

BIOCOMPÓSITOS: APLICAÇÃO E REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS, UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Natanael Lima da Costa¹, Cristian Kelly Moraes de Lima²

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica a respeito de materiais compósitos utilizando fibras naturais, com ênfase na fibra de coco, aplicada a matrizes cimentícias. O Brasil, como grande produtor e consumidor de coco (*Cocos nucifera*), enfrenta desafios no descarte das cascas, tornando o aproveitamento desse resíduo uma questão ambiental relevante. A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa se deu através de consultas a materiais bibliográficos pesquisados em algumas bases de dados. A motivação do trabalho se dá pela questão ambiental, referente ao descarte incorreto das fibras de coco e também pelo seu uso em compósitos de matriz cimentícia. De acordo com a revisão bibliográfica realizada, estudos indicam que a adição de fibra de coco, quando aplicada em compósitos, apresenta alguns benefícios como redução da densidade, melhora no desempenho termoacústico, melhora a resistência à flexão, ductilidade. Contudo, a durabilidade da fibra de coco em matrizes cimentícias se torna um desafio devido à degradação da fibra causada pelo ambiente alcalino do cimento. Para minimizar esse problema, alguns tratamentos na fibra vêm sendo utilizados. Dessa forma, as pesquisas analisadas mostram que ainda é necessário o desenvolvimento de outros estudos para avaliar o potencial da fibra de coco em materiais de construção. Reforça ainda a importância de buscar soluções sustentáveis para o uso de resíduos agroindustriais, agregando valor econômico e ambiental.

Palavras-chave: Fibra de coco; Compósitos cimentícios; Desenvolvimento sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais que apresentem propriedades desejáveis e que, ao mesmo tempo, utilizem materiais naturais ou resíduos provenientes de matérias-primas naturais, têm provocado algumas mudanças na sociedade. Um exemplo de material com tais características são os biocompósitos. Estes utilizam matérias-primas naturais, como as fibras de coco, juta, sisal, banana, bambu, bagaço da cana-de-açúcar. Algumas características dessas fibras incluem baixo custo, não são materiais tóxicos, são renováveis, biodegradáveis e estão disponíveis em grandes quantidades.

O Brasil se destaca na produção e consumo de diversos produtos de origem agrícola. Um exemplo é o coco (*Cocos Nucifera*), que pode ser utilizado para a produção de coco ralado e leite de coco (coco seco) ou de forma direta para o consumo de sua água (coco verde). Segundo Mattos e Rosa [1], o coco é constituído pelo albúmen líquido (água de coco), albúmen sólido (polpa), a parte rígida que protege a polpa e a casca. A casca do coco é formada pelas fibras (70 %), que correspondem ao mesocarpo, pelo pó (30 %) que corresponde ao material de preenchimento dos espaços interfibrilares e pelo epicarpo (casca externa).

De acordo com Brainer [2], o coqueiro está sendo cultivado em quase todos os estados brasileiros, com exceção dos estados de: Amapá, Distrito Federal, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Na região Nordeste, concentram-se 80,9 % da área colhida de coco do País e 73,5 % de sua produção. Considerando os nove principais produtores Nacionais, 7 (sete) pertencem a região Nordeste, 1 (um) a região Norte e 1 (um) a região Sudeste.

Nas últimas décadas, o agronegócio do coco se fortaleceu tanto no consumo da água de coco verde, como também de bebidas que tem a água de coco como base. No entanto, o aumento dos volumes de consumo e processamento do coco resulta também no aumento do volume de resíduos gerados, seja no ambiente industrial, como também no ambiente urbano. No caso das indústrias, o destino correto do resíduo do coco representa um custo relevante, quando este não se transforma num passivo ambiental que põe em risco o solo, os mananciais e as comunidades do entorno, por representar um potencial foco para insetos e mamíferos vetores de doenças. No ambiente urbano ou em praias, o acúmulo de cascas compromete a paisagem e contribui com a redução da vida útil de aterros sanitários, pois as cascas de

coco têm tempo de degradação relativamente longo por possuírem alto teor de carbono, e representam grandes volumes em cidades litorâneas [1].

Quando se pensa em utilizar a fibra de coco em materiais compósitos, enxergam-se possibilidades de emprego da fibra como agente de reforço em polímeros, como o poliéster, o polipropileno, o polietileno e polímeros biodegradáveis, contribuindo na redução de resíduos emitidos, além de possuir um custo mais baixo [3]. Os impactos ambientais que decorrem da deposição de resíduos do fruto são um importante aspecto a ser considerado, visto que seu descarte é enorme. Segundo estimativas, 6,7 milhões de toneladas de casca são descartadas por ano em aterros sanitários [4]. Em cidades litorâneas, como Fortaleza, 70% do lixo depositado nas orlas das praias corresponde aos resíduos gerados pelo descarte do fruto. O crescimento do consumo de água de coco nos últimos anos devido à incorporação de hábitos saudáveis no comportamento da população brasileira acaba contribuindo para o aumento de resíduos gerados pelo descarte inadequado do fruto. O Ceará é o 3º maior Estado produtor de coco no Brasil [5].

Dessa forma, o desenvolvimento de novos materiais, que apresentem propriedades desejáveis e, que ao mesmo tempo, possam contribuir para minimizar os impactos ambientais, é de grande importância na atualidade em nossa sociedade. Encontrar maneiras alternativas de aproveitamento de resíduos como a casca de coco é importante. Entre as fibras vegetais, este artigo tem ênfase na fibra de coco, visando realizar uma revisão de literatura sobre o uso da fibra de coco como reforço em matrizes cimentícias observando as contribuições desse tipo de fibra, para propor uma destinação adequada a este resíduo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta revisão tem como objetivo apresentar uma breve fundamentação teórica quanto ao desenvolvimento de biocompósitos utilizando fibras naturais, com ênfase na fibra de coco, relacionando-os com as questões ambientais. Serão abordados assuntos como: aplicações da fibra de coco, compósitos de matriz cimentícia e fibras naturais, processamento destes materiais, vantagens e desvantagens.

2.1. Aplicações da fibra de coco

A construção civil é uma área que demanda uma grande quantidade de materiais, os quais muitas vezes, são extraídos a partir de jazidas naturais. A fim de minimizar este tipo de impacto ambiental, pesquisadores estão em busca de materiais considerados alternativos com o objetivo de incorporá-los aos produtos da construção civil, como é o exemplo da fabricação de tijolos utilizando a fibra de coco.

Por outro lado, os materiais à base de cimento são conhecidos por apresentarem baixa resistência quando submetidos à tração. Para solucionar esse problema, são inseridas fibras naturais, sintéticas ou vegetais para que ocorra tal melhoria. Os primeiros compósitos utilizavam raízes e palhas para reforço em matrizes frágeis como a de tijolos. As fibras quando inseridas na matriz de cimento funcionam como ponte de transferência de tensões, podendo diminuir a fissuração na matriz [9].

Dessa forma, o emprego de fibras de coco em compósitos cimentícios pode contribuir para dar uma destinação adequada a este resíduo, além de melhorar algumas propriedades destes materiais. A presença das fibras vegetais interfere na diminuição da densidade e aumenta o desempenho termoacústico dos compósitos. Do ponto de vista mecânico, a utilização de fibras em matrizes aumenta a ductilidade e as resistências à tração, à flexão e ao impacto [6]. Entretanto, a utilização efetiva de fibras vegetais em compósitos cimentícios necessita o desenvolvimento de tecnologias que evitem ou atenuem o processo de degradação que as mesmas podem sofrer no interior das matrizes cimentícias. Por ser um material orgânico, a fibra poderá ser degradada no ambiente alcalino proporcionado pela matriz cimentícia. Além disso, a elevada absorção de água pela fibra contribui para a diminuição da trabalhabilidade dos compósitos cimentícios no estado fresco.

Segundo, Faruk *et al.* [7], torna-se necessário o estudo da durabilidade das fibras vegetais e dos compósitos à base de cimento reforçados com essas fibras. Para aumentar a durabilidade das fibras vegetais em materiais à base de cimento são feitas modificações na matriz com o uso de pozolanas e tratamentos nas fibras como: hornificação (ciclos de molhagem e secagem), tratamento com hidróxido de sódio, acetilação, revestimentos poliméricos nas fibras, entre outros.

A fibra de coco verde atualmente é considerada uma das fibras naturais mais empregadas em experimentos com compósitos, como alternativa ao desenvolvimento de tecnologias que gerem um menor impacto ambiental. Quando comparada a outras fibras naturais, como a juta, o sisal e a fibra de banana,

fibra de coco destaca-se por possuir um maior percentual de lignina em sua composição, componente que proporciona uma maior rigidez e resistência à fibra [8].

Matos e Guimarães [10] investigaram o impacto da cinza da casca do coco verde nas características das argamassas cimentícias, no estado fresco e endurecido, substituindo parcialmente o cimento Portland por esse material. A análise para determinar o índice de pozolanicidade foi realizada. Com base nos resultados, os autores concluíram que a adição da cinza influencia a trabalhabilidade, a resistência mecânica e a durabilidade da argamassa. Ainda segundo estes autores, no estado fresco, a presença da cinza da casca de coco verde interfere na consistência tornando a mistura menos fluida. Quando se varia o teor de substituição, há uma redução pouco expressiva na densidade da argamassa com cinza, quando comparada à argamassa de referência. Observou-se também que a cinza da casca do coco verde não atendeu as exigências normativas de índice de pozolanicidade.

Silva *et al.* [11] analisaram a incorporação da fibra de coco em uma matriz cimentícia. Devido a degradação da fibra vegetal quando exposta à ação química do cimento, foi necessário realizar um tratamento utilizando látex natural e sílica ativa. Foram avaliadas as propriedades físicas e a durabilidade do compósito cimentício com a adição da fibra de coco. Corpos de prova foram preparados e submetidos a testes de atenuação térmica e acústica, massa específica, resistência mecânica e durabilidade. De acordo com os resultados, os autores constataram que a incorporação de 10 % da fibra de coco em matrizes cimentícias, em relação a massa do cimento Portland, diminui a massa específica e melhorou o desempenho termoacústico do novo compósito em até 20%, quando comparado ao desempenho do compósito sem a presença da fibra de coco. Além disso, o compósito com a fibra de coco apresentou desempenho satisfatório após ser submetido ao envelhecimento acelerado e aos testes de resistência à tração na flexão. As propriedades do compósito desenvolvido indicam que ele pode ser utilizado na construção civil para a fabricação de tijolos de alvenaria para vedação, desde que empregado em ambientes com baixa probabilidade de exposição ao fogo ou incêndios.

A fibra de coco também pode ser utilizada na forma de substrato agrícola. De acordo com Mattos e Rosa [1], para a utilização da casca do coco verde como substrato agrícola, é preciso processar a casca do coco, a qual poderá ser realizada duas formas: a) trituração integral da casca de coco-verde (não é feita a separação das fibras e do pó); b) trituração com classificação de pó e fibra (possibilita a obtenção das fibras longas). Alguns cuidados devem ser tomados no momento de processamento da casca do coco verde. Um problema observado é o avançado processo de degradação das cascas de coco verde na planta de processamento, devido à ação de microrganismos apresentando assim alteração de cor e consistência. Além disso, tem-se a presença de impurezas na casca de coco, por tratar-se muitas vezes de um material oriundo da coleta de resíduos sólidos urbanos. A presença de impurezas contaminam os produtos e podem ocasionar danos às máquinas, equipamentos e envolver risco à saúde e segurança dos funcionários.

2.2. Compósitos de matriz cimentícia e fibras naturais

Os compósitos podem ser definidos como um material multifásico feito artificialmente, constituídos de fases denominadas matriz e dispersa que devem ser quimicamente diferentes e estar separadas por uma interface distinta. As propriedades dos compósitos são em função das propriedades das fases constituintes, das suas quantidades relativas e da geometria da fase dispersa que inclui características como forma, tamanho, distribuição e orientação das partículas. Quanto à fase matriz, os compósitos podem ter a fase matriz constituída de metal, polímero e cerâmica. Os compósitos são classificados em: reforçados com partículas, reforçados com fibras e compósitos estruturais. Compósitos reforçados com fibras são considerados tecnologicamente os mais importantes. Características como tamanho, orientação e concentração das fibras influenciam no desempenho final destes materiais [12].

Por outro lado, no Brasil, os materiais de construção mais utilizados são aqueles provenientes do Cimento Portland, como os concretos e as argamassas. De acordo com Capelin *et al.* [13], a ampla utilização do Cimento Portland está relacionada a vantagens que estes materiais possuem como facilidade em ser moldado, boa resistência mecânica, durabilidade, boa resistência à água. Apesar das vantagens citadas, esses materiais apresentam algumas desvantagens, como peso elevado, comportamento frágil, dificuldade em prever com precisão o comportamento do material (tempo de cura- verificação dos requisitos de desempenho estrutural). Além disso, há a preocupação em relação à ampla utilização de recursos naturais e os altos índices de emissões de gases poluentes que ocorrem na produção do cimento.

No sentido de melhorar a durabilidade dos compósitos com fibras vegetais, há algumas possibilidades de tratamento das fibras em desenvolvimento apontadas por [6], como: mercerização (imersão das fibras em uma solução de hidróxido de sódio), tratamentos com ácidos, pirólise (aquecimento do material orgânico entre 300°C e 900°C, resultando em uma cinza rica em sílica) e revestimento com silano (aplicação de compostos organossilanos, que criam uma camada hidrofóbica e melhoram a adesão entre a fibra e a matriz).

Santos *et al.* [14] sugerem tratamentos como: modificação da superfície das fibras; uso de pozolanas; aceleração por carbonatação (exposição da fibra a uma atmosfera com alta concentração de dióxido de carbono) e utilização do processo de extrusão.

Sivaraja *et al.* [15] utilizaram fibras de coco e de cana-de-açúcar (1,5% e 60%, respectivamente) em concreto armado, com vigas. O estudo avaliou a durabilidade do concreto em dois testes: ataque de sulfato e ciclos de congelamento/descongelamento (simula as condições enfrentadas em climas frios/presença de água). No teste de ataque de sulfato, o concreto convencional teve perda de massa de 12% após 30 dias, aumentando para 25,8% em 2 anos. Para o mesmo teste, o concreto com fibra de coco apresentou perdas entre 14% e 28%, no mesmo período, enquanto o com cana-de-açúcar teve perdas de 14,5% a 30,8%. Quanto à deterioração dos corpos de prova, o concreto convencional teve deterioração crescente de 24%, 42% e 68%, respectivamente para o período de 30 dias, 1 ano e 2 anos, enquanto o com fibra de coco seguiu a mesma tendência, com degradação de 24%, 49% e 68%, para os mesmos tempos. Já os corpos de prova reforçados com a fibra da cana de açúcar, apresentaram deterioração de 25%, 52% e 74% para os mesmos períodos relatados. O fator de deterioração foi aferido na perda de massa e na perda de resistência das amostras. Os 300 ciclos de congelamento/descongelamento no concreto convencional, com fibra de coco e no concreto com a fibra de cana-de-açúcar levaram a uma perda de massa respectivamente de 14%, 16,5% e 15,6%. Os autores concluíram que os concretos reforçados com fibras vegetais sofreram maiores ataque de sulfato, perdendo massa e diminuindo a resistência à compressão.

Thanushan *et al.* [16] utilizaram fibras de coco como reforço em tijolos (solo-cimento) com o intuito de avaliar a durabilidade e a resistência deste materiais. Para o ensaio de resistência alcalina, os autores observaram que os blocos de controle e os blocos com fibra de coco, tiveram perda de resistência, respectivamente, em torno de 6% e 4,8%. Quando imersos em solução ácida, a queda na resistência foi de 14,7% e 7,9%, para os blocos de controle e os blocos com fibra de coco, respectivamente. No ensaio de resistência no qual os blocos foram submetidos a ciclo de molhagem e secagem, foi observado que os blocos de controle após 12 ciclos tiveram uma redução de 25% e os blocos com fibra de coco tiveram uma redução na resistência à compressão de 22%. Os autores concluíram que, a inserção de fibra de coco em bloco de solo-cimento melhora a resistência residual, ductilidade e a absorção de energia, como também houve uma maior durabilidade em relação aos blocos de controle quando submetidos aos ataques químicos, ciclo de congelamento e descongelamento e aos ciclos de molhagem e secagem.

Nam *et al.* [17] analisaram a influência do tratamento alcalino nas propriedades mecânicas e de interface de polibutileno succinato reforçado com fibras de coco, por meio de uma solução aquosa de 5% de hidróxido de sódio (NaOH) a quatro intervalos de absorção (24h, 48h, 72h e 96h), a temperatura ambiente e secagem por 2 dias. O NaOH atua na modificação da superfície das fibras naturais ou cargas, promovendo aumento da rugosidade superficial, removendo impurezas e componentes da superfície da fibra, facilitando a interação química e física entre o reforço e a matriz polimérica. Isso gera uma melhora na resistência mecânica, módulo de elasticidade, resistência à tração e impacto. Dessa forma, foi observado, um aumento da resistência mecânica à medida que aumentava o tempo de absorção, até um período ótimo de 72 horas. Novos testes foram feitos, sob 3%, 5% e 7% de solução aquosa de NaOH, durante as mesmas 72 horas, indicando que o teor de solução empregada também exerce influência nas propriedades finais, visto que sob 5 % de solução as propriedades mecânicas em tração foram as superiores.

Wearn, Montagnae Passador [18] trataram as fibras de coco quimicamente por extração alcalina com hidróxido de sódio (NaOH) e mecanicamente utilizando uma ponteira ultrassônica em meio aquoso. Este tratamento se deve a baixa interação entre as fibras de coco e a matriz polimérica. As fibras de coco possuem um caráter hidrofílico (afinidade pela água), enquanto a matriz polimérica de polietileno de baixa densidade (LDPE) possui caráter hidrofóbico. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi utilizada para avaliar o tratamento. Os compósitos de LDPE foram preparados com teores de fibras de coco de (5 e 10% m/m). Estes autores concluíram quanto aos aspectos morfológicos, que houve um bom acoplamento entre as fibras de coco e a matriz polimérica, além de uma boa dispersão e distribuição destas fibras pela matriz para todos os compósitos LDPE/fibra de coco. Os ensaios de calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) sugeriram que não houve influência da adição das fibras de coco no comportamento térmico dos compósitos, visto que as temperaturas de fusão e de cristalização e o grau de cristalinidade se mantiveram próximos para todas as amostras.

Capelin *et al.* [13] avaliaram a influência da adição de fibra de coco (FC) e da micro celulose cristalina (MCC) em misturas de argamassa cimentícia. De acordo com os resultados estes autores concluíram que: o índice de consistência da argamassa com adições diminui conforme aumenta os teores de adições devido ao caráter hidrofílico da FC e da MCC. Em relação à resistência à compressão, as adições de fibra de coco não promoveram alterações consideráveis para 3 e 7 dias. Para 28 dias, as argamassas com adições apresentaram resistências à compressão pouco superiores à argamassa de referência. Porém, para 56 dias, as argamassas com adições apresentaram resistência à compressão menor que a resistência dos 28 dias e que a resistência à compressão da argamassa de referência na mesma idade. Em relação à resistência à tração na flexão realizada aos 28 dias, os resultados demonstraram que todas as argamassas com adições tiveram valores superiores quando comparados à argamassa de referência. Quanto ao módulo de elasticidade, todas as argamassas com adições apresentaram desempenho inferior quando comparadas a argamassa de referência, o que pode ser explicado pelo fato de que a FC e a MCC apresentam baixo módulo de elasticidade. Quanto aos resultados da microscopia

eletrônica de varredura (MEV) foi observado que há uma falta de ligação entre a fibra e a matriz cimentícia, ou seja, a fibra não aderiu de forma efetiva ao material cimentício.

Castoldi e Pinheiro [19] estudaram a utilização das fibras de coco verde para uso como reforço em argamassas de cimento Portland. As fibras utilizadas nas argamassas apresentavam 25 mm de comprimento com dosagens de 0,3; 0,6 e 1% em volume. Foram realizados ensaios no estado fresco (ensaio de consistência) e endurecido, ensaios mecânicos de compressão e flexão. Os resultados obtidos por estes autores indicam que quanto maior a adição de fibras, menor é a fluidez da argamassa cimentícia. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que as fibras naturais apresentam grande absorção pela água. Quanto aos ensaios de resistência de tração na flexão e compressão, quanto maior o teor de fibras, maiores foram os resultados destes ensaios. Dessa forma, os autores indicam a possibilidade da utilização de fibra de coco em argamassas cimentícias. Porém, os mesmos ressaltam a necessidade da durabilidade das fibras quando expostas ao ambiente alcalino e comentam a respeito do uso de pozolonas para obtenção de matrizes com menor alcalinidade.

Fiorentin, Andretta e Batiston [20] avaliaram a incorporação das fibras de coco no concreto em relação às propriedades mecânicas de resistência a compressão e tração. Foram produzidas e avaliadas três diferentes composições de concreto: (1) concreto sem adição de fibra de coco; (2) concreto com 72 g de fibra de coco (sem comprimento especificado); (3) concreto com 72 g de fibra de coco (comprimento padrão de 25 mm). De acordo com os resultados, estes autores indicam que houve um aumento na resistência a compressão e a tração apenas nas amostras que continham fibras sem comprimento especificado, quando em comparação ao concreto sem fibra. De acordo com os autores os resultados indicam uma possível aplicação da fibra de coco em compósitos cimentícios, pois as propriedades de resistência foram alcançadas considerando o tempo máximo de 28 dias, sendo imprescindível analisar tais propriedades em períodos mais extensos.

Silva *et al.* [21] avaliaram o uso de resíduo de fibra de coco na produção de argamassa e concreto. A argamassa foi avaliada quanto aos ensaios de índice de consistência, no estado fresco e compressão axial, no estado endurecido. Para o concreto foram realizados os ensaios de abatimento do tronco de cone, no estado fresco e compressão axial e absorção de água por imersão, no estado endurecido. Para a argamassa, a fibra de coco foi utilizada nos tamanhos de 25 mm; 50 mm e sem tamanho definido (com variação de 10 a 100 mm). Já para o concreto foi utilizado fibras sem tamanho definido. De acordo com os resultados, estes autores concluem que a adição de fibras em argamassas e concretos contribuiu para a redução de fissuras nos corpos de provas submetidos ao ensaio de resistência a compressão. Para as argamassas, observou-se uma pequena variação quanto a consistência e resistência a compressão, para os diferentes comprimentos de fibras utilizados. Já para os concretos, considerando o mesmo comprimento de fibra e variando-se apenas a idade, verificou-se um aumento na resistência a compressão quando comparado ao concreto de referência.

Cardoso et al. [22] avaliaram as fibras do mesocarpo do coco (*Cocos nucifera L.*) na condição *in natura* e quando submetidas a tratamentos físicos e químicos para aplicação em compósitos de cimento Portland. As fibras *in natura* foram submetidas aos seguintes tratamentos: imersão em água fria (21 °C); imersão em água quente (90 °C); imersão em solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH a 5 %) e imersão em solução aquosa de peróxido de hidrogênio (H₂O₂ a 24 %) e hidróxido de sódio (NaOH a 4 %). As fibras *in natura* e tratadas foram avaliadas por difração de raios X; microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Através dos resultados, estes autores concluíram que o tratamento alcalino foi o mais eficiente o qual permitiu a remoção de compostos não celulósicos nas fibras, aumentando o índice de cristalinidade e melhorando a compatibilidade entre as fibras de coco com o cimento Portland, quando comparados com as fibras *in natura*. A Tabela 1 apresenta vantagens e desvantagens da fibra de coco em uma matriz cimentícia.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens da utilização da fibra de coco em uma matriz cimentícia.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Aproveitamento de um resíduo agroindustrial abundante, reduzindo impactos ambientais.	Durabilidade reduzida quando exposta ao ambiente alcalino do cimento.
Melhora no isolamento termoacústico.	A fibra aumenta a absorção de água do compósito, podendo comprometer a trabalhabilidade e a resistência mecânica.
Redução da densidade do material cimentício.	Necessidade de tratamentos químicos para melhorar a durabilidade e a adesão ao cimento.
Aumento da resistência à tração e flexão, mais resistência à fissuração e melhora na ductilidade.	Baixa resistência ao fogo.
Baixo custo e alta disponibilidade.	Durabilidade e longevidade a serem analisadas na construção civil.

Fonte: Autoria própria (2025)

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho se deu através de uma revisão bibliográfica. Os artigos foram pesquisados nas seguintes bases de dados: Google Academics, SciELO, ResearchGate e bibliotecas de universidades. Foram utilizados os seguintes descritores: fibra de coco, biocompósitos, compósitos, fibras naturais e materiais de construção. Durante a pesquisa, foram selecionados artigos publicados entre os anos de 2010 a 2025.

4. CONCLUSÕES

O estudo realizado demonstra que a utilização da fibra de coco em materiais compósitos, especialmente compósitos de matriz cimentícia, apresenta um potencial significativo para a construção civil, aliando benefícios ambientais, técnicos e econômicos. A fibra de coco mostrou-se uma alternativa viável para reforçar materiais de construção, melhorando propriedades mecânicas como resistência à tração, flexão e impacto, além de contribuir para a redução da densidade e o aumento da eficiência termoacústica dos compósitos.

Porém, existem alguns desafios relacionados à durabilidade das fibras vegetais em meio alcalino, sendo necessário o desenvolvimento de tratamentos e modificações na matriz cimentícia para minimizar a degradação das fibras ao longo do tempo. Técnicas como a hornificação, tratamentos químicos, revestimentos poliméricos e a adição de pozolanas têm sido utilizadas para aumentar a vida útil desses materiais.

Dessa forma, é importante que pesquisas futuras estejam relacionadas ao aprimoramento dos tratamentos para aumentar a durabilidade da fibra no meio cimentício, bem como na avaliação de novas aplicações no setor da construção civil. A busca por materiais alternativos e sustentáveis se torna cada vez mais necessária frente à crescente preocupação com a sustentabilidade e a redução de resíduos, tornando a fibra de coco um recurso valioso para inovação tecnológica e preservação ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MATTOS, A.L.A., ROSA, M. F.. Processamento de casca de coco-verde para a produção de substrato agrícola. Fortaleza/CE, 2023. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1157644/1/CT-279.pdf>. Acesso em: fev. 2025.
- [2] BRAINER, M. S. C. P. Coco: Produção e Mercado. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.206, dez. 2021. (Série Caderno Setorial ETENE, n.206). Disponível em: https://bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1043/1/2021_CDS_206.pdf. Acesso em: fev. 2025
- [3] CLAUS, C. Ciência das fibras: coco. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/38712098/Fibra-do-coco>. Acesso em: mar. 2025.
- [4] EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Beneficiamento da casca de coco verde. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/33/beneficiamento-da-casca-de-coco-verde-para-a-producao-de-fibra-e-po>. Acesso em: mar. 2025.
- [5] FURTADO, C. F. C., GADELHA, M. A. C., “Os impactos ambientais do consumo do coco verde na Praia do Futuro em Fortaleza – CE”, Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, Fortaleza, 2012. Disponível em: <https://convibra.org/publicacao/5051/>. Acesso em: mar. 2025
- [6] ARSÈNE, M. A., BILBA, K., SAVASTANO JUNIOR, H., et al., “Treatments of Non-wood Plant Fibres Used as Reinforcement in Composite Materials”, Materials Research, v.16, n.4, pp. 903-923, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286122635_Treatments_of_non-wood_plant_fibres_used_as_reinforcement_in_composite_materials. Acesso em: fev. 2025
- [7] FARUK, O., BLEDZKI, A. K., FINK, H. P., SAIN, M. *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010*. Prog. Polym. Sci., vol. 37, no. 11, pp. 1552–1596, 2012, doi: 10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670012000391>. Acesso em: mar. 2025

- [8] BEDIN, M. G. “Compósitos com polietileno de baixa densidade e fibra de coco in natura e modificada”, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/DISSERTA%C3%87%C3%83O-FINAL.pdf>. Acesso em: fev. 2025
- [9] SANTOS, Rogério J.; BARBOSA, Ricardo Victor R.; , NOLASCO, Gabriel Castaneda. Uso de fibras de coco em compósitos com a matriz cimentícia: revisão sistemática. 4º Congresso Luso-Brasileiro de materiais de construção sustentáveis. Salvador, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Barbosa-16/publication/366133450_Uso_de_fibras_de_coco_em_compositos_com_a_matriz_cimenticia_revisao_sistemica/links/6392864b484e65005bf640b2/Uso-de-fibras-de-coco-em-compositos-com-a-matriz-cimenticia-revisao-sistemica.pdf. Acesso em: fev. 2025
- [10] MATOS, S.R.C.; GUIMARÃES, C.C. Utilização da cinza da casca do coco verde como substituição parcial do cimento Portland em argamassas. REEC- Revista Eletrônica de Engenharia Civil. v.13, n.01, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/41675>. Acesso em: mar. 2025.
- [11] SILVA, E.J., VELASCO, F.G., LUZARDO, F.M., MARQUES, M.L., MILIAN, F.M., RODRIGUES, L.B. Compósito cimentício com elevado teor de fibra de coco tratada: propriedades físicas e durabilidade. Revista matéria, v.23, n.03, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/tV6F9cNyHGkTqb9dBmGwrJt/>. Acesso em: mar. 2025.
- [12] CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução. 8a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 817p. ISBN: 9788521621249.
- [13] CAPELIN, L. J., MORAES, K. K., ZAMPIERI, J. P., VANDERLEI, R. D. Avaliação dos efeitos da fibra de coco e da microcelulose cristalina nas propriedades de argamassas cimentícias. Revista Matéria v.25, n.1, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/M9MwLkhVRkX7qNvG7RXJkWP/>. Acesso em: mar. 2025.
- [14] SANTOS, S. F., TONOLI, G. H. D., MEJIA, J. E. B., et al., “Non-conventional cement-based composites reinforced with vegetable fibers: A review of strategies to improve durability”, *Materiales de Construcción*, v.65, e041, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271527725_Non-conventional_cement-based_composites_reinforced_with_vegetable_fibers_A_review_of_strategies_to_improve_durability. Acesso em: fev. 2025
- [15] SIVARAJA, M., KANDASAMY, VELMAMI, N., PILLAI, M. S. *Study on durability of natural fibre concrete composites using mechanical strength and microstructural properties*. Bull. Mater. Sci., vol. 33, no. 6, pp. 719–729, 2010, doi: 10.1007/s12034-011-0149-6. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225398174_Study_on_durability_of_natural_fibre_concrete_composites_using_mechanical_strength_and_microstructural_properties. Acesso em: fev. 2025
- [16] THANUSHAN, K., YOGANANTH, Y., SANGEETH, P., COONGHE, J. G., SATHIPARAN, N. *Strength and Durability Characteristics of Coconut Fibre Reinforced Earth Cement Blocks*, J. Nat. Fibers, vol. 18, no. 6, pp. 773–788, 2021, doi: 10.1080/15440478.2019.1652220. Disponível em: <http://repo.lib.jfn.ac.lk/ujrr/handle/123456789/1788>. Acesso em: mar. 2025
- [17] NAM, T. H., OGIHARA, S., TUNG, N. H., KOBAYASHI, S., “Effect of alkali treatment on interfacial and mechanical properties of coir fiber reinforced poly(butylene succinate) biodegradable composites”, *Composites: Part B* 42, v. 42, n. 6, pp. 1648-1656, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359836811001405>. Acesso em: mar. 2025
- [18] WEARN, Y.N.; MONTAGNA, L.S.; PASSADOR, F.R. Compósitos de fibra de coco/LDPE: efeito do tratamento superficial das fibras de coco em compósitos verdes. Revista Matéria, v.25, n.1, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/G8dbfwCzWCb97jRVdWw8GTq/>. Acesso em: mar. 2025
- [19] CASTOLDI, R.S., PINHEIRO, S.M.M. Estudo da viabilidade da aplicação de fibras de coco em argamassas. 6º Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção civil. Disponível em:

<https://www.google.com/search?q=ESTUDO+DA+VIABILIDADE+DA+APLICA%C3%87%C3%83O+DE+FIBRAS%0D%0ADE+COCO+EM+ARGAMASSAS>. Acesso em: mar. 2025.

[20] FIORENTIN, L.D., ANDRETTA, E. R. Z., BATISTON, E. R. Utilização de fibra de coco como componente para aumentar a resistência fina do concreto. I Seminário Internacional de Arquitetura e Urbanismo cidades inteligentes e sustentáveis: o presente e futuro do legado da arquitetura e das cidades na contemporaneidade. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siau/article/view/27916/16401>. Acesso em: mar. 2025.

[21] SILVA, E.; MARQUES, M.L.; FORNARI, C.JR.; VELASCO, F. Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.11 n.3 p. 669 – 683. 2015. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/2555/pdf>. Acesso em: mar. 2025.

[22] CARDOSO, M.G.S.; OLIVEIRA, D.N.P.S.; BUFALINO, L.; SOUZA, T.M. Tratamentos físicos e químicos de fibras residuais de *Cocos nucifera* L. visando aplicação em compósitos cimentícios. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361657802_Tratamentos_fisicos_e_quimicos_de_fibras_residuais_de_Cocos_nucifera_L_visando_aplicacao_em_compositos_cimenticios. Acesso em: mar.2025.