

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
CURSO DE INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (2025.2)

A Importância dos Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Naturais
The Importance of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites

*Rosana N. Moura**
*Joselito Medeiros de Freitas Farias***

RESUMO:

Nos dias atuais, os compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais vêm ganhando bastante destaque pelo baixo custo; boas propriedades mecânicas e sustentabilidade. (Almeida, 2021; Azevedo, 2019; Jawaid; Khalil, 2011). Esses materiais resultam da associação entre matrizes poliméricas e fibras vegetais, como sisal, juta, curauá e coco, sendo empregados em setores como construção civil, indústria automotiva, aeroespacial e embalagens. Este trabalho apresenta uma revisão da literatura nacional publicada entre 2014 e 2024, com o objetivo de analisar os principais tipos de matrizes e fibras, processos de fabricação, tratamentos superficiais e propriedades obtidas. Os resultados indicam que avanços na padronização dos métodos de caracterização e na compatibilização interfacial são determinantes para a ampliação da aplicabilidade industrial desses materiais sustentáveis. (Ellenberger, 2018; Moreira, 2021; Soares, 2023).

Palavras-chave: Compósitos poliméricos; fibras naturais; sustentabilidade; materiais renováveis; propriedades mecânicas.

ABSTRACT:

Nowadays, polymer composites reinforced with natural fibers have been gaining considerable attention due to their low cost, good mechanical properties, and sustainability (Almeida, 2021; Azevedo, 2019; Jawaid; Khalil, 2011). These materials result from the combination of polymer matrices and plant fibers such as sisal, jute, curauá, and coconut, being used in sectors such as civil construction, automotive, aerospace, and packaging. This work presents a review of the national literature published between 2014 and 2024, aiming to analyze the main types of matrices and fibers, manufacturing processes, surface treatments, and properties obtained. The results indicate that advances in the standardization of characterization methods and interfacial compatibility are key to expanding the industrial applicability of these sustainable materials (Ellenberger, 2018; Moreira, 2021; Soares, 2023).

Keywords: Polymer composites; natural fibers; sustainability; renewable materials; mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por materiais sustentáveis e ambientalmente corretos tem impulsionado, nas últimas décadas, o desenvolvimento de compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais (CPRFNs). Esse interesse se justifica por vários fatores: a disponibilidade de fibras vegetais oriundas de resíduos agroindustriais, o baixo custo de obtenção, a boa relação de propriedades mecânicas e densidade, além da capacidade de biodegradação desses materiais (Protzek, 2017; Menchise, 2021). Em um contexto de mudanças climáticas, legislações ambientais mais rigorosas e pressão por circularidade industrial, os (CPRFNs) surgem como alternativas viáveis para setores como a indústria automotiva, construção civil, aeroespacial e embalagens.

O desenvolvimento de técnicas de compatibilização e tratamentos de superfície das fibras melhora a adesão interfacial, aumentando o desempenho mecânico e a durabilidade dos compósitos (Barros, 2020; Fernandes, 2017; Oliveira, 2020).

No Brasil, a diversidade vegetal é um ativo valioso para o avanço dessa tecnologia. Estudos recentes demonstram o potencial de fibras como coco, curauá, sisal, juta, bananeira e casca de pinhão, utilizadas como reforço em matrizes poliméricas diversas, inclusive de origem renovável (Faria, 2020; Ellenberger, 2018). O desenvolvimento desses compósitos também se beneficia da pesquisa sobre processos de compatibilização e modificação superficial das fibras, visando a melhoria da adesão interfacial com a matriz (Soares, 2023).

Este artigo tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico da produção científica nacional publicada em português entre 2014 e 2024, analisando as principais matrizes, fibras, tratamentos, técnicas de processamento e propriedades obtidas nos CPRFNs. Busca-se, assim, delinear um panorama crítico da evolução técnica e científica desses materiais no contexto brasileiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Estrutura e definição dos compósitos poliméricos

Compósitos poliméricos são materiais formados por uma matriz polimérica (fase contínua) e por uma fase de reforço, que pode ser composta por fibras naturais ou sintéticas. A sinergia entre a matriz e reforço confere propriedades mecânicas, térmicas e funcionais superiores em relação aos componentes isolados. Os compósitos reforçados com fibras

naturais são aplicados na indústria automotiva, construção civil, mobiliário, esportes e embalagens, promovendo leveza, resistência e sustentabilidade (Azevedo, 2019; Moura, 2016; Pereira, 2021). O reforço com fibras naturais melhora propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade e resistência à tração, além de proporcionar redução de peso em relação aos materiais convencionais (Costa, 2019; Freitas, 2020; Teixeira, 2021). Os CPRFNs, em particular, utilizam fibras lignocelulósicas de origem vegetal e destacam-se por sua sustentabilidade, leveza e custo reduzido (Ellenberger, 2018).

2.2. Composição química das fibras vegetais

As fibras vegetais são materiais complexos compostos predominantemente por:

- a) Celulose (40–80%): confere rigidez e resistência mecânica;
- b) Hemicelulose (10–40%): polímeros amorfos, higrófilos, afetam a absorção de umidade;
- c) Lignina (5–30%): componente aromático que proporciona rigidez, impermeabilidade e resistência biológica;
- d) Pectinas, ceras, taninos e extrativos: afetam a interação com a matriz polimérica;

A proporção entre esses constituintes varia conforme a espécie, condições de cultivo, método de extração e tipo de tratamento aplicado. Fibras com maior teor de celulose, como o curauá, são indicadas para aplicações estruturais, enquanto aquelas com alto teor de lignina, como o coco, são mais indicadas para ambientes agressivos (Menchise, 2021; Sampaio, 2023). O aproveitamento de fibras vegetais como o kapok contribui para o desenvolvimento de materiais ambientalmente corretos e economicamente viáveis, reforçando a importância dos biocompósitos na substituição de materiais convencionais (Souza, 2019).

Características das principais fibras utilizadas:

- a) Fibra de coco: alta tenacidade, resistência à tração entre 100–200 MPa e alto teor de lignina (até 48%), conferindo resistência à umidade e à degradação microbiana. É rígida, leve e tem bom desempenho em isolamento térmico e acústico (Menchise, 2021).

- b) Curauá: alto teor de celulose (~70%), baixa densidade (1,4 g/cm³) e resistência à tração superior a 600 MPa. Indicada para aplicações estruturais exigentes (Sampaio, 2023).
- c) Kapot (kapok): fibra oca, leve (0,35 g/cm³), excelente isolamento térmico, porém baixa resistência à tração. Usada em estofamento e absorção (Faria, 2020).
- d) Juta: resistência à tração até 400 MPa, disponibilidade abundante, bom custo-benefício. Utilizada em compósitos de mobiliário e automotivos (Soares, 2023).
- e) Bananeira: resistência entre 200–400 MPa, teor de celulose entre 55–65%. Boa aderência à matriz poliuretânica (Ellenberger, 2018).
- f) Sisal: resistência de 400–700 MPa, alta rigidez e durabilidade. Boa compatibilidade após tratamento alcalino. Aplicada em construção civil (Azevedo, 2019).

2.3. Polímeros utilizados como matriz

As matrizes poliméricas utilizadas em compósitos com fibras naturais podem ser divididas em dois grandes grupos: os termofixos e os termoplásticos. Essa classificação se baseia no comportamento térmico e estrutural dos polímeros durante e após o processamento. Matrizes termoplásticas, como polipropileno, PLA e PHB, são amplamente utilizadas por sua facilidade de processamento e biodegradabilidade (Lima, 2020; 2019; Gomes, 2021). Já as matrizes termofixas, como epóxi e poliéster, apresentam excelente resistência mecânica e térmica, sendo indicadas para aplicações estruturais (Costa, 2019; Freitas, 2020; Moreira, 2021).

2.3.1 Termofixos

Os Termofixos são polímeros que passam por um processo de cura química irreversível, formando uma rede tridimensional com ligações covalentes entre as cadeias. Uma vez curados, não podem ser fundidos ou remodelados. Apresentam alta estabilidade térmica, resistência química e boas propriedades mecânicas. São indicados para aplicações estruturais de maior exigência. Utilizados em processos como laminação manual, infusão a vácuo, RTM e pultrusão (Azevedo, 2019).

Os principais termofixos utilizados são:

- a) Poliéster (e variantes): resina de baixo custo, fácil processamento e tempo de cura reduzido. Boa adesão a fibras naturais, especialmente após tratamentos superficiais. Poliéster insaturado é o mais comum e pode ser curado com peróxidos como o MEKP (Soares, 2023).
- b) Epóxi: elevada resistência mecânica, adesão química eficiente com fibras tratadas e excelente estabilidade dimensional. Cura térmica ou química, com aplicação em compósitos de alto desempenho (Azevedo, 2019).
- c) Poliuretana (PU): oriundo de fontes petroquímicas ou renováveis como o óleo de mamona, forma estruturas flexíveis, duráveis e com boa aderência às fibras vegetais. Utilizado em compósitos ecológicos (Ellenberger, 2018).

2.3.1 Termoplásticos

Os Termoplásticos são polímeros que amolecem com o calor e podem ser moldados repetidamente. Têm boa processabilidade e são recicláveis. Apresentam menor rigidez que os termofixos, mas são amplamente usados em compósitos de menor exigência estrutural. Os processos mais comuns são extrusão, injeção e moldagem por compressão (Protzek, 2017). Os principais termoplásticos utilizados são:

- a) Polipropileno (PP): termoplástico semicristalino, leve, com boa resistência química e térmica. Exige agentes compatibilizantes como PP-g-MA para melhorar a adesão com fibras naturais (Protzek, 2017).
- b) Biopolímeros (PLA, PHB): são polímeros biodegradáveis obtidos por fermentação bacteriana de açúcares simples, como glicose e sacarose, a partir de fontes vegetais como milho, cana-de-açúcar ou mandioca. O PLA (ácido polilático) é sintetizado pela polimerização do ácido lático obtido via fermentação por bactérias como *Lactobacillus*. Já o PHB (polihidroxibutirato) é produzido por bactérias como *Ralstonia eutropha*, que acumulam o polímero intracelularmente como reserva energética. Esses materiais têm boas propriedades mecânicas e são aplicados em embalagens, medicina e produtos de uso único, embora apresentem limitações quanto à resistência térmica e à umidade (Faria, 2020; Soares, 2023).

2.4. Adesão interfacial e compatibilização

A adesão entre matriz e fibra é determinante para o desempenho do compósito. Fibras vegetais são polarizadas e hidrofílicas, enquanto muitas matrizes são apolares e hidrofóbicas, o que reduz a adesão interfacial.

Para melhorar essa adesão, utilizam-se:

- a) Agentes compatibilizantes, como o polipropileno enxertado com anidrido maleico (PP-g-MA), que promovem ligação química entre os grupos funcionais da matriz e da fibra, formando pontes químicas ou melhorando a molhabilidade (Soares, 2023);
- b) Modificações químicas da matriz ou da fibra, como a introdução de grupos funcionais reativos;
- c) Controle do teor de umidade e da distribuição das fibras para evitar delaminações e falhas de interface.

Técnicas de compatibilização química, como uso de agentes silanos e tratamentos alcalinos, melhoram a interação fibra-matriz, aumentando resistência mecânica e durabilidade.(Fernandes, 2017; Oliveira, 2020; Freitas, 2020; Teixeira, 2022).

2.5. Tratamentos das fibras naturais

Os tratamentos têm como objetivos: aumentar a rugosidade superficial, expor grupos funcionais, reduzir a absorção de umidade e melhorar a adesão interfacial. Entre os principais destacam-se:

- a) Tratamento alcalino (NaOH): remove lignina, ceras e pectinas; aumenta a cristalinidade da celulose e a área de contato com a matriz (Azevedo, 2019);
- b) Silanação: utiliza agentes silanos que reagem com hidroxilas da fibra e com a matriz, promovendo ligação covalente estável (Protzek, 2017);
- c) Acetilação, uso de peróxidos, ácidos graxos, e tratamentos físicos como plasma, corona e radiação UV, que modificam as propriedades de superfície sem alterar drasticamente a estrutura da fibra (Menchise,2021).

2.6. Processos de incorporação e processamento

O desempenho final dos compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais está diretamente relacionado ao processo de fabricação empregado, o qual deve ser compatível com o tipo de matriz polimérica e com a morfologia do reforço. A seleção adequada da técnica de processamento influencia a dispersão das fibras, a qualidade da impregnação e a eficiência da interface fibra-matriz, refletindo diretamente nas propriedades mecânicas e

térmicas do material final. (Freitas, 2020; Oliveira, 2019; Teixeira, 2022). A seguir, apresentam-se os principais processos utilizados, diferenciando os adequados a termoplásticos e termofixos, com os respectivos equipamentos.

Processos aplicados a termoplásticos:

- a) Extrusão: processo contínuo aplicado principalmente para fibras curtas. Utiliza uma extrusora (mono ou dupla rosca) com zonas de alimentação, compressão e dosagem. O polímero fundido é misturado às fibras e forçado por uma matriz para formar perfis contínuos. Inclui sistema de resfriamento.
- b) Injeção: usa injetora termoplástica com rosca, cilindro, unidade de injeção e moldes metálicos de alta precisão. Permite moldar peças complexas com alta produtividade. Requer fibras curtas bem dispersas.
- c) Moldagem por compressão com termoplásticos: utiliza prensas hidráulicas e moldes aquecidos, sendo ideal para pré-formas ou misturas de matriz e fibras curtas ou em pó, promovendo boa compactação e fusão da matriz.

Processos aplicados a termofixos:

- a) Laminação manual (hand lay-up): técnica artesanal e versátil. Consiste na aplicação manual da resina líquida sobre as camadas de fibras dispostas no molde, utilizando rolos ou pincéis. Indicada para pequenas produções e protótipos.
- b) Infusão a vácuo: método que utiliza pressão negativa para puxar a resina líquida através das fibras secas colocadas no molde. Permite boa impregnação e baixo teor de porosidade (Andrade, 2018).
- c) RTM (Resin Transfer Molding): processo em molde fechado no qual a resina é injetada sob pressão e sobre o reforço seco, já posicionado. Ideal para produção em série de peças estruturais.
- d) Pultrusão: processo contínuo em que as fibras são puxadas através de um tanque com resina líquida e por uma matriz aquecida onde ocorre a cura. Usado para fabricar perfis longos e constantes (Ellenberger, 2018). O tamanho da fibra afeta diretamente a processabilidade e o desempenho: fibras curtas (<5 mm) são apropriadas para extrusão e injeção, enquanto fibras longas ou contínuas (em forma de mantas ou

tecidos) são preferidas para técnicas com termofixos que exigem alto desempenho mecânico e orientações específicas.

Como deu para analisar na informação acima, os compósitos podem ser produzidos também por moldagem por compressão, laminação manual, infusão a vácuo ou extrusão, dependendo do tipo de matriz e fibra utilizada (Andrade, 2018; Lopes, 2017; Moura, 2021). Cada processo influencia propriedades finais como resistência à tração, módulo de elasticidade e comportamento térmico (Lima, 2019; Machado, 2018; Ramos, 2021).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática, com foco em publicações científicas escritas em português, no período de 2014 a 2024. A busca foi realizada exclusivamente por meio do Google Acadêmico, utilizando o termo de pesquisa: “compósitos com polímeros mais fibra natural”. Foi feito o download dos arquivos disponíveis e feita uma triagem prévia.

Os critérios de inclusão foram:

- Artigos completos publicados em português;
- Trabalhos publicados entre os anos de 2014 e 2024;
- Estudos focados em compósitos com matriz polimérica e reforço vegetal;
- Disponibilidade de acesso gratuito ao conteúdo.

Os artigos obtidos foram analisados com o apoio da inteligência artificial (ChatGPT), utilizada exclusivamente para balizamento técnico e organização das informações após a seleção dos trabalhos. Foram extraídos e categorizados dados sobre o tipo de polímero, tipo de fibra, método de processamento, propriedades alcançadas, aplicações e principais conclusões técnicas.

As informações foram sistematizadas em planilhas e subsidiaram a construção de quadros e gráficos apresentados na próxima seção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo teve como base a análise de 75 trabalhos acadêmicos publicados entre 2014 e 2024 em língua portuguesa, retirado do google acadêmico, com foco em compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais. A partir da sistematização dos dados, buscou-se compreender as tendências e contribuições da literatura científica em relação aos materiais utilizados, métodos de processamento e desempenho obtido dos compósitos.

4.1. Tipologia dos Trabalhos Analisados

A amostra de 75 trabalhos analisados é composta por diferentes tipos de publicações acadêmicas, refletindo a variedade de abordagens metodológicas e níveis de aprofundamento no estudo de compósitos poliméricos com fibras naturais. A maioria dos documentos consiste em Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs), representando cerca de metade do total. Em seguida, destacam-se dissertações de mestrado, que correspondem a aproximadamente um terço dos trabalhos. Também foram identificadas teses de doutorado, artigos científicos publicados em periódicos e anais de congressos. Essa distribuição revela o interesse crescente tanto na graduação quanto na pós-graduação sobre o tema, além do reconhecimento do assunto em espaços de divulgação científica consolidados. A Tabela 1 apresenta a frequência dos tipos de publicação identificados:

Tabela 1 - Quantitativo de Produções Acadêmicas por Tipo de Publicação

Tipo de Publicação	Quantidade
Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC)	38
Dissertações de Mestrado	22
Teses de Doutorado	5
Artigos Científicos	6
Anais de Congressos	4

Fonte: Autoria própria, 2025.

Como também observado pela literatura sobre compósitos naturais tem crescido significativamente em TCCs e dissertações nos últimos anos. E essa informação é verificada na tabela 1.

Tabela 2 – Distribuição de Trabalho por Instituição de Ensino Superior

Instituição de Ensino Superior (IES)	<u>Quantidade de Trabalhos</u>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	11
Universidade Federal do Ceará (UFC)	7
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	6
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	5
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	5
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	4
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	4
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)	4
Outras instituições (com 1 a 3 trabalhos cada)	27

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com as informações da tabela 2 mais o gráfico 2 que instituições como a UFC (7 trabalhos) e a UFAM (6) lideram em número de publicações. Outras instituições como UFRN, UNESP e UFERSA também apresentam participação relevante. Isso mostra uma distribuição geográfica diversificada e uma forte contribuição das universidades públicas na pesquisa sobre compósitos sustentáveis.

4.2. Distribuição Temporal da Produção Científica

A produção acadêmica sobre o tema tem apresentado crescimento notável ao longo da última década. Observa-se um aumento progressivo do número de publicações, com destaques nos anos de 2018 e 2022, o que reflete o crescente interesse por soluções sustentáveis e tecnologicamente viáveis para o uso de materiais naturais em substituição a insumos sintéticos convencionais. A Tabela 3 apresenta a distribuição das publicações por ano. Como é

observado, o interesse por biocompósitos aumentou significativamente após 2010, o que se reflete nos dados analisados.

Tabela 3 - Quantidade de Trabalhos Publicados por Ano (2014–2024)

Ano	Quantidade de Trabalhos
2014	1
2015	2
2016	3
2017	5
2018	13
2019	7
2020	6
2021	5
2022	13
2023	8
2024	12

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com a tabela 3 é possível verificar um aumento significativo no número de trabalhos a partir de 2018, com pico em 2023 (15 trabalhos). Isso pode estar relacionado à intensificação do debate sobre sustentabilidade, economia circular e à popularização de tecnologias de compósitos poliméricos com fibras naturais. A tendência crescente revela maior maturidade e interesse da academia pelo tema.

4.3. Matrizes Poliméricas

A matriz polimérica mais empregada nos estudos foi a resina poliéster, contabilizando 30 ocorrências. Consideraram-se aqui suas variações isoftálica e ortoftálica. A resina epóxi aparece em seguida com 20 trabalhos, destacando-se pela excelente aderência às fibras e pela boa estabilidade térmica. Estas resinas, termofixas, tem predominância pela facilidade de processamento com fibras longas o que inviabiliza alguns tipos de processamento como a

injeção e a extrusão. Além disto, o uso de resinas termofixos impedem a exposição térmica das fibras (o que pode degradá-las). Por outro lado, conforme Pachekoski et.al (2014), o Poli(hidroxibutirato)- PHB- e o poli (ácido lático)- PLA são dois poliésteres termoplásticos com grande potencial para uso em aplicações industriais, sendo viáveis nos principais métodos de processamento e totalmente biodegradáveis.

A escolha do tipo de matriz está fortemente relacionada à aplicação pretendida e à compatibilidade com o tipo de fibra natural utilizada. A Tabela 4 resume as frequências observadas:

Tabela 4 - Frequência de Uso das Matrizes Poliméricas nos Trabalhos Analisados

Matriz Polimérica	Frequência
Poliéster (incluindo variantes)	30
Epóxi	20
Poliuretana (PU)	6
Polipropileno	4
Biopolímeros (PLA, PHB)	4
Outros	11

Fonte: Autoria Própria, 2025.

A predominância da resina poliéster evidencia a preferência por matrizes de fácil processamento e baixo custo, especialmente em estudos laboratoriais. Em contrapartida, a baixa frequência de biopolímeros como PLA e PHB indica que sua aplicação ainda enfrenta desafios técnicos e econômicos no contexto nacional. Por serem biodegradáveis e provenientes de fontes renováveis, essas fibras contribuem significativamente para a sustentabilidade dos compósitos, tanto do ponto de vista técnico quanto ambiental.

4.4. Fibras Naturais

As fibras naturais empregadas são predominantemente oriundas de resíduos agroindustriais ou de cultivos regionais de baixo custo. A fibra de coco foi a mais utilizada (10 trabalhos), seguida por curauá, bananeira e kapok. Fibras menos usuais, como sisal, juta e bucha também compuseram a diversidade investigada. Além dessas, classificadas na categoria “ outras”, foram identificadas as seguintes fibras: celulose refinada, palha de

carnaúba, linho, algodão, bagaço de cana, fibras de arroz, fibra de pinhão, palmeira, milho, folha de bananeira, folha de mamona, caroá, fibra da castanha-do-brasil, fibra da erva-mate, palha de milho e fibras misturadas não especificadas.

A utilização de fibras vegetais em compósitos poliméricos é motivada por sua excelente relação resistência/peso, ampla disponibilidade, baixo custo e origem renovável, características que as tornam alternativas promissoras tanto do ponto de vista técnico quanto ambiental. Por serem biodegradáveis e do ponto de vista técnico quanto ambiental. Por serem biodegradáveis e provenientes de fontes naturais, essas fibras contribuem significativamente para a sustentabilidade dos materiais compósitos. Entretanto, diferentemente das fibras sintéticas, que apresentam elevada uniformidade e compatibilidade com a matriz polimérica, as fibras vegetais demandam tratamentos de superfície para melhorar sua adesão. Embora essa etapa represente um desafio adicional no processamento, a funcionalização superficial permite ajustar a polaridade das fibras, favorecendo a interface fibra-matriz e resultando em compósitos com propriedades mecânicas e estruturais mais estáveis. Assim, o uso de fibras naturais deve ser compreendido como uma estratégia que alia benefícios ambientais à necessidade de ajustes tecnológicos para o alcance de bom desempenho final. De acordo com Jawaid, M.; Khalil, H. P. S (2011) a escolha da fibra está ligada à sua abundância regional e propriedades específicas. O agrupamento por tipo e frequência é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5- Frequência de Uso das Fibras Naturais nos Trabalhos Analisados

Fibra Natural	Frequência
Coco	10
Curauá	6
Bananeira	5
Kapok	4
Juta	3
Sisal	2
Bucha	2
Outras	15

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com a tabela 5 é possível analisar que as fibras de coco (10 trabalhos), curauá (6) e bananeira (5) são as mais empregadas. Essa escolha está relacionada à ampla disponibilidade dessas fibras no Brasil, boas propriedades mecânicas e baixo custo. A categoria “Outras” (15 ocorrências) mostra a diversidade de resíduos vegetais explorados na pesquisa, ampliando as possibilidades de uso regionalizado.

4.5 Tratamentos das Fibras

Apenas 12 trabalhos aplicaram tratamento nas fibras, sendo que a maioria utilizou o tratamento alcalino com NaOH. Este método baseia-se na imersão das fibras em uma solução aquosa de hidróxido de sódio, processo que resulta na remoção parcial de constituintes amorfos como lignina, hemicelulose, ceras e óleos superficiais. Essa remoção expõe as regiões mais cristalinas da celulose, aumentando a rugosidade superficial e favorecendo a formação de ligações hidrogênio e mecânicas com a matriz polimérica. Dessa forma, a interface fibra-matriz se torna mais eficiente, resultando em melhor transferência de tensões. Em contrapartida, a grande maioria dos estudos (n=32) utilizou fibras sem qualquer tratamento ou não especificou essa etapa, o que tende a comprometer a qualidade da adesão interfacial e, conseqüentemente, reduzir propriedades mecânicas como resistência à tração, flexão e impacto. Os trabalhos que aplicaram tratamento têm reportado aumento significativo de desempenho, especialmente em condições de umidade e envelhecimento acelerado. Como é destacado por Bledzki, A. K.; Gassan, J (1999), o tratamento alcalino é uma das técnicas mais eficazes para melhorar a aderência da fibra à matriz. A Tabela 6 apresenta a distribuição dos tipos de tratamento.

Tabela 6- Tipo de Tratamento Aplicado às Fibras Naturais

Tipo de Tratamento	Frequência
Sem tratamento (inclui não especificado)	32
Alcalino (NaOH)	8
Outros (fungicida, térmico etc.)	4

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com a tabela 6 é percebido que 32 trabalhos não especificaram tratamento ou usaram fibras sem tratamento químico, enquanto apenas 8 utilizaram tratamento alcalino (NaOH). A baixa frequência de tratamentos pode impactar negativamente na adesão

fibra/matriz, mas também revela uma tentativa de manter a naturalidade e biodegradabilidade do compósito. Estudos futuros podem se beneficiar ao explorar mais tratamentos superficiais.

4.6. Processos de Fabricação

Dentre os métodos de fabricação observados, a moldagem por compressão destacou-se como o mais recorrente, sendo empregada em 18 estudos. Essa técnica se mostra particularmente adequada para matrizes termofixas e fibras curtas ou em manta, permitindo uma boa impregnação do reforço e controle dimensional. Em seguida, aparecem os métodos de moldagem manual e hand lay-up, ambos amplamente utilizados em escala laboratorial devido à simplicidade de execução e baixo custo. Já os processos de extrusão seguidos de injeção são aplicados majoritariamente em compósitos com matrizes termoplásticas, por exigirem condições específicas de fluxo e plastificação em altas temperaturas, adequadas a esse tipo de polímero.

O método de fabricação influencia diretamente a qualidade do compósito. A seleção do processo está diretamente ligada ao tipo e dimensão da fibra, bem como à forma da peça a ser moldada. A Tabela 7 sintetiza os dados.

Tabela 7- Processo de Fabricação Utilizado nos Compósitos

Processo de Fabricação	Frequência
Moldagem por compressão	18
Moldagem manual / hand lay-up	14
Extrusão + injeção	5
Feltragem / prensagem	4
Outros	8

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com a tabela 7 é possível analisar que a moldagem por compressão (18 ocorrências) e a moldagem manual (14) são os processos mais comuns. Esses métodos são acessíveis, especialmente em escala laboratorial. Processos como extrusão/injeção e feltragem

ainda são menos recorrentes, o que mostra a predominância de técnicas tradicionais em detrimento de métodos industriais mais sofisticados.

5. Avaliação do Desempenho

Os resultados obtidos demonstram que, em 52 dos 75 trabalhos analisados, os compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais apresentaram desempenho superior à matriz pura, com destaque para melhorias nas propriedades mecânicas, como resistência à tração, flexão e impacto. Tais ganhos são atribuídos principalmente à presença das fibras vegetais, que atuam como reforço estrutural eficiente quando bem distribuídas e compatibilizadas com a matriz. Em 7 estudos, os compósitos apresentaram desempenho semelhante ao da matriz sem reforço, o que pode estar relacionado à baixa proporção de fibra, ausência de tratamento superficial ou à má dispersão no material. Por outro lado, apenas 3 trabalhos reportaram desempenho inferior, o que evidencia o potencial das fibras naturais na formulação de compósitos. Importante ressaltar que, em 13 publicações, não houve comparação direta com a matriz pura, limitando a interpretação dos resultados em termos de efetividade do reforço.

Os compósitos com fibras naturais podem apresentar propriedades mecânicas superiores, desde que bem compatibilizados. Os melhores desempenhos estão associados a compósitos com teores de fibra entre 15% e 30%, tratados quimicamente, e moldados com boa dispersão do reforço. A Tabela 8 quantifica e ilustra o panorama consolidado do desempenho desses compósitos.

Tabela 8- Desempenho do Compósito em Relação à Matriz Pura

Desempenho do Compósito	Frequência
Superior à matriz pura	52
Similar	7
Inferior	3
Não comparado diretamente	13

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com a tabela 8 é possível perceber que em 52 dos trabalhos analisados, os compósitos apresentaram desempenho superior à matriz polimérica pura, demonstrando o

potencial de reforço das fibras naturais. Apenas 3 estudos indicaram desempenho inferior. Isso reforça a viabilidade técnica desses materiais para aplicações estruturais e funcionais com sustentabilidade. E nesse mesmo gráfico 8 é visto que a frequência do desempenho inferior está abaixo de 10.

6.CONCLUSÕES

A análise evidenciou que a maioria dos trabalhos analisados é composta por Trabalhos de Conclusão de Curso (38), seguidos por dissertações de mestrado (22), teses de doutorado (5), artigos científicos (6) e anais de congressos (4), o que revela uma expressiva produção acadêmica em diferentes níveis de formação. Do ponto de vista institucional, universidades públicas brasileiras foram responsáveis pela maior parte da produção, com destaque para a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

A partir da análise sistematizada de 75 trabalhos científicos em língua portuguesa sobre compósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais, entre os anos de 2014 a 2024, foram obtidas as seguintes conclusões:

1. As resinas poliéster e epóxi são as matrizes mais empregadas, destacando-se pela boa aderência às fibras e custo competitivo.
2. As fibras vegetais mais utilizadas foram coco, curauá, bananeira, kapok e juta, sendo favorecidas por sua disponibilidade regional, leveza e boas propriedades mecânicas.
3. A moldagem por compressão é o processo de fabricação mais comum, seguido por métodos manuais e de contato, evidenciando a predominância de estudos laboratoriais de baixa escala.
4. Tratamentos químicos das fibras, quando aplicados, resultam em melhorias expressivas nas propriedades finais dos compósitos. Contudo, a maioria dos trabalhos ainda negligência essa etapa.
5. Em termos de desempenho, mais de dois terços dos estudos indicaram que o uso de fibras vegetais proporcionou melhorias às propriedades da matriz pura.

Por fim, observa-se que, apesar dos avanços na pesquisa de CPRFNs, persistem lacunas como a ausência de padronização metodológica, a carência de ensaios de durabilidade

e a escassa abordagem em escala industrial. Tais desafios apontam para a necessidade de mais estudos aplicados, com foco na validação de processos e formulações em condições reais de uso. Vale lembrar que tecnologias emergentes, como manufatura aditiva e fibras híbridas, podem elevar ainda mais o desempenho mecânico e funcional desses materiais (Jawaid; Khalil, 2011; Pontes, 2021). A pesquisa contínua e a inovação tecnológica serão essenciais para superar desafios, expandindo as aplicações industriais desses materiais sustentáveis (Teixeira, 2022; Soares, 2023; Moura, 2021).

REFERÊNCIAS

AGNES, E. **Desenvolvimento de compósitos à base de polietileno de baixa densidade e nanofibras de celulose**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) — Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2022. Disponível em: <https://tede.unicentro.br/jspui/bitstream/jspui/2075/2/Tese%20-%20Erick%20Afonso%20Agnes.pdf>. Acesso em: 29 jun 2025.

ALBUQUERQUE, B. **Desenvolvimento de compósito para aplicação na construção civil..** Monografia (Bacharelado em Química Tecnológica) – Departamento de Química, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014. Disponível em: https://www.quimicatecnologica.bh.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/198/2022/07/TCC_Brenda_Albuquerque_2014.pdf. Acesso em: 4 jul 2025.

ALMEIDA, João Victor Chaim; JUNIOR, Jhon Peter Aleixo Ferreira; CODEÇO, Laura Barreto; GONÇALVES, Victor Paes Dias; SIMONASSI, Noan Tonini; PEREIRA, Artur Campos; LOPES, Felipe Perissé Duarte.

Caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras da bainha de coco.

Anais do 78º Congresso Anual da ABM – Internacional, São Paulo, p. 2564-2572, 2025. DOI: 10.5151/2594-5327-42829. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/pt-br/publications/anais-do-congresso-anual-da-abm/event/anais-do-congresso-anual-da-abm/article/caracterizacao-de-compositos-polimericos-reforcados-com-fibras-da-bainha-de-coco>. Acesso em: 22 jul 2025.

ANDRADE, Camila Capai de. **Compósitos híbridos de fibras naturais e fibra de vidro utilizados na fabricação de peças automotivas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Química, Câmpus de Araraquara, Araraquara, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7cc4d6ec-e378-49f4-ac38-de01b07dfc77/content>. Acesso em: 29 jul 2025.

AZEVEDO, Amanda Chaves de. **Influência da incorporação de argila e tecidos de fibra de juta (*Corchorus capsularis*) nas propriedades mecânicas e de inflamabilidade de compósitos poliméricos.** Ananindeua: Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Faculdade de Engenharia de Materiais. Trabalho de Conclusão de Curso, 2019. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/16646b19-6944-4e81-bc00-37fd42cd7594/content>. Acesso em: 22 jul 2025.

AZEVEDO, Joyce B.; Sanches, Ricardo Correia; Melo, Pollyana da Silva. **Avaliação da resistência ao stress cracking durante fadiga em compósitos poliméricos com farinha de madeira.** In: 13º Congresso Brasileiro de Polímeros / 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2014. Disponível em: https://livrozilla.com/doc/1337507/livro-programa---13%C2%BA-congresso-brasileiro-de-pol%C3%ADmeros?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 21 jul 2025.

BARBOSA, K. **Incorporação de fibras curtas de bambu (*Bambusa vulgaris*) e resíduo industrial de caulim em compósitos de matriz polimérica: resistência à tração e fractografia.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, PA, 2018. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/fl8c7ab1-d3d2-416c-9921-052c4f02af22/content>. Acesso em: 3 jul 2025.

BARROS, J. P. et al. **Desenvolvimento de bioplástico a partir da fibra da casca da banana-prata.** 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD1_SA27_ID16_09112020181436.pdf#:~:text=Inicialmente%2C%20foi%20realizado%20o%20processo%20produtivo%20do,de%20banana%2Dprata%2C%20adquirida%20em%20um%20supermercado%20local. Acesso em: 15 jul 2025.

BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. **Composites reinforced with cellulose based fibers.** Progress in Polymer Science, v. 24, n. 2, p. 221–274, 1999, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670098000185?via%3Dihub>. Acesso em: 7 jul 2025.

BRITO, L. **Produção e caracterização de biocompósitos poliméricos reforçados com microfibrilas de celulose a partir da folha do abacaxi.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/6469/2/TCC_LuizBrito.pdf. Acesso em: 2 jul 2025.

CASTELLÕES, F. **Estudo das condições de processamento e caracterização da matéria-prima para a produção de um biocompósito de matriz de poli(succinato de butileno) com reforço de celulose branqueada.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://www.eng-materiais.bh.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/189/2018/06/TCC_1%C2%BA_2016-FI%C3%A1vio-Renato-Labanca-Castell%C3%B5es-vers%C3%A3o-final.pdf. Acesso em: 5 jul 2025.

CASTRO, B. **Comportamento mecânico de compósitos produzidos com reaproveitamento de polietileno de alta densidade, reforçados com fibras de sisal.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/33fe0b90-1449-4d14-95f2-a3d03eb5d680/content> Acesso em: 5 jul 2025.

COSTA, Milene Muniz Eloy da. **Comportamento físico e mecânico de compósitos feitos de matriz de polietileno verde reforçados por longas fibras de bambu: influência do tratamento físico e químico das fibras nas fibras e nos compósitos.** Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53164>. Acesso em: 25 ago 2025.

COSTA, S. **Análise do comportamento mecânico e da durabilidade de compósitos em matriz de solo areno-argiloso reforçados com a fibra natural do coco (nucifera l).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Geotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/79672>. Acesso em: 6 jul

DAMÁSIO, Renato Augusto Pereira. **Caracterização e aplicações de celuloses nanofibrilada (CNF) e nanocristalina (CNC).** 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) — Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, MG, 2015. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/a77fc89e-c9c5-42b7-80dc-defa4a0bb434/content>. Acesso em: 2 jul 2025.

DELLATORRE, E. **Reforço vigas de concreto armado submetidas à flexão com compósito contendo fibras de juta.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/server/api/core/bitstreams/9c9bc9b8-4a4f-40d9-9819-3b03e5ae0c0d/content>. Acesso em: 5 jul 2025.

ELLENBERGER, Alessandro. **Fresamento de topo em compósito de fibra do caule da bananeira e poliuretano derivado do óleo de mamona.** 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3788/1/CT_PPGEM_M_Ellenberger%2C%20Alessandro_2018.pdf. Acesso em: 28 jul 2025.

FARIA, Douglas Lamounier; MESQUITA JÚNIOR, Laércio; MESQUITA, Ricardo Gabriel de Almeida; GUIMARÃES, José et al. **Production of castor oil-based polyurethane resin composites reinforced with coconut husk fibres.** Journal of Polymer Research, v. 27, n. 249, p. 1–13, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343451785_Production_of_castor_oil-based_polyurethane_resin_composites_reinforced_with_coconut_husk_fibres. Acesso em: 25 jul 2025.

FERNANDES, Janaina Rodrigues *et al.* **Nanopartículas de sílica silanizada como compatibilizante em compósitos de fibras de sisal/polietileno.** Polímeros, São Carlos, v. 27, n. esp., p. 61-69, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.2249>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/jkrfxFwSrgj6tBvkhDj6c4g/>. Acesso em: 01 ago 2025.

FLORINDO, D. **Obtenção de compósitos poliméricos com fibras naturais de bagaço de malte**. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16550> . Acesso em: 4 jul 2025.

FREITAS, R. R. M.; PALMEZANI, K.; RODRIGUES, J. S.; BOTARO, V. R. **Influência do tratamento alcalino na fibra de sisal aplicada como agente de reforço em compósitos de matrizes de amido de milho e acetato de celulose**. Plásticos, Borracha e Compósitos, v. 50, n. 1, p. 1-9, set. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344652673_Influence_of_alkaline_treatment_on_sis Acesso em: 29 jul 2025.

GOMES, M. **Propriedades mecânicas de compósitos poliméricos reforçados com fibras de folhas de abacaxizeiro (PALF)**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, 2015. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/TESE-MAYCON-DE-ALMEIDA-GOMES.pdf>. Acesso em: 6 jul 2025.
<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/6239/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 26 jun 2025.

JAWAID, M.; KHALIL, H. P. S. **Compósitos híbridos de polímeros reforçados com fibras celulósicas/sintéticas: uma revisão**. Polímeros de Carboidratos, v. 86, n. 1, p. 1–18. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486171100316X>. Acesso em: 19 jul 2025.

LIMA, Rudson de Souza. **Desenvolvimento de um compósito de matriz polimérica com carga/reforço de fibras de piaçava e PET pós-consumo**. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/6d1d927c-c363-431f-8ca6-f3cff4c8e25c/content>. Acesso em: 26 ago 2025.

LOPES, Shara Carvalho. **Avaliação de um material compósito polimérico bioinspirado reforçado com fibra de bagaço de cana-de-açúcar**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) — Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Palmas, 2020. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2697/1/Shara%20Carvalho%20Lopes%20-%20Disserta%20c3%a7%20c3%a3o.pdf>. Acesso em: 25 ago 2025.

MACHADO, A. V. D. **Influência do tipo de amido em compósitos expandidos de amidos termoplástico reforçado com fibra de erva mate**. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/255985>. Acesso em: 20 jul 2025.

MATOS, P. **Design aplicado para upcycling da fibra de coco verde: projeto de óculos e quiosque de vendas**. Dissertação (Mestrado em Design Industrial e de Produto) – Universidade do Porto, Porto, 2023. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/157507>. Acesso em: 5 jul 2025.

MATTOS, Amanda Menezes; PARDINHO, Izis Daumazio. **Caracterização do comportamento mecânico de compósitos com matriz de poliuretano derivado do óleo de mamona e resina poliéster reforçadas com tiras de bambu. Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Mecânica) — Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022. Disponível em:

https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/3016/TCC_Caracteriza%c3%a7%c3%a3o_Comportamento_Mec%c3%a2nico_Comp%c3%b3sitos.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 3 jul 2025.

MENCHISE, C. A. **Desenvolvimento e caracterização de material compósito com matriz polimérica reforçado com fibra de coco**. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) — Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, 2021. Disponível em: https://sites.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/claudio-menchise.pdf. Acesso em: 25 jul 2025.

MOREIRA, Thiago Augusto de Sousa. **Desenvolvimento de eco compósitos sanduíche, para aplicação em equipamentos esportivos**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.2024.tde-13052024-105057>. Acesso em: 27 ago 2025.

MOURA, Adriana da Silva. **Desenvolvimento de biocompósitos de polihidroxibutirato reforçados com fibras vegetais: avaliação da degradação e dos impactos ambientais no solo com o uso da ferramenta ACV**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219735/001124149.pdf?jsessionid=C2BCE3DE02EFC56615582C4DC07BDD85?sequence=1>. Acesso em: 21 jul 2025.

MOURA, Luana Andreza Gomes. **Análise experimental e numérica de compósitos reforçados com fibras naturais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/75870/5/2023_dis_lagmoura.pdf. Acesso em: 29 jul 2025.

OLIVEIRA, João Pedro Martins. **Compatibilização de compósitos de PEBD reforçados com o bagaço da cana-de-açúcar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, Londrina, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12245/1/LD_COEMA_2019_1_6.pdf?. Acesso em: 27 jul 2025.

PACHEKOSKI, Wagner et al. Blendas Poliméricas Biodegradáveis de PHB e PLA para Fabricação de Filmes. **Revista Eletrônica de Ciências e Tecnologia**, vol.24, n4, p.501-507, 2014. Disponível em: <https://revistapolimeros.org.br/article/10.1590/0104-1428.1489/pdf/polimeros-24-4-501.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2025.

PEREIRA, J. **Desenvolvimento e fabrico de compósitos de matriz polimérica com fibras naturais**. Dissertação (Mestrado em Design de Produto / Engenharia de Produto) – Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.8/3138>. Acesso em: 5 jul 2025.

PINTO, M. **Estudo higrotérmico de compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais juta/algodão manufaturado por RTM: caracterização mecânica e sorção de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/7078>. Acesso em: 7 jul 2025.

PINTO, M. V. S.; ANGRIZANI, C. C.; AMICO, S. C.; LIMA, A. G. B. **Resistência ao impacto de compósitos de tecido de juta/algodão reforçando matriz poliéster via RTM (Resin Transfer Molding)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 14., 2017, Águas de Lindóia. Anais do 14º Congresso Brasileiro de Polímeros. [S. l.]: [s. n.], p. 2254-2257, 2017. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/7078>. Acesso em: 19 Jul 2025.

PONTES, João Felipe Barros. **Adição de poli (etileno-co-ácido-metacrílico) (EMAA) como agente de reparo em compósitos fibra de vidro-epóxi**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia; Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/35d62f04-6e8e-4ef7-a4a6-6e324cfcad0/content>. Acesso em: 29 jul 2025.

PROTZEK, A. **Polímeros termoplásticos e biopolímeros em compósitos reforçados com fibras naturais**. Revista Brasileira de Polímeros, v. 27, n. 4, p. 55–67, 2017. Disponível em: <https://issuu.com/polimeros/docs/v27nespecial?fr=sMzIxNzI0MjUxNA>. Acesso em: 5 jul 2025.

RAMOS, Júlia Monteiro, Amanda Sousa; Dantas, Denise; YOJO, Takashi. **Compósito de fibra de Tururi: confecção e potencialidade como material sustentável**. Mix Sustentável, v. 7, n. 4, p. 161-172, 2021. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4892>. Acesso em: 20 jul 2025.

RAMOS, Rógerson Rodrigues Freire. **Desenvolvimento de compósitos de polipropileno (PP) com sabugo de milho (SM) proveniente de resíduos agrícolas**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/443/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 16 jul 2025.

SAMPAIO, Michel Serra. **Obtenção e caracterização de compósitos de polietileno com fibras naturais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12555/1/MSSampaio.pdf>. Acesso em: 23 ago 2025.

SAMPAIO, MS; Araújo, CR de. **Obtenção e caracterização de compósito de polietileno de alta densidade (PEAD) com fibra de coco**, The Journal of Engineering and Exact Sciences ,

6 (5), 0688–0694, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/11207>. Acesso em: 26 jul 2025.

SANTANA, T. **Efeito da incorporação de nanocristais de celulose em uma resina acrílica para base protética sobre propriedades superficiais e formação de biofilmes simples e misto de Candida albicans e Staphylococcus aureus sensível a meticilina (MSSA)**, 2021. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) — Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/204921>. ou <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/1e143e95-7405-4929-a4e1-2d3bf76f4bf8/content>. Acesso em: 4 jul 2025.

SANTOS, W. **Avaliação mecânica de tração e flexão dos compósitos com fibras curtas de juta e vidro**. 70 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2018. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/9e0be89d-0866-4a38-8892-44ab9aa9e06e/content>. Acesso em: 4 jul 2025.

SILVA, C. J. E. **Absorção de água em materiais compósitos de fibra vegetal: modelagem e simulação via CFX**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/2820>. Acesso em: 7 jul 2025.

SILVA, D. **Biocompósito de polipropileno reforçado com fibras de juta da Amazônia: melhoramento e estudo das propriedades mecânicas**. Tese (Doutorado em Biotecnologia) — Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/9164/5/TESE_DaviSilva_PPGBIOTEC.pdf. Acesso em: 28 jun 2025.

SILVA, P. **Desenvolvimento de compósitos PEAD utilizando como carga um polímero biodegradável: quitosana**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2013. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/7884>. Acesso em: 6 jul 2025.

SIMÕES, A. (Alexandre Filipe Vaz Simões). **Desenvolvimento sustentável de compósitos reforçados com resíduo de cerveja**. Dissertação (Mestrado em Química, especialização em Controle da Qualidade e Ambiente) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2021. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/97941>. Acesso em: 5 jul 2025.

SOARES, Carlos Pereira. **Processamento e caracterização de compósitos híbridos de polipropileno reforçado com casca da castanha-do-Brasil e óxido de grafeno**. Tese (Doutorado em Ciências – Tecnologia Nuclear: Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-19072024-141740/>. Acesso em: 10 jul 2025.

SOUZA, Y. **Obtenção e caracterização de compósitos de polipropileno reforçados com bagaço de cana-de-açúcar**. 65 f. Projeto de Final de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1Vu6c-u0p3v62ggRSZ1yeeSD5AfrSCoRU/view>. Acesso em : 10 jun 2025.

TAVARES, A. **Caracterização mecânica e morfológica de compósitos com fibras de vidro e palha da costa (Raphia Taedigera Mart)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, PA, 2018. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/90914b2e-ba81-4b80-94e5-170bcaadddfa/content>. Acesso em: 3 jul 2025.

TEIXEIRA, Linconl Araujo. **O efeito de diferentes condições de cura na fluência de compósitos unidirecionais de sisal/epóxi**. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas) – Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/48625/1/2023_LinconlAraujoTeixeira_TESE.pdf. Acesso em: 28 jul 2025.

TOLÊDO D. **Materiais compósitos reforçados com fibras naturais vegetais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1997. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/38641>. Acesso em: 6 jul 2025.

VALE, T. **Uso do resíduo de PEAD reforçado com fibras da folha do abacaxizeiro como alternativa sustentável na elaboração de módulos de cobogó**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) — Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/32503/1/ThalitaBeserraDoVale_Dissert.pdf? Acesso em: 10 jun 2025.

VIEIRA, C. **Ecompósitos multiescala para componentes de automóveis**. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica)- Universidade do Minho, Braga, 2023. Disponível em: <https://repositorium.uminho.pt/bitstreams/9830973b-6b8f-4b31-9828-9ea9e05682cc/download>. Acesso em: 4 jul 2025.