

DESIGN PARA SUSTENTABILIDADE: Reaproveitamento do tanino proveniente do resíduo do coco verde na composição de novos materiais

SUSTAINABLE DESIGN: Reuse of tannin from green coconut waste in the composition of new materials

RODRIGUES, Gabriela; Especialista; Universidade Federal do Maranhão

gabriela.rf@discente.ufma.br

ZANDOMENEGHI, Ana Lúcia; Doutora; Universidade Federal do Maranhão

ana.zandomeneghi@ufma.br

Resumo

O presente artigo discute o problema do acúmulo de rejeitos de coco verde no Brasil e as perspectivas para a redução desse acúmulo por meio do reaproveitamento do tanino presente nas cascas descartadas. Atualmente, o campo do design investiga novas aplicações para essa substância e o objetivo deste texto é apurar as possibilidades e benefícios do uso deste componente na criação de novos materiais sustentáveis. Este estudo utiliza uma revisão sistemática de literatura como procedimento metodológico, analisando fontes relevantes sobre o tema. Os resultados indicam que o tanino possui potencial para ser usado como aditivo em compósitos para uso em diversas aplicações. Conclui-se que o aproveitamento do tanino extraído das cascas de coco verde pode não apenas mitigar os impactos ambientais do descarte inadequado, mas também criar novas oportunidades econômicas, melhorias sociais, novos materiais de melhor performance, de menor impacto ambiental além de incentivar uma transição para práticas mais sustentáveis e inovadoras.

Palavras-Chave: sustentabilidade; coco verde; tanino e design de materiais.

Abstract

This article discusses the problem of green coconut waste accumulation in Brazil and the prospects for reducing this accumulation through the reuse of tannin found in discarded husks. Currently, the field of design is investigating new applications for this substance, and the objective of this text is to ascertain the possibilities and benefits of using this component in the creation of new sustainable materials. This study employs a systematic literature review as a methodological procedure, analyzing relevant sources on the subject. The results indicate that tannin has the potential to be used as an additive in composites for various applications. It is concluded that the utilization of tannin extracted from green coconut husks can not only mitigate the environmental impacts of improper disposal but also create new economic opportunities, social improvements, new materials with better performance, lower environmental impact, and encourage a transition to more sustainable and innovative practices.

Keywords: sustainability; green coconut; tannin and materials design.

1 Introdução

No Brasil, anualmente são produzidos em média 1.639 bilhões de unidades de coco verde (IBGE, 2021). De todo o peso do fruto, 80% é composto pela casca, a qual se transforma em resíduo descartado diariamente após o consumo de sua água (Brasil, 2019). De acordo com o Sindicato Nacional dos Produtores de Coco do Brasil, em entrevista para a BBC Brasil (2014), apenas 10% dos resíduos são reaproveitados, gerando toneladas de lixo sem destinação ou reuso adequado. Tais refugos se acumulam por anos em aterros sanitários ou são queimados no decorrer do processo de descarte irregular - o que é igualmente problemático dada as emissões de gases e substâncias poluentes durante a combustão (Oliveira, 2022).

A produção do coco verde se estende por todo o território nacional, porém as cidades litorâneas nordestinas são as que mais sofrem com o descarte e acúmulo destes resíduos, vide que lá estão localizadas as maiores concentrações de produtores do fruto (IBGE, 2021). Ademais, a produção ocorre durante o ano inteiro, dado que o coco verde não possui sazonalidade (Oliveira, 2022), com isso o acúmulo de rejeitos é feito sem interrupção, se tornando um problema de saúde pública para a região. O que inicialmente é visto como uma fonte de renda inofensiva para milhares de agricultores e vendedores, revela-se como um problema para além daqueles que têm contato direto com o produto.

O tanino, por sua vez, é um composto fenólico encontrado naturalmente em diversas partes das plantas, como na casca, raízes e folhas das árvores, e em diversas espécies de frutas e vegetais. Nas plantas, de onde ele é extraído, o tanino atua como agente de defesa, protegendo as árvores de fungos, patógenos, insetos e animais herbívoros (Kumar Das *et al.*, 2020). Esta substância, como já foi mencionado, pode ser encontrada em cascas e frutos de diversas espécies de plantas, porém o coco verde é o fruto que tem a maior concentração da substância para ser extraída em uma menor quantidade de material bruto (Peroni *et al.*, 2019).

Nos exemplares de coco verde descartados de forma incorreta, a presença do tanino deixa de ser apenas um dos muitos componentes químicos do fruto e se torna uma ameaça ambiental. Isso se dá pelo fato de que quando esta substância se desliga das cascas do coco verde e entra em contato com o solo, há um potencial de queima de diferentes tipos de raízes, ocasionando a morte destas espécies vegetais, gerando assim um terreno estéril para este grupo de plantas (Chini *et al.*, 2013). Tal degradação do solo contribui para o agravamento da emergência climática vigente impactando diretamente em questões como segurança alimentar e cultivo de plantas que ajudem na regulação do clima e sequestro de carbono (Zandonai, 2019).

Segundo Papanek (1997), é de alta importância que os designers deem a sua contribuição para o mundo com soluções novas ou que tragam criações para refazer algo de forma melhor. Tendo em vista esta problemática do coco verde, os seus resíduos e os seus prejuízos para o meio ambiente, o campo de design de materiais surge como um âmbito que pode trazer respostas para essa questão. A investigação sobre a possibilidade de criação de um novo material sustentável, de acordo com Manzini e Vezzoli (2002), inspira a promoção da capacidade do sistema produtivo em proporcionar o bem-estar utilizando uma quantidade de recursos ambientais inferior aos níveis atualmente praticados.

Ashby e Johnson (2010) consideram que os materiais são a matéria-prima do design, e comentam que através da história, estes ditaram as oportunidades e os limites do design. Refletindo sobre essa vertente de criação humana dos materiais avançados - que não são encontrados de forma bruta para uso pronto na natureza - o designer tem se destacado como o agente pensante, guiando a mudança nos processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, o que também exige

propor novas propostas de criação voltadas para pensar materiais, tecnologias e produtos, simultaneamente (Barauna *et al.*, 2019). Com isso, este artigo tem o intuito trazer uma contribuição para este cenário por meio de uma revisão sistemática de literatura (RSL) investigando quais as possibilidades, aplicações e benefícios do uso do tanino na composição de novos materiais. Desta forma a proposição deste uso desta substância desenrola-se de uma forma integral, investigando as suas não apenas as suas propriedades, mas também os seus potenciais e utilidades.

2 Procedimentos Metodológicos

Seguindo a metodologia indicada por Crossan e Apaydın (2019) a RSL a seguir respeitou as seguintes etapas: 1) delimitação da pergunta de pesquisa; 2) definição de um protocolo de pesquisa com os parâmetros de filtragem a serem utilizados na busca de literatura; 3) agrupamento das publicações; 4) compilação e estruturação das considerações; 5) a síntese da RSL.

A pergunta de pesquisa que norteou a presente revisão é: “Como o tanino pode ser aproveitado na composição de novos materiais?”. O passo seguinte foi estabelecer os critérios de pesquisa de literatura que está ilustrado no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Critérios utilizados para RSL.

Base de Dados	Science Direct, BTDT, Periódicos CAPES
Tipo de Documentos	Artigos, Capítulos de Livros, Dissertações e Teses
Período	2014 - 2024
Idioma	Português, Inglês
Critérios de Inclusão	<p>Textos que que abordem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propriedades e aplicações do Tanino; • Avaliação específica do tanino do coco verde (<i>Cocos nucifera</i>); • Atuais usos e investigações sobre o potencial de aplicação do tanino em novos materiais e produtos.
Critérios de Exclusão	Artigos repetidos ou disponíveis apenas em mídia física.

Fonte: autores (2024).

Após a delimitação do protocolo, foram realizadas as buscas nas bases de dados previamente citadas no Quadro 1 com o uso das palavras-chave e operador booleano indicados no Quadro 2 a seguir e adotando as combinações entre estas palavras ilustradas no Quadro 3 também a seguir.

Quadro 2 – Palavras-chave utilizadas na RSL.

Idioma	Português	Inglês
--------	-----------	--------

Palavras-chave utilizadas na pesquisa	Tanino Coco verde Design de Materiais Sustentabilidade	Tannin Green coconut Materials Design Sustainability
--	---	---

Fonte: autores (2024).

Quadro 3 – Associações entre palavras-chave utilizadas na RSL.

Idioma	Português	Inglês
Palavras-chave X Operador Booleano	“Tanino” AND “Design de Materiais” “Coco verde” AND “Design de Materiais” “Tanino” AND “Sustentabilidade”	“Tannin” AND “Materials Design” “Green coconut” AND “Tannin” “Tannin” AND “Sustainability”

Fonte: autores (2024).

Seguindo as recomendações de Crossan e Apaydin (2019), o conjunto inicial de literatura encontrada a partir da pesquisa e filtragem de conteúdo delimitada para esta RSL está expressa no Quadro 4 a seguir. Vale ressaltar que quantitativo informado na tabela é o somatório dos resultados encontrados na língua portuguesa e inglesa.

Quadro 4 – Conjunto Inicial de Literatura Inicial para a RSL.

Associações das Palavras-Chave	Quantitativo de Resultados nas Bases de Dados		
	BDTD	Science Direct	Periódicos CAPES
Tanino x Design de Materiais	2	46	0
Coco verde x Tanino	5	6	1
Tanino x Sustentabilidade	53	105	17

Fonte: autores (2024).

Após a exclusão de peças de literatura que não se enquadravam nos parâmetros delimitados para essa RSL, foram selecionados 32 trabalhos de maior relevância para o presente artigo. A seleção inicial foi feita com base nos títulos, área de concentração e palavras-chave. Em seguida, foi feita uma segunda filtragem do material de relevância com base na leitura dos resumos e introdução e conclusão de cada obra.

A partir deste critério de eliminação, foram selecionadas 7 produções bibliográficas entre artigos, dissertações, teses e livros produzidos entre os anos de 2014 e 2024. Cada texto foi lido e

analisado de forma exaustiva a fim de extrair o máximo de informações possíveis que pudessem contribuir para o presente artigo. Os principais dados foram organizados e catalogados de forma que houvesse interligações entre os conceitos abordados por esta revisão. As produções selecionadas para leitura e avaliação desta RSL estão apresentadas no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 – Literatura selecionada resultante da RSL.

Autor/Ano	Título do Artigo	Conceitos Abordados	Objetivo(s)
Silveira, A. et al. (2017)	Tannic extract potential as natural wood preservative of <i>Acacia mearnsii</i> .	Tanino	Avaliar o efeito preservativo do extrato tanino na biodeterioração da madeira de <i>Acacia mearnsii</i> .
Shirmohammadli, Y.; Efhamisisi, D.; Pizzi, A. (2018)	Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review	Tanino, Design de Materiais, Sustentabilidade	Mostrar uma visão geral das diferentes aplicações dos taninos na indústria e avaliar suas características úteis como uma matéria-prima sustentável bem como novas aplicações.
Peroni, B. et al. (2019)	Extração do tanino a partir da casca de coco verde (<i>Cocos nucifera</i>) e síntese do poliestireno sulfonado de copos plásticos	Coco verde, Tanino	Investigar o reaproveitamento da casca do coco para a extração de taninos condensados utilizando água como solvente e avaliar suas propriedades.
Morbeck, F. et al. (2019)	Extraction and evaluation of tannin from green coconut mesocarp	Coco verde, Tanino	Avaliar o potencial de extração de tanino do mesocarpo do coco verde, bem como sua capacidade adesiva.
Missio, A.L.; Gatto, D.A.; Tondi, G. (2019)	Exploring tannin extracts: Introduction to new bio-based materials	Tanino, Design de Materiais, Sustentabilidade	Explorar os extratos de tanino como uma fonte de novos materiais de base biológica que podem substituir os produtos derivados do petróleo na fabricação de produtos sustentáveis e ecologicamente corretos. O artigo se concentra nas diversas aplicações industriais dos extratos de tanino, incluindo adesivos e revestimentos, produtos de madeira de alta resistência e materiais de embalagem ativos.
Das, A. K. et al. (2020)	Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities	Tanino, Design de Materiais, Sustentabilidade	Fornecer uma visão abrangente sobre o assunto dos taninos, incluindo os processos de extração, usos atuais e as possibilidades potenciais de aplicação dessa substância em diferentes setores. O artigo também tem como objetivo apresentar informações detalhadas sobre as categorias de taninos, os métodos de extração e as técnicas de caracterização desses polifenóis naturais.

Couto, L. <i>et al.</i> (2021)	Taninos vegetais ou polifenóis	Coco verde, Tanino	Catalogar, descrever e classificar todos os tipos de Taninos conhecidos pela literatura científica.
-----------------------------------	--------------------------------	--------------------	---

Fonte: autores (2024).

3 Resultados e Discussão

Após a leitura detalhada de todos os artigos selecionados, foi possível ser feita uma síntese dos principais achados da literatura escolhida bem como pode ser apreendidas valiosas informações sobre a substância em questão. Assim como a organização feita no Quadro 5, a análise dos textos também seguiu a ordem cronológica de publicação de cada peça.

Iniciando pelo artigo de Silveira *et al.* (2017), os autores concluem que o tanino pode ser considerado um potencial preservativo natural no tratamento de madeiras. O estudo avaliou a eficácia do extrato de tanino na proteção contra a deterioração natural da madeira por meio de testes acelerados de decomposição utilizando fungos por 16 semanas. Os resultados mostraram que o extrato de tanino foi capaz de aumentar significativamente a resistência biológica da madeira, classificando-a como muito resistente ao agente biológico agressor (Silveira *et al.*, 2017). Tal resultado também demonstra que o tanino tem uma boa aderência à materiais orgânicos, como madeira, fibras, celulose, couro e etc, e sinaliza uma excelente capacidade antibacteriana e antifúngica quando aplicado diretamente ou adicionado em compósitos feitos por materiais de origem orgânica.

No artigo seguinte são discutidas diversas aplicações do tanino como matéria-prima sustentável para a química verde - onde se busca reduzir a geração de resíduos, incentivar a incorporação de novas práticas sustentáveis de forma a do impacto ambiental desta indústria. Os pesquisadores apresentaram várias possibilidades para o uso do tanino na indústria de curtumes, produção de adesivos de diversos tipos de aderência, conservantes de madeira, inibidores de corrosão, revestimentos de superfície de poliuretano, adesivos de epóxi, laminados de papel, fortificador adesivo para papelão corrugado além de novos materiais e aplicações que estão sendo investigadas como espumas, aditivo em compósitos entre madeiras e polímeros e embalagens de alimentos (Shirmohammadli, Efhamisisi, Pizzi, 2018).

O texto também menciona o uso do tanino nas indústrias da saúde, saneamento e alimentícia, porém estes fogem ao escopo de investigação deste artigo. Por fim, os pesquisadores apontam que é necessário o aumento do uso de alternativas de origem sustentável e biológica, e, como pode ser analisado nas informações trazida pelos autores, o tanino é uma excelente alternativa verde para diversos materiais que atualmente são uma ameaça ao equilíbrio ecológico do planeta (Shirmohammadli, Efhamisisi, Pizzi, 2018).

Já no artigo seguinte, de Peroni *et al.* (2019), são tratados alguns de seus usos e propriedades químicas, porém o foco principal é voltado para apresentar uma forma eficiente de extrair tanino condensado da casca do coco verde utilizando água como solvente e a avaliação e quantificação do material extraído. Os resultados mostram que é possível obter uma solução de tanino condensado com características próximas às teóricas de forma simples e pouco custosa, removendo assim a conjectura de que a extração do tanino condensado é um processo oneroso e que envolve processos complexos (Peroni *et al.*, 2019). Tal artigo ainda traz considerações sobre a importância dos taninos em diversas áreas e processos de aplicação, porém as mesmas, como no artigo anterior, fogem da área de estudo deste artigo.

No artigo escrito por Morbeck *et al.* (2019), os autores realizaram a extração de taninos do mesocarpo verde do coco e avaliaram especificamente a sua capacidade adesiva - mesma propriedade já mencionada rapidamente em outros textos e que se repete aqui, porém com mais detalhes. Eles constataram por meio de experimentos que no processo de extração, quando adicionada uma concentração de sulfito de sódio a 5%, se obtêm um maior rendimento na extração de taninos das amostras (Morbeck *et al.*, 2019). Quando comparado com adesivos a base de resina (material sintético e grande parte sendo obtida a partir do petróleo), os taninos tiveram características adesivas similares se tornando uma alternativa sustentável para os componentes dos adesivos encontrados atualmente no mercado.

O artigo de Missio *et al.* (2019) apresenta vários achados em relação ao tanino, onde eles o apresentam como um recurso de base orgânica de alta compatibilidade e possibilidades para substituir produtos derivados do petróleo em busca de sustentabilidade ambiental. Segundo os autores, o extrato de tanino pode ser polimerizado facilmente, possibilitando a oportunidade ser usado não só como aditivo entre matérias-primas orgânicas, mas também como compósito associado a materiais de base mineral ou inorgânica, como adesivos e revestimentos (Missio *et al.*, 2019). O texto traz também algumas das aplicações possíveis do tanino dadas as suas propriedades tais como base para espumas isolantes resistentes ao fogo, preservadores para madeiras, aditivo hidrofóbico e de melhora de performance para compósitos de madeira-plástico de alta resistência e propriedades antioxidantes para embalagens de alimentos (Missio *et al.*, 2019).

Seguindo para o texto seguinte, o artigo redigido por Das *et al.* (2020) traz dados e aplicações já reforçados em outros textos, explicam diferentes métodos de extração também já citados por outros autores, porém ele também traz dados e testes inéditos não encontrados em nenhum outro estudo. Iniciando pelos dados já mencionados, os autores trazem a aplicação do tanino como componente utilizado em curtimento de couros, produção de adesivos e produção de aditivos químicos anticorrosivos. Acerca dos métodos de extração, diferentemente do método trazido por Peroni *et al.* (2019), aqui os autores descrevem métodos mais complexos, mais laboriosos e com adição de diversos elementos químicos para a otimização da extração do tanino de diferentes partes das plantas (Das *et al.*, 2020). Além da descrição dos processos, também é feita uma avaliação da qualidade e quantidade de tanino extraído, contribuindo assim para uma fácil comparação e uma catalogação do método de extração mais adequado de acordo com a finalidade desejada.

Os autores não fazem um julgamento de qual método de extração do tanino é o melhor, apenas mencionam os diferentes tipos e finalidades. A forma de extração de tanino mais comum e mais utilizado na indústria, segundo os autores, é a extração com água quente, porém apontam que há muitas outras técnicas avançadas, como extração de água pressurizada, extração assistida por micro-ondas, extração assistida por infravermelho e extração pressurizada com água quente que podem alcançar melhores resultados. Cada técnica descrita tem suas vantagens e limitações, e a escolha do método de extração dependerá do material utilizado, dos objetivos de extração, da qualidade e da eficiência desejadas, entre outros fatores (Das *et al.*, 2020).

Ademais, outra rica informação fornecida pelos autores é a aplicação do tanino nos filamentos de polímero de ácido láctico (PLA) comumente nas máquinas de impressão 3D de escala caseira e industrial (Das *et al.*, 2020). Os resultados dos testes mostraram que o filamento de PLA com a adição de 20% de tanino acetilado proporcionou uma boa qualidade de impressão com melhorias nas suas propriedades de tração. No entanto, mais pesquisas são necessárias para superar problemas como a cor final do material impresso e testes de temperatura de impressão para entender quais são as configurações ideais para que objetos impressos 3D tenham uma melhor qualidade (Das *et al.*, 2020).

O livro de Couto *et al.* (2021) fornece uma visão geral sobre os taninos vegetais, sua classificação e importância na fisiologia das plantas, bem como sua aplicação em diferentes áreas, tais como indústria de curtume, medicina, agricultura e ecologia. Esta obra traz um grande apanhado de informações vindo desde as informações mais básicas do tanino, seguindo por especificações técnicas até a exemplificação de aplicações desta substância em diferentes setores de produção (Couto *et al.*, 2021). O mesmo não traz informações inéditas comparando com a literatura analisada por este artigo, porém ele serve como uma base sólida para os estudos e investigação desta substância pois nele onde estão compilados os diversos dados que estão espalhados em diferentes fontes encontradas nas bases de dados. Sendo assim, este volume pode ser encarado como um material de suporte essencial para consulta dentro do tema aqui tratado.

A seguir, foi elaborada um quadro-síntese com os principais achados desta análise no que diz a respeito das propriedades avaliadas do tanino, o que ele pode trazer de benefício quando utilizado na confecção de novos materiais, as suas possíveis aplicações e a fonte de onde essas informações foram retiradas.

Quadro 6 – Quadro-síntese das propriedades, aplicações e potenciais usos do tanino em materiais alternativos sustentáveis.

Fontes	Propriedade	Aplicação	Possibilidades de Materiais
Shirmohammadli, Efhamisizi, Pizzi (2018), Morbeck <i>et al.</i> (2019), Missio <i>et al.</i> (2019), Das <i>et al.</i> (2020)	Adesiva	Substituição para adesivos sintéticos a base de petróleo	Substituição de todas as aplicações que hoje utilizam adesivo a base de resina de petróleo
Silveira <i>et al.</i> (2017); Shirmohammadli, Efhamisizi, Pizzi (2018); Missio <i>et al.</i> (2019); Das <i>et al.</i> (2020)	Antibacteriano / Antifúngico	Materiais e produtos que são susceptíveis à proliferação de mofo e bolor	Pinturas e acabamentos para madeiras estruturais e mobiliário, aditivos para tintas de parede, aditivo para revestimentos externos de edificações, etc
Shirmohammadli, Efhamisizi, Pizzi (2018); Missio <i>et al.</i> (2019); Das <i>et al.</i> (2020)	Antioxidante	Materiais e produtos que podem sofrer oxidação com a ação da salinidade presente no ar	Tintas para proteção de itens metálicos (estruturas em construções, peças mecânicas, etc), filmes para embalagens de alimentos
Missio <i>et al.</i> (2019)	Antipragas	Materiais e produtos que sofrem com ataque de pragas como traças e cupins	Peças de vestuário, elementos de decoração, documentos oficiais impressos, livros, etc
Shirmohammadli, Efhamisizi, Pizzi (2018); Das <i>et al.</i> (2020)	Baixa inflamabilidade	Materiais e produtos que possam entrar em contato com possíveis agentes que levem ao início do processo de combustão	Papéis, lãs de isolamento térmico e acústico de ambientes, etc
Shirmohammadli, Efhamisizi, Pizzi (2018)	Baixa toxicidade	Materiais e produtos que tenham sejam de uso direto ou ingestão por seres vivos, podendo ter ou	Embalagens de alimentos

não contato direto com a pele e mucosas

Shirmohammadli, Efhamisisi, Pizzi (2018); Missio <i>et al.</i> (2019)	Resistência à umidade	Materiais e produtos que possam ter as suas propriedades/características prejudicadas por estarem em ambientes com alta umidade ou leve contato com a água	Embalagens de alimentos, papéis, revestimentos externos de edificações, acabamentos para produtos em madeira, etc
---	-----------------------	--	---

Fonte: autores (2024).

Ao final da análise das peças lidas, percebe-se que em todos os textos os potenciais usos do tanino são expressos como múltiplos e muitos deles ainda precisam ser mais estudados e testados, ampliando assim a já vasta gama de benefícios e utilidades que essa substância pode trazer para novos materiais sustentáveis. Contudo, um fator que saltou aos olhos nesta análise foi como os artigos publicados em países que não o Brasil e escritos em língua inglesa trazem aplicações para o tanino mais diversas do que as publicações enquanto as aplicações atuais no território nacional. Neste país, as publicações ficam, de maneira geral, restritas a filtragem de corpos de água, biocombustíveis, uso alimentício e jardinagem.

Outra questão que pode ser tirada da leitura dos artigos listados é de que o design de materiais, enquanto método de solução de problemas, age como um promotor da inovação. As informações trazidas principalmente pelos textos de Shirmohammadli, Efhamisisi, Pizzi (2018), Missio *et al.* (2019) e Das *et al.* (2020) comprovam que ainda há um universo de possibilidades a serem exploradas e em quase todas elas o tanino surge como um substituto inovador e de cunho sustentável para substâncias nocivas para o meio ambiente empregadas atualmente em diferentes produtos e composição de materiais.

As diversas possibilidades de uso e aplicação do tanino levantadas pelos autores são de extrema relevância pois, vide a atual emergência climática, muitos dos possíveis usos do tanino tomam o lugar de materiais e produtos que tem a origem nos recursos minerais fósseis. Estes, como mencionado por Shirmohammadli, Efhamisisi, Pizzi, (2018) e Missio *et al.* (2019) em seus respectivos textos, são causadores de grandes impactos no meio ambiente desde a sua extração do substrato, processo industrial de transformação em matéria para uso nas suas aplicações e por fim nos seus lentos processos de degradação na natureza e conseqüentemente agravamento da poluição do planeta. O tanino, por sua vez, é biodegradável e o seu processo de extração não envolve químicos sintéticos (Morbeck *et al.*, 2019), e a sua extração proveniente das cascas do coco verde promove a remoção de toneladas de resíduos desprezados em aterros sanitários ou descartados de forma incorreta pelas cidades onde há o maior consumo do fruto.

Com a abundância da produção do coco verde, o baixo reaproveitamento dos seus resíduos e conseqüentemente o acúmulo desenfreado e danoso ao meio ambiente, cabem aos designers munirem-se das diversas informações já disponíveis sobre a substância e produzirem novos - ou mais aperfeiçoados - materiais e soluções que possam contribuir para a redução o impacto humano na natureza. Ademais, os benefícios ambientais, econômicos e sociais que podem ser proporcionados pela transformação do setor do coco verde saindo de uma linha de mercado linear para uma dinâmica de mercado circular podem ser de grandes proporções caso seja dada a devida atenção a esta problemática e as suas potencialidades.

4 Considerações Finais

Com a finalização das análises dos textos, fica evidente a importância do tema e a necessidade de ação urgente. O descarte inadequado das cascas de coco verde representa um grave problema ambiental e social, contudo, felizmente, há um grande potencial de reaproveitamento destes resíduos e os seus benefícios são numerosos. O design de materiais com o foco na promoção da inovação e sustentabilidade, é uma prática extremamente necessária para a conjuntura atual e principalmente para a resolução deste empecilho.

Como resposta ao objetivo deste artigo, o quadro 7 ilustrado abaixo traz de forma resumida as possibilidades e aplicações do tanino na composição de novos materiais sustentáveis encontradas na RSL.

Quadro 7 – Quadro-síntese das propriedades e aplicações do tanino em materiais sustentáveis.

Benefício / Propriedade	Aplicação em material / Alternativa sustentável
Adesiva	Substituição para adesivos sintéticos a base de petróleo
Antibacteriano/Antifúngico	Materiais e produtos que são susceptíveis à proliferação de mofo e bolor
Antioxidante	Materiais e produtos que podem sofrer oxidação com a ação da salinidade presente no ar
Antipragas	Materiais e produtos que sofrem com ataque de pragas como traças e cupins
Baixa inflamabilidade	Materiais e produtos que possam entrar em contato com possíveis agentes que levem ao início do processo de combustão
Baixa toxicidade	Materiais e produtos que tenham sejam de uso direto ou ingestão por seres vivos, podendo ter ou não contato direto com a pele e mucosas
Resistência à umidade	Materiais e produtos que possam ter as suas propriedades/características prejudicadas por estarem em ambientes com alta umidade ou leve contato com a água

Fonte: autores (2024).

As informações apresentadas no corpo deste artigo servem de encorajamento para uma maior mobilização da classe científica nacional a aumentarem e diversificarem os estudos com o tanino no centro das investigações. Conclui-se também que as agências de fomento devem investir mais capital nestes projetos de inovação no âmbito do design de materiais a fim de aproveitar plenamente todos os benefícios que esta substância pode proporcionar para diversas indústrias. Tal atitude incentivaria não apenas a redução do impacto ambiental, mas também a criação de novas oportunidades econômicas - novas empresas, produtos verdes e novos empregos para a comunidade - e melhorias sociais - com o incremento da economia local, promovendo o bem-estar

social e melhorando a qualidade de vida da região.

Por fim, é dado como imprescindível o aprofundamento e continuação dos estudos colaborativos e interdisciplinares dentro deste tema. Tanto a execução de testes e ensaios em laboratórios como conversas junto à comunidade e empresas produtoras e coletoras do fruto são de extrema importância. Desta forma, com a avaliação das possibilidades de aplicações, ponderação da viabilidade da produção de forma local e com a aferição de sua performance em distintos usos, pode ser equacionado o seu valor agregado e sua real aplicabilidade.

5 Referências

ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materials and design: the art and science of material selection in product design**. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010.

BARAUNA, D.; SOUZA, S.; ZAMONER, M. T. D.C; RAZERA, D. L. Advanced Materials in Design for Innovation from the 21st Century: Context and Meaning. **DAT Journal**, v.2, n.2, p91-107, 2017. <https://doi.org/10.29147/2526-1789.DAT.2017v2i2p91-107>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aproveitamento de cascas de coco para geração de energia térmica: potencialidades e desafios**. Aracaju, EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2019.

CHINI, S. O.; Scheffer-Basso, S. M.; Escosteguy, P.A.V.; BERTOL, C. D.; Sobottka, A. M. O pH do solo e a sua relação com a concentração de caninos condensados em Lotus spp. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis. **Anais**. [...] Florianópolis, Santa Catarina, 2013. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/718.pdf>

COUTO, L. C.; Scárdua, F.; Cordeiro, S.; Rodrigues, C. **Taninos vegetais ou polifenóis**. Diamantina: UFVJM, 2021. 73 p. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/2665>.

CROSSAN, M. M.; AP A YDIN, M. A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. **Journal of Management Studies**, v. 47, issue 6, p. 1154-1191, 30 set. 2009. Blackwell Publishing Ltd and Society for the Advancement of Management Studies Doi: 10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x. 2009.

DAS, A. K.; ISLAM, N.; FARUK, O.; ASHADUZZAMAN; DUNGANI, R. Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. **South African Journal of Botany**, v. 135, p. 58-70, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Coco-da-baía**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Edusp, 2002.

MISSIO, A. L.; GATTO, D. A.; TONDI, G. Exploring tannin extracts: Introduction to new bio-based materials. **Brazilian Journal of Wood Science**. v. 10, n. 1, p.88 - 102, 2019.

MORBECK, F.L.; LELIS, R.C.C.; SCHUELER, M.V.E., et al. Extraction and evaluation of tannin from green coconut mesocarp. **Revista Matéria**, v.24, n.3, 2019 - e-12433, 2019

OLIVEIRA, I. S. V. Planejamento estratégico para análise da cadeia produtiva do coco verde e aproveitamento de seus subprodutos. **Estudos em Direito Ambiental: Territórios, racionalidade e decolonialidade**. Campina Grande: Editora Licuri, 2022, p. 144-156.

PAPANÉK, V. **Arquitetura e Design - Ecologia e Ética**. Lisboa: Edições 70, 1997.

PERONI, B. L.; CAMPOS, L.; FILHO, P. R. A. S.; ALMEIDA, J. B. DOS S. M. DE; GOMES, M. S. DA R.

Extração do tanino a partir da casca de coco verde (cocos nucifera) e síntese do poliestireno sulfonado de copos plásticos / Tannins extraction from coco verde bark (cocos nucifera) and synthesis of sulfonated polystyrene plastic cups. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 21316–21330, 2019.

SHIRMOHAMMADLI, Y.; EFHAMISISI, D.; PIZZI, A. Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review. **Industrial crops & Products**, v. 126, p. 316-322, 2018.

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R.; WASTOWSKI, A. D.; GATTO, D. A. Tannic extract potential as natural wood preservative of *Acacia mearnsii*. **Annals of the Brazilian Academy of Science**, v. 89, n. 4, p. 3031-3038, 2017.

ZANDONAI, R. **Potencial do solo e da agricultura no combate às mudanças do clima**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Rio de Janeiro, 04 dez 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/story/potencial-do-solo-e-da-agricultura-no-combate-mudancas-do-clima>