

Revisão da literatura: as aplicações da casca de arroz para o desenvolvimento de um produto ambientalmente amigável

Literature review: rice husk applications for the development of an environmentally friendly product

Daiana Ruschel Rosa

ruscheldaiana@gmail.com

Henrique Andrews Gerlach Borba

henrique.borba2012@gmail.com

Jocelise Jacques de Jacques

jocelise.jacques@ufrgs.br

Resumo

Este estudo contextualiza a casca de arroz como resíduo que pode se tornar coproduto, expondo seus destinos comuns e discutindo possibilidades de sua utilização como carga em blendas poliméricas aplicadas a produtos sob a ótica da ecologia industrial. Apresenta a pesquisa bibliográfica realizada no período compreendido entre agosto e dezembro de 2021, etapa inicial de um projeto de pesquisa que objetiva estudar a adição da casca de arroz a um dos componentes de um produto de moda. A seguir, comenta sobre a aplicação de biomassa e outras alternativas empregadas na indústria calçadista como estratégia para a construção de produtos ambientalmente amigáveis. Por fim, apresenta os dados da pesquisa bibliográfica sistematizada, a qual apresenta possibilidades de aplicação e benefícios funcionais e estéticos do uso desta biomassa em blendas poliméricas que podem ser utilizadas em diversos produtos.

Palavras-chave: Casca de Arroz; Indústria Calçadista; Desenvolvimento Sustentável de Produtos; Design e Tecnologia; Sustentabilidade

Abstract

This study contextualizes rice husk as a residue that can become a co-product, exposing its common destinations and discussing possibilities of its use as a filler in polymer blends applied to products from the perspective of industrial ecology. It presents the bibliographic research carried out in the period between August and December 2021, the initial stage of a research project that aims to study the addition of rice husk to one of the components of a fashion product. Next, comments are made on the application of biomass and other alternatives used in the footwear industry as a strategy for the construction of environmentally friendly products. Finally, it presents the data from the systematic bibliographic research, which documents application possibilities and functional and aesthetic benefits of using this biomass in polymer blends that can be applied in several products.

Keywords: Rice Husk, Footwear Industry; Sustainable Product Development; Design and Technology; Sustainability

1. Introdução

Este artigo apresenta o início do desenvolvimento de um produto ambientalmente amigável, cujo objetivo é projetar levando em consideração resíduos como matéria-prima e ter a circularidade como meta ao final do ciclo de vida. Entende-se que, para o conceito de ecologia industrial ser posto em prática, é preciso um esforço para que resíduos ou subprodutos sejam transformados em coprodutos (HARPER e GRAEDEL, 2004).

Neste contexto, a análise da produção em termos regionais é imprescindível. O contexto geográfico desta pesquisa é o Rio Grande do Sul (RS), estado no qual o cultivo do arroz tem relevância mundial e é uma das mais importantes atividades agropecuárias dentro das culturas agrícolas tradicionais. O arroz é um dos cereais mais consumidos globalmente, e a geração de resíduos resultantes de seu processamento são volumosas e variadas.

A casca de arroz é um subproduto da moagem do arroz, descrita como uma biomassa residual abundante e com baixo custo. É rica em sílica e, por isso, pode ser convertida em biocombustíveis - bio-óleo, vapores – e biochars, através de processos termoquímicos como pirólise e gaseificação (SHEN, Y., 2017). A casca de arroz pode ser definida como uma das maiores perdas da agroindústria, pois a cada milhão de toneladas de arroz colhidas, estima-se que cerca de 200 mil toneladas de casca sejam queimadas, usadas como cama de animais ou deixadas no campo após a colheita. Neste último caso, a utilização de casca de arroz pode prejudicar severamente o meio ambiente e afetar a saúde humana. Na natureza, a casca de arroz é: resistente, insolúvel em água, lenhosa, tem estabilidade química, alta resistência mecânica, tem arranjo estrutural de sílica-celulose e consiste principalmente em celulose (32%), hemiceluloses (21%), lignina (21%), sílica (20%) e proteína bruta (3%) (ABAIDE, E. R. et al, 2019).

A China é o terceiro maior produtor de arroz mundial, seguida pela Índia. Fora do continente asiático, o Brasil é o terceiro maior produtor global, tendo produzido aproximadamente 12 milhões de toneladas entre 2015 e 2016, das quais a região centro-sul é responsável por 80% dessa produção. A produção de arroz no mundo aumentou nos últimos anos, passando de 660 milhões de toneladas (2007) para 746 milhões de toneladas (2014). Conseqüentemente, a quantidade de subprodutos gerados a partir da cultura do arroz também aumentou. Grandes quantidades de palha de arroz e cascas são produzidas anualmente, mas são economicamente subutilizadas (ABAIDE, E. R. et al., 2019).

Os usos mais comuns da palha de arroz e cascas são como fertilizante e na produção de energia elétrica através de caldeiras a vapor. Devido ao aumento da biomassa agrícola gerada e da necessidade de energia e combustível, aumentam-se as pesquisas para o uso da biomassa como fonte de bioprodutos e de energia renovável. Embora o cultivo de arroz seja diferente em cada país, a queima de palha é uma prática comum. No entanto, a incineração a céu aberto contribui para a emissão de hidrocarbonetos aromáticos e dioxinas que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana devido ao seu potencial carcinogênico (ABAIDE, E. R. et al., 2019). Outro resíduo da produção de arroz é o farelo de arroz, gerado a partir do processo de polimento do grão e realizado na produção do arroz parboilizado.

No RS, as plantações de arroz vão desde a fronteira oeste até as áreas que circundam a região metropolitana da capital. Isso traz uma proximidade em relação a outras regiões produtivas do estado, oportunizando o emprego da casca como matéria-prima, já que os problemas em relação ao resíduo do beneficiamento podem ser encontrados em várias cidades. Há, também, outras estruturas produtivas bastante tradicionais dentro deste limite geográfico que necessitam de matéria-prima, como a indústria calçadista.

Sob outro prisma, o Brasil foi considerado o terceiro maior produtor de calçados do mundo em 2018, estando atrás apenas da China e da Índia, com 908,9 milhões de pares produzidos no ano de 2017. Também, foi o quarto maior consumidor e o décimo quarto maior exportador mundial (ABICALÇADOS, 2015). O Nordeste detinha a maior produção em pares, mas o Rio Grande do Sul possuía o maior número de empregos (33,6%) e a maior concentração de empresas do setor (35,1%), seguido por São Paulo (31%) e Minas Gerais (15,8%) (ABICALÇADOS, 2015). Para a confecção deste volume de calçados, ainda são utilizados componentes - como solado, tacos, tecidos, couros e adesivos - nos quais existe uma grande demanda de polímeros oriundos de fontes não renováveis e produtos químicos ou solventes tóxicos para a saúde humana. Dentro desta pesquisa, considera-se que a grande produção de arroz no sul do Brasil, bem como a grande produção de calçados, pode contribuir para que um resíduo com o processamento adequado seja aplicado em bens de consumo, sem que haja ônus logístico e emissões em grande escala em decorrência de transporte.

Entende-se que a busca por soluções deve ser pautada em avaliações técnicas que justifiquem benefícios em relação à estrutura de produção convencional. Por isso, o uso de métricas de sustentabilidade é relevante e, dessa forma, julgou-se necessário investigar o material a ser empregado por meio de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV). Todavia, um passo anterior é o reconhecimento sobre as potencialidades do resíduo casca de arroz já abordado em pesquisas acadêmicas, resultando na primeira etapa da pesquisa: um estudo de revisão bibliográfica sobre as pesquisas que contemplam o aproveitamento da casca de arroz num contexto de matéria-prima para compósitos com os mais diversos empregos.

2. O projeto de produto ambientalmente amigável utilizando resíduo como matéria-prima

O conceito berço ao berço postula que produtos e seus componentes devem ser criados para que, ao final de seu uso, sejam reutilizados com suas propriedades não desgastadas, ou como nutrientes tecnológicos, no chamado “metabolismo tecnológico”, ou voltando à natureza como nutrientes biológicos e não poluentes, através do “metabolismo biológico” (MCDONOUGH, BRAUNGART, 2002). Tendo este conceito como aglutinador de vários outros, e também como uma meta a ser alcançada relacionada à abordagem mais recente da economia circular (MACARTHUR FOUNDATION, 2021), observa-se que vários fatores colaboram para a transformação no desenvolvimento de produtos rumo à inclusão das diversas dimensões do conceito de sustentabilidade.

Na busca por inovação e alternativas que atendam ao mercado de produtos sustentáveis, marcas e empresas lançam constantemente novos artefatos. Também, testam novas tecnologias, modelagens e combinações entre componentes têxteis e poliméricos, buscando reduzir a geração de resíduos e o impacto ambiental originados nos processos de manufatura. Iniciativas como esta podem ser muito bem vindas na busca por produtos ambientalmente amigáveis. Contudo, para investigar mudanças nas áreas de projeto de produto e a produção de produtos com foco no fluxo cíclico, é necessário analisar diferentes aspectos no emprego de materiais, componentes e produtos, dentre as quais destacam-se as áreas apontadas na certificação Cradle to Cradle (www.c2ccertified.org/). Neste contexto, estão sendo levantados dados e fontes bibliográficas para a análise de ciclo de vida da casca de arroz, que permite o envolvimento em método de pesquisa quantitativa, norteada pelas questões a seguir: (i) “a utilização da biomassa casca de arroz em projetos de produto é, de fato, uma alternativa ambientalmente amigável?” e

(ii) “como projetar produto com ciclo de vida fechado contendo formulação polimérica com carga vegetal - casca de arroz?”.

Para responder a estas questões, é necessário verificar se há benefícios na utilização de polímeros termoplásticos com carga de biomassa de casca de arroz. Para isto, será utilizada a ferramenta de ACV, com intuito de investigar prós e contras do emprego deste resíduo. Desta maneira, o estudo comparativo entre os resultados do componente com e sem biomassa permite verificar quantitativamente o impacto positivo da iniciativa de desenvolvimento de produto ambientalmente amigável. Inicialmente, contudo, é necessário verificar e organizar os dados disponíveis e os que precisam ser coletados para realização da ACV, em termos de materiais, transporte e processo produtivo. Para tal, a consulta a pesquisas acadêmicas é fundamental, sendo este o recorte apresentado neste artigo.

3. Metodologia

A finalidade exploratória da pesquisa busca conhecer o estado da arte dos campos envolvidos na investigação, tornando possível o delineamento do tema, estruturação de hipóteses e objetivos. Esta fase, conforme mencionado, está sendo realizada fundamentalmente através de pesquisa bibliográfica (PRODANOV; FREITAS, 2013). A pesquisa inicial buscou responder duas questões principais: 1) “quais aplicações da casca de arroz têm sido investigadas para o desenvolvimento de novos produtos?” e 2) “quais informações relevantes sobre o processo de beneficiamento que gera o resíduo casca que podem ser utilizadas no futuro para a ferramenta ACV em etapas posteriores?”.

Como fontes primárias foram selecionados artigos de (i) periódicos indexados em bases de dados, (ii) artigos de anais de eventos, (iii) dissertações de mestrado, (iv) teses de doutorado que apresentam trabalho completo na área de investigação e disponíveis em formato *Portable Document Format* (PDF). Além disso, a plataforma Google Acadêmico foi amplamente utilizada na consulta por trabalhos de referência.

Primordialmente, foram utilizadas como strings de busca em todas as bases avaliadas, descritas em qualquer lugar do artigo: “*rice husk LCA*”, “*rice husk footwear industry*”, “*outsole rice husk*”, “*rice husk rubber*”, “*thermoplastic rubber rice husk*”, “casca de arroz” e “sustentabilidade indústria calçadista”. Também, foram filtrados os trabalhos publicados nos últimos 20 anos (2001 a 2021). Ainda, a seleção do material foi realizada a partir do julgamento em 4 ações: (i) leitura do título, (ii) leitura do resumo e palavras-chave, (iii) leitura da introdução e da conclusão e (iv) leitura completa. Todos os trabalhos que foram tabelados e revisados no título 4 deste artigo passaram pela seleção da 2ª ação, dos quais a leitura aprofundada e a realização de comentários foram realizadas nos trabalhos em que o resumo convergiu, de alguma forma, com o objetivo da pesquisa. Foram excluídos os trabalhos sem texto completo disponível em PDF e os que não apresentaram relação com o foco da pesquisa.

4. Revisão da Literatura

A seguir, estão apresentados os artigos selecionados após filtro para análise e embasamento da pesquisa. Na tabela 1, estão os artigos buscados pela string *Rice Husk LCA (Life Cycle Assessment)*, que resultou em 6.410 documentos. Após realizada a leitura dos resumos e conclusões, foram selecionados os trabalhos para estudo dos textos completos. Cabe salientar que devido aos limites de texto serão comentados apenas alguns trabalhos.

Tabela 1: Artigos selecionados para a leitura a partir do termo Rice Husk LCA

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
1	18/10/2021	http://hdl.handle.net/10400.2/16813	Avaliação da sustentabilidade ambiental da incorporação da casca de arroz em solas de borracha SBR	Teixeira, Henrique Manuel da Silva	2020	Desenvolvimento Sustentável; Sustentabilidade; ACV; SBR; Casca de Arroz; Sustainable Development; Sustainability; LCA; Rice Husk
2	18/10/2021	https://www.researchgate.net/publication/228463769	LCA of biocomposites versus conventional products	Pilar Martínez, Daniel Garraín, Rosario Vidal	2007	Biocomposites, cotton; husk rice; recycling; thermoplastics
3	18/10/2021	https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11367-011-0293-7.pdf	Comparative life cycle assessment of uses of rice husk for energy purposes	Jittima Prasara-A & Tim Grant	2011	Agricultural residue; Biofuel; Comparative; LCA; Rice husk; System expansion; Waste management
4	18/10/2021	https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11367-008-0043-7.pdf	Life cycle assessment of composite materials made of recycled thermoplastics combined with rice husks and cotton linters	Rosario Vidal & Pilar Martínez & Daniel Garraín	2008	Composite materials; Cotton; LCA; Recycling; Rice husks; Thermoplastics
5	18/10/2021	https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0734242X14557379	Review of the rice production cycle: Byproducts and the main applications focusing on rice husk combustion and ash recycling	Carlos AM Moraes, Iara J Fernandes, Daiane Calheiro, Amanda G Kieling, Feliciane A Brehm, Magali R Rigon, Jorge A Berwanger Filho, Ivo AH Schneider and Eduardo Osorio	2014	Rice production cycle; solid wastes, by-products; recycling; rice husk ash
6	18/10/2021	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617311952	Climate-change and health effects of using rice husk for biocharcompost: Comparing three pyrolysis systems	Ali Mohammadi, Annette L. Cowie, Thi Lan Anh Mai, Miguel Brandão, Ruy Anaya de la Rosa, Paul Kristiansen, Stephen Joseph	2017	Pyrolysis gases, Biochar; Compost; Methane emissions; Paddy rice

Continua na página seguinte

Continuação

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
7	18/10/2021	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125188	Rice husk energy production in Brazil: An economic and energyextensive analysis	Laura Araújo Silva, Ivan Felipe Silva dos Santos, Gabriel de Oliveira Machado, Geraldo Lúcio Tiago Filho, Regina Mambeli Barros	2021	Biomass, Rice husk; Energy potential; Economic viability and energy viability
8	18/10/2021	https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-018-3648-9.pdf	Process development of silica extraction from RHA: a cradle to gate environmental impact approach	Saurabh N. Joglekar, Rhushikesh A. Kharkar, Sachin A. Mandavgane, Bhaskar D. Kulkarni	2018	Life cycle assessment; Rice husk ash; Silica; Environmental impacts
9	18/10/2021	https://doi.org/10.3390/ma9060466	Environmentally-Friendly Dense and Porous Geopolymers Using Fly Ash and Rice Husk Ash as Raw Materials	Daniele Ziegler, Alessandra Formia, Jean-Marc Tulliani, Paola Palmero	2016	Geopolymers; Mechanical properties; Microstructure; Porosity

Fonte: Autores.

Entre os artigos citados na Tabela 1, o artigo 4 (*Life cycle assessment of composite materials made of recycled thermoplastics combined with rice husks and cotton linters*) é o mais relevante dentro da nossa busca porque analisa os impactos ambientais das blendas: a) Polipropileno+retalhos de tecidos, b) PP+casca de arroz e c) HDPE (polietileno de alta densidade) + retalhos de tecido em estruturas para uso na aquacultura. No artigo, descreve-se que os dados de inventário para a reciclagem de termoplásticos e algodão foram obtidos de várias empresas de reciclagem na Espanha, assim como dados ambientais relativos à casca de arroz que foram obtidos de uma empresa de processamento de arroz no mesmo país. Os dados do inventário do ciclo de vida para termoplásticos virgens foram adquiridos da PlasticsEurope e SimaPro. Foram considerados dois cenários diferentes - incineração e aterro – e foram para a avaliação da fase de descarte. Uma avaliação de impacto quantitativa foi realizada para quatro categorias de impacto: 1) aquecimento global nos últimos 100 anos, 2) esgotamento de energia não renovável, 3) acidificação e 4) eutrofização (VIDAL, MARTÍNEZ, GARRAÍN, 2009).

Os compósitos sujeitos à análise exibiram um impacto ambiental reduzido durante as fases de aquisição e processamento dos materiais, em comparação com os termoplásticos virgens convencionais, em todas as categorias de impacto consideradas, tanto para descarte em aterro, quanto para incineração. No caso dos compósitos contendo retalhos de algodão, também foram considerados os impactos associados ao transporte do algodão para a trituradora, ao processo de reciclagem do algodão e ao transporte do algodão triturado para a usina de compostagem. A avaliação dos compósitos contendo casca de arroz incluiu os impactos da moagem da casca e do transporte das cascas para a planta de manipulação. O impacto do cultivo do arroz foi estudado e alocado para a casca de arroz com base no seu valor econômico em relação ao arroz. Para a avaliação de plásticos virgens, foram utilizados os dados mais recentes sobre a produção

de HDPE e PP publicados pela PlasticsEurope para o software SimaPro versão 7.0 (Pré 2006) (VIDAL, MARTÍNEZ, GARRAÍN, 2009).

Informações sobre consumo de energia associado ao cultivo e manufatura do arroz foram retiradas da bibliografia e os dados foram combinados para produzir o inventário do ciclo de vida, compreendendo as etapas de: preparação da terra, produção de sementes, semeadura, irrigação, fertilização, aplicação de pesticidas, colheita de arroz, transporte, secagem, moagem e classificação. Contudo, parece aos autores que existe uma questão sobre a alocação destes recursos, já que a casca é um resíduo do processo principal da produção do alimento (VIDAL, MARTÍNEZ, GARRAÍN, 2009).

Na discussão dos resultados, os autores destacam que as diferenças entre as densidades dos compósitos e dos termoplásticos convencionais não podem ser desprezadas para aqueles produtos cuja unidade funcional é dada em termos de volume. Outra questão que influencia o desenvolvimento de produto é a observação dos autores quanto ao fato que a eliminação de resíduos não deve ser negligenciada na avaliação ambiental de compósitos, pois culmina em resultados globais que, em termos de aquecimento, podem variar drasticamente, dependendo do método de descarte empregado. Compósitos sujeitos a uma análise usando 1 kg de material exibiram um impacto ambiental significativamente reduzido em comparação com termoplásticos virgens convencionais. De acordo com a norma ISO 14044 (2006), seria aconselhável evitar a alocação de impacto. Isso representou um desafio, uma vez que a casca de arroz é um coproduto do arroz e deveria ser reutilizada dentro do mesmo ciclo. Por isso, para a alocação em outro ciclo, o estudo utilizou como base seu valor econômico.

A string "*rice husk footwear industry*" gerou 1.570 resultados, dos quais foram selecionados os 4 artigos da tabela 2.

Tabela 2: Artigos selecionados para a leitura a partir do termo "Rice Husk Footwear Industry"

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
1	18/10/2021	http://dr.iiserp.une.ac.in:8080/xmlui/handle/123456789/330	Composite Materials for Shoe Soles	Siddharth Chopra	2014	Shoe Soles
2	18/10/2021	https://doi.org/10.1007/s42452-019-0927-0	Panorama of natural fibers applied in Brazilian footwear: materials and market	Lais Kohan, Cristiane Reis Martins, Larissa Oliveira Duarte, Luciano Pinheiro, Julia BaruqueRamos	2019	Natural fibers; Brazilian footwear; Cellulosic fabrics; Biobased; Materials; Sustainability; Footwear components
3	18/10/2021	https://doi.org/10.1080/1463922X.2011.640441	Application of the sociotechnical design method for the development of eco-friendly shoes for the students of Brazilian public schools	Lia Buarque de Macedo Guimarães & Ronise Ferreira dos Santos	2012	Sociotechnical design; shoes; residuals; public school students; BOP population
4	18/10/2021	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-287-164-0_5	Sustainable Measures Taken by Brands, Retailers, and Manufacturers	Thilak Vadicherla, D. Saravanan	2014	Annual sustainability report, Carbon footprint disclosure, Fair trade and social compliance, Energy efficiency, Sustainable materials

Fonte: Autores.

O documento mais relevante neste grupo de busca foi “*Composite Materials for Shoe Soles*”, uma tese indiana que estudou o uso de cargas vegetais em solados de calçados aplicadas a blendas poliméricas. Após levantar atributos técnicos fundamentais de solados de calçados, como: (i) durabilidade, (ii) flexibilidade, (iii) leveza, (iv) anti-derrapante, (v) uniformidade, (vi) impermeável, (vii) confortável, (viii) estabilidade ambiental, (ix) estabilidade de cor e capacidade de coloração, (x) capacidade de adesão aos materiais superiores, a tese apresenta polímeros que usualmente são utilizados em solados de calçados e seus atributos: policloreto de vinila (PVC), borracha, TPR (borracha termoplástica de estireno butadieno), poliuretano (PU). Após conhecer indústrias e processos produtivos, o autor considerou o TPR (no Brasil conhecido comercialmente como TR) o condutor termoplástico mais adequado para os testes com cargas diversas, entre elas a casca de arroz. Além desta, são mencionadas como alternativas de carga vegetal para uso em compósitos: palha de trigo, fibra de madeira, fibra de sisal, pó de casca de arroz e casca de amendoim. O estudo testou também a aplicação de pó de couro e de solados sem processamento prévio. Todos os compostos desenvolvidos pelo estudo tiveram resultados satisfatórios nos testes realizados: (i) densidade específica, (ii) viscosidade, (iii) dureza, (iv) resistência à tração, (v) alongamento, (vi) resistência ao rasgo e (vii) abrasão. De maneira geral, todas as cargas tiveram aumento de densidade, dureza e resistência à abrasão, mas houve perda em resistência à tração e ruptura ao alongamento. Todos os compósitos com 10% de carga passaram nos testes de colagem, mas quedas brutas em propriedades foram observadas com o aumento de carga de 10% para 15%. Observou-se que a uniformidade de cor é mais facilmente obtida com cargas em pó. Chopra conclui afirmando que o uso de cargas vegetais pode ser uma alternativa sustentável em futuro próximo (CHOPRA, 2014).

Com 54.900 resultados a palavra-chave "casca de arroz" trouxe os trabalhos nacionais realizados. Entre eles, mostraram-se relevantes as publicações que constam na Tabela 3.

Tabela 3: Trabalhos selecionados para a leitura a partir do termo " casca de arroz"

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
1	18/10/2021	https://www.researchgate.net/publication/278327983	Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa	Iara J. Fernandes, Emanuele C. A. dos Santos, Roxane Oliveira, Janaína M. Reis, Daiane Calheiro, Carlos A. M. Moraes, Regina C. E. Modolo	2015	Casca de arroz; Caracterização; Biomassa.
2	18/10/2021	https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/346/2020/10/artefinal.pdf	Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte.	Hoffmann, R., Jahn, S. L., Bavaresco, M., Sartori, T. C.	-	-
3	18/10/2021	https://www.inovarse.org/artigos-por-edicoes/VI-CNEG-2010/T10_0261_1040.pdf	Destino do resíduo casca de arroz na microrregião de Restinga Seca - RS: um enfoque à responsabilidade sócio ambiental	Jaqueline Paula Walter, Marivane Vestena Rossato	2010	Resíduo Casca de Arroz; Responsabilidade Sócio-Ambiental; Microrregião de Restinga Seca.

Continua na página seguinte

Continuação

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
4	18/10/2021	http://hdl.handle.net/10183/187988	Compósitos poliméricos com casca de arroz desenvolvimento, caracterização e possibilidades de aplicação no design de produto	Eliana Paula Calegari	2018	Casca de arroz; Design de produto; Poliester
5	18/10/2021	https://www.scielo.br/j/qn/a/X9MRTGqgpzk6yPQtmjkmt4M/?lang=pt	Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz	Edson Luiz Foletto, Ronaldo Hoffmann, Rejane Scopel Hoffmann, Utinguassú Lima Portugal Jr., Sérgio Luiz Jahn	2005	Rice husk ash; rice husk; combustion.

Fonte: Autores.

O estudo mais relevante investigado neste bloco foi a tese de doutorado de Eliana Paula Calegari, que teve como um dos principais objetivos investigar a viabilidade de utilização da casca de arroz em compósitos de poliéster com fração volumétrica de 80%. Foram produzidos compósitos processados através de moldagem por compressão com casca inteira, moída e a mistura entre ambas, gerando placas testadas em desempenho mecânico, absorção de água e intemperismo natural. A resina de poliéster não permite reciclagem, mas sendo um polímero termorrígido, a autora defende que a composição apresenta boa durabilidade para aplicação na indústria moveleira, proposta projetual de uso do compósito. Também, foram analisados os atributos estéticos de alguns materiais utilizados nesta indústria, em comparação com os compósitos desenvolvidos, constatando-se que madeiras e derivados compartilham similaridade em atributos estéticos como cor, textura e padrões de superfície com o novo material. O estudo afirma que compósitos com casca de arroz podem remeter, por meio de seus atributos estéticos, à naturalidade, transmitindo apelo ecológico e sustentabilidade - vantagens além do aspecto ambiental alcançado pelas formulações com o resíduo agrícola (CALEGARI, E. P., 2018).

Tabela 4: Trabalhos selecionados para a leitura a partir do termo "sustentabilidade indústria calçadista"

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
1	18/10/2021	https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/563	Estudo sobre a implantação de medidas de produção mais limpa em uma empresa de calçados	Larissa Aparecida Wachholz, Natani Aparecida do Bem, Luciana Cristina Soto Herek Rezende, Maria de Los Angeles Perez Lizama	2020	Resíduos sólidos; Indústria calçadista; Logística Reversa; Gestão de resíduos.
2	18/10/2021	https://revistas.unicentro.br/index.php/capitalcientifico/article/view/6665	Sustentabilidade socioambiental em uma empresa do segmento calçadista	Letícia Hansen, Cristiane Froehlich, Dusan Schreiber	2021	Sustentabilidade Socioambiental; Ações Socioambientais; Setor Calçadista

Continua na página seguinte

Continuação

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
3	18/10/2021	http://submissao.singep.org.br/8singep/arquivos/51.pdf	Aplicação dos conceitos de economia circular em indústrias calçadistas	Margarete Blume Vier, Dusan Schreiber, Vanusca Dalosto Jahno, Cristiane Froehlich	2020	Setor Calçadista; Sustentabilidade Ambiental; Reaproveitamento; Gestão de Recursos
4	18/10/2021	https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100133/tde-19012021-171127/en.php	Sustentabilidade em calçados: panorama brasileiro, materiais e contribuição de material para solado	Lais Kohan	2021	Calçados brasileiros; logística reversa; Materiais compósitos; Resíduos sólidos; Sustentabilidade
5	18/10/2021	https://www.researchgate.net/publication/335754574	Avaliação ambiental do setor calçadista e a aplicação da análise de ciclo de vida: uma abordagem geral	Adriana Hoenisch da Silva, Carlos Alberto Mendes Moraes, Regina Célia Espinosa Modolo	2015	Indústria calçadista; resíduos; análise do ciclo de vida

Fonte: Autores.

Empregando a palavra-chave “*outsole rice husk*” foram gerados 70 resultados, dentre os quais o mais relevante para a pesquisa foi o artigo de Elisabeth Jeffries “Eco-fashion hits the high street”, publicado em 2013 no periódico Business and industry, Sustainability (<https://doi.org/10.1038/nclimate1843>). Já a string “*sustentabilidade indústria calçadista*” gerou 14.400 resultados, dentre os quais os mais interessantes estão colocados na tabela 4.

Nesta seleção de estudos, analisamos o artigo ‘Avaliação ambiental do setor calçadista e a aplicação da análise de ciclo de vida: uma abordagem geral’. A pesquisa afirma que o tratamento dos resíduos do calçado ao final da sua vida útil apresenta dificuldades principalmente devido à diversidade de componentes e métodos de adesão. Também, que grande parte do montante gerado tem sido destinado a aterros, representando grande risco de contaminação ambiental. Contudo, o estudo considera possível encontrar alternativas e sugere a ACV, considerando o grau de maturidade ambiental do setor e as possibilidades de melhoria no processo produtivo para redução de impacto ambiental negativo, reciclagem e destinação final de resíduos sólidos.

A string “*rice husk rubber*”, trouxe 34.700 resultados, dos quais se mostraram relevantes os artigos organizados na tabela 5.

 Tabela 5: Trabalhos selecionados para a leitura a partir da string “*rice husk rubber*”

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
1	18/10/2021	https://doi.org/10.1002/app.21004	Application of rice husk ash as fillers in the natural rubber industry	Wanvimon Arayaprane, Nuchanat Naranong, Garry L. Rempel	2005	rice husk ash (RHA); fillers; cure characteristics; mechanical properties; rubber

Continua na página seguinte

Continuação

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
2	18/10/2021	http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.513.2819&rep=rep1&type=pdf	Using Silica from Rice Husk as a Reinforcing Filler in Natural Rubber	Saowaroj Chuayjuljit, Supparat Eiumnoh and Pranut Potiyaraj	2001	Natural rubber; silica, rice husk; reinforcement; composites.
3	18/10/2021	https://journals.utm.my/jurnalteknologi/article/view/435	Ground rice husk as filler in rubber compounding	Siti Salina Sarkawi, Yusof Aziz	2012	Rice husk powder; rubber compounding

Fonte: elaborado pelos autores.

O artigo *'Application of rice husk ash as fillers in the natural rubber industry'* apresenta um procedimento convencional de mistura de cinza de casca de arroz com borracha natural. Os resultados indicaram que a adesão de cinza de casca de arroz resultou em menor viscosidade e menor tempo de cura dos materiais de borracha natural. A incorporação de cinza de casca de arroz na borracha natural melhorou a dureza, mas diminuiu a resistência à tração e ao rasgo. Os resultados gerais indicam que a cinza pode ser usada como um enchimento econômico para materiais de borracha natural onde é necessária alta resiliência e excelente estabilidade dimensional.

Tabela 6: Trabalhos selecionados para a leitura a partir da string "thermoplastic rubber rice husk"

	Data	Link	Título do artigo	Autores	Ano	Palavras-chave (artigo)
1	18/10/2021	https://doi.org/10.1002/app.10713	Mechanical and morphological properties of white rice husk ash filled polypropylene/ethylene-propylene-diene terpolymer thermoplastic elastomer composites	S. Sriwardena, H. Ismail, U. S. Ishiaku, M. C. S. Perera,	2002	mechanical properties; morphology; thermoplastic elastomer composites; white rice husk ash; ethylene-propylene-dieneterpolymer; polypropylene; dynamic vulcanization
2	18/10/2021	https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105887	Performance modifying techniques for recycled thermoplastics	Arun Ghosh	2021	Recycling, Thermoplastic; Blend; Compatibilizer; Impact modifier; Mechanical performance; Morphology

Fonte: Autores.

O primeiro artigo da tabela 6, *"Mechanical and morphological properties of white rice husk ash filled polypropylene/ethylene-propylene-diene terpolymer thermoplastic elastomer composites"*, mostra que misturas com carga também podem ser feitas para alcançar as características de TPE (Elastômero Termoplástico) com maior tenacidade e com maior rigidez, por meio de vulcanização dinâmica de misturas de borracha de plástico com carga. Esta característica contribui para o projeto com objetivo de circularidade, podendo-se investigar aplicações para o final de ciclo de vida.

5. Considerações finais

A casca de arroz configura um grave problema ambiental, pois contribui para a geração de gases que aceleram o efeito estufa quando destinada de maneira inadequada. Considerando que a geração deste resíduo aumenta a cada ano, para utilizá-lo de maneira responsável e dar destino a todo o volume é importante a investigação de diversas possibilidades, dentre elas o seu uso como carga em produtos industriais (objetivo maior da pesquisa em desenvolvimento). A isso, soma-se a intenção de trabalhar a conscientização dos consumidores e usuários por meio de um produto que evidencie que resíduos devem ser encarados como matéria-prima.

De acordo com o levantamento e análise realizada até o presente momento, os autores percebem ser fundamental para a iniciativa o detalhamento da formulação do composto utilizando a carga, o que definirá o quanto de casca é possível aproveitar, bem como as propriedades desejáveis para um compósito que possa ter um segundo ciclo de vida. Além disso, é importante o estudo do trajeto percorrido pela casca desde o local do beneficiamento do arroz até a manufatura do componente para uso em produto de moda, seja utilizada in natura ou como cinza. Assim, questões deste tipo poderão ser respondidas por meio de ACV.

Um ponto positivo é que a análise da literatura já indicou a compatibilidade de utilização da casca como carga em polímeros de maneira satisfatória, o que torna a pesquisa (e seu aprofundamento) uma contribuição para diferentes aplicações sob o ponto de vista projetual. Os autores entendem, portanto, ser possível projetar um calçado que utiliza a biomassa da casca de arroz em um de seus componentes, tendo, além disso, seu ciclo de vida analisado através da ACV e apresentando benefícios projetuais genuínos sob aspectos ambientais.

Referências

- ABAIDE, Ederson R. et al. Reasons for processing of rice coproducts: Reality and expectations. *Biomass and Bioenergy* 120 (2019) 240–256. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.11.032>
- ABICALÇADOS. Relatório setorial: indústria de calçados do Brasil. 2018. Novo Hamburgo: Abicalçados, 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/18atEww9qvlQeMu3EutWURtHdTcXFNCnQ/view> Acesso em: 30/12/2018.
- CALEGARI, E. P. Compósitos poliméricos com casca de arroz: desenvolvimento, caracterização e possibilidades de aplicação no design de produto. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/187988>
- CHOPRA, Siddharth. Composite Materials for Shoe Soles. Noida. 2014. Disponível em: <http://dr.iiserpune.ac.in:8080/xmlui/handle/123456789/330>. Acesso em: 18/10/2021.
- CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE. Disponível em: <https://www.c2ccertified.org/>. Acesso em: 25/06/2021
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Economia circular. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Acesso em: 07 jan. 2021
- McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York: North Point Press. 2002. 193 p. Disponível em: <https://mcdonough.com/writings/cradle-cradle-remaking-way-make-things/>

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani C. Metodologia do Trabalho Científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>

SHEN, Yafei. Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 80, Páginas 453-466. Dezembro de 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.115>

VIDAL, R.; MARTÍNEZ, P.; GARRAÍN, D. Life cycle assessment of composite materials made of recycled thermoplastics combined with rice husks and cotton linters. Int J Life Cycle Assess 14, 73–82. Espanha, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0043-7>