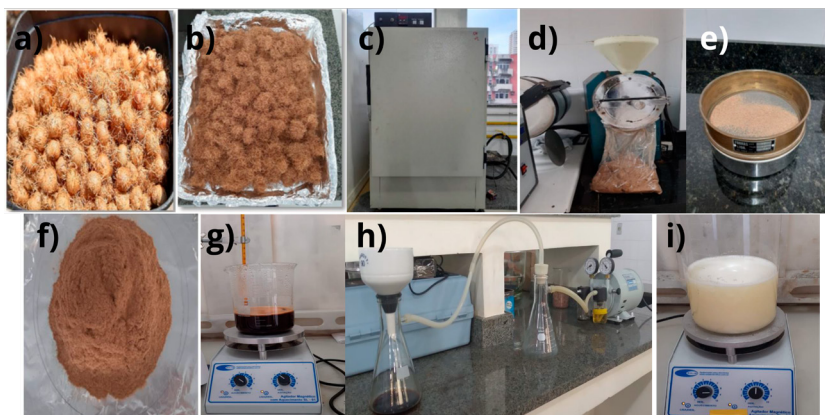


Figura 1 – Etapas de preparação das fibras de açaí: a) resíduos da despolpação; b) fibras; c) estufa para secagem; d) moinho de facas; e) peneira; f) fibras moídas e homogêneas; g) aquecimento sob agitação para concentração; h) filtração a vácuo; i) branqueamento

Fonte: os autores (2022)

A matriz polimérica é constituída por amido comercial (pureza >90 %), que, após gelatinização, forma uma rede tridimensional capaz de incorporar fibras e plastificantes. O glicerol (30 % em massa em relação ao amido) atua como plastificante, reduzindo a fragilidade e aumentando a flexibilidade do filme. As fibras de açaí, após purificação, são adicionadas como carga de reforço, com teor otimizado em 10 % com base nos resultados mecânicos

e de solubilidade.

A produção ocorre em ambiente controlado, com temperatura e umidade monitoradas. O processo não exige equipamentos de alta tecnologia, sendo viável mesmo em laboratórios com recursos limitados. A figura 2 ilustra o molde utilizado e os corpos de prova produzidos.

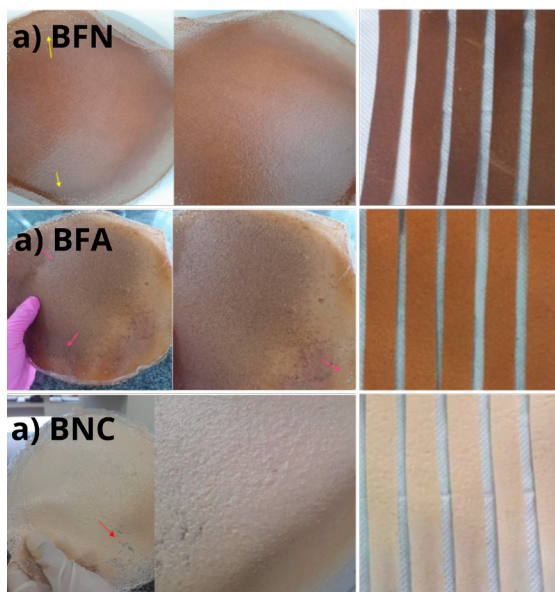


Figura 2 - Biofilmes e corpos de prova: a) fibras naturais (BFN); b) fibras alcalinizadas (BFA); c) nanocelulose (BFN)

Fonte: os autores (2022)

A caracterização dos filmes envolveu:

- Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), para identificação de grupos funcionais e interações moleculares. Os espectros confirmaram a presença de ligações de hidrogênio entre as hidroxilas do amido e das fibras, indicando boa compatibilidade.

- Difração de raios X (DRX), para avaliação da cristalinidade. Observou-se aumento discreto na cristalinidade com a adição de fibras, devido à

contribuição da celulose.

- Microscopia eletrônica de varredura (MEV), para análise da morfologia da superfície e da interface fibra-matriz. Nas amostras com 10 % de fibras, notou-se boa adesão e distribuição homogênea, sem grandes lacunas.

- Ensaios mecânicos, segundo norma ASTM D882 (Métodos de Teste Padrão para Dureza Rockwell de Materiais Metálicos). A resistência à tração aumentou de 5,4 MPa (controle) para 8,7 MPa (10 % de fibras), um ganho de 60 %. O módulo de elasticidade também aumentou, indicando maior rigidez.

- Termogravimetria (TGA), para análise da estabilidade térmica. A temperatura de degradação principal deslocou-se para valores 15 °C superiores na amostra com 10 % de fibras.

- Solubilidade em água, que reduziu de 38 % (controle) para 22 % (10 % de fibras), devido à maior densidade de ligações de hidrogênio.

Esses resultados demonstram que a incorporação de fibras de açaí melhora significativamente as propriedades do biofilme, tornando-o mais resistente, estável e menos solúvel – características essenciais para aplicações em embalagens.

Uso e aplicações

Os biofilmes desenvolvidos apresentam potencial para uso em embalagens de curta duração, especialmente em contextos em que a biodegradabilidade e a origem sustentável são fatores decisivos. Aplicações diretas incluem:

- embalagens primárias para alimentos secos ou semi-úmidos, como biscoitos, pães, frutas desidratadas e salgadinhos;
- forros internos para embalagens compostas, atuando como barreira

parcial à umidade;

- sacolas descartáveis para feiras, mercados e pequenos comércios locais;
- materiais para artesanato e educação, em escolas e oficinas comunitárias.

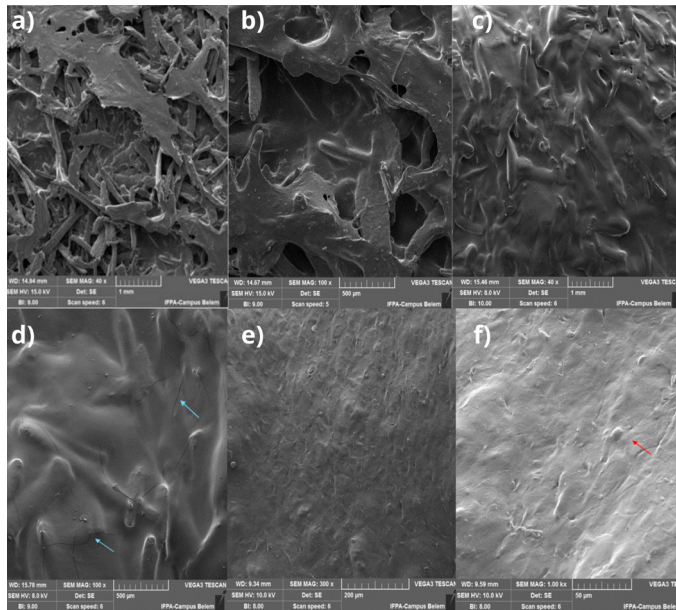


Figura 3 - Micrografias de varredura (MEV) dos biofilmes: (a-b) BFN; (c-d) BFA; (e-f) BNC. Nota-se melhor dispersão e interação entre a matriz de amido e o reforço nas amostras com tratamento alcalino e nanocelulose

Fonte: os autores (2022)

A tecnologia é particularmente adequada para pequenas indústrias, cooperativas ou projetos de economia solidária, dados sua simplicidade e o baixo custo. Pode ser integrada a cadeias produtivas já existentes, como as de beneficiamento de açaí, criando uma outra fonte de renda a partir de um resíduo antes descartado. Além disso, o processo pode ser adaptado

para incorporar outros plastificantes naturais (como sorbitol ou xilitol) ou resíduos agroindustriais (como bagaço de cana, casca de arroz ou fibra de coco), ampliando seu alcance e versatilidade.

A figura 3 ilustra uma aplicação simulada do biofilme em embalagem para produtos artesanais.

Diferenciais

Este trabalho se destaca por integrar ciência, sustentabilidade e impacto social em um modelo de inovação acessível e replicável. Seus principais diferenciais são:

- Valorização de resíduo regional: transforma o bagaço de açaí, um subproduto abundante e subutilizado, em matéria-prima de alto valor agregado.
- Baixo custo e acessibilidade: utiliza materiais e processos simples, viabilizando a replicação em diferentes contextos, inclusive em comunidades remotas.
- Integração entre ciência e comunidade: envolve parcerias com pequenos produtores, promovendo a inclusão e o fortalecimento da economia local.
- Contribuição para a economia circular: fecha um ciclo produtivo, reduzindo o descarte e gerando novos produtos a partir de resíduos.
- Originalidade científica: é um dos primeiros estudos a explorar sistematicamente o uso de fibras de açaí como reforço em biofilmes de amido na região amazônica.

Mais do que um avanço técnico, o trabalho representa uma mudança de paradigma: a ciência dos materiais não precisa depender de insumos importados ou tecnologias de alto custo para gerar inovação. Ao contrário,

pode nascer do olhar atento para os recursos locais, do respeito ao ambiente e do compromisso com o desenvolvimento sustentável.

Considerações finais

Este relato de experiência demonstra que a inovação pode emergir do simples reaproveitamento de um resíduo cotidiano, desde que guiada por conhecimento científico, ética ambiental e visão de futuro. O desenvolvimento de biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibras de açai não foi apenas um exercício técnico, mas um percurso de aprendizado, adaptação e reflexão.

A experiência evidenciou que, na prática laboratorial, cada imprevisto – seja uma variação na cor do filme, uma bolha durante a secagem ou uma diferença nos resultados mecânicos – carrega informação. Esses “ruídos” não são falhas, mas pistas para a compreensão mais profunda do material e do processo. Mais do que números, o trabalho expôs a importância do controle de detalhes, da observação atenta e da humildade metodológica.

O produto – um biofilme funcional, sustentável e de baixo custo – tem potencial para impactar positivamente o meio ambiente, a economia local e a saúde pública ao reduzir a dependência de plásticos convencionais. Além disso, serve como modelo para outras iniciativas que buscam integrar ciência, tecnologia e comunidade.

Em um mundo onde a poluição plástica avança e os recursos naturais se esgotam, soluções como essa mostram que é possível inovar com simplicidade, responsabilidade e esperança. A ciência dos materiais, quando voltada para o bem comum, pode transformar resíduos em recursos, comunidades em protagonistas e desafios em oportunidades.

Referências

CAIXETA, D. S.; MORAIS, E. B. Panorama mundial de produção de plástico e estratégias de degradação. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 39, p. 230-248, 2022.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CASTANHO, M. N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes poliméricos de amido de milho com incorporação de fibras de bagaço de cevada**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

LIMA, M. H. A. **Obtenção de nanocelulose a partir da funcionalização da celulose por oxipropilação**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.
Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12737>.

LINAN, L. Z.; CIDREIRA, A. C. M.; ROCHA, C. Q.; MENEZES, F. F.; ROCHA, G. J. M.; PAIVA, A. E. M. Utilization of acai berry residual biomass for extraction of lignocellulosic byproducts. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 6, p. 323-337, 2021.

MATHIAS, S. L. **Nanocristais de celulose provenientes de fibras amazônicas com potencial aplicação na produção de nanocompósitos**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.

MESQUITA, A. L. **Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) da Amazônia para produção de ecopainel de partículas homogêneas de média densidade.**

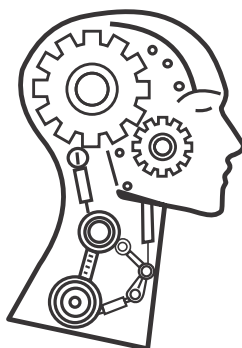
Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

SEIXAS, M. V. S. **Obtenção de nanocelulose a partir de bagaço de cana-de-açúcar e incorporação em EVA.** Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SILVA, C. O. da; SILVA, F. N. da; BANNA, W. R. E.; NASCIMENTO, W. A. do.

Uso das fibras do caroço do açaí como fase dispersa em compósitos de matriz termoplástica: uma revisão bibliográfica. [Use of açai lump fibers as dispersed phase in thermoplastic matrix composites: a bibliographic review]. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 28654-28679, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n4-384. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46787>. Acesso em: 3 jun. 2023.

TEIXEIRA, S. C.; SILVA, R. R. A., DE OLIVEIRA, T. V.; STRINGHETA, P. C.; PINTO, M. R. M. R.; SOARES, N. D. F. F. Efeitos do plastificante glicerol e citrato de trietila nas propriedades moleculares, térmicas, mecânicas e de barreira de filmes de acetato de celulose. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101202, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101202.



Síntese de catalisador heterogêneo à base de carbono sulfonado do endocarpo de uxi amarelo (*Endopleura uchi*): um relato de inovação sustentável na Amazônia

Laís Sardinha da Silva

Yago Claudionor Fonseca Lopes Leite

Demetrius Pereira Morilla

Waldomiro Gomes Paschoal Junior

Bruno Apolo Miranda Figueira

Patrícia Teresa de Souza da Luz

Introdução

Iniciar o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEMAT) do Instituto Federal do Pará (IFPA) foi, para mim, muito mais do que uma continuidade acadêmica – foi uma imersão profunda no potencial da ciência aplicada ao território amazônico. Desde o início da trajetória no programa, buscava articular minha formação

científica com os desafios locais, especialmente aqueles relacionados ao aproveitamento sustentável da biodiversidade e à geração de tecnologias socialmente relevantes. Foi nesse contexto que surgiu a motivação para desenvolver uma pesquisa que não apenas respondesse a uma demanda tecnológica, mas que também valorizasse um recurso abundante e subutilizado: o endocarpo de uxi amarelo (*Endopleura uchi*). Esse fruto, amplamente conhecido por suas propriedades medicinais e uso tradicional por comunidades extrativistas, gera um resíduo sólido em grande escala durante o processamento da semente. Diante disso, questionei: Como transformar esse resíduo em um insumo de alto valor agregado, capaz de contribuir para soluções energéticas sustentáveis?

A produção de biodiesel surge como uma alternativa estratégica no cenário energético nacional, especialmente em um país com grande disponibilidade de biomassa. No entanto, o uso de matérias-primas com alto teor de ácidos graxos livres (AGL), como óleos usados ou resíduos de refinação, representa um desafio significativo. A rota convencional de transesterificação básica é ineficaz nesses casos, exigindo um pré-tratamento por esterificação ácida. Nesse sentido, os catalisadores homogêneos, como o ácido sulfúrico, são amplamente utilizados, mas apresentam sérias limitações: corrosividade, dificuldade de separação, geração de grandes volumes de efluentes e impossibilidade de reutilização (Marchetti; Errazu, 2008). Essas desvantagens impulsionaram a busca por alternativas mais limpas e sustentáveis, como os catalisadores heterogêneos.

Nesse cenário, a proposta de utilizar o endocarpo de uxi amarelo como precursor de um catalisador heterogêneo ácido surgiu como uma solução inovadora e contextualizada. O material, classificado como lignocelulósico, possui alta concentração de celulose, hemicelulose e lignina – estruturas ideais para a formação de um biocarvão com boa estabilidade térmica

e potencial para desenvolvimento de porosidade. Estudos indicam que o carvão sulfonado derivado de resíduos agrícolas apresenta resultados promissores na produção de biodiesel, destacando-se pela reciclabilidade, alta estabilidade e menor impacto ambiental (Zeng et al., 2016; Zhao *et al.*, 2016). Além disso, a funcionalização com grupos $-SO_3H$ por sulfonação com ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado é uma rota consolidada para conferir atividade ácida ao material, tornando-o apto para reações de esterificação (Mateo et al., 2019).

A ativação química com cloreto de zinco ($ZnCl_2$) mostrou-se um passo crucial para otimizar a estrutura porosa do biocarvão, aumentando sua área superficial e, conseqüentemente, sua eficiência catalítica. Esse processo, associado à calcinação controlada, permite a criação de um material com alta densidade de sítios ácidos, essencial para a conversão eficiente de AGL em ésteres metílicos – o principal componente do biodiesel. A possibilidade de reutilização do catalisador, ainda que com perda de atividade em ciclos subsequentes, representa um avanço significativo em relação aos processos tradicionais, reduzindo custos nas operações e impactos ambientais.

A relevância do tema se amplia quando consideramos o contexto energético e ambiental da Amazônia. Com o crescimento da demanda por biocombustíveis e a necessidade de diversificar as matérias-primas, o uso de óleos residuais ou não refinados torna-se estratégico. No entanto, esses óleos apresentam alto teor de acidez, o que inviabiliza o uso de catalisadores básicos convencionais. Nesse cenário, catalisadores ácidos heterogêneos, como o desenvolvido neste trabalho, são fundamentais para viabilizar a produção de biodiesel a partir de fontes alternativas e de baixo custo. Além disso, o reaproveitamento de resíduos agroindustriais alinha-se aos princípios da economia circular e da química verde, promovendo uma matriz energética mais sustentável.

Portanto, este relato não é apenas um registro técnico, mas um testemunho de como a pesquisa pode ser um instrumento de transformação social, ambiental e econômica quando ancorada no território e nas necessidades reais das comunidades. Ao integrar conhecimento científico, recursos locais e demandas energéticas, este trabalho contribui para o fortalecimento da pós-graduação regional e para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis na Amazônia, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

Relato do percurso de criação da tecnologia

O desenvolvimento do catalisador teve início com a obtenção do endocarpo de uxi amarelo (*Endopleura uchi*), coletado na feira do Ver-o-Peso, em Belém, Pará, local onde o fruto é comercializado para fins medicinais. O resíduo, gerado após a extração do óleo da semente, foi submetido a lavagem com água corrente para remoção de resíduos oleosos, seguida de secagem ao sol por 72 horas. Em seguida, foi triturado em moinho de facas e peneirado para obtenção de partículas com granulometria de aproximadamente 0,250 mm, garantindo homogeneidade no tratamento térmico.

A primeira etapa do processo foi a ativação química com ZnCl_2 . O material foi impregnado na proporção de 1:1 (massa de biomassa/massa de ZnCl_2) em solução aquosa e mantido sob agitação constante por 24 horas, visando à saturação dos poros e promoção da desidratação durante a carbonização (Oliveira et al., 2008; Mateo et al., 2019; Palheta, 2021). Após esse período, o material foi filtrado, lavado até neutralização do pH e seco a 105 °C por 12 horas.

A segunda etapa foi a carbonização (calcinação). O material ativado foi colocado em cadinhos de porcelana e submetido a tratamento térmico em forno mufla sob atmosfera inerte de nitrogênio, nas temperaturas de 600 °C, 700 °C e 800 °C por 2 horas. Esse processo promove a formação de uma estrutura carbonácea porosa, essencial para a posterior funcionalização ácida. Foram produzidos, paralelamente, catalisadores sem ativação química (SA), apenas com calcinação, para fins comparativos.

A terceira etapa foi a sulfonação, responsável pela introdução dos grupos ácidos $-\text{SO}_3\text{H}$. Os biocarvões ativados e não ativados foram submetidos à reação com ácido sulfúrico concentrado (98 %) na proporção de 1 (um) grama de material para 10 mL de ácido, em balão de 3 bocas acoplado a condensador de refluxo. A reação ocorreu a aproximadamente 200 °C por 4 horas, sob agitação constante. Após esse período, o material foi filtrado a vácuo, lavado com água destilada até pH neutro e seco em estufa a 100 °C por 24 horas (Bastos et al., 2020).

A quarta etapa, talvez a mais esperada de todo o percurso, foi a caracterização dos materiais e os testes catalíticos – o momento em que, finalmente, pudemos responder à pergunta que guiou toda a pesquisa: Será que o endocarpo do uxi amarelo, após todo esse processo, seria capaz de atuar como um bom catalisador? Foi com uma mistura de ansiedade e expectativa que levei os primeiros catalisadores ao laboratório para análise por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS). Cada espectro, cada imagem era uma pista: as bandas no infravermelho em torno de 1030 e 1160 cm^{-1} confirmavam a presença dos grupos sulfônicos ($-\text{SO}_3\text{H}$); as micrografias do MEV revelavam uma superfície porosa e rugosa, ideal para a atuação catalítica; e os espectros de EDS mostravam claramente a marca do enxofre – prova de que a sulfonação havia funcionado.

Mas o verdadeiro teste veio com a reação de esterificação. Preparar a mistura de ácido oleico e metanol, na razão molar de 20:1, com 5 % (m/m) do catalisador a 90 °C foi um ritual meticuloso. A primeira reação, com o catalisador ativado com ZnCl_2 e calcinado a 600 °C, resultou em uma conversão de 60,75 % – já um salto em relação ao material sem ativação. Mas foi ao aumentar a temperatura para 120 °C que os números realmente surpreenderam: 94,91 %, 93,37 % e 96,67 % de conversão para os catalisadores de 600 °C, 700 °C e 800 °C com ativação, respectivamente. Naquele momento, senti que o trabalho estava valendo a pena. Tínhamos, de fato, transformado um resíduo em algo funcional, eficiente e promissor.

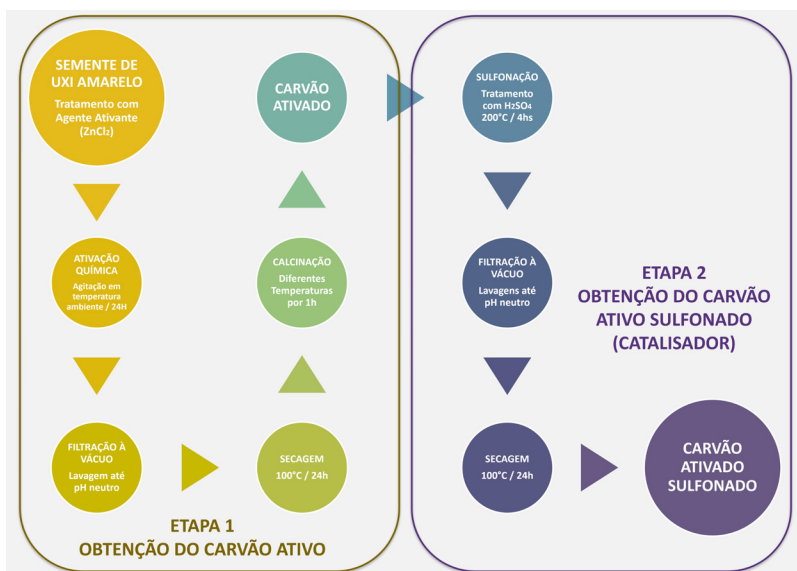


Figura 1 – Fluxograma do processo de síntese do catalisador heterogêneo à base de carbono sulfonado a partir do endocarpo de uxi amarelo

Fonte: os autores (2022)

A titulação, realizada conforme a norma da *American Oil Chemists' Society* AOCS Cd 3d-63, não era apenas um procedimento técnico: era a confirmação de que a ciência, quando feita com rigor e propósito, pode gerar inovação sustentável. Evidentemente, o desafio da reutilização – com perdas de atividade de até 30 % no segundo ciclo – mostrou que ainda há caminho pela frente. Mas isso não diminui o alcance do que foi conseguido: um catalisador verde, feito na Amazônia, com potencial real para contribuir para a produção de biodiesel a partir de óleos residuais.

Descrição da tecnologia

A tecnologia desenvolvida consiste em um processo sistematizado de conversão de resíduo lignocelulósico em catalisador heterogêneo ácido, composto por quatro etapas principais:

a) Preparação da matéria-prima: o endocarpo de uxi amarelo é beneficiado, isento de contaminantes e reduzido a partículas de tamanho controlado.

b) Carbonização e ativação química: o material é impregnado com ZnCl_2 e carbonizado a $600\text{ }^\circ\text{C}$ sob atmosfera inerte, promovendo a formação de uma estrutura porosa com alta área superficial.

c) Sulfonação: o biocarvão ativado é tratado com H_2SO_4 concentrado, introduzindo grupos ácidos $-\text{SO}_3\text{H}$ na superfície do material, responsáveis pela atividade catalítica em reações de esterificação.

d) Purificação e padronização: o catalisador é lavado, seco e peneirado para garantir homogeneidade, remoção de agentes químicos residuais e padronização granulométrica.

O produto obtido é um sólido negro, granular, com densidade de sítios ácidos estimada em torno de $0,8\text{--}1,0\text{ mmol H}^+/\text{g}$, estável termicamente

até 300 °C e compatível com reações em meio líquido. Sua natureza heterogênea permite fácil separação por filtração ou centrifugação, facilitando a reutilização e reduzindo custos operacionais. A estrutura porosa, confirmada por MEV, figura 2, favorece a adsorção de reagentes e a acessibilidade dos sítios ativos.

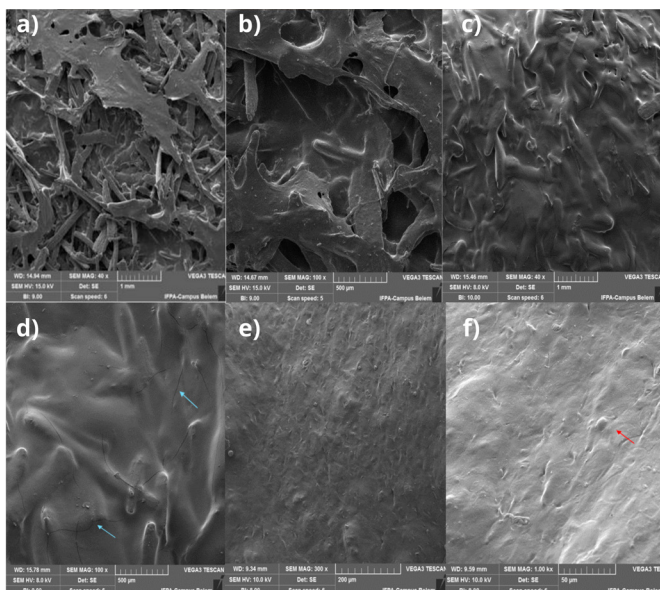


Figura 2 - Micrografias de microscopia eletrônica de varredura (MEV) comparando a morfologia superficial de amostras calcinadas e sulfonadas nas temperaturas de 600 °C, 700 °C e 800 °C¹

Fonte: os autores (2022)

1 - Nota: As imagens (a), (b) e (c) correspondem a amostras sem ativação química com ZnCl_2 , apresentando estrutura filamentar ordenada, ausência de porosidade e presença de rugosidade, características da estrutura celular do endocarpo (lignina, celulose e hemicelulose). Já as imagens (d), (e) e (f) apresentam amostras submetidas à ativação química com ZnCl_2 , evidenciando alterações na morfologia superficial, com maior desordem estrutural e formação de novas superfícies irregulares, indicativas da modificação da estrutura celular pela ativação.

Uso e aplicações

O catalisador desenvolvido foi aplicado com sucesso em reações de esterificação de AGL, com potencial direto na produção de biodiesel a partir de matérias-primas de baixa qualidade, como óleos usados de fritura, borra de óleo ou resíduos industriais. Suas principais aplicações incluem:

- Tratamento prévio de óleos ácidos: o catalisador pode ser usado como etapa inicial em processos de produção de biodiesel, reduzindo o teor de AGL antes da transesterificação básica.
- Processos descentralizados: sua simplicidade de síntese e uso permite implementação em pequenas unidades produtoras de biodiesel, especialmente em cooperativas rurais ou zonas extrativistas.
- Redução de custos e resíduos: ao substituir catalisadores homogêneos corrosivos, reduz-se a geração de efluentes ácidos e o consumo de água no pós-processamento.
- Replicabilidade com outros resíduos: a metodologia pode ser adaptada para cascas de açaí, bagaço de pupunha, coco ou outras biomassas regionais, ampliando seu alcance na Amazônia.

Além disso, a tecnologia pode ser integrada a cadeias produtivas industriais, criando um modelo de economia circular: empresas geradoras de resíduo de galvanização poderiam, futuramente, operar unidades de reciclagem internas ou em parceria com instituições de pesquisa, transformando seus rejeitos em produtos comercializáveis.

Diferenciais

Este trabalho apresenta diferenciais inovadores e estratégicos:

- Valorização de recurso amazônico subutilizado: transforma um resíduo em insumo tecnológico, promovendo a economia verde e a inclusão de comunidades extrativistas.

- Processo sustentável e de baixo custo: utiliza materiais locais e reagentes acessíveis, com potencial de redução de custos frente a catalisadores comerciais.

- Catalisador reutilizável e estável (com potencial): apesar da lixiviação observada, a estrutura do biocarvão permite reutilização parcial, com perspectiva de melhoria via otimização de síntese.

- Integração ciência-região: desenvolvido integralmente no PPGEMAT/IFPA, fortalece a capacidade de inovação regional e a autonomia tecnológica.

- Alinhamento com políticas públicas: contribui para a matriz energética sustentável, a gestão de resíduos e a preservação ambiental na Amazônia.

Mais do que um avanço técnico, o trabalho representa um novo paradigma: a indústria não precisa mais ver seus resíduos como custos, mas como recursos estratégicos para inovação.

Considerações finais

Este relato é muito mais do que a descrição de um processo químico: é o testemunho de uma jornada científica enraizada na Amazônia, movida pela convicção de que a ciência pode e deve servir ao território. Ao longo desse percurso, o endocarpo de uxi amarelo deixou de ser apenas um resíduo descartado nas feiras e comunidades extrativistas para se transformar em

um catalisador funcional, com potencial real para viabilizar a produção de biodiesel a partir de matérias-primas de baixo custo e alto teor de acidez. A cada etapa – da coleta do material à caracterização final – fui aprendendo que inovação sustentável não se constrói apenas com equipamentos e reagentes, mas com olhar atento, paciência e respeito pelo contexto local.

A alta eficiência catalítica alcançada, com conversões superiores a 96 % em reações de esterificação, demonstra que o biocarvão sulfonado a partir de resíduos lignocelulósicos amazônicos não é apenas viável, mas promissor. No entanto, a perda de atividade nos ciclos subsequentes, atribuída à lixiviação de grupos $-SO_3H$, aponta um caminho evidente para a continuidade da pesquisa: a necessidade de otimizar a estabilidade do catalisador, seja por meio de modificações na estrutura do biocarvão, de ajustes na condição de sulfonação ou na introdução de agentes de reticulação que fixem os sítios ácidos.

Mais do que um desafio técnico, esse trabalho representou uma imersão no potencial da economia circular na região Norte do Brasil. Valorizar um subproduto de uma espécie nativa, com alto valor cultural e medicinal, para gerar um insumo tecnológico é uma forma concreta de integrar ciência, sustentabilidade e justiça social. É um modelo que pode ser replicado com outros resíduos da biodiversidade amazônica – cascas de açaí, bagaço de pupunha, caroço de cupuaçu – ampliando o alcance da engenharia de materiais sustentáveis.

Desenvolver essa pesquisa no âmbito do PPGEMAT/IFPA foi, sem dúvida, um privilégio. Ter o apoio da Prof.^a Dr.^a Patrícia Luz, do Prof. Dr. Waldomiro Paschoal Júnior e de toda a equipe do Laboratório de Caracterização de Materiais (LABCMAT) fortaleceu não apenas a qualidade técnica do trabalho, mas também minha formação como pesquisadora comprometida com soluções reais para problemas reais. Cada falha, cada tentativa frustrada, cada ajuste no procedimento foi uma lição de resiliência e rigor.

Referências

BASTOS, A. S. *et al.* Síntese e caracterização de catalisador sólido à base de carbono sulfonado a partir da casca do caroço de murumuru para produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 43, n. 8, p. 1015-1023, 2020.

MARCHETTI, J. M.; ERRAZU, A. F. Esterification of free fatty acids using sulfuric acid as catalyst in the presence of triglycerides. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 892-895, 2008.

MATEO, W.; LEI, H.; VILLOTA, E.; QIAN, M.; ZHAO, Y.; HUO, E.; ZHANG, Q.; LIN, X.; WANG, C.; HUANG, Z. *et al.* Synthesis and characterization of sulfonated activated carbon as a catalyst for bio-jet fuel production from biomass and waste plastics. *Energies*, v. 12, n. 23, p. 4408, 2019.

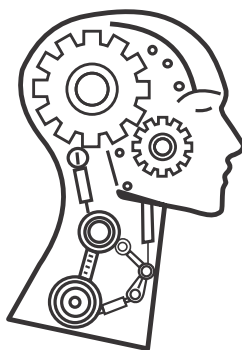
OLIVEIRA, G. S. *et al.* Ativação química de carvão vegetal com cloreto de zinco. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 699-707, 2008.

PALHETA, R. A. F. **Síntese e caracterização de carvão ativado a partir de resíduos de madeira para aplicação como adsorvente**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2021.

RICARTE, M. **Síntese e caracterização de catalisador heterogêneo à base de carbono sulfonado aplicado nas reações de esterificação**. Monografia (Graduação em Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

ZENG, Z. *et al.* Sulfonated carbon catalyst for esterification of free fatty acids from waste cooking oil. **Catalysis Today**, v. 259, p. 403-409, 2016.

ZHAO, G. *et al.* Sulfonated carbonaceous solid acids from biomass waste as catalysts for biodiesel production. **Energy & Fuels**, v. 30, n. 6, p. 4673-4681, 2016.



Inter-relação entre processos de solidificação e tratamento térmico: relatos experimentais sobre a liga Al-3Cu-3Nb

Rogério Bentes da Costa

Bruno Yuji Goto Feio

Leonardo Carvalho de Oliveira

Thiago Antônio Paixão de Sousa Costa

Otávio Fernandes Lima da Rocha

Introdução

O estudo de fenômenos de solidificação e tratamentos térmicos sempre representou um desafio fascinante para quem trabalha com engenharia de materiais. Neste trabalho, compartilha-se a vivência prática e técnica da equipe na investigação da liga ternária Al-3%Cu-3%Nb, enfocando a relação entre condições térmicas de solidificação e evolução das propriedades mecânicas após envelhecimento artificial. O ponto de partida foi a compreensão de que ligas metálicas de aplicação crítica, como aquelas à base de alumínio, dependem fortemente da estrutura

adquirida durante a solidificação. Portanto, compreender como os materiais se solidificam permite controlar a estrutura final do produto, influenciando suas propriedades.

É muito bem conhecido que ligas metálicas industrialmente importantes, em algum ponto de sua cadeia produtiva, passam pela solidificação como primeira etapa do processamento, acompanhada pela formação da estrutura do produto fundido em escalas macroestrutural e microestrutural. As ligas de alumínio, por exemplo, são frequentemente selecionadas como preferidas para atender a aplicações específicas nas indústrias aeronáutica e aeroespacial. O cobre é considerado um dos mais importantes elementos de liga devido à sua relativa solubilidade em altas temperaturas, e por conferir um aumento substancial na resistência mecânica dessas ligas, tanto na forma bruta quanto na tratada termicamente. Já as ligas alumínio-cobre (Al-Cu) atingem a sua performance ótima após serem submetidas a um tratamento térmico que promova o mecanismo de endurecimento por precipitação, sendo essa, portanto, uma das etapas mais importantes do seu processamento, tornando-as amplamente empregadas na fabricação de componentes das indústrias aeronáutica e automotiva, tais como bordos de ataque de aeronaves, peças estruturais, cilindros, pistões e blocos para motores.

Nesse sentido, a motivação para este estudo partiu de demandas industriais e científicas: desenvolver uma liga leve, resistente e adaptável a aplicações estruturais em setores como o aeroespacial e o automotivo, além de explorar novas possibilidades para dissipadores térmicos, blindagem eletromagnética e ambientes corrosivos. A oportunidade de integrar os conhecimentos teóricos à prática experimental surgiu como forma de validar, com base na experiência, o que já vinha sendo discutido em literatura.

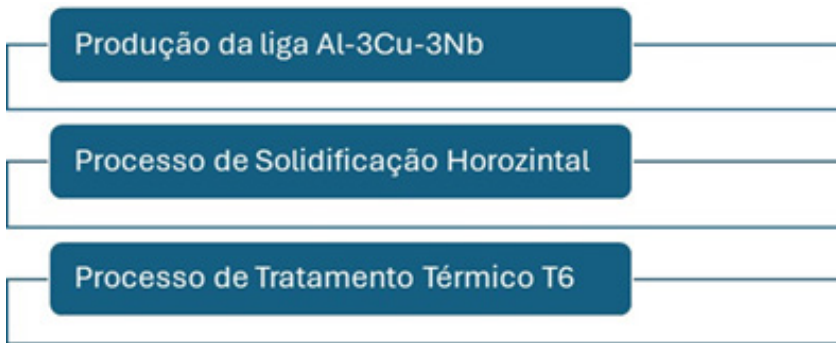


Figura 1 – Rota experimental produtiva assumida no presente estudo

Fonte: os autores

Relato do percurso de criação da tecnologia

O fluxograma apresentado na figura 1 descreve resumidamente a rota experimental seguida nos experimentos adotados no presente trabalho, todos aplicados em dissertações de mestrado orientadas pelos professores do Grupo de Pesquisa em Metalurgia Física e de Transformação/ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (GPMET/PPGEMAT) do Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Belém, em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará (PPGEM/UFGA). Figuras e registros fotográficos serão apresentados e referenciados dos trabalhos acadêmicos procedentes dessa parceria.

A produção da liga Al-3Cu-3Nb (%)

A liga investigada foi produzida a partir dos metais alumínio, cobre e nióbio comercialmente puros e uma liga base Al-4%Nb, cujas composições

foram apresentadas em nossos artigos. Os lingotes de cada um dos constituintes foram seccionados utilizando uma serra de fita e os pesos conferidos considerando a quantidade em massa necessária de cada um desses componentes, em função da composição nominal da liga e o volume do molde. Após isso, iniciou-se a preparação da liga por meio da fusão dos elementos, conforme figura 2.

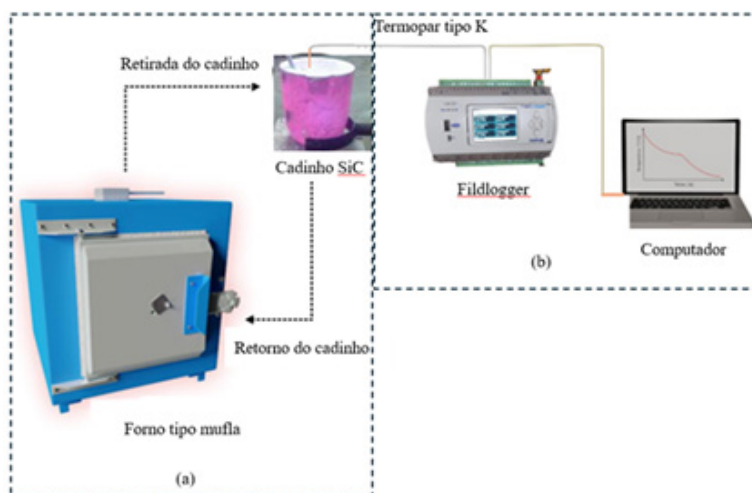


Figura 2 - Rotas experimentais de produção da liga estudada:

(a) preparação da liga; (b) checagem térmica da composição da liga

Fonte: acervo do GPMET (IFPA)

Na primeira rota (figura 2a), um cadinho de carbetto de silício (SiC) foi usado; o primeiro elemento (Al) foi nele introduzido e conduzido até um forno mufla, onde permaneceu por tempo suficiente numa temperatura de 1200 °C até sua completa fusão. Em seguida, o cadinho foi retirado do forno e o cobre foi adicionado ao metal líquido na fração previamente determinada. O cadinho retornou ao forno, permanecendo o tempo

suficiente para garantir a total fusão desse elemento, sendo novamente retirado do forno para a introdução de uma liga base Al-4Nb, garantindo sua completa difusão no estado líquido sob altas temperaturas, mantido dentro do forno mufla a uma temperatura próxima de 1200 °C até a fusão completa dos componentes da liga.

A segunda rota (figura 2b) teve como objetivo obter uma curva experimental de resfriamento mais próxima do equilíbrio, para a verificação das temperaturas *liquidus* e *solidus* (TL e TS) da liga, a fim de possibilitar a confirmação da sua composição através da comparação das TL e TS obtidas experimentalmente com aquelas simuladas teoricamente por meio da ferramenta termodinâmica Thermo-Calc, usando o método Calphad (*computer coupling of phase diagrams and thermochemistry*). Para esse fim, o cadinho foi outra vez retirado do forno, a mistura metálica foi homogeneizada e um termopar tipo K conectado ao registrador de temperaturas FieldLogger foi posicionado no interior do líquido, resfriando até alcançar a temperatura ambiente.

O processo de solidificação horizontal (SH)

A figura 3 representa esquematicamente o conjunto completo de informações do processo de solidificação. Um dispositivo de solidificação direcional horizontal refrigerado a água fabricado pela empresa Fortelab foi usado, como mostrado na figura 3a. O equipamento foi projetado para operar com 220 volts, 6000 watts e 27 amperes, e temperatura máxima de 1300 °C, sendo composto por uma carcaça externa em aço inoxidável com dimensões de aproximadamente 320 x 288 milímetros e isolamento em fibra cerâmica pré-moldada. Internamente, os elementos de aquecimento são embutidos na fibra através de resistências de fio Kanthal dispostas horizontalmente ao longo da dimensão da fibra.

O dispositivo possui acoplado à sua estrutura uma haste metálica

munida de furos passantes com diâmetros de 2 milímetros, onde são dispostos os termopares que possibilitam as medições de temperatura em diferentes posições em relação à interface de resfriamento. A carcaça de aço inoxidável (figura 3b), quando fechada, permite o alojamento de uma lingoteira fabricada a partir de chapa de aço inoxidável com geometria retangular nas dimensões de aproximadamente 60 x 60 x 160 milímetros e 3 milímetros de espessura. A extração de calor é realizada por umas das laterais da lingoteira através de chapa molde (trocadora de calor) com espessura de 3 milímetros. Os termopares são conectados ao módulo de leitura e registro FieldLogger, que realiza as medições de temperatura no metal líquido em diferentes posições em relação à superfície de transferência de calor (STC). Montou-se um conjunto de 8 termopares tipo K, devida e estrategicamente posicionados em relação à STC.

A temperatura das resistências elétricas do dispositivo foi programada para garantir um nível de superaquecimento de aproximadamente 10 % acima do valor da TL da liga Al-3%Cu3%Nb. Uma vez alcançada essa temperatura, as resistências foram desligadas, o sistema de refrigeração acionado (figura 3b) e o processo de solidificação iniciado. Finalizada a SH, os registros térmicos foram extraídos do registrador, processados, e os resultados mostrados na figura 3c. Os registros térmicos foram usados para determinação dos parâmetros térmicos de solidificação (velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*, VL e taxa de resfriamento, TR), conforme metodologia apresentada nos trabalhos orientados no âmbito do PPGEMAT (IFPA).

O tratamento térmico T6 (TT-T6)

Concluídas as etapas correspondentes à produção da liga, SH e obtenção dos parâmetros térmicos, deu-se início à preparação para a

realização do TT-T6, conforme a figura 4.

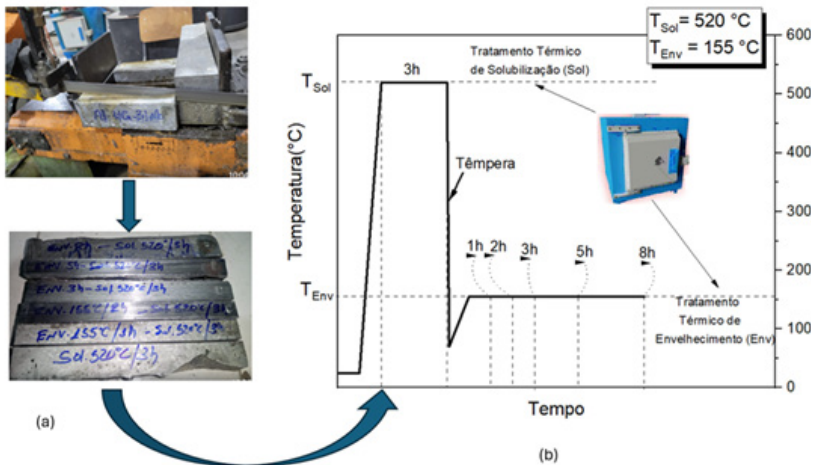


Figura 4 - (a) Corte do lingote resultante do processo de solidificação horizontal;

(b) seis amostras longitudinais 15 x 15 x 150 milímetros

Fonte: os autores

O primeiro passo foi o corte de 6 (seis) amostras de mesma seção transversal (15 x 15 milímetros), como mostra a figura 4a. Por sua vez, cada uma das seis amostras foi submetida ao TT-T6 sob condições de tempo e/ou temperatura diferentes em três etapas (solubilização a 520 °C/3 h; têmpera em água a 70 °C; e envelhecimento a 155 °C/1, 2, 3, 5 e 8 h), tal como observado pelos ciclos térmicos apresentados na figura 4b. Em seguida, foram realizados ensaios de dureza Rockwell F para avaliar os efeitos do TT-T6 na resistência mecânica da liga estudada, utilizando um durômetro da marca Time. O procedimento adotado foi realizado conforme especificado na norma ASTM E18-15 (Métodos de Teste Padrão para Dureza Rockwell de Materiais Metálicos).

A aprendizagem

A partir dos registros térmicos apresentados na figura 3c, V_L e T_R foram determinados experimentalmente, conforme metodologia apresentada nas referências.

Os tempos de passagem da isoterma *liquidus* (T_L) em cada posição dos termopares possibilitaram obter 8 (oito) pares ordenados (P, t), os quais foram processados no software OriginPro 2023b, gerando uma equação na forma de potência dada pela fórmula geral $P=a(t)^n$. A primeira derivada da função, ou seja, dP/dt , resultou na velocidade desse deslocamento da V_L , dada pela expressão geral $V_L=a(t)^n$. Analogamente, da primeira derivada de $T=f(t)$ resultou a T_R . Para esse fim, pequenos intervalos de tempo, cujos limites inferiores e superiores foram pontos imediatamente anteriores e posteriores, respectivamente, ao ponto de interseção entre a curva de resfriamento e a reta T_L , para cada uma das oito posições, gerando oito curvas de ajuste na forma de funções lineares dadas por $T=a+bt$. As derivadas delas, ou seja, dT/dt , retornaram o valor de $T_R=f(t)$ para cada uma das posições analisadas, isso representado pela fórmula matemática geral $T_R=a(t)^n$. Expressões matemáticas obtidas para V_L e T_R em função do tempo foram inter-relacionadas com as posições do lingote solidificado a partir de STC, substituindo o valor do tempo (t) por P nas equações de $V_L=f(t)$ e $T_R=f(t)$.

A figura 5 reporta um desenho esquemático de uma parte do lingote solidificado usado para o TT-T6, indicando as posições onde foram realizados os testes de dureza, variação de V_L e T_R com as respectivas expressões determinadas, posições que foram selecionadas para análise metalográfica, e medição das durezas (figura 5a), bem como a ilustração da microestrutura típica de solidificação (figura 5b).

Como aprendizagem importante, ficou evidente que, devido à formação gradativa da camada do metal ao longo do comprimento do lingote e do gap formado na STC, o fluido de refrigeração exerceu menor efeito na retirada de calor durante a mudança de fase líquido/sólido, resultando em maiores valores de V_L e T_R para posições mais próximas à STC, e um perfil decrescente com o avanço da solidificação. Comportamento contrário foi evidenciado na evolução da microestrutura dendrítica, pois maiores V_L e T_R próximas à STC produziram, consequentemente, microestruturas mais refinadas com um perfil crescente dos espaçamentos dendríticos secundários (λ_2).

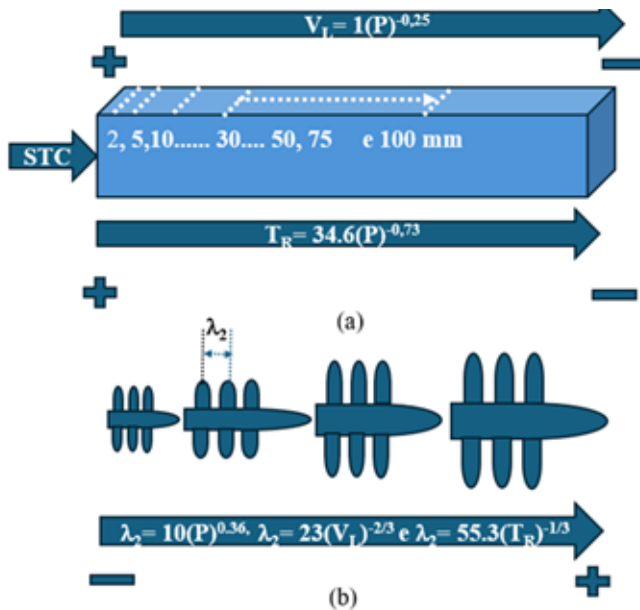


Figura 5 - Ilustração de umas das amostras estudadas, mostrando as posições analisadas para dureza e variação de V_L e T_R

Fonte: os autores

Como pôde ser evidenciado, expressões matemáticas de V_L e T_R com a posição no lingote, e λ_2 com V_L e T_R caracterizaram os comportamentos dos perfis verificados. Essas expressões indicaram que, enquanto a variação ao longo das posições analisadas V_L e T_R foi de 0,84 a 0,31 milímetros por segundo e 20,8 a 1,2 °C por segundo, respectivamente, λ_2 sofreram variação inversa de 13 a 53 μm .

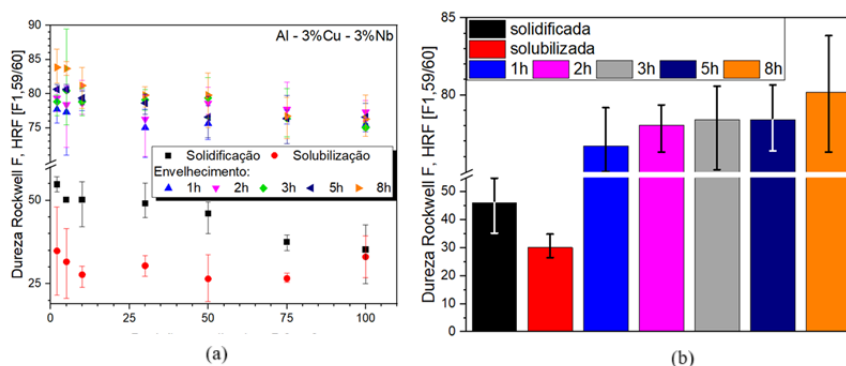


Figura 6 - Variação das durezas medidas (a) sobre as amostras solidificadas em várias posições a partir da STC e (b) médias das durezas calculadas entre as amostras solidificadas, solubilizadas e envelhecidas

Fonte: os autores

A figura 6 apresenta o comportamento da dureza das amostras SH e TT-Tó. Aqui, importante aprendizagem foi também adquirida e compreendida. Notou-se, de forma evidente, que mais altos V_L e T_R e menores λ_2 produziram os mais altos valores de dureza nas amostras SH, como pode ser observado pelos resultados dos pontos pretos experimentais na figura 6a. O importante efeito do tratamento térmico aplicado às amostras solidificadas também foi evidenciado, pois a menor dureza foi observada nas amostras somente solubilizadas. Por outro lado, conforme

previsto na literatura, endurecimento por precipitação foi alcançado após o envelhecimento artificial. O maior nível de endurecimento foi observado para o maior tempo de envelhecimento, ou seja, nas condições de 155 °C/8 h, como notado na figura 6b, que representa os valores médios de durezas para todas as posições e condições de processamento adotadas no presente estudo.

Descrição da tecnologia

Durante a solidificação de ligas Al-Cu, diversas fases intermetálicas podem ser formadas, como Al_2Cu , AlCu, Al_3Cu_4 e Al_4Cu_9 . O Al_2Cu , por exemplo, atua como reforço de fase secundária à matriz Al- α . Apesar de as ligas de alumínio com teores de cobre variando entre 4 % e 10 % serem as que possuem maior interesse industrial, as ligas Al-Cu que contêm de 2 % a 5 % de Cu são as que melhor respondem aos tratamentos térmicos.

O TT-T6, adotado no presente trabalho, é geralmente empregado em ligas do sistema AlCu. Esse tratamento se baseia basicamente em três etapas: solubilização, têmpera e envelhecimento artificial. Na solubilização, a liga é levada até uma temperatura referente ao campo monofásico do seu diagrama de fases, ocorrendo a dissolução completa das fases secundárias. Já a têmpera se trata do resfriamento brusco, geralmente em água controlada, acontecendo imediatamente após o término da sua solubilização, com o objetivo de manter a condição de uma solução sólida supersaturada (SSS), alcançada na etapa anterior. Por fim, é realizada a terceira e última etapa do tratamento da liga, o envelhecimento, podendo acontecer em temperatura ambiente (envelhecimento natural) ou a temperaturas relativamente elevadas (envelhecimento artificial).

Uso e aplicações

Dada a relevância das ligas Al-Cu, existem na literatura vários estudos de solidificação com ligas ternárias, adicionando um terceiro elemento, incluindo o nióbio (Nb), embora muito mais escassos, o que significa que muitas lacunas no conhecimento acerca desse sistema de liga e de suas propriedades ainda precisam ser preenchidas. O Nb desempenha papel importante para produção de ligas metálicas devido ao seu elevado ponto de fusão, resistência ao ataque de ácidos e supercondutividade em temperaturas elevadas.

O Brasil destaca-se como o principal produtor e detentor das reservas de Nb, contribuindo com aproximadamente 90 % da produção global e detendo 95 % das reservas conhecidas. Isso tem despertado o interesse do nosso GPMET/IFPA em desenvolver pesquisas com ligas ternárias Al-Cu-Nb. Além das aplicações tradicionais em componentes estruturais para as indústrias aeronáutica e automotiva, essas ligas apresentam potencial promissor na fabricação de dissipadores de calor para microeletrônica, devido à sua alta condutividade térmica e resistência mecânica. Estudos recentes também sugerem sua utilização como materiais avançados para blindagem eletromagnética em dispositivos eletrônicos e sistemas de comunicação, bem como em ambientes corrosivos da indústria naval e petroquímica, graças à melhoria na resistência à corrosão promovida pela presença do Nb.

Diferenciais

As maiores conclusões alcançadas a partir dos relatos sobre os experimentos desenvolvidos no presente estudo, envolvendo os processos de solidificação e TT-Tó aplicados à liga Al-3%Cu-3%Bi, podem ser destacadas considerando o conceito de processamento, estrutura, propriedades e desempenho de materiais, ensinado no curso de Ciências e Engenharia de Materiais. Observemos:

1. Ficou evidente o importante aprendizado de que a inter-relação entre processamento, estrutura, propriedades e desempenho é linear, pois, como previsto conceitualmente na literatura, constatou-se que tanto o refinamento das estruturas de solidificação como o tratamento térmico adotado atuaram como mecanismos de aumento de resistência, tendo em vista o endurecimento alcançado no presente estudo.

2. Evidenciou-se ainda que, quando submetida ao TT-Tó, essa liga demonstra ainda maior potencial de aplicação em componentes de alto desempenho que exigem combinação de leveza e resistência, como braços de suspensão automotiva, suportes estruturais para drones, trilhos de assentos de aeronaves, conectores de carga rápida para veículos elétricos e ferramentas de precisão para moldes industriais, beneficiando-se do endurecimento por precipitação e da estabilidade microestrutural alcançada com o envelhecimento artificial.

Referências

ALUMINUM ASSOCIATION. **Aluminum standards and data**. [S. l.]: The Aluminum Association, Inc., 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E18-20**: standard test method for measurement of fracture toughness. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2018.

ARAVIND, M.; YU, P.; YAU, M. Y.; H. L. NG, D. Formation of Al₂Cu and AlCu intermetallics in Al(Cu) alloy matrix composites by reaction sintering. **Materials Science and Engineering: A**, [S. l.], v. 380, n. 1-2, p. 384-393, jun. 2004. DOI: 10.1016/j.msea.2004.04.013.

AZEVEDO, H. M.; MENDES, G. H.; RODRIGUES, H. C.; ROCHA, F. S.; COSTA, T. S.; MOREIRA, A. L.; ROCHA, O. L. Effects of solidification, solution and aging processes on an AlCuNb alloy: thermal and microstructural analysis, microhardness, electrical resistivity and conductivity. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 149, p. 953-966, 2024. DOI: 10.1007/s10973-023-12739-4.

BARROS, A. dos S. **Efeitos da microestrutura de solidificação no desempenho de geração de hidrogênio de ligas Al-Zn-Sn**. 2022. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) –Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022.

BARROS, A.; CRUZ, C.; SILVA, A. P.; CHEUNG, N.; GARCIA, A.; ROCHA, O.; MOREIRA, A. Length scale of solidification microstructure tailoring corrosion resistance and microhardness in T6 heat treatment of an Al-Cu-Mg alloy. **Corrosion Engineering, Science and Technology**, [S. l.], v. 55,

n. 6, p. 471-479, 2020. DOI: 10.1080/1478422X.2020.1742410.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Brasil lidera produção global de nióbio e se destaca como principal detentor das reservas. **Matéria**. Brasília, DF: SGB, 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/w/brasil-lidera-producao-global-de-niobio-e-se-destaca-como-principal-detentor-das-reservas>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ÇADIRLI, E. Effect of solidification parameters on mechanical properties of directionally solidified Al-rich Al-Cu alloys. **Metals and Materials International**, v. 19, p. 411-422, 2013. DOI: 10.1007/s12540-013-3006-x. Acesso em: 3 jul. 2025.

DILLON, T.; MENDES, G.; AZEVEDO, H.; RODRIGUES, H.; PEREIRA, P.; ROCHA, O. Effects of growth and cooling rates via horizontal solidification of an AlCuNb alloy: a thermal, microstructural and mechanical analysis. **Transactions of the Indian Institute of Metals**, v. 75, p. 1429-1439, 2022. DOI: 10.1007/s12666-021-02501-5.

GARCIA, A. **Solidificação**: fundamentos e aplicações. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. 399 p.

KAKITANI, R.; GOUVEIA, G. L.; GARCIA, A.; CHEUNG, N.; SPINELLI, J. Thermal analysis during solidification of an Al-Cu eutectic alloy: interrelation of thermal parameters, microstructure and hardness. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, [S. l.], v. 137, p. 983-996, 2019. DOI: 10.1007/s10973-018-07992-x.

KALKANOGLU, A.; KAYA, H.; BUYUK, U.; CADIRLI, E. Influence of solidification rate and alloying elements on structure, mechanical and electrical properties of Al-Cu-X alloys. **Journal of Materials Engineering and**

Performance, [S. l.], v. 59, n. 5, p. 333-343, 2021. DOI: 10.4149/km_2021_5_333.

KURZ, W.; FISHER, J. D. Dendrite growth at the limit of stability: tip radius and spacing. **Acta Metallurgica**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 11-20, 1981. DOI: 10.1016/00016160(81)90082-1.

LI, X.; YAN, H.; WANG, Z.-W.; LI, N.; LIU, J.-L.; NIE, Q. Effect of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of a composite made of Al-Si-Cu-Mg aluminum alloy reinforced with SiC particles. **Metals**, v. 9, n. 11, p. 1205, 2019. DOI: 10.3390/met911205.

MENDES, G.; AZEVEDO, H.; DILLON, T.; RODRIGUES, H.; HOFFMANN, E.; ROCHA, O. The Cu/Nb ratio influencing microstructure, mechanical and electrical properties in as-cast Al-3Cu-xNb alloys. **Transactions of the Indian Institute of Metals**, v. 76, n. 6, p. 1453-1465, 2023. DOI: 10.1007/s12666-022-02863-4. Acesso em: 3 jul. 2025.

PALHETA, M.; RODRIGUES, H.; MACHADO, G.; AZEVEDO, H.; ROCHA, O. L. Interplay among Cu/Mg ratio, microstructure and microhardness in as-cast and heat-treated Al₃Cu_xMg alloys. **JOM**, [S. l.], v. 74, p. 2437-2449, 2022. DOI: 10.1007/s11837-022-05271-7.

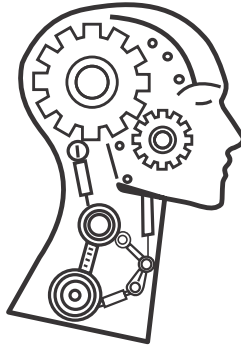
RODRIGUES, A. V.; KAKITANI, R.; SILVA, C.; GIOVANETTI, L.; DIAS, M.; HENEIN, H.; GARCIA, A.; CHEUNG, N. Influence of minor additions of Be on the eutectic modification of an Al₃₃wt.%Cu alloy solidified under transient conditions. **Metals**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 94, 2023. DOI: 10.3390/met13010094.

RODRIGUES, H.; AZEVEDO, H.; DILLON, T.; MENDES, G.; HOFFMANN, E.; FEIO, B.; C. FILHO, J.; ROCHA, O. L. Combined Effects of Nb Content, Thermal

Parameters, and Dendritic Scale Length on Electrochemical Corrosion in Horizontally Solidified Al₃Cu_xNb Alloys. **Materials Research**, São Carlos, v. 27, 2024. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2023-0415.

SJÖLANDER, E.; SEIFEDDINE, S. The heat treatment of Al-Si-Cu-Mg casting alloys. **Journal of Materials Processing Technology**, [S. l.], v. 210, n. 10, p. 1249-1259, 2010. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2010.03.020.

ZAMANI, M.; TOSCHI, S.; MORRI, A.; CESCHINI, L.; SEIFEDDINE, S. Optimisation of heat treatment of Al-Cu-(Mg-Ag) cast alloys. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 139, p. 3427-3440, ago. 2020. DOI: 10.1007/s10973-019-08702-x.



Experiência de pesquisa aplicada: estudo da solidificação e capacidade de adesão de liga de soldagem potencialmente empregada em dispositivos eletrônicos

Emerson de Jesus da Silva Braga

Melquizedeq Barbosa Carlos

Leonardo Carvalho de Oliveira

José Marcelino da Silva Dias Filho

Thiago Antônio Paixão de Sousa Costa

Introdução

Durante mais de meio século, a liga eutética Sn-40%Pb foi o alicerce da indústria de soldagem eletrônica. Seu baixo ponto de fusão, excelente molhabilidade, custo competitivo e facilidade de manufatura tornaram-na praticamente insubstituível. Contudo, o tempo, o crescimento do uso de dispositivos eletrônicos e a rápida obsolescência dos equipamentos, aliados ao descarte irregular, trouxeram à tona os riscos ambientais e

sanitários do chumbo (Pb), levando à adoção de restrições globais quanto ao seu uso.

A partir da Diretiva RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*) da União Europeia, ligas contendo chumbo passaram a ser eliminadas de produtos eletrônicos comercializados naquele continente. Rapidamente, a regulamentação se expandiu: China, Japão, Turquia e Estados Unidos passaram a seguir diretrizes semelhantes. Em poucas décadas, a substituição do sistema Sn-Pb deixou de ser uma opção e tornou-se uma exigência para a permanência no mercado global.

Frente a esse novo cenário, emergiram alternativas de ligas à base de estanho (Sn), adicionado a outros elementos, como antimônio (Sb) e cobre (Cu), em busca de propriedades similares ou superiores à liga original, mas sem os prejuízos associados ao chumbo. Entre essas, a liga Sn-5%Sb-0,5%Cu destaca-se como promissora, principalmente por apresentar bom desempenho em aplicações de soldagem de alta temperatura, estabilidade mecânica e potencial para formar juntas de qualidade.

Este artigo se propõe a compartilhar a experiência prática adquirida durante a investigação da solidificação direcional em regime transiente da liga Sn-5%Sb-0,5%Cu (% em massa). A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios do Instituto Federal do Pará (IFPA), em colaboração com o Grupo de Pesquisa em Metalurgia Física e de Transformação (GPMET). O trabalho envolveu a preparação da liga, o mapeamento térmico durante a solidificação e a análise detalhada da microestrutura gerada, além de ensaios de adesão que permitiram avaliar sua viabilidade como substituta da clássica Sn-40%Pb.

Mais do que relatar resultados experimentais, este trabalho visa a documentar, de forma sistemática, o percurso técnico-metodológico seguido, destacando as técnicas adotadas, os ajustes procedimentais necessários ao longo do processo e as implicações práticas desses

fatores sobre a qualidade dos dados obtidos. O objetivo é contribuir para a compreensão de como se conduz pesquisa aplicada em engenharia de materiais, considerando tanto as variáveis controladas do experimento quanto as interferências inerentes ao ambiente laboratorial.

Fundamentação técnica

A liga Sn40Pb, contendo 60 % de Sn e 40 % de Pb (% em massa), foi utilizada por mais de 50 anos na indústria eletrônica, devido às suas excelentes propriedades de soldagem, confiabilidade e custo acessível. No entanto, o chumbo é tóxico ao organismo humano e degradante ao meio ambiente, e sua presença em dispositivos eletrônicos passou a ser cada vez mais questionada. Com o avanço da legislação ambiental, sobretudo a diretiva europeia RoHS, sua presença foi banida de equipamentos eletrônicos comercializados na União Europeia, movimento logo acompanhado por países como China, Japão, Turquia e Estados Unidos.

Essa pressão regulatória provocou uma verdadeira corrida por substitutos tecnicamente viáveis e ambientalmente seguros – as chamadas ligas *lead-free* ou “livres de chumbo”, em tradução livre. Dentre os sistemas alternativos, as ligas do sistema Sn-Sb-Cu ganharam notoriedade, especialmente pela combinação de boas propriedades de molhamento, resistência térmica e viabilidade mecânica. Mas, como toda mudança, esse processo exigiu mais do que simples substituições: requisiu o entendimento profundo da solidificação dessas novas ligas, de suas características microestruturais e, sobretudo, das relações entre os parâmetros térmicos, microestrutura e as propriedades finais obtidas.

Nesse aspecto, enquadra-se o uso da técnica de solidificação direcional em regime transiente – um método que não apenas simula condições

industriais de resfriamento, mas que também permite mapear, em detalhe, o comportamento térmico ao longo do produto solidificado e correlacionar com as características microestruturais da liga investigada. As variáveis mais relevantes nesse contexto são a velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* (V_L) e a taxa de resfriamento (T_R). Ambas influenciam, de forma direta, a morfologia dos grãos e a distribuição de fases secundárias. Na prática, a forma como o calor é extraído da liga durante a transformação líquido/sólido determina como as fases, primária e secundárias, irão nuclear, crescer e se estruturar morfológicamente, e são essas características que definem se teremos propriedades adequadas ou não para determinada aplicação.

Modelos clássicos como os de Hunt, Kurz e Trivedi estabeleceram relações quantitativas entre V_L , T_R e os espaçamentos celulares (λ_C) e dendríticos (λ_1 , λ_2). Embora esses modelos sejam originalmente para regimes permanentes, Hunt e Lu (1996) expandiram sua aplicabilidade para regime transiente, estabelecendo que λ_C é função de V_L e λ_1 é influenciado por gradiente térmico (GL) e V_L . São equações de potência que, apesar da simplicidade aparente, têm sido fundamentais para prever, com precisão razoável, a evolução microestrutural em diferentes ligas metálicas. Equações experimentais de ligas à base de estanho obtidas para condições transientes de extração de calor também constituem resultados importantes para a melhor compreensão do comportamento microestrutural como uma função das condições térmicas impostas durante o processo de solidificação.

No sistema ternário Sn-Sb-Cu, o antimônio (Sb) age como elemento de reforço, favorecendo a formação do intermetálico SnSb e contribuindo para maior resistência mecânica. Já o cobre (Cu) participa da nucleação de compostos como Cu_6Sn_5 e, em menor escala, Cu_3Sn . A morfologia e a distribuição desses compostos determinam seu papel: quando finamente

dispersos, agem como reforço; quando se acumulam nos contornos de grão, tendem a apresentar efeito deletério às propriedades.

Estudos prévios já demonstraram que, sob condições de solidificação rápida, ocorre uma transição da morfologia dendrítica para uma estrutura celular refinada. Essa transição apresenta relevância para a engenharia, pois influencia diretamente no comportamento mecânico da liga e, portanto, na qualidade da junta a ser soldada.

Nesse contexto, o presente trabalho foi concebido com o objetivo de desenvolver uma análise experimental e correlacionar com resultados existentes na literatura. A proposta foi acompanhar as variáveis térmicas durante a solidificação, caracterizar microestruturalmente a liga investigada e, finalmente, testar a adesão da liga ao substrato de cobre.

Vivência experimental no laboratório

Este trabalho foi desenvolvido nas instalações do IFPA, com suporte técnico e científico do GPMET. Desde o início, o projeto foi orientado por uma convicção simples, mas exigente: compreender, em escala prática, como a liga Sn-5%Sb-0,5%Cu responde a um processo de solidificação direcional vertical sob regime transiente e qual a capacidade de adesão a um substrato de cobre em soldagem simulada.

A primeira etapa foi a preparação da liga metálica. Os metais puros – estanho (Sn), antimônio (Sb) e cobre (Cu) – foram pesados com precisão analítica, respeitando a composição alvo. Essa etapa, aparentemente mecânica, exigiu atenção redobrada: o cobre, com ponto de fusão elevado, apresentou maior resistência à homogeneização no estanho fundido. Para garantir a completa dissolução, foi necessário realizar a fusão do estanho e manter a mistura em agitação constante, minimizando perdas por oxidação

e garantindo a total difusão do cobre na matriz líquida.

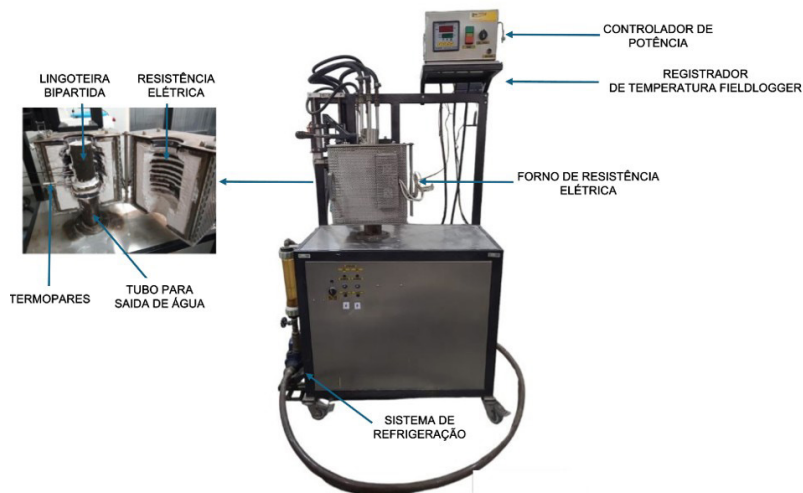


Figura 1 - Dispositivo de solidificação direcional vertical ascendente

Fonte: os autores

Com a liga no estado líquido, procedeu-se à etapa crítica: a solidificação direcional. A lingoteira (molde) já devidamente instrumentada foi posicionada no interior do dispositivo de solidificação direcional vertical ascendente (figura 1), método escolhido por favorecer a condução térmica unidimensional e minimizar os efeitos de convecção térmica e solutal. O sistema de arrefecimento a água, situado na parte inferior do dispositivo, e o aquecimento realizado pelas resistências elétricas localizadas na câmara de aquecimento garantiram que a transferência de calor ocorresse majoritariamente pela base. Os termopares estrategicamente posicionados na lingoteira permitiram registrar, a uma frequência de 5 hertz (5 coletas por segundo), o perfil térmico durante todo o processo de resfriamento até a completa solidificação da liga.

Após o resfriamento até a temperatura ambiente, o lingote foi extraído

e seccionado longitudinalmente e transversalmente ao fluxo de extração de calor para as análises macro e microestruturais. A continuidade da preparação metalográfica foi conduzida com lixas e pastas abrasivas de diferentes granulometrias. As amostras foram analisadas, então, por microscopia óptica e, em pontos selecionados, por microscopia eletrônica de varredura (MEV), com apoio da espectroscopia por dispersão de energia (EDS) e difração de raios X (DRX).

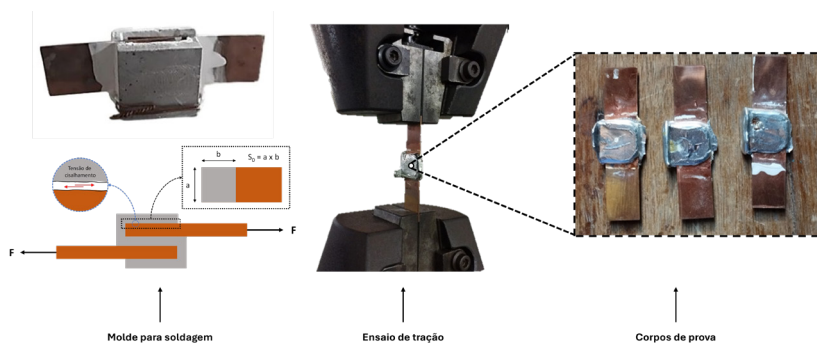


Figura 2 – Molde desenvolvido, corpos de prova produzidos e ensaio realizado para determinação da capacidade de adesão liga/substrato

Fonte: os autores

Por fim, chegou-se à etapa do ensaio de adesão – uma fase que exigiu não apenas técnica, mas criatividade. Como não havia método normatizado para esse tipo de avaliação na configuração proposta, foi necessário desenvolver um protocolo próprio, inspirado em ensaios de tração. Amostras da liga foram fundidas e soldadas a substratos de cobre utilizando um molde metálico com cavidades padronizadas, conforme ilustrado na figura 2. Após solidificação, os corpos de prova foram submetidos à máquina universal de ensaios mecânicos. O registro da força máxima suportada pela junta antes do destacamento permitiu calcular a

capacidade de adesão.

Essa vivência experimental foi, acima de tudo, um exercício de adaptação. Nem tudo saiu como o planejado – e, talvez, aí resida o valor maior da experiência: entender que, na prática laboratorial, cada ruído nos dados, cada variável adotada e cada imprevisto ocorrido carregam informações que não se aprendem nos livros: aprende-se no contato direto com o material, na observação atenta dos resultados obtidos e daqueles existentes na literatura, e na disposição de refazer – quantas vezes for necessário.

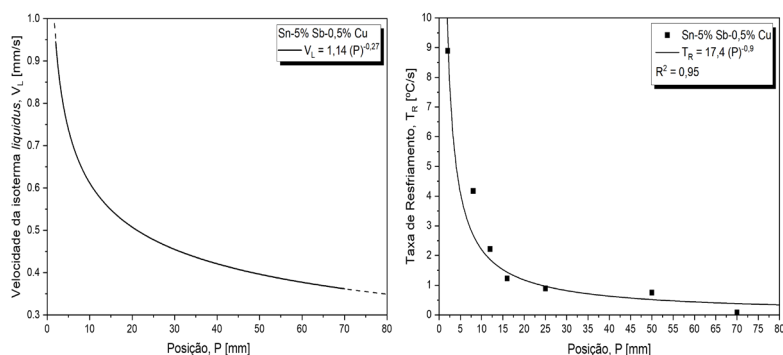


Figura 3 - Velocidade de solidificação (V_L) e taxa de resfriamento (T_R) em função da posição ao longo do lingote

Fonte: os autores

Resultados práticos e tecnológicos

Os dados obtidos ao longo dos procedimentos experimentais revelaram características importantes sobre a liga Sn-5%Sb-0,5%Cu solidificada direcionalmente em regime transiente. A partir dos termopares, foram registradas curvas de resfriamento ao longo de diferentes posições

(alturas) do lingote. A análise desses perfis térmicos permitiu calcular duas variáveis fundamentais: a velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* (V_L) e a taxa de resfriamento (T_R). Conforme ilustrado na figura 3, observou-se que ambas apresentaram comportamento decrescente ao longo da altura do lingote – o que já era esperado, dada a transferência progressiva de calor e o afastamento da base refrigerada, com a formação da camada solidificada e o consequente aumento da resistência térmica. Em termos quantitativos, a V_L inicial situou-se na faixa de 0,95 mm/s, reduzindo-se a valores próximos de 0,36 mm/s nas regiões superiores do lingote. Já a T_R variou de cerca de 8,90 K/s na base para valores inferiores a 0,1 K/s no topo.

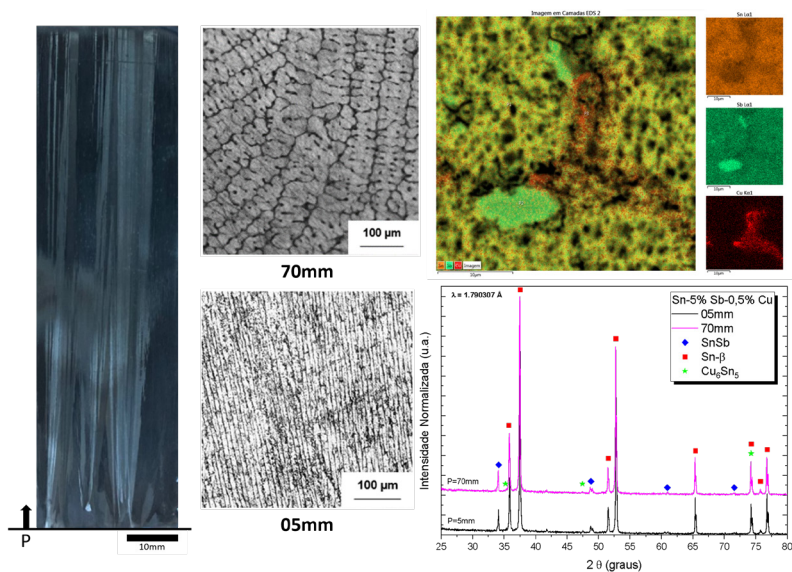


Figura 4 – Macroestrutura, microestruturas via MO e MEV e DRX

Fonte: os autores

Essas variações refletiram-se diretamente na macroestrutura do lingote (figura 4). A ausência de transição colunar-equiaxial foi um dos achados mais relevantes. A estrutura permaneceu colunar ao longo de todo o comprimento – indício claro de que a transferência de calor foi direcional e dominante pela base do lingote, sem perturbações convectivas significativas. Essa característica é especialmente desejável em aplicações que exigem integridade direcional e estabilidade dimensional da junta soldada.

Em escala microestrutural, observou-se mudanças marcantes na morfologia da fase β -Sn. Na figura 4, pode ser observado que, nas regiões inferiores, de maiores T_R e V_L , predominaram estruturas celulares finas e alinhadas da fase β -Sn com compostos intermetálicos SnSb e Cu_6Sn_5 nos contornos. À medida que se progredia para o topo do lingote, a morfologia tornava-se progressivamente dendrítica, com precipitação de SnSb e Cu_6Sn_5 mais grosseiros na região interdendrítica. Esses resultados dialogam bem com os modelos teóricos e pesquisas anteriormente realizadas com ligas do sistema Sn-Sb-(Cu), indicando que a redução da T_R e velocidade nas regiões mais distantes do molde favorecem o crescimento de ramificações laterais – fenômeno clássico em transições microestruturais induzidas por super-resfriamento constitucional.

Do ponto de vista prático, uma das etapas mais significativas foi o ensaio de adesão. Ao comparar a liga Sn-5%Sb-0,5%Cu com a liga Sn-40%Pb, comercial e amplamente consolidada, os resultados obtidos foram surpreendentemente próximos. A liga Pb-Free apresentou força de adesão média apenas ligeiramente inferior à da referência com chumbo, mesmo não contendo fluxo em sua formulação. Isso indica que a liga proposta, além de ambientalmente mais segura, possui desempenho técnico compatível com as exigências do setor eletrônico, podendo se tornar uma alternativa real, ao menos para aplicações de média exigência mecânica.

Esses achados têm implicações tecnológicas diretas. A possibilidade de controlar a morfologia da microestrutura por meio da manipulação das variáveis térmicas abre caminho para a personalização do desempenho da junta soldada conforme a aplicação final. Além disso, a viabilidade de substituir a Sn-40%Pb por uma liga ternária sem prejuízo significativo na adesão representa um avanço relevante para a indústria, em especial àquela comprometida com normas ambientais e segurança ocupacional.

Ao final, os resultados sugerem que o caminho da substituição do chumbo passa necessariamente por entender as fases formadas durante a solidificação, não apenas como fenômenos físicos, mas como variáveis de projeto. A microestrutura, afinal, não é um subproduto do processo – é seu objetivo.

Análise crítica e lições aprendidas

Toda pesquisa experimental, por mais cuidadosamente planejada, é também um território de descobertas não antecipadas. Neste trabalho, ao longo das etapas de preparação da liga, caracterizações microestruturais e análises de adesão, algumas certezas iniciais se reafirmaram, outras precisaram de adequações – e, entre erros e acertos, emergiram aprendizados que dificilmente seriam obtidos por vias puramente teóricas.

A primeira constatação relevante foi o quão sensível é o processo de solidificação às condições operacionais aparentemente secundárias. Detalhes como a correta preparação do cadinho, da lingoteira, o posicionamento dos termopares, a rugosidade da chapa metal/molde, todos impactaram o experimento de solidificação e, por consequência, os resultados alcançados. Compreendeu-se, por vivência direta, que, na metalurgia experimental, a precisão não se alcança apenas com

equipamentos adequados, mas com a execução de todas as etapas de maneira cuidadosa e com rigor acadêmico.

Outro ponto de inflexão ocorreu durante a etapa de soldagem dos corpos de prova para o ensaio de adesão. A ausência de um método normatizado exigiu a criação de um protocolo próprio, e isso implicou revisões sucessivas na geometria do molde metálico, na temperatura de vazamento da liga, na temperatura de pré-aquecimento do molde e até na fixação dos corpos de prova na máquina de ensaio de tração. Algumas das primeiras amostras, por exemplo, deslizaram da garra antes de ocorrer o “rompimento” do cordão de solda, precisando, os seus resultados, serem descartados.

Também aprendeu-se, de forma quase intuitiva, a “ler” o comportamento da liga durante o polimento metalográfico. A dureza diferenciada entre matriz e compostos intermetálicos exigia um toque mais leve, um tempo mais longo, um pano adicionado de menos abrasivo. Essas são decisões que não constam em fichas técnicas, mas que fazem toda a diferença entre uma imagem confusa e uma micrografia nítida e confiável.

Do ponto de vista dos resultados, a boa performance da liga Sn-5%Sb-0,5%Cu no teste de adesão foi, ao mesmo tempo, uma conquista e uma provocação. Por um lado, mostrou que é possível desenvolver ligas livres de chumbo competitivas; por outro, apontou que a ausência de fluxo – usual nas ligas comerciais – pode ser um limitador em ambientes de maior complexidade, como substratos oxidados ou com geometria irregular. Isso reforça a necessidade de considerar o sistema solda-substrato de maneira integrada, e não apenas a liga isoladamente.

Por fim, talvez a lição mais valiosa tenha sido metodológica: compreender que o avanço técnico não se dá apenas pela busca de respostas, mas pela formulação de perguntas melhores. Em várias etapas do processo, em vez de repetir procedimentos que pareciam ineficazes, optou-se por

questionar o pressuposto. E isso, embora exija mais tempo, leva quase sempre a soluções mais robustas – e, acima de tudo, mais compreendidas.

Ao término do experimento, fica evidente que a jornada científica é feita de medições e cálculos, sim, mas também de hesitações, reformulações e escolhas que nem sempre cabem nos resultados, mas que moldam o pesquisador tanto quanto moldam o material estudado.

Conclusão

A experiência relatada neste artigo permitiu não apenas validar o comportamento da liga Sn-5%Sb-0,5%Cu sob condições de solidificação direcional em regime transiente, mas também exercitar, na prática, os fundamentos que sustentam a engenharia metalúrgica enquanto ciência aplicada. A partir da coleta dos dados térmicos e da análise macro e microestrutural em diferentes regiões do lingote, foi possível traçar um panorama coerente entre parâmetros operacionais, morfologia final e desempenho mecânico da liga – com destaque para sua capacidade de adesão em substrato de cobre.

Os resultados indicaram que a liga proposta, livre de chumbo, apresenta comportamento competitivo frente à tradicional Sn-40%Pb, especialmente em termos de adesão, mesmo sem o uso de fluxo. A estrutura colunar uniforme, obtida ao longo de todo o lingote, e a presença de fases intermetálicas distribuídas de forma controlada sugerem que o sistema de solidificação adotado foi eficaz em garantir um gradiente térmico estável e direção de crescimento favorável.

Mais do que números, entretanto, este trabalho expôs a importância do controle de detalhes no ambiente laboratorial – desde o preparo da liga até o corte final dos corpos de prova. Ficou evidente que a engenharia de

materiais é feita não só de equações e modelos, mas também de escuta atenta à resposta da matéria, de interpretação sensível do inesperado e da humildade metodológica que permite repensar caminhos, sempre que necessário.

O estudo contribui, ainda que modestamente, para o debate mais amplo sobre a substituição de ligas contendo chumbo. Mostra que, com critério técnico e entendimento microestrutural aprofundado, é possível desenvolver alternativas viáveis, ambientalmente mais seguras e funcionalmente robustas. O trabalho permanece, contudo, aberto: há ainda desafios a enfrentar em ambientes de soldagem real, com variações de geometria, oxidação superficial e ciclos térmicos mais agressivos.

Referências

BIELER, T. R.; LEE, T. K. Lead-free solder. **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**. [Online], 2017. DOI:10.1016/B978-0-12-803581-8.09205-5.

CHENG, S.; HUANG, C-M.; PECHT, M. A review of lead-free solders for electronics applications. **Microelectronics Reliability**, v. 75, p. 77-95, 2017. DOI: 10.1016/J.MICRO

REL.2017.06.016.

CRUZ, C.; SOARES, T.; BARROS, A.; GARCIA, A.; CHEUNG, N. The influence of interfacial thermal conductance on the tensile strength of a Sn-Mg solder alloy. **Metals**, v. 13, n. 1813, 2023. DOI: 10.3390/met13111813.

DANTAS, S. L. A.; SOUZA, A. L. R.; SPINELLI, J. E.; CORREA, M. A.; SILVA, B. L. Tailoring microstructural and electrical properties of hypoeutectic Sn-Cu through Ni doping. **J Electron Mater**, v. 52, n. 12, p. 7972-7978, 2023. DOI:10.1007/s11664-023-10713-2.

DESIGN CHAIN ASSOCIATES. China ROHS Solutions. **Site**. Disponível em: <http://www.chinarohs.com/>. Acesso em: 7 jul. 2025.

DIAS, M.; COSTA, T.; ROCHA, O.; SPINELLI, J. E.; CHEUNG, N.; GARCIA, A. Interconnection of thermal parameters, microstructure and mechanical properties in directionally solidified Sn-Sb lead-free solder alloys. **Mater Charact**, v. 106, 2015. DOI: 10.1016/j.matchar.2015.05.015.

DIAS, M.; COSTA, T. A.; SOARES, T.; SILVA, B. L.; CHEUNG, N.; SPINELLI, J. E.; GARCIA, A. Tailoring morphology and size of microstructure and tensile

properties of Sn-5.5 wt.%Sb-1 wt.%(Cu,Ag) solder alloys. **J Electron Mater**, v. 47, n. 2, 2018. DOI: 10.1007/s11664-017-5837-6.

DIAS, M.; COSTA, T. A.; SILVA, B. L.; SPINELLI, J. E.; CHEUNG, N.; GARCIA, A. A comparative analysis of microstructural features, tensile properties and wettability of hypoperitectic and peritectic Sn-Sb solder alloys. **Microelectronics Reliability**, v. 81, p. 150-158, 2018. DOI: 10.1016/j.microrel.2017.12.029.

DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. **Official Journal of the European Union**, Brussels, 27 jan. 2003.

EL-DALY, A. A.; FAWZY, A.; MOHAMAD, A. Z.; EL-TAHER, A. M. Microstructural evolution and tensile properties of Sn-5Sb solder alloy containing small amount of Ag and Cu. **J Alloys Compd**, v. 509, p. 4574-4582, 2011. DOI: 10.1016/j.jallcom.2011.01.109.

ERNST, B.; KUBASCHINSKI, P.; SCHIESSL, A.; WALTZ, M.; HÖPPEL, H. W.; TETZLAFF, U. Comparison of the Young's modulus of the lead-free solder alloy Sn-Ag3.8-Cu0.7 determined by hot tensile tests, ultrasonic measurements and β -Sn single crystal calculations. **Materials Science and Engineering: A**, v. 916, p. 147354, 2024. DOI: 10.1016/J.MSEA.2024.147354.

ESTADOS UNIDOS. Estado da California. **Electronic Hazardous Waste (E-Waste)**. Sacramento: Department of Toxic Substances Control, 2025. Disponível em: <https://dtsc.ca.gov/electronic-hazardous-waste/>. Acesso em: 7 jul. 2025.

FAN, J.; WANG, J.; WANG, X.; LIU, Z.; WU, S.; WANG, Y.; LI, Y.; ZHOU, X.; WEI, S. Enhance mechanical property and electrical conductivity simultaneously of Sn–Cu–Co solder alloys by directional solidification. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 29, n. 5, p. 2585–2596, 2024. DOI: 10.1016/j.jmrt.2024.02.022.

GARCIA, A. **Solidificação**: fundamentos e aplicações. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Solidifica%C3%A7%C3%A3o.html?id=hScrtwAACAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 29 abr. 2019.

HUNT, J. D.; LU, S. Z. Numerical modeling of cellular/dendritic array growth: spacing and structure predictions. **Metall Mater Trans A Phys Metall Mater Sci**, v. 27, n. 3, p. 611–623, 1996. DOI: 10.1007/BF02648950.

INTERTEK. Turkey Announces RoHS Legislation. **Site**. Disponível em: <https://www.intertek.com/news/2008/10-28-turkey-announces-rohs-legislation>. Acesso em: 7 jul. 2025.

J-MOSS. Japanese RoHS. **Site**. Disponível em: https://home.jeita.or.jp/eps/jmoss_en.htm. Acesso em: 7 jul. 2025.

JACKSON, K. A.; HUNT, J. D. Lamellar and rod eutectic growth. In: PELCÉ, P (ed.). **Dynamics of curved fronts**. Amsterdã: Academic Press/Elsevier, 1988. p. 363–376. DOI: 10.1016/b978-0-08-092523-3.50040-x.

KURZ, W.; FISHER, D. J.; TRIVEDI, R. Progress in modelling solidification microstructures in metals and alloys: dendrites and cells from 1700 to 2000. **International Materials Reviews**, [Online], ago. 2019. DOI: 10.1080/09506608.2018.1537090.

LIMA, T. S.; SILVA, B. L.; GARCIA, A.; CHEUNG, N.; SPINELLI, J. E. Dendritic and eutectic growth of Sn–0.5 wt.%Cu solders with low alloying Al levels. **Proceedings**, Institution of Mechanical Engineers, Part L, Journal of Materials, Design and Applications, v. 233, n. 9, p. 1733–1737, 2019. DOI: 10.1177/1464420718784314.

LIMA, T. S.; GOUVEIA, G. L. DE; SEPTIMIO, R. da S.; CRUZ, C. B. da; SILVA, B. L.; BRITO, C.; SPINELLI, J. E.; CHEUNG, N. Sn-0.5Cu(-x)Al solder alloys: Microstructure-related aspects and tensile properties responses. **Metals (Basel)**, v. 9, n. 2, 2019. DOI: 10.3390/met9020241.

ROCHA, O. L.; COSTA, T. A.; DIAS, M.; GARCIA, A. Cellular/dendritic transition, dendritic growth and microhardness in directionally solidified monophasic Sn-2%Sb alloy. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China** [english edition], [s. l.], v. 28, n. 8, 2018. DOI: 10.1016/S1003-6326(18)64811-3.

SEBO, P[✓]; SVEC, P[✓]; JANIČKOVIČ, D.; ILLEKOVÁ, E.; PLEVACHUK, Y. Interface between Sn-Sb-Cu solder and copper substrate. **Materials Science and Engineering A**, v. 528, p. 5955–5960, 2011. DOI: 10.1016/j.msea.2011.04.008.

TRIVEDI, R.; SEKHAR, J. A.; SEETHARAMAN, V. Solidification microstructures near the limit of absolute stability. **Metallurgical Transactions A**, v. 20, n. 4, p. 769–777, 1989. DOI: 10.1007/BF02667594.

XU, S.; LI, Y.; JING, X.; PAIK, K. W.; HE, P.; ZHANG, S. The grain refinements effect of Zn alloying on low-temperature Sn–Bi–In lead-free solder. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 29, p. 2272–2278, 2024. DOI: 10.1016/JJMRT.2024.02.017.

YU, Z.; DU, W.; QIANG, J.; YANG, X.; YANG, Z. Intermetallic compound evolution and mechanical properties of Sn-0.7Cu-0.1Ni-xZn lead-free solder alloys prepared by directional solidification. **Mater Today Commun**, [s. l.], v. 38, p. 107754, 2024. DOI: 10.1016/J.MTCOMM.2023.107754.

Parte II

Apresentação

Tecnologias aplicadas ao território e à sustentabilidade

Se, na Parte I, a inovação se estrutura a partir da matéria e dos processos, nesta seção ela ganha território, corpo social e sentido prático. Aqui, a tecnologia deixa de ser apenas desenvolvimento técnico e passa a se afirmar como prática situada, construída em diálogo com realidades concretas, com os modos de vida e com os desafios da Amazônia.

O capítulo *“Elaboração, otimização e caracterização de biscoitos com farinha de casca de abacaxi: uma alternativa tecnológica ao desperdício agroindustrial”*, de Monique Damasceno Pinto, Consuelo Lucia Sousa, Lucia de F. H. Lourenço, Suezilde C. Amaral Ribeiro e Maria Regina S. Peixoto Joele, abre esta seção enfrentando um problema concreto da cadeia produtiva: o descarte de resíduos com alto valor nutricional. Ao transformar a casca de abacaxi em farinha e incorporá-la à produção de biscoitos tipo cookie, o estudo demonstra a viabilidade técnica e a aceitação do produto, com destaque para o elevado teor de fibras e os resultados sensoriais obtidos. Trata-se de uma solução que reposiciona o resíduo como recurso e evidencia possibilidades de inovação no próprio processo produtivo.

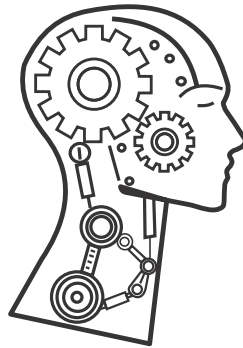
Na sequência, o capítulo *“Entre saberes e sustento: o protagonismo*

feminino e a multifuncionalidade dos quintais agroflorestais (QAF) do Território Quilombola Tipitinga”, de Alberani Pinheiro Maciel, Roberta de Fátima Rodrigues Coelho, Louise Ferreira Rosal e Romier da Paixão Sousa, desloca o olhar para os sistemas produtivos que já existem no território. Nos quintais agroflorestais, a produção de alimentos, a geração de renda e a preservação cultural se articulam em práticas diversas, sustentadas por saberes transmitidos entre gerações. O texto evidencia o papel das mulheres nesse processo e revela que a inovação também se constrói no reconhecimento e fortalecimento dessas práticas.

Encerrando esta seção, o capítulo “*Vibra Amazônia: vestindo o mundo de floresta*”, de Lícia Amazonas Calandrini Braga, Liz Carmem Silva-Pereira e Helder Marques Batista, apresenta um movimento que leva essa relação com o território para o campo do empreendedorismo. A proposta nasce de um estudo de prospecção tecnológica e se desdobra na criação de uma marca que articula design, identidade amazônica e uso de insumos regionais, com registro de propriedade intelectual e estruturação de um modelo de negócio. A tecnologia, nesse caso, está tanto no produto quanto na forma de organizar e posicionar a iniciativa.

Lidos em conjunto, os três capítulos formam um percurso bastante claro: partem da transformação de recursos, passam pela organização de sistemas produtivos locais e chegam à construção de propostas com potencial de inserção econômica. Ao longo desta seção, o que se evidencia é uma aproximação constante entre conhecimento e realidade. Seja no aproveitamento de resíduos, no cotidiano dos quintais ou na criação de um empreendimento, os textos mostram experiências que nascem de problemas concretos e retornam a eles em forma de solução. É nesse movimento que esta seção se sustenta... e que orienta a leitura dos capítulos a seguir.

Diego da Silva Smith



Elaboração, otimização e caracterização de biscoitos com farinha de casca de abacaxi: uma alternativa tecnológica ao desperdício agroindustrial

Monique Damasceno Pinto

Consuelo Lucia Sousa

Lucia de F. H. Lourenço

Suezilde C. Amaral Ribeiro

Maria Regina S. Peixoto Joele

Introdução

O estado do Pará consolidou-se como o principal produtor nacional de abacaxi, representando cerca de 22 % da produção brasileira, com aproximadamente 343 milhões de frutos colhidos na safra 2023/2024. Esse desempenho é favorecido por condições climáticas ideais, disponibilidade de áreas cultiváveis e produtividade superior à média nacional, com destaque para o município de Floresta do Araguaia, responsável por cerca de 74 % da produção estadual (Agência Pará, 2023; Agrosustentar, 2024).

O desenvolvimento da agroindústria brasileira tem ocorrido de forma

acelerada nos últimos anos em resposta à crescente demanda por alimentos, o que também gerou um aumento expressivo na produção de resíduos orgânicos (Dal'Toé; Fiorese, 2012). Entre esses resíduos, destacam-se cascas, talos, coroas e cilindros do abacaxi, considerados subprodutos de baixo valor comercial, mas com alto potencial nutricional por conterem fibras alimentares, minerais, compostos bioativos e enzimas, como a bromelina (Martin et al., 2012; Dias et al., 2023).

A preocupação crescente com os impactos ambientais e com os altos índices de desperdício na indústria alimentícia tem impulsionado a busca por soluções sustentáveis, como o aproveitamento de resíduos vegetais na formulação de alimentos funcionais. Subprodutos como cascas, sementes e bagaços são fontes viáveis de fibras, proteínas, lipídios e antioxidantes, e podem ser reaproveitados tanto para consumo humano quanto para formulações de ração e fertilizantes (Garmus et al., 2009; Oliveira et al., 2022).

O reaproveitamento desses resíduos, principalmente na forma de farinhas, pode suprir parte da necessidade de fibras alimentares na dieta da população, conferindo propriedades funcionais aos alimentos. Além disso, do ponto de vista tecnológico, essas farinhas contribuem para a melhoria de textura, cor, sabor e valor nutricional dos produtos (Santana et al., 2011; Medeiros; Sousa; Santos, 2021).

Uma alternativa viável do ponto de vista econômico e tecnológico é o enriquecimento de produtos alimentícios com farinhas mistas oriundas de frutas e hortaliças, contribuindo para melhorar o perfil nutricional e reduzir deficiências decorrentes da mudança nos hábitos alimentares (Santana et al., 2011). Alimentos como biscoitos podem se beneficiar dessas adições, apresentando-se como produtos saudáveis e com maior valor agregado (Aquino et al., 2010; Sousa et al., 2022).

Os biscoitos são alimentos amplamente consumidos por todas as classes sociais no Brasil e no mundo. O mercado brasileiro é um dos maiores do mundo, ocupando a segunda posição em produção, com cerca de 1,2 milhão de toneladas em 2013 (Anib, 2013). Os biscoitos doces representam a maior fatia desse mercado, tornando-se um veículo atrativo para inovação tecnológica e nutricional.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver biscoitos tipo cookie com diferentes concentrações de farinha de casca de abacaxi e fécula de mandioca, avaliando os efeitos nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais do produto.

Descrição

Prática desenvolvida

Foram elaborados biscoitos tipo cookie utilizando farinha obtida a partir de resíduos (cascas) do processamento de abacaxi – *Ananas comosus* (L.) Merrill – cedidos pela Cooperativa dos Fruticultores de Abaetetuba (Cofruta), e fécula de mandioca, adquirida no comércio local.

As cascas de abacaxi passaram por um processo de higienização, sendo inicialmente lavadas em água corrente e, em seguida, imersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,2 % por 15 minutos. Depois, foram enxaguadas em água corrente e submetidas ao branqueamento em água aquecida a 90 °C por 30 segundos, com o objetivo de inativar enzimas indesejáveis e preservar as características sensoriais e nutricionais do material.

Posteriormente, as cascas foram cortadas em pequenos pedaços, trituradas em processador industrial e prensadas para remoção parcial da umidade livre. O material obtido foi distribuído em camadas finas

sobre telas milimétricas de secagem e levado à estufa de circulação de ar forçada (marca Tecnal, modelo TE-394/2), a temperaturas de 60 °C e 70 °C, previamente selecionadas em testes preliminares com base no melhor coeficiente de determinação (R^2) e na maior difusividade efetiva observada.

Durante o processo de secagem, o conjunto (telas com as cascas) foi submetido a pesagens regulares, utilizando balança semi-analítica (marca Shimadzu). As medições foram realizadas a cada 20 minutos durante a primeira hora e, posteriormente, a cada 30 minutos, até que se atingisse o equilíbrio dinâmico, indicando a estabilização do teor de umidade. As curvas de secagem foram construídas de acordo com a Segunda Lei de Fick, e os resultados da difusividade efetiva calculados conforme a geometria de placa plana infinita (equação 1).

$$MR = (X_{wt} - X_{we}) / (X_{w0} - X_{we}) \quad (1)$$

Onde: MR = razão de umidade; X_{wt} = teor de umidade do produto, em base seca; X_{w0} = teor de umidade inicial do produto, em base seca; X_{we} = teor de água de equilíbrio do produto, em base seca.

O ajuste dos modelos aos dados experimentais da secagem utilizou o programa Statistica® versão 7.0 (Statsoft Inc., 2004), por meio de análise de regressão não linear e linear. A qualidade dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi avaliada pelo coeficiente de correlação (CC) e pelo módulo do desvio relativo médio (P) (equação 2). Um modelo é considerado aceitável se o valor de P for menor que 10 % e se apresentar alto valor de R^2 (Lewicki, 2009).

$$P = \frac{100}{N} \sum_{n=1}^N \frac{|V_{\text{exp}} - V_{\text{pre}}|}{V_{\text{exp}}}$$

Onde: desvio relativo médio, V_{exp} e V_{pre} são adimensionais, V experimental e predito, respectivamente; N , o número de observações.

Posteriormente, todo o material foi triturado em moinho de facas (Marca Labor), e a farinha obtida foi acondicionada em recipiente de vidro estéril e armazenada em temperatura ambiente, protegida da luz.

A formulação dos biscoitos foi realizada com base em um Planejamento Fatorial Composto Central Rotacional 2^2 , totalizando 11 experimentos. Desses, 4 corresponderam aos níveis fatoriais -1 e +1; 4, aos pontos axiais - α e + α (com $\alpha = \pm 1,41$); e 3 foram realizados no ponto central (nível 0). Os dados obtidos nos ensaios foram ajustados a um modelo polinomial do tipo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1t + \beta_{11}t^2 + \beta_2T + \beta_{22}T^2 + \beta_{12}tT \quad (3)$$

Onde: β_n = coeficientes de regressão; Y = resposta (sabor e textura); t = variável independente (farinha da casca de abacaxi); T = variável independente (fécula de mandioca).

A tabela 1 apresenta os valores das variáveis independentes codificadas e os ensaios realizados para o planejamento experimental.

Tabela 1 – Variáveis independentes codificadas

Variáveis	1,41	1	0	1	1,41
Farinha da casca de abacaxi	3	5	9	13	15
Fécula de mandioca	4	5	7,5	10	11

Os biscoitos de farinha da casca de abacaxi e fécula de mandioca foram elaborados utilizando formulações propostas por Fasolin *et al.* (2007). Os ingredientes farinha de trigo, margarina e açúcar foram pesados e misturados para se obter uma massa homogênea, na qual foi adicionado o mix de farinhas (fécula de mandioca e farinha de abacaxi). Em seguida, os biscoitos foram moldados e submetidos à temperatura de 200 °C por 15 minutos em forno elétrico. Os biscoitos foram resfriados em temperatura ambiente e embalados em sacos de polietileno.

Nas amostras de cascas e farinha de abacaxi, foram realizadas a contagem de coliformes a 45 °C, bolores e leveduras e a pesquisa de *Salmonella spp.* Nos biscoitos, segundo a legislação vigente (Brasil, 2019), foram feitas a contagem de coliformes a 45 °C, *estafilococcus coagulase* positiva e a pesquisa de *Salmonella spp.* Todas as análises seguiram metodologia descrita por Downes e Ito (2001).

Foram realizadas análises físico-químicas na casca, nas farinhas de abacaxi e nos biscoitos, incluindo determinação de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e pH, conforme os métodos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). A atividade de água (A_w) foi determinada utilizando-se um termo-higrômetro digital AQUAlab 4TE (Decagon Devices), operando a $25\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$. A cor instrumental foi avaliada com o auxílio de um colorímetro Minolta, modelo CR-400, registrando-se os valores de luminosidade (L^*) e as coordenadas de cromaticidade a^* (vermelho-verde) e b^* (amarelo-azul).

Além disso, foram analisados a acidez total titulável na casca e nas farinhas, de acordo com a AOAC (2019), e o teor de carboidratos nos biscoitos, conforme metodologia preconizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa (Brasil, 2005). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A avaliação sensorial da textura e do sabor das amostras foi realizada por 60 provadores, de ambos os sexos, selecionados aleatoriamente. Utilizou-se uma escala hedônica não estruturada de 9 centímetros para a análise descritiva, e as amostras foram servidas individualmente, codificadas com números de três dígitos para garantir a aleatoriedade e evitar vieses. Os ensaios sensoriais empregados nesta pesquisa foram aprovados por comitê de ética (CAAE: 25855619.0.0000.8104).

Para a avaliação da aceitação global do biscoito otimizado, aplicou-se uma escala hedônica estruturada de nove pontos, variando entre os extremos “Gostei muitíssimo” (nota 9) e “Desgostei muitíssimo” (nota 1) (Dutcosky, 2019). O Índice de Aceitabilidade (IA) foi calculado conforme a equação 4, utilizando como base a nota máxima atribuída (9), em que P representa a soma das notas atribuídas pelos provadores e N, o número total de participantes, sendo o valor final expresso em percentual.

$$IA (\%) = \{[(9.P)+\dots+(1. P)]/(9.N)\} \times 100 \quad (4)$$

Resultados do projeto

O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$) obtido para as temperaturas de 60 °C e 70 °C indicou que o modelo matemático baseado na Lei de Fick descreveu adequadamente as curvas de secagem. Os valores do erro percentual médio (P %) foram inferiores a 10 %, o que confirma o bom ajuste do modelo à equação proposta. Observou-se um aumento da difusividade efetiva com a elevação da temperatura, sendo de $2,57 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ a 60 °C e de $3,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ a 70 °C. Com base nesses resultados, a temperatura de 70 °C foi selecionada para o processo de secagem da casca do abacaxi. A difusividade efetiva representa os efeitos internos provocados pela secagem nos alimentos e é influenciada, principalmente,

pela umidade do material e pela temperatura do ar, conforme descrito por Doymaz (2004).

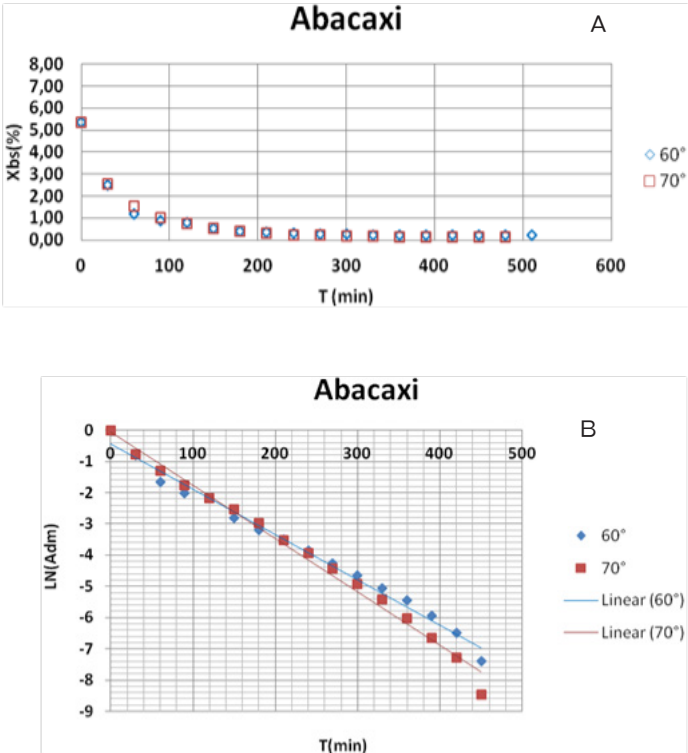


Figura 1 - Cinética da secagem da casca de abacaxi nas temperaturas de 60 °C e 70 °C: (A) gráfico em escala semilog para ajuste do modelo de Fick; (B) efeito da temperatura

Fonte:

A figura 1A mostra o ajuste do modelo de Fick à secagem das cascas de abacaxi nas temperaturas de 60 °C e 70 °C, representado em escala semilogarítmica. Observou-se que o aumento da temperatura promoveu maior encolhimento das cascas. De acordo com Mayor e Sereno (2004), esse efeito está associado ao aumento do volume de água removida, que

gera tensões internas de contração mais intensas em materiais biológicos. As curvas de secagem apresentadas na figura 1B exibiram comportamentos semelhantes em ambas as temperaturas, com apenas uma leve diferença no tempo total de secagem.

Os resultados das análises de coliformes à 45 °C (número mais provável por grama), *Salmonella* (25 gramas) e bolores e leveduras encontram-se abaixo dos padrões máximos estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2019), indicando qualidade microbiológica satisfatória. A utilização de resíduos agroindustriais, como a casca de abacaxi, tem sido estudada visando à obtenção de ingredientes seguros e funcionais. A secagem é uma das principais estratégias de conservação, e estudos recentes mostram que, mesmo em temperaturas elevadas (60-70 °C), é possível manter a qualidade estrutural e microbiológica do produto (Hirunpraditkoon, Phoonthong, 2020; Carvalho *et al.*, 2025). A secagem a vácuo, por exemplo, tem se destacado por preservar melhor cor, textura e bioativos (Ahmad; Zaidi, 2022).

O resíduo analisado apresentou teor de umidade elevado (tabela 2), evidenciando a necessidade de um método de conservação eficaz, como a desidratação, para garantir maior estabilidade e vida útil – resultados semelhantes foram observados por Sousa *et al.* (2011) ao avaliarem a casca de maracujá *in natura*. Após o processo de secagem, no entanto, a farinha obtida a partir da casca de abacaxi apresentou teor de umidade inferior ao limite máximo de 15 % estabelecido pelo Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos e Farinhas (Brasil, 2005), atendendo aos critérios de conservação e segurança exigidos para esse tipo de produto.

Após o processo de secagem, observou-se aumento no teor de sólidos da farinha de casca de abacaxi em comparação ao resíduo *in natura* (tabela 2), o que é atribuído à retirada da umidade. O teor de proteínas também aumentou, porém, permaneceu abaixo de 6 gramas por porção,

não sendo suficiente para classificar o produto como “fonte de proteínas”, conforme estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 54 da Anvisa (Brasil, 2012). Valores semelhantes foram reportados por Mala *et al.* (2024), que encontraram teor de proteínas em torno de 4,2 % em farinhas obtidas da casca de abacaxi.

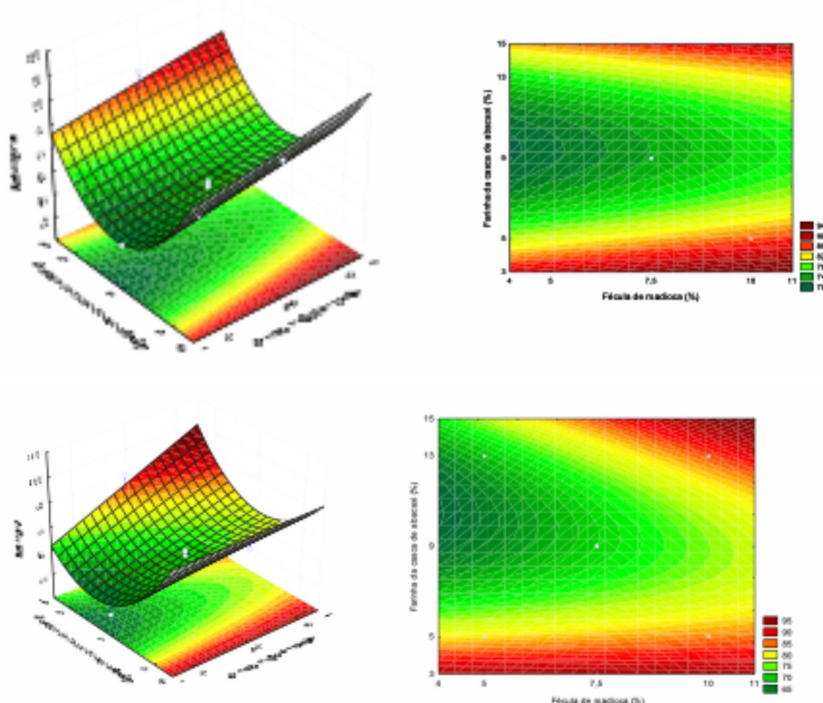


Figura 2 - Superfície de resposta e curva de contorno da aceitabilidade de biscoito de farinha da casca de abacaxi e fécula de mandioca em relação a textura (a) e sabor (b)

Fonte:

O conteúdo de cinzas também aumentou com a desidratação, atingindo valores superiores aos descritos por Costa *et al.* (2007), que relataram

2,03 % para o pó da casca de abacaxi. Em estudo recente, Mala *et al.* (2024) reportaram o teor de cinzas de aproximadamente 3,98 %. Quanto aos lipídios, os valores encontrados na casca e na farinha foram baixos, conforme esperado, o que está de acordo com os dados apresentados por Romelle, Patil e Sathyanarayana (2023), que identificaram valores próximos de 2,5 % em cascas secas de abacaxi.

O teor de fibras encontrado nas cascas e na farinha de abacaxi (tabela 2) foi considerado elevado, o que representa um potencial significativo para o enriquecimento de produtos alimentícios destinados à alimentação humana. Esses valores são compatíveis com os descritos na literatura para subprodutos de frutas tropicais. Mala *et al.* (2024) e Romelle, Patil e Sathyanarayana (2023) relataram teores elevados de fibras dietéticas em farinhas de casca de abacaxi, destacando seu uso funcional em formulações alimentares. Resultados semelhantes também foram observados por Ajila, Leelavathi e Rao (2010), Cazarin *et al.* (2014) e Gondim (2005) em farinhas obtidas a partir das cascas de manga, maracujá e abacaxi, respectivamente, confirmando o potencial desses resíduos como fontes relevantes de fibra alimentar.

Os resultados de acidez e pH da farinha, associados aos baixos valores de atividade de água (Aw), indicam que o produto apresenta boa estabilidade e barreiras eficazes à proliferação de micro-organismos.

O resíduo submetido à temperatura de 60 °C apresentou coloração mais clara em comparação ao tratado a 70 °C, além de valor mais elevado do parâmetro L*. Ferreira e Pena (2010), ao secarem casca de maracujá a temperaturas de 60 °C e 70 °C, também observaram maior escurecimento com o aumento da temperatura, atribuindo esse efeito à presença de açúcares e proteínas na casca, que favorecem a ocorrência da reação de Maillard.

O maior valor de a^* na farinha (tabela 2) evidencia a diminuição da cor verde presente na casca do abacaxi, pois o aumento da temperatura provoca a degradação de constituintes, como carotenoides e açúcares, que participam da reação de Maillard. Esse comportamento está de acordo com Ibarz e Lozano (1997), que relataram alteração significativa na cor de polpas de frutas concentradas submetidas a altas temperaturas, com perda de pigmentos naturais e formação de compostos de escurecimento não enzimático. A coordenada b^* indica o aumento da coloração amarela após o processo de secagem. Ferreira e Pena (2010), ao avaliarem a coloração de farinha elaborada com resíduo de polpa de acerola, também observaram alterações da cor devido à ação das temperaturas de secagem.

O índice de croma indica uma coloração mais intensa na farinha da casca de abacaxi em comparação ao resíduo *in natura*. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), em frutas e vegetais verdes, a degradação da cor ocorre, em geral, pela perda de clorofila e pela síntese ou exposição de carotenoides, o que resulta em alterações visuais de verde para tons amarelados ou amarronzados.

Tabela 2 - Caracterização físico-química e da cor do resíduo (casca de abacaxi) e farinha da casca de abacaxi em base úmida

Análises	Resíduo	Farinha	Biscoito otimizado
Umidade (%)	84,3 ± 0,0	5,87± 0,2	4,28±0,11
Proteínas (%)	0,77± 0,0	4,00 ± 0,0	4,32±0,98
Cinzas (%)	0,97± 00	7,66±1,5	1,47±0,11
Lipídeos (%)	1,53± 00	1,61± 00	21,03±1,11
Carboidratos (%)	-	-	70,37
Fibra bruta (%)	62,23 ± 0,0	58,65 ±0,0	7,47±0,06
pH	4,21± 0,0	4,03 ± 0,0	4,67±0,01
Acidez (g/100 g)	0,51± 0,0	2,00 ± 0,0	

Aw	0,98 ± 0,0	0,22 ± 0,0	0,36±0,00
L*	24,57±0,01	33,15±0,01	65,57±1,53
a*	-5,34±0,01	2,28±0,01	4,66±0,54
b*	17,14±0,01	18,26±0,00	28,18± 1,62
C*	15,11	18,40	28,56

Na tabela 3, são apresentados os valores de aceitabilidade sensorial (textura e sabor) dos biscoitos de farinha da casca de abacaxi e fécula de mandioca.

Tabela 3 - Análise sensorial (aceitabilidade) dos biscoitos de farinha da casca de abacaxi e fécula de mandioca

Codificado			Real		Aceitabilidade (%)	
	X1	X2	% fécula de man-dioca	% casca de abacaxi	Textura	Sabor
1	-1	-1	5	5	80,74	84,46
2	+1	-1	10	5	87,77	86,78
3	-1	+1	5	13	74,77	66,48
4	+1	+1	10	13	80,81	82,39
5	-1,41	0	4	9	69,51	59,20
6	+1,41	0	11	9	73,51	74,02
7	0	-1,41	7,5	3	89,07	88,33
8	0	+1,41	7,5	15	88,33	89,77
9	0	0	7,5	9	74,81	72,96
10	0	0	7,5	9	74,07	72,66
11	0	0	7,5	9	73,51	70,55

Os coeficientes de regressão foram determinados para as variáveis-resposta após a exclusão dos fatores não significativos, considerando um nível de confiança de 95 %, com base no teste F e na análise de variância (Anova). Os modelos ajustados para a aceitabilidade dos biscoitos

elaborados com farinha da casca de abacaxi e fécula de mandioca, em relação à textura e ao sabor, apresentaram regressões significativas ($p \leq 0,05$), com coeficientes de determinação de $R^2 = 0,88$ e $R^2 = 0,92$, respectivamente, indicando bom ajuste dos dados aos modelos propostos. A Anova revelou que o modelo preditivo para a aceitabilidade quanto à textura pode ser considerado válido, enquanto ele não se aplica à variável sabor, conforme o critério estabelecido por Box e Wetz (1973).

Conforme observado na figura 2a, os maiores índices de aceitabilidade dos biscoitos em relação à textura foram registrados nas formulações com as menores e maiores concentrações de farinha da casca de abacaxi. Esses resultados sugerem a presença de dois perfis distintos de consumidores: aqueles que preferem uma textura mais leve, semelhante à de biscoitos tradicionais; e os que valorizam produtos com maior teor de fibras e textura mais firme. A concentração de fécula de mandioca não exerceu influência significativa sobre a textura, uma vez que todas as proporções avaliadas apresentaram elevada aceitabilidade. A figura 2b revela tendência semelhante em relação à variável sabor.

O teor de umidade do biscoito otimizado (tabela 2) está dentro do limite máximo de 14 % estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2005). Esse valor favorece a conservação da qualidade do produto ao longo da vida de prateleira, desde que sejam utilizadas embalagens adequadas, com barreiras contra a luz, a umidade e gases (Haj-Issa; Carvalho, 2011). O teor de proteínas obtido foi semelhante ao relatado por Santana *et al.* (2011) em biscoitos elaborados com fécula de mandioca e farinha de maracujá ($4,27 \pm 0,21$ %). O teor de lipídios observado neste estudo pode ser atribuído à formulação empregada e encontra-se próximo ao valor de $22,35 \pm 0,25$ % encontrado por Moraes *et al.* (2010). Já o teor de cinzas está conforme os limites estabelecidos pela legislação brasileira para biscoitos, que permite um máximo de 3,0 % (Brasil, 2005).

O teor de fibra bruta obtido (tabela 2) foi superior ao relatado por Santana *et al.* (2011), que elaboraram biscoitos com substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca de maracujá amarelo. De acordo com a RDC nº 54/2012 (Brasil, 2012), um produto pode ser classificado como “fonte de fibras” quando apresenta, no mínimo, 3 % de fibras alimentares, e como de “alto teor” quando ultrapassa 6 %. O potencial hidrogeniônico (pH) do biscoito está diretamente relacionado aos ingredientes utilizados, especialmente à farinha da casca de abacaxi, que apresenta pH em torno de 4,03. Esse resultado é corroborado por Aquino *et al.* (2010), que observaram comportamento semelhante em biscoitos enriquecidos com casca de acerola. O valor de atividade de água (Aw) encontrado foi inferior a 0,60, o que representa uma condição desfavorável à multiplicação de micro-organismos, conforme indicado por Franco e Landgraf (2008).

A determinação instrumental da cor dos biscoitos revelou tendência à coloração amarela (b^*) e boa luminosidade (L^*), atribuídas à temperatura do processo de cocção e ao baixo teor de açúcar adicionado. Segundo Baik e Chinachoti (2000), o aumento do tempo de cocção promove o escurecimento da massa, resultando na redução dos valores de L^* . A cor é um dos principais atributos sensoriais avaliados pelos consumidores, influenciando diretamente a aceitabilidade do produto (Zoulias; Piknis; Oreopoulou, 2000).

Os resultados das análises microbiológicas do biscoito otimizado com adição de fécula de mandioca e farinha de abacaxi estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente (Brasil, 2019), indicando que o produto está apto para consumo.

A incorporação de farinha da casca de abacaxi e fécula de mandioca ao biscoito não comprometeu sua aceitação (figura 3). Os atributos textura, aroma e sabor apresentaram índices de aprovação superiores a 80 %, enquanto aparência e cor alcançaram 77,96 % e 79,44 %,

respectivamente, ambos acima do limite mínimo de 70 % para que um produto seja considerado BOM.

A maioria dos voluntários que participou da análise sensorial era do sexo feminino, estudantes de graduação e pertencentes à faixa etária entre 18 e 25 anos (figuras 3A e 3B). Observou-se que 45 % consomem

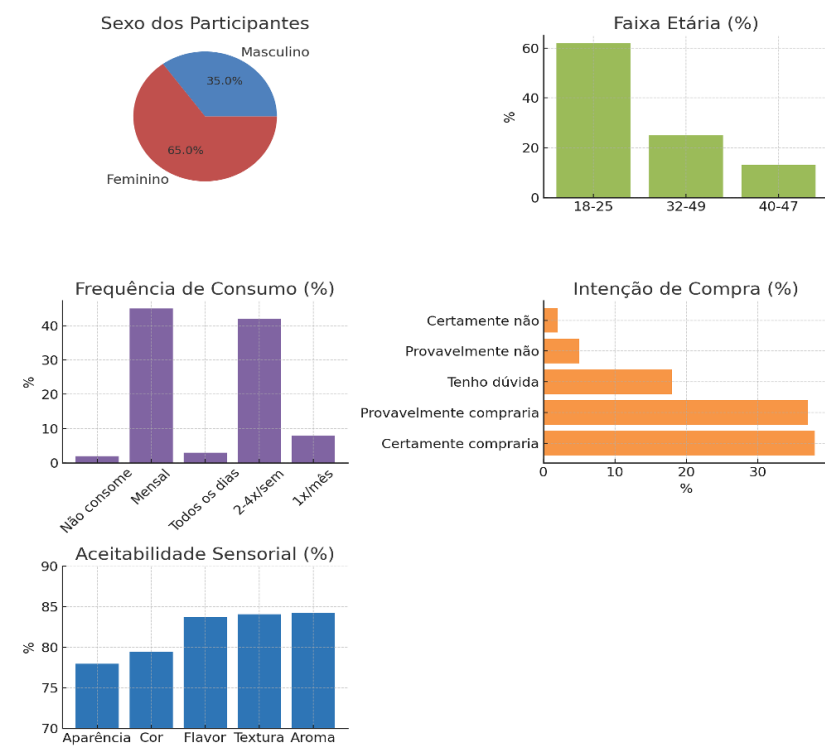


Figura 3 - Perfil dos provadores de acordo com sexo (A); faixa etária (B); frequência de consumo (C); intenção de compra (D); e avaliação da aceitabilidade do biscoito (E)

fonte:

biscoitos uma vez por mês e 42 %, de 2 a 4 vezes por semana (figura 3C).

A maioria dos degustadores afirmou que compraria o biscoito otimizado (figura 3D), indicando que esse produto teria boa aceitação no mercado. Os atributos textura, aroma e sabor tiveram mais de 80 % de aceitação, enquanto aparência e cor obtiveram 77,96 % e 79,44 %, respectivamente (figura 3E). Para que um produto seja considerado aceitável, é necessário obter resultados com, pelo menos, 70 % de aprovação (Dutcosky, 2019), portanto, pode-se concluir que a incorporação da farinha da casca de abacaxi e da fécula de mandioca aos biscoitos não interferiu na aceitação do produto.

Uso e aplicações

A temperatura ideal para a produção da farinha da casca de abacaxi foi 70 °C, pois apresentou o melhor coeficiente de determinação, o menor erro médio relativo e a maior difusividade. O biscoito selecionado, conforme o planejamento experimental, foi aquele com o maior nível de inclusão de fécula de mandioca (11 %) e farinha de abacaxi (15 %). O biscoito com alto teor de fibras, superior a 6 %, e aceitação sensorial acima de 70 % em todos os atributos avaliados tem grande potencial de aplicação como um alimento funcional, podendo ser desenvolvido por associações ou cooperativas da agricultura familiar que trabalhem com produtos da sociobiodiversidade da Amazônia.

Diferencial

O biscoito desenvolvido, rico em fibras oriundas da casca do abacaxi, que é considerado um resíduo do despulpamento agroindustrial do fruto, além de ser considerado um produto funcional, evita o descarte inadequado do resíduo, que tende a poluir os rios e mananciais próximos à agroindústria.

Originalidade e ineditismo

O texto é inédito e oriundo da dissertação da discente Monique Damasceno Pinto, do curso de mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares (PPDRGEA) do IFPA Campus Castanhal.

Referências

AGÊNCIA PARÁ. Pará fecha 2023 como líder absoluto na produção de açaí, dendê e mais três culturas agrícolas. **Site**. 2023. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/50282>. Acesso em: 13 jul. 2025.

AGROSUSTENTAR. Maiores produtores de abacaxi do Brasil em 2024. **Site**. 2024. Disponível em: <https://agrosustentar.com.br/agronegocio/maiores-produtores-abacaxi>. Acesso em: 13 jul. 2025.

AHMAD, M.; ZAIDI, S. M. A. Comparative evaluation of tray and vacuum drying on physicochemical quality of pineapple peels. **ACS Food Science & Technology**, v. 2, n. 5, p. 878-885, 2022. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.2c00012.

AJILA, C. M.; LEELAVATHI, K.; RAO, U. J. S. P. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. **Journal of Cereal Science**, v. 51, n. 3, p. 292-297, 2010.

ANIB – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS. **Mercado: dados estatísticos**, 2. São Paulo: ANIB, 2013. p. 34-58.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 21. ed. Washington, DC: AOAC, 2019.

AQUINO, A. C. M. M. *et al.* Utilização de resíduos agroindustriais na elaboração de biscoitos funcionais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 219-225, 2010.

BAIK, M. Y.; CHINACHOTI, P. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 484-488, 2000. DOI: 10.1094/CCHEM.2000.77.4.484.

BOX, G. E. P.; WETZ, J. Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function. **University of Wisconsin Technical Report**, Madison, v. 9, 1973. 234 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos em Geral. Brasília, DF: Ministério da Saúde/Anvisa, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF: Ministério da Saúde/Anvisa, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 247, p. 117-122, 26 dez. 2019.

CARVALHO, M. R. D. *et al.* Dynamic modeling of convective drying of pineapple peels: bioactive, physical, and thermal properties. **Agriculture**, v. 15, n. 6, p. 609, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/15/6/609>.

CAZARIN, C. B. B *et al.* Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 44, p.1699-1704, 2014. DOI: 10.1590/0103-8478cr20131437.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

COSTA, F. C *et al.* Aproveitamento da casca de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) para a produção de farinha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 60-66, 2007.

DAL'TOÉ, M. L. M.; FIORESE, M. L. Resíduos sólidos agroindustriais e alternativas de aproveitamento. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 104-113, 2012.

DIAS, L. E. O. *et al.* Potencial antioxidante e perfil nutricional da casca de abacaxi in natura e seca. **Journal of Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 204-212, 2023.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

DOYMAZ, I. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 359-364, 2004. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00142-0.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat. 2019. 540 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Melhoramento genético do abacaxi e ganhos de produtividade**. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2022.

FASOLIN, L. H. *et al.* Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 524-529, 2007.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, p. 15-28, 2010.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

GARMUS, T. T. *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma alternativa sustentável. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 59-66, 2009.

GARMUS, T. T. *et al.* Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, n. 3, p. 56-65. 2009. DOI: 10.3895/S1981-36862009000200007.

GONDIM, J. A. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, n. 25, p. 825-827, 2005.

HAI-ISA, N. M. A.; CARVALHO, E. S. Desenvolvimento de biscoitos, tipo salgado, enriquecidos pela adição de merluza. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, n. 31, p. 313-318, 2011.

HIRUNPRADITKOON, S.; PHOONTHONG, P. Effect of pretreatments and drying temperature on microbial load reduction in dried pineapple slices. **Heliyon**, v. 6, n. 11, e05308, 2020. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)32724-9](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)32724-9).

IBARZ, A.; LOZANO, J. E. Colour changes in concentrated fruit pulp during

heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, n. 31, p. 365-373, 1997. DOI: 10.1016/S0260-8774(96)00079-9.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA). Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LEWICKI, P. P. Data and models of water activity, II: solid foods. *In*: SHAFIUR, R. M. **Food properties handbook**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.

MALA, X. *et al.* Effect of pineapple peel waste on in vitro digestibility and nutritional value of animal feed ingredients. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 37, n. 2, p. 270-275, 2024. Disponível em: <https://researcherslinks.com/current-issues/Effect-of-Pineapple-Peel-Waste-on-In-vitro-Digestibility/33/1/11109/html>.

MARTIN, J. G. P. *et al.* Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n. 14, p. 281-287, 2012.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, n. 6, p. 373-386, 2004. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00144-4.

MEDEIROS, J. C.; SOUSA, D. F.; SANTOS, A. F. Farinha de casca de frutas como ingrediente funcional em produtos panificados. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 41, p. 1-9, 2021.

MORAES, K. S.; ZAVAREZE, E. da R.; MIRANDA, M. Z. de; SALAS-MELLADO, M. de las M. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e açúcares. **Revista Ciência e Tecnologia Alimentos**,

Campinas, n. 30, p. 233-422, maio 2010.

OLIVEIRA, A. S. *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação humana. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 16, n. 1, p. 150-161, 2022.

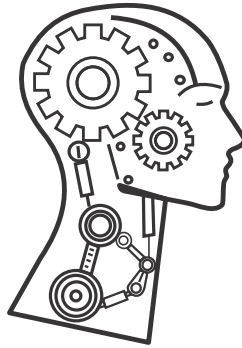
ROMELLE, F. D.; PATIL, S.; SATHYANARAYANA, M. L. Chemical composition of pineapple peel and its suitability for development of value-added products. **Industrial Crops and Products**, v. 205, 2023. DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.118118.

SANTANA, F. C. *et al.* Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) e fécula de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*). **Revista Alimentos e Nutrição**, n. 22, p. 391-399, 2011.

SOUSA, L. P. *et al.* Desenvolvimento de cookies com adição de farinha de casca de frutas: uma abordagem sustentável. **Revista de Alimentos e Nutrição**, v. 33, n. 2, p. 123-131, 2022.

SOUSA, M. S. B.; VEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Revista Ciência Agrotécnica**, n. 35, p. 554-559, 2011.

ZOULIAS, E. I.; PIKNIS, S.; OREOPOULOU, V. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 80, p. 2049-2056, 2000.



Entre saberes e sustento: o protagonismo feminino e a multifuncionalidade dos quintais agroflorestais (QAF) do Território Quilombola Tipitinga

Alberani Pinheiro Maciel

Roberta de Fátima Rodrigues Coelho

Louise Ferreira Rosal

Romier da Paixão Sousa

Introdução

Com a Constituição de 1988, políticas públicas no Brasil passaram a reconhecer as diferenças culturais e buscar corrigir injustiças históricas, beneficiando especialmente os quilombolas, que, além dos indígenas, têm direito às terras públicas com base em sua identidade étnica (Kohler; Brondizio, 2017).

A demarcação de territórios quilombolas assegura direitos humanos, apesar dos desafios, como a sobreposição com áreas de conservação (Gomes; Diegues, 2019). O sentimento de pertencimento reforça a

organização social como forma de resistência. Estudos sobre as práticas tradicionais quilombolas são essenciais para conservar essas áreas. A Lei nº 11.326/2006 inclui os quilombolas na agricultura familiar, tornando os quintais agroflorestais (QAF) uma estratégia importante de produção, renda e permanência no território.

Esses quintais promovem sustentabilidade e valorizam a biodiversidade. No Território Quilombola Tipitinga (Santa Luzia do Pará), a agricultura familiar é a base econômica, mas a importância dos QAF é muitas vezes subestimada, justificando a realização de estudos aprofundados (Farias; Araújo, 2018). Ainda assim, o conhecimento tradicional ligado à biodiversidade, antes ignorado, tem ganhado reconhecimento (Silva; Drumond; Bakke, 2014), e compreender esses quintais fortalece o desenvolvimento sustentável e valoriza a cultura quilombola (Silva; Drumond; Bakke, 2014; Trevisan *et al.*, 2019).

Esta pesquisa analisou os QAF como fonte de alimentação e renda, avaliando manejo, relevância socioeconômica e percepção dos moradores da comunidade Tipitinga, Santa Luzia, Pará.

Descrição da pesquisa

Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Território Quilombola Tipitinga, localizado à margem direita do rio Caeté e à margem esquerda do rio Curi, limite entre os municípios de Bragança e Santa Luzia do Pará, estado do Pará, mesorregião Nordeste paraense e microrregião Guamá (Cordeiro; Arbage; Schwartz, 2017), a 200 quilômetros de distância de Belém, capital do estado (mapa 1). Possuindo uma área de 633,4357 hectares e Título de Reconhecimento de Domínio Coletivo expedido pelo Instituto de Terras do

Pará (Iterpa) em 13 de maio de 2008 (Alves, 2017).

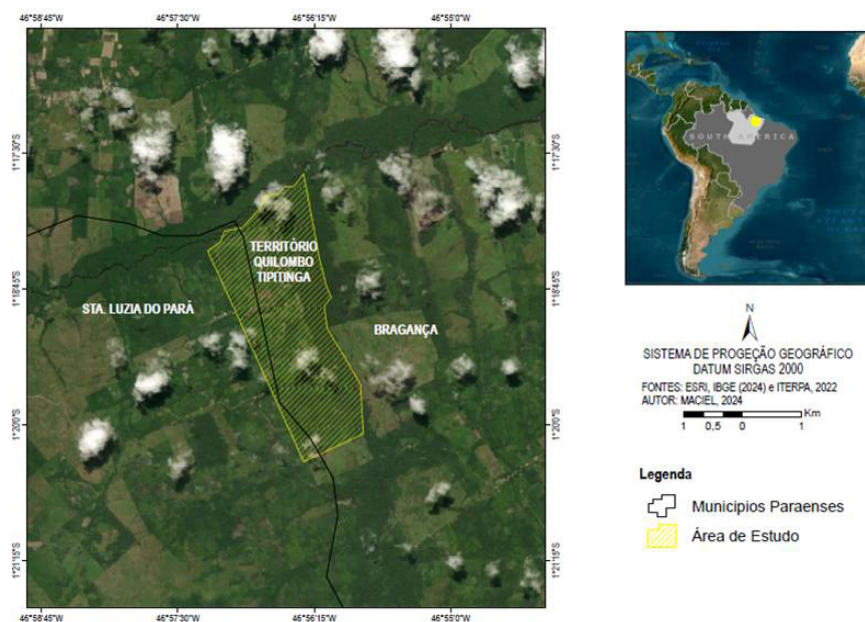


Figura 1 – Carta imagem do Território Quilombola Tipitinga, município de Santa Luzia do Pará

Fonte: Maciel (2023)

A comunidade é formada por descendentes de escravizados que resistiram ao sistema colonial (Figueiredo, 1976). Segundo Farias e Araújo (2018), os primeiros moradores chegaram no século XIX, liderados por Vitorino Ramos. O nome Tipitinga, de origem tupi, significa “água barrenta”.

Reuniões com a Associação dos Moradores Remanescentes do Quilombo do Tipitinga (Amorquit) e relatos locais revelaram o desejo da comunidade de registrar saberes tradicionais, especialmente sobre os QAF, ainda pouco estudados. O foco da pesquisa foram os QAF de 18 das 33 famílias assentadas desde 2008, que mantêm práticas agrícolas, pesca e extrativismo. Atualmente, apenas 28 famílias permanecem no território,

enfrentando dificuldades como a ausência de políticas públicas para a permanência no campo.

Método e procedimento da pesquisa

Foi adotada abordagem qualitativa para compreender os sistemas de produção e manejo dos QAF. A coleta de dados incluiu observação participante e caminhadas transversais com os moradores. A pesquisa seguiu três etapas: primeiro, o contato com a Amorquit e a seleção das famílias; segundo, uma revisão bibliográfica com foco em agrofloresta, saberes quilombolas e agricultura familiar; e terceiro, o trabalho de campo.

Entrevistas semiestruturadas com 18 famílias permitiram livre expressão dos participantes. Já as caminhadas e o diário de campo enriqueceram os dados com observações sobre os quintais. Também, foi utilizada a técnica da lista livre, para identificação de espécies vegetais e animais.

Na fase final, os dados foram organizados em banco e analisados com estatísticas descritivas no programa Microsoft Excel. Já as entrevistas foram transcritas automaticamente pela plataforma Reshape e revisadas manualmente. As variáveis analisadas incluíram perfil socioeconômico, gênero, faixa etária, espécies cultivadas, atividades produtivas, fontes de renda e tamanho dos QAF.

Uso e aplicação

Importância alimentar e socioeconômica dos quintais agroflorestais do Território Quilombola Tipitinga

Os quilombolas do Território Tipitinga realizam atividades ao longo do ano conforme um calendário agroextrativista, essencial para a subsistência

e o desenvolvimento local (Nascimento, 2013). As roças de mandioca e os QAF são fundamentais para o sustento das famílias, voltados tanto ao autoconsumo quanto à comercialização de excedentes (Farias; Araújo, 2018).

Segundo os dados, 89 % das famílias entrevistadas possuem três sistemas produtivos: roçado de mandioca em área comum; QAF com criação de galinhas, perus, patos e porcos; e extrativismo vegetal e pesqueiro, com destaque para o açaí (*Euterpe oleracea*), a bacaba (*Oenocarpus bacaba*) e o buriti (*Mauritia flexuosa*). Já 11 % das famílias, especialmente aposentadas, contam apenas com o QAF para produção de alimentos, incluindo hortas suspensas.

A galinha é o principal animal criado, presente em 100 % dos domicílios, sendo que 56 % criam somente galinhas, 22 % combinam galinhas e perus, e os demais criam também porcos. Os QAF variam em função de uso, manejo e relações sociais, podendo incluir chiqueiros, onde os porcos são alimentados com sobras ou frutas (Miranda; Sabrayrolles, 2020).

Os sistemas produtivos dos quintais refletem as condições locais – relevo, clima, história e cultura – sendo a mandioca a principal fonte de renda do território, colocando o Pará na liderança da produção nacional (Filgueiras; Homma, 2016). Os QAF, comuns nos quilombos paraenses, têm um importante papel nisso, garantindo soberania alimentar e resistência cultural (Trindade, Rebello, Kato, 2009; Leão, Steward, 2022).

A maioria das espécies cultivadas nos QAF tem múltiplas funções: alimentação, medicina, artesanato, construção (quadro 1). A partilha de alimentos também é prática comum em Tipitinga, fortalecendo a reciprocidade e beneficiando famílias vulneráveis. Nesse sentido, Sabourin (2011) ressalta a reciprocidade como elemento vital da coesão social nas comunidades camponesas.

Quadro 1 - Usos das culturas encontradas nos quintais agroflorestais do Território Quilombola Tipitinga, município de Santa Luzia do Pará

Cultura	Nome científico	Uso
Abacate	<i>Persia americana</i> Mill.	Alimento, doação e venda
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i> hort. Ex Descourt	Alimento, doação
Abóbora	<i>Cucurbita</i> sp.	Alimento, doação
Abricó	<i>Mammea americana</i> L.	Alimento, doação
Açaí	<i>Euterpe pleraceae</i> Mart.	Alimento, doação e venda
Acerola	<i>Malpighia puniceifolia</i> L.	Alimento, doação
Banana	<i>Musa paradisíaca</i> L.	Alimento, doação e venda
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	Alimento, doação
Café	<i>Coffea</i> L.	Alimento, doação e venda
Coco	<i>Cocus nucifera</i> L.	Alimento, doação e venda
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i> L.	Alimento, doação e venda
Jambo	<i>Syzygium jambos</i> L. Alston	Alimento, doação
Laranja	<i>Citrus sinensis</i> Persoon.	Alimento, doação e venda
Limão	<i>Citrus limon</i> (Christ.) Swingle	Alimento, doação
Macaxeira	<i>Manihot ssp</i> L.	Alimento, doação e venda
Mamão	<i>Carica papaya</i> L.	Alimento, doação
Manga	<i>Mangfera indica</i> L.	Alimento, doação
Muruci	<i>Byrsonima rassifólia</i> (L.) Kunth	Alimento, doação
Pimenta-do-reino	<i>Piper nigrum</i> L.	Alimento e venda
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Alimento, doação e venda

Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	Alimento, doação
Tangerina	<i>Citrus reticulada</i> Blanco	Alimento, doação
Urucum	<i>Bixa orellana</i> L.	Alimento, doação
Graviola	<i>Annona muricata</i> L.	Alimento, doação
Jaca	<i>Artocarpus heterophylla</i> Lam.	Alimento, doação
Mangustão	<i>Garcinia mangostana</i> L.	Alimento, doação
Maxixe	<i>Cucumis anguria</i> L.	Alimento, doação

Fonte: Maciel (2023)

A produção nos QAF prioriza o autoconsumo, mas os excedentes geram renda extra. Esses sistemas são diversificados, multifuncionais e fundamentais à segurança alimentar e à biodiversidade (Canuto, 2017; Martins *et al.*, 2019). Esses quintais, normalmente compostos por espécies como açaí, pupunha, cacau, manga, banana, café e cupuaçu, têm sua diversidade influenciada por fatores internos e externos (García; Vieira; Oliveira, 2015). É essa variedade que garante produção contínua ao longo do ano.

Além da produção vegetal, a pesca artesanal é relevante, especialmente no período de seca, utilizando, para isso, o matapi – artefato tradicional feito de bambu ou arumã (Nascimento, 2020; Pereira, 2019). Essa prática tradicional permanece importante como fonte de proteína e renda. Nesse sentido, França, Silva e Araujo (2020) reforçam a importância de políticas públicas para promover práticas sustentáveis e proteger os estoques naturais.

Conforme Andreatta e Da Mota (2022) e Costa (2021), os QAF do Nordeste paraense possuem ampla diversidade de espécies nativas e exóticas, distribuídas em estratos vegetais variados. Assim como Magalhães *et al.* (2021), destacam que a composição desses quintais reflete práticas culturais, acesso a recursos e preferências locais.

Protagonismo da mulher no manejo dos quintais agroflorestais do Território Quilombola Tipitinga

Os QAF estão presentes em todas as propriedades dos entrevistados, sendo 56 % dos quintais dos participantes manejados majoritariamente pelo homem (esposo), 17 % manejados pelo homem (esposo) e a mulher (esposa), e 28 % dos quintais manejados pela mulher (esposa), filhos e netos. Podemos observar que a mulher tem participação importante no manejo dos quintais do Território Quilombola Tipitinga, seja com ou sem ajuda dos demais integrantes da família.

Conforme Almeida e Gama (2014), a mulher é a principal responsável por introduzir novas espécies e promover a diversificação. Por essa razão, ela desempenha um papel fundamental como força de trabalho na unidade familiar, sendo responsável não só pelas atividades produtivas, mas também pelas tarefas domésticas.

O trabalho das mulheres nos QAF em territórios quilombolas é fundamental para o desenvolvimento sustentável desses sistemas produtivos. De acordo com Nobre *et al.* (2020), as mulheres são responsáveis por diversas atividades nos quintais, como o plantio e a colheita de hortaliças e frutas, a preparação do solo e a produção de compostos orgânicos. Além disso, as mulheres também são responsáveis pela transmissão de conhecimentos tradicionais e pela preservação da biodiversidade.

Segundo Rayol e Miranda (2019), o trabalho das mulheres nos QAF em territórios quilombolas é muitas vezes invisibilizado e subvalorizado, o que pode impactar negativamente sua autonomia econômica e participação nas decisões sobre o uso da terra e dos recursos naturais. É importante, portanto, promover políticas e programas que valorizem o papel das mulheres nos sistemas produtivos agroflorestais, garantindo o acesso

delas aos recursos necessários para o desenvolvimento dessas atividades.

Dessa maneira, o trabalho das mulheres nos QAF em territórios quilombolas é fundamental para o desenvolvimento sustentável desses sistemas produtivos. É importante valorizar e reconhecer o papel das mulheres nessas atividades e promover políticas que garantam sua participação plena e autônoma no uso da terra e dos recursos naturais.

Com relação às diversas dificuldades relatadas pelos entrevistados, principalmente a respeito do manejo dos QAF, entre as principais delas está o manejo do quintal, utilizando as expressões “melhorar e organizar”, ou seja, falta planejamento no espaçamento entre as culturas, como 50 % das entrevistadas. Sobre a adubação dos QAF, foi relatado pelos entrevistados tanto a falta de adubação quanto as dificuldades de adquirir os insumos, além da falta de conhecimento para produzir o próprio adubo.

O manejo do QAF em territórios quilombolas é um desafio também devido a outras dificuldades, como a falta de acesso a insumos agrícolas e a escassez de recursos financeiros para adquiri-los. De acordo com Costa *et al.* (2023), os custos com a aquisição de sementes, mudas e fertilizantes podem ser elevados, o que pode limitar o desenvolvimento dos sistemas produtivos agroflorestais.

Além disso, a falta de conhecimento para produzir o próprio adubo no QAF também é uma adversidade enfrentada pelos agricultores quilombolas. Conforme destacado por Machado (2016), muitos agricultores não têm conhecimento sobre a produção de compostos orgânicos e a utilização de resíduos orgânicos como fonte de nutrientes para as plantas. Essa falta de conhecimento pode resultar em um uso inadequado dos fertilizantes químicos, com possíveis consequências negativas para a saúde das plantas e do solo.

Diante dessas dificuldades, é necessário promover ações de capacitação e formação para os agricultores quilombolas, com o objetivo de disseminar

conhecimentos sobre a produção de adubos orgânicos e a utilização de técnicas de manejo agroecológico nos sistemas produtivos agroflorestais.

A construção de sistemas agroflorestais em áreas quilombolas representa uma alternativa sustentável para a produção de alimentos e a conservação do meio ambiente. No entanto, a falta de capacitação técnica para o manejo desses QAF em territórios quilombolas é uma questão relevante e complexa, que pode levar a problemas como baixa produtividade, perda de biodiversidade e autoconsumo dessas comunidades.

Arantes *et al.* (2017) enfatizam a necessidade de desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a capacitação técnica dessas comunidades, promovendo a conservação ambiental e a segurança alimentar. Além disso, a ausência de capacitação pode levar ao manejo inadequado, prejudicando a saúde do solo e a qualidade dos alimentos produzidos.

Com base nos dados apresentados e relatos dos entrevistados, é possível inferir que ainda há falta de conhecimento técnico para manejar os QAF e aumentar sua produtividade. A ausência de assistência técnica por parte de órgãos e de incentivos governamentais são alguns dos principais obstáculos para o desenvolvimento dos QAF no Território Quilombola do Tipitinga. Contudo, vale ressaltar a necessidade não de uma assistência técnica generalista, mas que consiga dialogar com esse tipo de sistema, em que haja ferramentas que favoreçam a troca de diálogos entre agricultores, técnicos, pesquisadores – o que é fundamental.

Isso demonstra a importância do apoio político e institucional, como assistência técnica, financiamento e desenvolvimento de tecnologias de produção locais por universidades, Institutos Federais de Educação e órgãos de assistência técnica, para fortalecer os QAF, especialmente em comunidades remanescentes de quilombos.

Diferencial

O diferencial do texto está além de mostrar a diversidade de espécies do QAF, mas de visibilizar o protagonismo das mulheres nos quintais produtivos, que são espaços de produção de alimentos, garantindo a segurança alimentar, e que são, muitas vezes, invisibilizados e subvalorizados.

Originalidade e ineditismo

O texto é inédito e faz parte da dissertação da discente Alberani Pinheiro Maciel, do curso de mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares (PPDRGEA) do IFPA Campus Castanhal.

Considerações finais

A pesquisa realizada no Território Quilombola do Tipitinga demonstrou que os QAF desempenham um papel central na vida das famílias, não só como fonte de sustento, mas também como um elo importante na preservação da cultura e do modo de vida quilombola. Ao longo das entrevistas e visitas de campo, ficou evidente que, além da produção da farinha de mandioca, principal atividade econômica, os QAF são fundamentais para a segurança alimentar e a geração de renda, através da criação de pequenos animais e do extrativismo de frutos, como o açaí e o buriti.

O papel das mulheres se destacou como essencial para a diversificação dos quintais e a transmissão de conhecimentos tradicionais, mostrando a importância delas na estrutura familiar e comunitária. Contudo, o estudo

identificou uma lacuna no acesso a conhecimentos técnicos que possam melhorar a produtividade desses quintais, apontando a necessidade de políticas públicas mais efetivas e de assistência técnica que fortaleçam essa prática.

Em síntese, os QAF em Tipitinga são centrais para o bem-viver quilombola, reunindo produção sustentável, preservação cultural e solidariedade comunitária. No entanto, a ausência de assistência técnica limita sua produtividade, evidenciando a urgência de políticas públicas que fortaleçam esses espaços tradicionais.

Referências

ALMEIDA, L. S. de; GAMA, J. R. V. Quintais agroflorestais: estrutura, composição florística e aspectos socioambientais em área de assentamento rural na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 1041-1053, 2014.

ALVES, L. N. B. **Direito territorial e remanescentes das comunidades de quilombo**: os entraves à aplicação do art. 68 do ato das disposições constitucionais transitórias de 1988 pelo estado do Pará. 2017. 384 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Instituto de Ciências Jurídicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/9893>.

ANDREATA, H. K.; DA MOTA, D. M. Sistemas agroflorestais como estratégia de ação coletiva em uma comunidade quilombola da Amazônia oriental paraense. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 60, 2022. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/78419>. Acesso em: 4 nov. 2024.

ARANTES, P. B.; RIGHI, C. A.; BOSI, C.; DOMENICO, C. I.; GALVEZ, V. A. R. Agroflorestas familiares no Vale do Ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios. **REDD – Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Limeira, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/redd/article/view/10950>. Acesso em: 4 nov. 2024.

CANUTO, J. C. **Sistemas agroflorestais**: experiências e reflexões. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1074707/sistemas-agroflorestais-experiencias-e-reflexoes>. Acesso em: 2 nov. 2024.

CORDEIRO, I. M. C. C.; ARBAGE, M. J. C.; SCHWARTZ, G. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. *In*: CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCHWARTZ, G.; OLIVEIRA, F. de A. (org.).

Nordeste paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém, PA: Edufra, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1073623>. Acesso em: 2 nov. 2024.

COSTA, C. dos. A. **Sistemas agroflorestais e diversificação produtiva da agricultura familiar na região intermediária de Marabá**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional, Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2021.

COSTA, F. S. da.; COSTA, W. da S.; MAIA, R. E. de F.; CASTRO, R. R. A. de. Quintais agroflorestais em duas localidades na zona rural de Abaetetuba: relato de experiência das vivências dos estágios supervisionados do curso superior de tecnologia em Agroecologia. **Cadernos de Agroecologia**, [On-line], v. 18, n. 1, 2023. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/7076>. Acesso em: 4 nov. 2024.

FARIAS, A. E.; ARAÚJO, A. S. de. Comunidade quilombola do Tipitinga: organização, identidade e direito à terra. **Nova Revista Amazônica**, Bragança, v. 6, n. 1, p. 83-101, 2018.

FIGUEIREDO, N. Presença africana na Amazônia. **Afro-Ásia**, Salvador, n. 12, 1976. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/afroasia/article/view/20781>. Acesso em: 2 nov. 2024.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região Norte. *In*: MODESTO JUNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B. (ed.). **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1056645>. Acesso em: 2 nov. 2024.

FRANÇA, J. L.; SILVA, R. O. da; ARAUJO, I. R. S. Políticas públicas socioambientais na Reserva Extrativista Marinha Mestre Lucindo-PA. **Revista de Educação, Saúde e Ciências do Xingu**, Altamira, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/rescx/article/view/2812>. Acesso em: 4 nov. 2024.

GARCÍA, B. N. R.; VIEIRA, T. A.; OLIVEIRA, F. de A. Quintais agroflorestais e segurança alimentar em uma comunidade rural na Amazônia Oriental. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Sedici/UNLP, Buenos Aires, v. 114, n. 3, 2015. Disponível em: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48666>. Acesso em: 2 nov. 2024.

GOMES, G.; DIEGUES, A. As transformações na estrutura produtiva internacional e os impactos na indústria brasileira: uma análise a partir da dimensão tecnológica. **Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria, v. 31, p. 1-16, 2019.

KOHLER, F.; BRONDIZIO, E. S. Considering the needs of indigenous and local populations in conservation programs. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 245-251, 2017.

LEÃO, V. M.; STEWARD, A. M. Agrobiodiversidade dos roçados da comunidade quilombola de proviência município de Salvaterra, Ilha do Marajó – PA, Brasil. *Etnobiología*, La Piedad, v. 20, n. 1, p. 27-48, 2022.

MACHADO, D. de O. **A agrobiodiversidade de quintais agroflorestais em propriedades agrícolas familiares na BR-174, ramal do Pau-Rosa, Manaus, AM.** Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2016.

MAGALHÃES, M. V. D. de; XAVIER, S. A. B.; SANTOS, G. S.; TOREZANI NETO, R.; PELUZIO, T. M. de O.; AMARAL, A. A. do. Quintais agroflorestais: uma estratégia para a sustentabilidade da agricultura familiar. **Nucleus**, Ituverava, v. 18, n. 2, p. 33-50, 2021.

MARTINS, E. M.; SILVA, E. R. da; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. de; LIMA, S. S. de; NOBRE, C. P.; CORREIA, M. E. F. O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, p. 632-648, 2019.

MIRANDA, S. B.; SABRAYROLLES, M. das G. P. Locais de obtenção de alimentos pelos agricultores familiares do Baixo Irituia, Nordeste paraense, Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**, [On-line], v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/5411>. Acesso em: 2 nov. 2024.

NASCIMENTO, A. S. Da natureza à mesa: a pesca artesanal na vida e alimentação dos quilombolas da comunidade de Mangueiras (Ilha do Marajó - Pará). 1 CD-ROM, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/14851>. Acesso em: 4 nov. 2024.

NASCIMENTO, E. C. do. **(In)Segurança alimentar em comunidades quilombolas do município de Abaetetuba, Pará.** 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/>

jspui/handle/2011/13319. Acesso em: 2 nov. 2024.

NOBRE, H. G. *et al.* O papel dos quintais agroflorestais para a segurança alimentar e geração de renda para mulheres agricultoras no Nordeste paraense. **Cadernos de Agroecologia**, [On-line], v. 15, n. 2, 2020.

Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6131>. Acesso em: 4 nov. 2024.

PEREIRA, R. da C. Comunidades tradicionais, meio ambiente e trabalho: análise da pesca com matapi por ribeirinhos amazônidas. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 4, n. 12, p. 142-162, jan./jun. 2019.

RAYOL, B. P.; MIRANDA, I. de S. Quintais agroflorestais na Amazônia Central: caracterização, importância social e agrobiodiversidade. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 29, p. 1614-1629, 2019.

SABOURIN, E. Teoria da reciprocidade e sócio-anthropologia do desenvolvimento. **Sociologias**, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/kzJLCFjv7QjXs9dGpJGdjsx/?lang=pt>. Acesso em: 2 nov. 2024.

SILVA, T. T. da; DRUMOND, M. A.; BAKKE, I. A. Sistema agroflorestal em Nova Olinda, Ceará: uma experiência de sucesso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 162-171, 2014.

SOARES, A. C. A. **Quintais produtivos**: do saber ao fazer segurança alimentar no assentamento Zumbi dos Palmares em Mari, Paraíba. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13772>.

Acesso em: 2 nov. 2024.

TREVISAN, A. C. D.; ABREU, A. M. de; NICOLAU, V. R. do V.; FANTINI, A. C.; SCHMITT FILHO, A. L. Quintais agroflorestais para produção de frutos de juçara em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasília, DF, v. 14, n. 4, p. 102-112, 2019. DOI: 10.33240/rba.v14i4.23067.

TRINDADE, E. F. da S.; REBELLO, F. K.; KATO, O. R. Quintais agroflorestais: diversidade, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.

CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS; DIÁLOGO

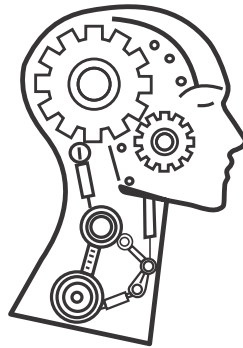
E INTEGRAÇÃO DE SABERES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA

SOCIEDADES SUSTENTÁVEIS, 7., 2009, Luziânia. **Anais [...]**. Luziânia:

Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais; Brasília, DF: Emater:

Embrapa, 2009. Disponível em: [http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/661196)

doc/661196. Acesso em: 2 nov. 2024.



Vibra Amazônia: vestindo o mundo de floresta

Lícia Amazonas Calandrini Braga

Liz Carmem Silva-Pereira

Helder Marques Batista

Introdução

O relato de experiência aqui apresentado surge da orientação de um trabalho de conclusão de curso (TCC) no mestrado profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profnit). O trabalho teve como proposta a criação de uma empresa inovadora, a Vibra Amazônia, voltada à produção de camisetas com insumos, saberes e tecnologias da Amazônia Legal. A proposta nasceu do estudo de prospecção realizado em uma disciplina do curso e evoluiu para a elaboração de um modelo de negócio com identidade visual, registro de marca e desenho industrial.

Relato do percurso de criação da tecnologia

A jornada da Vibra Amazônia teve início em uma atividade da disciplina de Prospecção Tecnológica, durante o mestrado no Profnit, na qual o discente foi estimulado a buscar lacunas de mercado e oportunidades inovadoras com base em ferramentas como análise SWOT e estudo de tendências (Ribeiro, Paranhos, 2019; Martinez, Braga Junior e Antunes, 2014). A ausência de marcas amazônicas com identidade visual robusta e com atuação orientada à sustentabilidade indicou uma janela de oportunidade estratégica. A partir disso, delineou-se a ideia de um empreendimento com enfoque na Amazônia Legal.

O estudo inicial buscava identificar fabricantes têxteis na Amazônia Legal que operassem com insumos da floresta. Esse mapeamento revelou uma lacuna significativa e, ao mesmo tempo, um enorme potencial de inovação industrial com identidade regional. A ideia de criar uma empresa nasceu como resposta direta a essa lacuna.

O projeto se desenvolveu ao longo do mestrado, por meio de orientação contínua e apoio da Rede Profnit, que viabilizaram o aprofundamento do modelo de negócio. Com base na ferramenta Business Model Canvas (Quintella *et al.*, 2021), foram estruturados os pilares da empresa: proposta de valor; canais; relacionamento com clientes; fontes de receita; recursos-chave; atividades-chave; parcerias estratégicas; e estrutura de custos.

Um dos marcos foi a elaboração do registro de marca e desenho industrial da estampa utilizada nas camisetas. Para isso, o discente realizou buscas no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e utilizou ferramentas de análise de anterioridade para garantir a viabilidade do registro, assegurando a proteção da identidade visual da empresa (Peralta, Gomes, 2021; Brasil, 1996).

Com o apoio das orientadoras e da estrutura do programa, o discente decidiu transformar o estudo em um projeto de empreendimento real, estabelecendo a base conceitual de um negócio inovador. Foram realizados estudos aprofundados em bases de dados de marcas e desenhos industriais, levantamento de fornecedores potenciais, prospecções de patentes e tecnologias aderentes, até culminar na construção da marca “Vibra Amazônia” e da estampa da camiseta.

Paralelamente, o proponente submeteu artigo científico, apresentou resultados em eventos e trabalhou na elaboração do Business Model Canvas, validando as propostas de valor e os canais de relação com o mercado. A vivência acumulada como publicitário e empreendedor anterior no ramo de camisetas foi essencial para consolidar a proposta.

Importância do trabalho no contexto do Profnit e para a Amazônia

O trabalho orientado representa uma contribuição significativa para a consolidação do Profnit como programa de formação voltado à inovação aplicada com impacto territorial. A Vibra Amazônia é um exemplo concreto de como os conhecimentos técnicos em propriedade intelectual, prospecção tecnológica e transferência de tecnologia podem ser mobilizados de forma criativa e responsável para gerar soluções sustentáveis ancoradas em contextos regionais.

A Amazônia, frequentemente retratada como passiva no cenário tecnológico, emerge aqui como protagonista. O projeto não apenas propõe uma marca ou um produto, mas inaugura uma narrativa de pertencimento, autonomia e geração de valor local. Em um programa que forma mestres-profissionais com visão interinstitucional e orientação para resultados, a proposta se destaca por alinhar conhecimento científico, impacto econômico e compromisso ético com o território.

Ao mesmo tempo que fortalece o eixo da inovação social e produtiva, a experiência também contribui para a difusão do potencial da propriedade intelectual como ferramenta de desenvolvimento. É também uma sinalização potente para outros discentes: é possível transformar uma ideia local em um negócio com identidade, proteção legal e propósito global.

Descrição da tecnologia

A tecnologia desenvolvida nesse projeto está concentrada em três pilares: (1) a estampa com desenho industrial registrado, (2) a marca “Vibra Amazônia”, registrada como marca mista, e (3) o modelo de negócio orientado por sustentabilidade e inclusão regional.



Figura 1 – Marca mista e desenho industrial da estampa registrada da Vibra Amazônia

Fonte: elaboração própria do autor (2025)

O desenho da estampa foi concebido para representar graficamente a diversidade da Amazônia, com inspiração em grafismos tradicionais e

formas naturais, organizados em composição circular para simbolizar o Planeta. O registro de desenho industrial foi realizado junto ao Inpi, com o apoio do Núcleo de Inovação e Transferência Tecnológica (NITT/IFPA), demonstrando a articulação entre a criação artística e os mecanismos de proteção da propriedade intelectual.

A figura 1 apresenta a identidade visual desenvolvida para a marca “Vibra Amazônia”, incluindo o desenho industrial registrado da estampa e a marca mista.

A marca “Vibra Amazônia”, também registrada no Inpi, foi concebida como um elemento de comunicação e identidade do produto. Sua construção visual expressa a ideia de vibração (vida, energia) da floresta. Além disso, toda a cadeia produtiva foi pensada para utilizar insumos locais, como fibras de juta e pigmentos naturais, identificados durante as prospecções tecnológicas.

A Vibra Amazônia é uma empresa que propõe uma tecnologia social e comercial ao unir o design com a identidade amazônica. Trata-se de uma iniciativa que vai além do produto final (camiseta), pois propõe um novo modelo de negócio baseado na valorização de ativos da biodiversidade e dos saberes tradicionais. A tecnologia envolve o uso de pigmentos naturais, tecidos com menor impacto ambiental e estamparia com elementos visuais inspirados na floresta, fauna e povos originários da região (Picanço *et al.*, 2024).

A empresa adotou princípios de design sustentável e buscou fornecedores que adotam práticas éticas e responsáveis. Além disso, a concepção das estampas foi pautada em elementos culturais da Amazônia, como folhas, frutos e formas geométricas da arte indígena, respeitando os limites da apropriação cultural e promovendo a visibilidade dos povos locais (Peralta; Gomes, 2020).

Uso e aplicações

A aplicação principal da tecnologia é a produção e comercialização de camisetas sustentáveis, com design exclusivo e insumos regionais. A proposta tem foco no consumidor consciente, que valoriza causas ambientais, produtos éticos e que estabelecem conexões culturais.

A estratégia de distribuição privilegia canais digitais, com ênfase em e-commerce e redes sociais, e parcerias com instituições de ensino, centros de inovação e redes de economia criativa. A camiseta não é apenas uma peça de vestuário, mas um elemento de engajamento com a causa amazônica, capaz de gerar valor simbólico, econômico e político.

Adicionalmente, a empresa planeja lançar coleções cápsulas em parceria com comunidades amazônicas, utilizando técnicas de tingimento natural e artesanato local, promovendo a inclusão produtiva e a geração de renda. Outro uso importante é no campo educacional: o projeto tem potencial para ser replicado como uma experiência de ensino-aprendizagem interdisciplinar no ensino técnico e superior, fortalecendo a formação empreendedora com base territorial (Ferreira; Kaetsu; Cunha, 2020).

Diferenciais

A principal inovação do projeto está na integração entre design, sustentabilidade e propriedade intelectual como base de um modelo de negócio original. A marca e o produto derivam de uma perspectiva amazônica, não como objeto de exploração externa, mas como expressão de autonomia criativa e econômica da região. O projeto conseguiu, com baixo investimento, criar um modelo de negócio com viabilidade técnica

e amparo legal, utilizando ferramentas disponíveis no próprio mestrado (Santos *et al.*, 2019).

Outro diferencial é a formação do proponente, que alia conhecimento em comunicação, experiência empreendedora e formação em propriedade intelectual. A escolha por trabalhar com criação de empresa inovadora, registro de marca e desenho industrial também é incomum nos TCC do Profnit e amplia as possibilidades de aplicação prática do programa.

Além disso, o trabalho apresenta uma contribuição relevante para a região amazônica ao propor a valorização da floresta em pé e a geração de valor a partir de ativos da biodiversidade e dos saberes culturais. No contexto do Profnit, destaca-se como exemplo de como a pós-graduação pode fomentar empreendimentos inovadores com potencial de impacto social e econômico (Frey; Tonholo; Quintela, 2019).

Por fim, a experiência evidencia como o fortalecimento da cultura de proteção intelectual e do empreendedorismo inovador pode ser estratégico para transformar realidades locais, especialmente em territórios como a Amazônia, onde há abundância de recursos e escassez de negócios sustentáveis com identidade regional.

Conclusão e perspectivas futuras

A experiência proporcionada pela criação da Vibra Amazônia reforça a importância de uma formação que articule a teoria com a prática, a inovação com a responsabilidade social e ambiental. O projeto mostra que é possível pensar modelos de negócio que não apenas gerem renda, mas também ampliem a consciência coletiva sobre a potência da região amazônica como geradora de tecnologia, cultura e identidade.

Como orientadoras, reconhecemos que a experiência do discente Helder Marques Batista representa um marco dentro do programa. Pela originalidade, pelo compromisso com o território e pela capacidade de concretizar uma ideia com base nas ferramentas apresentadas ao longo do curso, o projeto é exemplo de como o Profnit pode impactar realidades e formar profissionais transformadores. O envolvimento com o NITT/IFPA e o aprofundamento nas questões de design, propriedade intelectual e modelagem de negócios demonstram a maturidade alcançada ao longo do processo. Espera-se que a materialização da empresa contribua para o fortalecimento de uma economia amazônica de base criativa, colaborativa e sustentável, e que a experiência relatada inspire novas trajetórias dentro e fora do Profnit.

Por fim, o projeto está alinhado às agendas ESG (Environmental, Social and Governance) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e contribui para a construção de uma visão de futuro para a Amazônia baseada na valorização dos saberes, recursos e culturas locais.

Referências

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 maio 1996.

FEARNSIDE, P. M. **A floresta amazônica nas mudanças globais**. Manaus: Editora Impa, 2003.

FERREIRA, G. T. C.; KAETSU, P. T.; CUNHA, C. L. Empreendedorismo na Amazônia brasileira: revisão sistemática da literatura. **Revista Humanidades e Inovação**, Araguaína, v. 7, n. 16, p. 443-455, 2020.

FREY, I. A.; TONHOLO, J.; QUINTELA, C. M. **Conceitos e aplicações de transferência de tecnologia**, v. 1. Salvador: Instituto Federal da Bahia; Fortec, 2019.

MARTINEZ, M. E. M.; BRAGA JUNIOR, E. de O.; ANTUNES, A. M. S. Mapeamento das tecnologias do setor têxtil por meio de documentos patentários depositados no Brasil. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, Americana, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2014.

PERALTA, Patrícia. GOMES, Juliane. O uso da proteção do desenho industrial como forma de apropriação dos grafismos indígenas Wajãpi. **Revista de Estudios Brasileños**. Vol. 8, n 16, P. 123-136, 2020.

PICANÇO, C. A. S.; SOBRINHO, M. V.; MIRANDA ROCHA, G.; SIMÕES, A. V.; FLORES, M. D. S. A. Política pública de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação na bioeconomia da Amazônia Ocidental: uma análise com abordagem de rede e cognitiva no Programa Prioritário Bioeconomia. **Caderno Pedagógico**, Rio Branco, v. 21, n. 1, p. 3509-3521,

2024.

QUINTELLA, C. *et al.* **Metodologia de pesquisa científico-tecnológica e inovação.** Salvador: Fortec, 2021.

RIBEIRO, N. M. **Prospecção tecnológica.** Salvador: IFBA; Fortec, 2018.

RIBEIRO, N. M.; PARANHOS, R. **Guia orientador para prospecção tecnológica em base de patentes de acordo com o objetivo da busca.** Salvador: IFBA; Fortec, 2019.

SANTOS, W. P. C.; BRUCH, K. L.; SARTORI, R.; PERDOMO, W. M. Indicações geográficas com foco em aplicações. *In*: SANTOS, W. P. C. (org.). **Conceitos e aplicações de propriedade intelectual.** Salvador: IFBA, 2019. p. 428-460.

Autores

Alberani Pinheiro Maciel

Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares pelo IFPA – Campus Castanhal, especialista em Extensão, Inovação Socioambiental e Desenvolvimento de Sistemas Agroalimentares pela UFPA, com formação em Ciências Biológicas, Gestão Ambiental e Técnico em Agropecuária e Florestas. Atua como Técnico em Agropecuária no IFPA – Campus Castanhal, com experiência em extensão rural, meio ambiente, geoprocessamento, recuperação de áreas degradadas e reflorestamento. Desenvolve pesquisas em sustentabilidade, agroecologia, quintais agroflorestais e cadeias produtivas em comunidades quilombolas.

Bruna Ribeiro dos Reis

Possui Graduação em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2019) e Mestrado Profissional de Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2023). Participou como Bolsista Voluntária de Iniciação Científica e de Extensão nas áreas de Produtos Naturais e Desenvolvimento Biomateriais. Atualmente secretária do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e Membro da Comissão Própria de Avaliação (CPA) do Centro Universitário do Pará (CESUPA).

Bruno Apolo Miranda Figueira

Possui Graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Pará (2005), Doutorado Sanduiche (Brasil-Alemanha) em Ciências Geoquímicas pela Universidade Federal do Pará e Martin Luther Universität (2012). É professor Adjunto classe C/Nível 4 da Universidade Federal do

Pará e atualmente desenvolve pesquisa em química ambiental, mineralogia e geoquímica aplicada. Tem experiência em produção de geomateriais com foco à sua aplicação em adsorção e/ou fotodegradação de poluentes orgânicos, produção de biodiesel e bateria. Além de contribuir à caracterização mineral de solos antrópicos e cerâmicas arqueológicas da Amazônia. Desenvolve projetos de pesquisa em parceria com a mineradora Hydro, Centro de Tecnologia do Nordeste (CETENE), Embrapa (São Carlos) e Centro Nacional de Pesquisa da Itália (CNR-Roma). Também atua em projetos de extensão para popularização das ciências exatas (química e mineralogia aplicada) em escolas da periferia de Belém e Região Metropolitana. Atua como docente permanente do Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica (Conceito 7/CAPES) da UFPA. É revisor de projetos da Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas e Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), além de revistas nacionais (Química Nova, Cerâmica) e internacionais (Materials Letters, Journal of Materials Research and Technology e Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects).

Bruno Yuji Goto Feio

Graduado em Engenharia de Materiais (2023) pelo Instituto Federal do Pará (IFPA). Mestre em Engenharia Mecânica (2026) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), da Universidade Federal do Pará. Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais (PPGCEM), pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Possui trabalhos na linha de pesquisa de Solidificação direcional, produção hidrogênio e produção de ligas de alumínio.

Consuelo Lucia Sousa

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Pará (1985), mestrado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do

Pará (1996) e doutorado em Ciência Animal (2012) . Atualmente é professora associada nível III da Universidade Federal do Pará. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Microbiologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: microbiologia, controle de qualidade, boas práticas, APPCC.

Dayana Rosy Souza dos Santos

Mestre em Engenharia de Materiais pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEMAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade pelo Núcleo de Meio Ambiente (NUMA-UFPA). Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA); Bacharela interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, com ênfase em Tecnologia Mineral (UFPA) possui ainda formação técnica em Mineração (IFPA) e em Estética pelo Centro de Estudos Superiores do Estado do Pará (CESEP). Tem cursos de aperfeiçoamento em Huawei Power Generation (CEAMAZON-UFPA). Possui conhecimento em cerâmica vermelha e cerâmica artesanal, materiais não-metálicos. Atua na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com foco em caracterização de materiais, e reaproveitamento de resíduos industriais. Possui experiência em projetos de pesquisa voltados para caracterização, difração de raios-X e fluorescência de raios-X em materiais cerâmicos e metalúrgicos. Assim como, Prospecção e Exploração mineral, Gestão e Planejamento de mina e lavra, Segurança e Meio Ambiente, processamento e beneficiamento de minério, da prospecção e extração ao tratamento e beneficiamento dos minérios, desenvolveu atividades de pesquisa e extensão na (CIENEX-UFPA).

Demetrius Pereira Morilla

Graduado em Química Licenciatura (2001) e Bacharelado em Química (2005), Mestre em Química e Biotecnologia (2009) pela UFAL. Possui

especializações em Didática do Ensino Superior, Biotecnologia e Bioquímica.

Atualmente, é Professor do Instituto Federal de Alagoas (IFAL – Campus Maceió). Atua na gestão acadêmica, pesquisa, formação docente e ensino de Química, com experiência como Coordenador de Pesquisa e Pós-Graduação, Coordenador do PIBID e Preceptor da Residência Pedagógica.

É Coordenador Estadual das Olimpíadas de Química, Conselheiro do CRQ-17 Regional e Diretor da Associação Brasileira de Química (ABQ).

Desenvolve pesquisas nas áreas de Educação, Ensino de Química, Aprendizagem Significativa, Biotecnologia, Microbiologia e Produtos Naturais. Possui experiência em gestão, articulação institucional, formação de professores, pesquisa e trabalho em equipe.

Diogo Monteiro Porfírio

Graduado em Engenharia de Materiais pelo IFPA (Instituto Federal do Pará), no departamento de Engenharia de Materiais do Campus Belém. Atua como pesquisador no Grupo de Pesquisa em Caracterização de Materiais (CAMAT/IFPA), com experiência no processamento, caracterização e aplicação tecnológica de materiais, minérios, rejeitos e resíduos industriais. Pesquisa de caracterização focada no uso de técnicas analíticas como DRX, FRX, MEV/EDS, TG/DSC e outros. Trabalhos focados na investigação tecnológica de reaproveitamento de bentonita saturada de óleo de palma, minérios de manganês e laterítico de níquel, caracterizações físico-químicas de argilas e cerâmicas artesanais, e escórias de alto forno de aço e ferroníquel, de diversas localidades da região amazônica.

E-mail: mdiogo610@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3418497925272463>

Emerson de Jesus da Silva Braga

Graduado em Engenharia Mecânica (2020), com experiência em Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), adquirida durante

estágio na VALE S/A. Durante a graduação, atuou como monitor de Física e Matemática e participou de projetos de extensão nas áreas de Engenharia Mecânica e Acústica. Também atuou como instrutor do curso de Instalação e Manutenção de Ar-Condicionado Split na região do Baixo Tocantins. Atualmente, é mestrando em Engenharia de Materiais pelo IFPA e cursa pós-graduação em Engenharia Clínica Hospitalar pela Navigare.

Helder Marques Batista

Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT/IFPA), especialista em Discurso e Leitura de Imagem pela UFSCar e graduado em Comunicação Social – Publicidade e Propaganda pela UNAMA. Possui experiência em empreendedorismo, comunicação, design gráfico, artes visuais e produção multimídia, com atuação docente em diferentes instituições. Atualmente, trabalha com produção de cursos EaD e design no Núcleo Telessaúde da UFPA.

Jaime Henrique Barbosa da Costa

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (1996), mestrado (2002) e doutorado (2010) em Engenharia Mineral pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atualmente é professor do ensino básico, técnico e tecnológico do IFPA Campus Belém, da Classe Titular, atuando nos cursos de Técnico em Mineração, Metalurgia, Graduação em Engenharia de Materiais e Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais. É líder do grupo de pesquisa em Tecnologia Mineral. Tem experiência na área de Engenharia de Minas, com ênfase em Tratamento de Minérios atuando principalmente nos seguintes temas: Tecnologia Cerâmica, Aproveitamento de Resíduos/Rejeitos de Mineração, Caracterização Tecnológica de Matérias-primas Minerais, Métodos de Concentração Mineral, Enriquecimento de Minérios e Modelagem de Processos de Fragmentação de Minérios.

Jean da Silva Rodrigues

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (2000), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (2008) e Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais (2014) pela UFPA. Atualmente é professor Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Materiais e Processos de Fabricação, atuando principalmente na área de Compósitos, Modelamento Matemático de Compósito, Correlação Digita de Imagens (DIC) e Fibras Naturais.

José Marcelino da Silva Dias Filho

Possui graduação em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2012), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2013) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2016). Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Metalurgia de Transformação, atuando principalmente nos seguintes temas: Solidificação, Caracterização de Materiais, Propriedades Mecânicas e Tratamentos Térmicos.

José Wilton Serrão Nascimento

Mestre em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Pará (PPGEMAT/IFPA), licenciado em Física pelo IFPA e especialista em Ensino de Física e Gestão de Projetos na Administração Pública. É também técnico em Eletrotécnica, com formação complementar em Automação e Controle. Atua como professor da Secretaria de Estado de Educação do Pará (SEDUC-PA), com experiência no Ensino Médio e na Educação Profissional e Tecnológica. Desenvolve trabalhos nas áreas de Ensino de Física, Eletrotécnica, Automação, sustentabilidade e caracterização tecnológica de

materiais. Suas pesquisas concentram-se no tratamento térmico e químico e no reaproveitamento de resíduos industriais, especialmente bentonitas saturadas com óleo de palma, visando ao desenvolvimento de soluções tecnológicas sustentáveis para a Amazônia. Possui artigos científicos, capítulos de livros e produções técnicas publicados.

E-mail: nascimentowilton@yahoo.com.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0144280137606983>

Juliani Jamile Pinheiro Oliveira

Graduanda em Licenciatura em Química pelo Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia do Pará. Atualmente, bolsista do PIBIC no projeto-Preparação de biofilmes de amido de mandioca reforçados com. fibras de açaí. Professora auxiliar do colégio Integrado.

Laís Sardinha da Silva

Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Pará (2019). Atualmente cursa o bacharelado em Física (2020), também na UFPA. É estudante do Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais PPGEMAT-IFPA. Pesquisadora, atuante na linha de pesquisa de Física da Matéria Condensada. Faz parte do grupo de pesquisa SciTechZon (Science and Technology in Amazon-UFPA). Participa do grupo Pesquisa em Química do IFPA e é Colaboradora do projeto NANOJOVEM-UFPA.

Leonardo Carvalho de Oliveira

Possui graduação em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Pará (IFPA, 2024) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (PPGEM/UFPA, 2026). Atualmente, é doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (PPGCEM/UFSCar). Possui experiência em solidificação de ligas metálicas, tratamento térmico de materiais ferrosos e não ferrosos, caracterização

macro e microestrutural, ensaios mecânicos e geração de hidrogênio.

Lícia Amazonas Calandrini Braga

Professora do IFPA – Campus Castanhal, atuando nos cursos de Engenharia de Alimentos, Técnico em Agroindústria e Agronomia, e colaboradora do PROFNIT/IFPA. É doutora em Fitotecnia pela UFRSA, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e graduada em Engenharia de Alimentos pela UFPA. Integra o NEECTA e atua nas áreas de tecnologia de matérias-primas de origem animal e vegetal e desenvolvimento de novos produtos.

Liz Carmem Silva-Pereira

Docente EBTT da área de Ciências Biológicas do IFPA – Campus Belém, onde também atua no PROFNIT/IFPA. É doutora em Neurociências e Biologia Celular pela UFPA, mestre e licenciada em Ciências Biológicas pela UFRN, com especializações em Proteção de Plantas, Biotecnologia e Gestão do Desenvolvimento Regional da Amazônia. É líder do Grupo de Pesquisa em Biologia, Tecnologias, Ambiente e Saúde na Amazônia (GPBITAS) e possui ampla experiência em pesquisa, inovação, biotecnologia, mutagênese e gestão acadêmica. Também é membro da Academia Itaitubense de Letras.

Louise Ferreira Rosal

Possui graduação em Agronomia pela FCAP/UFRA, mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). É professora do IFPA – Campus Castanhal desde 2010, atuando na graduação, cursos técnicos e programas de pós-graduação. Atualmente, é tutora do PET Agronomia e coordenadora da Especialização em Agroecologia e Cooperativismo na Amazônia. Atua nas áreas de Horticultura, Produção Vegetal, Plantas Medicinais, Etnobotânica, Produção Orgânica de Hortaliças e Paisagismo, integrando o Grupo de Estudos em Etnociências na Amazônia

(GAEA-NEA).

Lucia de F. H. Lourenço

Possui graduação como Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (1972), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Central de Venezuela (1993) e Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Pará (1999). Atualmente é Profa Titular da Universidade Federal do Pará. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Produtos de Origem Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: pescado, filmes biodegradáveis, proteínas miofibrilares e colágeno obtidos de resíduos da indústria de pesca, microbiologia. Bolsista DT do CNPq desde 2009.

Maria Regina S. Peixoto Joele

Graduada em Química Industrial pela UFPA, com mestrado em Engenharia de Alimentos pela UNICAMP e doutorado em Ciências Agrárias pela UFRA. É professora titular do IFPA, atuando na pós-graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares (IFPA) e em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPA). Atualmente, coordena a INCUBITEC/IFPA – Campus Castanhal e possui experiência em Engenharia e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em produtos de origem animal, frutas e hortaliças, embalagens e análises de alimentos.

Marison Franco Rocha de Lima

Graduado em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Pará (IFPA —Campus Belém). Atua como pesquisador no Grupo de Pesquisa em Caracterização de Materiais (CAMAT/IFPA), com experiência no processamento e caracterização tecnológica de minérios e resíduos industriais por meio de DRX, FRX e MEV/EDS. Suas investigações científicas

concentram-se no reaproveitamento de resíduos como bentonita saturada de óleo de palma e chamote para o desenvolvimento de soluções tecnológicas sustentáveis e alinhadas ao desenvolvimento regional da Amazônia.

E-mail: francomarison70@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7248727415946217>

Melquizedeq Barbosa Carlos

Graduado em Engenharia de Materiais (2017), com experiência profissional adquirida durante estágio na empresa Total Mix Controlhe Tecnológico Ltda.. Possui experiência em pesquisa científica e tecnológica, tendo participado do Grupo de Análise Experimental e Pesquisa Aplicada à Tecnologia do Concreto, com trabalhos apresentados no Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMAT), nas áreas de concreto de alto desempenho e processos de solidificação de ligas metálicas. Participou também da Semana do Químico, do XVI Encontro Paraense de Ensino de Química (EPEQ) e do III Encontro de Profissionais da Química do IFPA. É mestre em Engenharia de Materiais pelo IFPA (2024), com atuação no Grupo de Pesquisa em Metalurgia Física e de Transformação (GPEMet).

Monique Damasceno Pinto

Tecnóloga Agroindustrial em Alimentos formada pela Universidade do Estado do Pará (UEPA/2011), graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci UNIASSELVI). Especialista em Vigilância Sanitária pelo Centro Universitário Internacional UNINTER (2015) e Docência do Ensino Superior (FESCEMP/2018). Mestra em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará, Campus

Castanhal (IFPA/2016) e doutoranda em Saúde Animal na Amazônia. Trabalhou como Assistente de Laboratório Sênior (LANAGRO/PA/2011-2014) e na docência. Possui experiência em controle de qualidade, microbiologia e ciência e tecnologia de alimentos, saúde pública e segurança alimentar.

Oscar Jesus Choque Fernandez

Nascido na Bolívia, radicado em Belém do Pará e brasileiro de coração, construiu uma trajetória acadêmica e profissional marcada pela integração entre diferentes países, culturas e áreas do conhecimento. Engenheiro Metalúrgico pela Universidad Técnica de Oruro, Bolívia, realizou sua formação de pós-graduação no Brasil, com Mestrado e Doutorado em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), e posteriormente realizou estudos de Pós-Doutorado em Geoquímica e Mineralogia na Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Alemanha. Sua trajetória internacional reúne experiências de formação, pesquisa, docência e cooperação técnico-científica na Bolívia, no Brasil e na Alemanha, estabelecendo pontes entre a Engenharia Metalúrgica, as Geociências, a Mineralogia e as Ciências dos Materiais. Ao longo de sua carreira, contribuiu para a aproximação e a troca de conhecimentos entre instituições, pesquisadores e estudantes desses diferentes contextos acadêmicos. Professor Titular do Instituto Federal do Pará (IFPA), atua na formação de profissionais e pesquisadores nos cursos de Engenharia de Materiais e Técnico em Metalurgia e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Tem dedicado parte significativa de sua trajetória à pesquisa e à formação de recursos humanos, orientando e capacitando estudantes de graduação e pós-graduação e contribuindo para o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas nas áreas de materiais, mineração e metalurgia. Sua experiência científica concentra-se em Mineralogia Aplicada, Geoquímica, Tratamento de Minérios, Metalurgia

Extrativa, Técnicas Analíticas e processamento e aproveitamento de materiais e resíduos provenientes da indústria minero-metalúrgica. Mais do que uma trajetória acadêmica internacional, sua história representa um percurso de integração entre povos, instituições e conhecimentos, tendo a formação de novas gerações de profissionais e pesquisadores como um de seus principais legados.

Otávio Fernandes Lima da Rocha

Possui Graduação (1988) e Mestrado (1998) em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará, Doutorado (2003) e Pós-Doutorado (2014) em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Desenvolve pesquisa na área de Caracterização e Processamento de Metais e suas Ligas, principalmente nas linhas de pesquisa: Solidificação Direcional em Regime Transitório de Extração de Calor, Caracterização, Propriedades Mecânicas e Tratamento Térmico.

Patrícia Teresa de Souza da Luz

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (1996), mestrado em Química pela Universidade Federal do Pará (2002) e doutorado no Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Pará (2015). Atualmente é professora Titular do Instituto Federal do Pará - IFPA da área de Físico-Química. Membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do IFPA/Belém - PPGEMAT (coordenadora de 2020 a 2024, atual vice coordenadora), Atua como Coordenadora Estadual do Programa Nacional Olimpíadas de Química, coordenando a Olimpíada Paraense de Química desde 2011, coordenando as Olimpíadas Científicas no Estado do Pará (OBQ,

ONC, OBESQ, ONEE). Criou e coordenou a Olimpíada Feminina de Química (Quimeninas) no período de 2023 a 2025. Presidiu a Associação Brasileira de Química –ABQ/PA. Em 2022 recebeu do Conselho Federal de Química a medalha Mulheres da Química. Atualmente é Presidente do Conselho Regional de Química do Pará e Amapá – CRQ6. Possui larga experiência em projetos de pesquisa, coordenando o Laboratório de Química Pesquisa do IFPA/Belém. Instituiu o Laboratório Multiusuário de Pesquisa Avançadas em Química (LAMPAQ), do Instituto Federal do Pará Campus Belém onde oferece suporte direto a pesquisas interdisciplinares e projetos de pós-graduação do IFPA. Tem atuado em projetos que visam estimular o ingresso, a formação, a permanência e a ascensão de meninas e mulheres nas carreiras de Ciências Exatas, Engenharias e Computação Tem experiência na área de Química, atuando principalmente nos seguintes temas: síntese e caracterização de materiais catalíticos, fotocatalise, biodiesel e biomassa residual. Vice-presidente do Conselho Regional de Química do Pará e Amapá – CRQ6.

Ramon Sousa Santos

Graduado em Engenharia de Materiais pelo IFPA (Instituto Federal do Pará), no departamento de Engenharia de Materiais do Campus Belém. Atua como pesquisador no Grupo de Pesquisa em Caracterização de Materiais (CAMAT/IFPA), com experiência no processamento, caracterização e aplicação tecnológica de materiais, minérios, rejeitos e resíduos industriais. Pesquisa de caracterização focada no uso de técnicas analíticas como DRX, FRX, MEV/EDS, TG/DSC e outros. Trabalhos focados na aplicação de técnicas analíticas à caracterização de insumos e resíduos industriais por FRX, DRX (Rietveld), TG/DTG e DSC. Possui experiência na avaliação de matérias-primas e subprodutos com foco em reaproveitamento, controle de qualidade e otimização de processos térmicos.

E-mail: ramonsousa1301@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5519480774436027>

Roberta de Fátima Rodrigues Coelho

Professora titular na área de manejo florestal no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará-Campus Castanhal (IFPA-Castanhal) desde 2006. Professor permanente do Programa de Programa de Pós-Graduação (mestrado e doutorado profissional) em Desenvolvimento Rural e Gestão de empreendimentos Agroalimentares (PPDRGEA). Lider do Grupo de pesquisa em Agroecologia e Etnociência na Amazônia (GAEA). Membro do Grupo de Pesquisa em Cooperativismo, Economia Solidária e Desenvolvimento Rural Sustentável (GECOOPES). Membro do grupo de investigación internacional Cooperativismo, Desarrollo Rural y Emprendimientos Solidarios en la Unión Europeay Latinoamérica (COODRESUEL) da Universidad de Alicante - Espanha.

É Membro do Observatório do Manejo florestal Comunitário e Familiar (OBMFCF). Atualmente é Bolsista de Fixação de Recursos Humanos.

Atua nas áreas de Gestão de recursos naturais, Agroecologia, Sistemas agroflorestais, Manejo florestal sustentável, Manejo florestal comunitário e familiar.

Rogério Bentes da Costa

Possui graduação em Licenciatura em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará Campus Belém (2022) e formação técnica em Automação Industrial. Atualmente exerce o cargo de Técnico em Instrumentação no Instituto Federal do Pará, atuando com foco em manutenção e operação de equipamentos eletroeletrônicos e de instrumentação científica. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Microscopia Eletrônica. Atua também no suporte técnico a projetos de pesquisa, colaborando na

operação, calibração e conservação de equipamentos laboratoriais complexos, contribuindo diretamente para a qualidade e continuidade de atividades experimentais em ambiente acadêmico-científico.

Romier da Paixão Sousa

É agrônomo, mestre em Agriculturas Amazônicas pela UFPA e em Agroecología pela Universidad Internacional de Andalucía, e doutor em Estudios Medioambientales pela Universidad Pablo de Olavide, com menção Cum Laude. É Professor Titular do IFPA – Campus Castanhal, onde atua desde 2005 no ensino técnico, superior e de pós-graduação. Integra grupos de pesquisa nacionais e internacionais e o CASASTEC. Possui experiência em agroecologia, educação do campo, extensão rural, manejo florestal comunitário e desenvolvimento rural, desenvolvendo atividades de ensino, pesquisa e extensão junto a comunidades rurais amazônicas.

Suezilde C. Amaral Ribeiro

Possui graduação em Engenharia Química pela UFPA e em Licenciatura em Ciências Biológicas, além de especializações em Tecnologia de Alimentos e Ecologia e Biodiversidade. É mestre e doutora em Engenharia de Alimentos pela UNICAMP.

Atualmente, é professora do IFPA – Campus Belém, atuando nos cursos de Ciências Biológicas e no PROFNIT, e nos programas de pós-graduação do IFPA – Campus Castanhal. É chefe do Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia (NITT/IFPA) e possui ampla experiência em pesquisa, inovação, propriedade intelectual, tecnologia de alimentos, meio ambiente e educação. Também é professora adjunta da UEPA e colaboradora da UFPA em programas de pós-graduação.

Thiago Antônio Paixão de Sousa Costa

Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA) e em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), além de mestrado em Engenharia Mecânica pela UFPA. Possui ainda doutorado e pós-doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente, é professor do Instituto Federal do Pará (IFPA), vinculado à Coordenação de Mecânica, e professor credenciado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEMAT/IFPA).

Waldomiro Gomes Paschoal Junior

Waldomiro G. Paschoal Jr nasceu em Belém-PA, Brasil em 1977. É graduado em Licenciatura plena de Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém-PA, Brasil (2001), Mestre em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (2004) e Doutor em Física pela Universidade de Lund, Lund, Suécia (2014). Realizou estágio de pós-doutorado em Física na Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil (10/2014-09/2015). Foi professor de Física na Secretaria Executiva de Educação do Pará (SEDUC-PA). Atualmente é professor e pesquisador no Programa de Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais - UFPA, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Instituto de Tecnologia - UFPA e nos grupos SciTechZon (Science and Technology in Amazon - <http://scitechzon.ufpa.br/>) e GFMA (Grupo de Física de Materiais da Amazônia) do Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais - UFPA. Em particular, tem experiência em Física experimental, com ênfase em Física da Matéria Condensada, atuando nas seguintes áreas: bioadsorção, materiais da Amazônia, telecomunicação, nanotecnologia com ênfase em nanofabricação de nanodispositivos, spintrônica, nanofios semicondutores e caracterização elétrica, magnética

e óptica de materiais semicondutores inorgânicos e orgânicos. Desde 1997, é membro da Sociedade Brasileira de Física (SBF). Atua como revisor de periódicos internacionais.

Yago Claudionor Fonseca Lopes Leite

Graduado em Licenciatura em Química pelo IFPA – Campus Belém e mestrando em Química pela UFPA – Campus Belém, atualmente bolsista CAPES. Possui experiência em pesquisa, extensão e estágio, com atuação em Físico-Química, Química Orgânica, Inorgânica e Analítica, além do Ensino de Química. Desenvolveu atividades com catálise, adsorção, síntese de polímeros e biopolímeros, catalisadores, zeólitas, análise de alimentos e validação de métodos. Atualmente, pesquisa hidrocarvão, compósitos adsorventes, hidrocarvão magnético e materiais adsorventes/fotocatalíticos no IFPA.

