

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL –  
MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL

FELIPE MARRERO NUNES

**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DA CASCA DE ARROZ NAS  
PROPRIEDADES FÍSICAS E DE BIODEGRADAÇÃO DE BIOCMPÓSITOS DE  
MATRIZ DE FARELO DE ARROZ**

Santa Cruz do Sul

2020

Felipe Marrero Nunes

**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DA CASCA DE ARROZ NAS  
PROPRIEDADES FÍSICAS E DE BIODEGRADAÇÃO DE BIOCOMPÓSITOS DE  
MATRIZ DE FARELO DE ARROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para o título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jorge André Ribas Moraes

Co-orientador: Prof. Dr. Ênio Leandro Machado

Santa Cruz do Sul  
2020

## RESUMO

A crescente preocupação ambiental pelo uso racional de recursos naturais impulsionou o desenvolvimento de novos materiais. Os biocompósitos reforçados com fibras naturais vem se destacando nas pesquisas devido ao seu enorme potencial em substituir materiais sintéticos em determinadas aplicações, juntamente com os ganhos ambientais oferecidos. Assim, este trabalho apresenta um material inovador na construção de biocompósitos produzidos a partir de subprodutos agroindustriais, constituídos pela matriz de farelo de arroz bruto (70% da composição), reforçados com fibras de casca de arroz (15% da composição) de diferentes tamanhos de partícula ( $>1\text{mm}$ ,  $>500\ \mu\text{m}$ ,  $>250\ \mu\text{m}$  e  $<250\ \mu\text{m}$ ) e glicerol (15% da composição) como plastificante, além de uma amostra produzida apenas com farelo de arroz (100% da composição). Os materiais foram misturados manualmente e posteriormente, moldados por compressão térmica em formato de bandejas a  $140^\circ\text{C}$  e pressão de 4 toneladas com tempo total de ciclo de 5 minutos. Estas peças moldadas foram submetidas aos testes de biodegradabilidade, ângulo de contato, absorção de água e resistência ao impacto. Resultados deste estudo mostraram a influência da incorporação da fibra de casca de arroz no melhoramento das propriedades avaliadas quando comparados ao biocompósito produzida somente com farelo de arroz. As diferentes granulometrias da fibra de casca de arroz usadas neste estudo tiveram pouca influência nas propriedades avaliadas, porém cabe destacar que os biocompósitos de granulometria  $>250\ \mu\text{m}$  e  $<500\ \mu\text{m}$  (70% da composição) apresentaram melhorias significativas ( $p<0,05$ ), como: maior desempenho ao impacto, maior ângulo de contato inicial e menor perda de massa na compostagem no período avaliado. Por fim, o estudo demonstra a potencialidade do uso de farelo de arroz como matriz em biocompósitos, porém mais pesquisas são necessárias para que o material possa ser aprimorado e tenha condições de substituir os materiais sintéticos de acordo com suas finalidades.

**Palavras chaves:** casca de arroz; farelo de arroz; biocompósitos; biodegradável, subprodutos agroindustriais, fibras naturais.

## ABSTRACT

### BIOCOMPOSITES OF RICE BRAN REINFORCED WITH RICE HUSK

The growing environmental concern for the rational use of natural resources drove the development of new materials. Biocomposites reinforced with natural fibers have been highlighted in research due to their enormous potential to replace synthetic materials in certain applications, together with the environmental gains offered. Thus, this work presents an innovative material in the construction of biocomposites produced from agro-industrial by-products, constituted by the matrix of raw rice bran (70% of the composition), reinforced with rice husk fibers (15% of the composition) of different sizes particle ( $> 1\text{mm}$ ,  $> 500\ \mu\text{m}$ ,  $> 250\ \mu\text{m}$  and  $<250\ \mu\text{m}$ ) and glycerol (15% of the composition) as a plasticizer, in addition to a sample produced only with rice bran (100% of the composition). The materials were mixed manually and then molded by thermal compression in a tray format at  $140\ ^\circ\text{C}$  and pressure of 4 tons with a total cycle time of 5 minutes. These molded parts were subjected to tests of biodegradability, contact angle, water absorption and impact resistance. Results of this study showed the influence of the incorporation of the rice husk fiber in the improvement of the evaluated properties when compared to the biocomposite produced only with rice bran. The different grain sizes of the rice husk fiber used in this study had little influence on the properties evaluated, however it should be noted that biocomposites with a grain size  $> 250\ \mu\text{m}$  and  $<500\ \mu\text{m}$  (70% of the composition) showed significant improvements, such as: greater impact performance, greater angle of initial contact and less loss of mass in composting in the evaluated period. Finally, the study demonstrates the potential of using rice bran as a matrix in biocomposites, however more research is needed so that the material can be improved and be able to replace synthetic materials according to its purposes.

**Keywords:** rice husk; rice bran; biocomposites; biodegradable, agro-industrial by-products, natural fibers.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	RESULTADOS .....	7
2.1	ARTIGO 1 – CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES DOS BIOCOMPÓSITOS: UMA REVISÃO E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	7
2.2	ARTIGO 2 – AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E DE DEGRADAÇÃO NO USO DE DIFERENTES GRANULOMETRIAS DE FCA NA COMPOSIÇÃO DE UM BIOCOMPOSITO A BASE DE FARELO DE ARROZ E GLICEROL .....	7
3	REFERÊNCIAS .....	8

## 1 INTRODUÇÃO

Através do elevado crescimento da população mundial e do consumo de recursos naturais, também cresce o interesse pela redução da dependência de combustíveis fósseis (Newman et al., 2017). Devido à alta demanda por novos materiais ambientalmente corretos; em virtude do uso consciente de recursos naturais, cientistas vêm desenvolvendo materiais a base de elementos presentes na natureza que possam ser reutilizados, principalmente aqueles que são considerados resíduos ou subprodutos (Sanjay et al, 2019). Em substituição a materiais convencionais formados a partir de materiais sintéticos, estão sendo utilizados biocompósitos, que oferecem inúmeras vantagens, tais como: economia de energia no processamento, redução de emissões de gases de efeito estufa, valorização de subprodutos orgânicos e diminuição de resíduos descartados em aterros sanitários ou locais indevidos (Väisänen et al, 2017; Boland et al., 2016).

Os biocompósitos têm status de materiais renováveis e sustentáveis, pois são compostos de fibras naturais incorporadas em uma matriz polimérica, que também podem ser de origem biológica (por exemplo, ácido polilático - PLA) (Väisänen et al., 2016). As fibras naturais podem ser utilizadas como reforço na aplicação em matrizes poliméricas para formar biocompósitos, estas que podem substituir materiais poliméricos à base de petróleo (Mazzanti et al., 2019). Dessa forma as indústrias, podem se utilizar destas fibras naturais para desenvolverem pesquisas visando à substituição de materiais convencionais e assim aderirem ao uso de materiais de fonte natural (Mohammad et al., 2019). As plantas pelas quais as fibras naturais são produzidas podem ser caracterizadas como primárias e secundárias definidas pela sua aplicabilidade (Sari et al., 2016). As fibras naturais são derivadas diretamente de fontes agrícolas através de resíduos de processamento ou produção quando cultivadas para usos primários, como é o caso da nutrição (Bassyouni & Hasan, 2015). As fibras naturais mais utilizadas para reforço em compósitos de origem animal são a seda, lã e cabelo; as de origem vegetais são as fibras, folhas, semente, fruta, madeira, caule, grama/junco; e para a de origem mineral tem-se o amianto (Gurunathan et al., 2015).

A inclusão de fibras naturais nos polímeros apresenta vários desafios, que precisam ser superadas para produzir materiais com características comparáveis aos materiais convencionais. Buscando alternativas mais econômicas para resolver deficiências nos biocompósitos, podem ser reaproveitados alguns materiais que seriam desperdiçados, como os

resíduos e subprodutos de processos, para formar compósitos de polímeros de fibras naturais como aditivos ou reforços que promovam melhores propriedades de maneira sustentável e resiliente. Compósitos reforçados com fibras vegetais e/ou biopolímeros se desenvolveram significativamente nos últimos anos por causa de suas vantagens significativas de processamento, biodegradabilidade, baixo custo, baixa densidade relativa, boas propriedades mecânicas e natureza renovável. Porém, várias aplicações industriais dos biocompósitos ainda dependem de melhorias, como: sensibilidade a umidade e temperatura, difícil controle de sua biodegradação, baixo desempenho mecânico a longo prazo, baixa resistência ao impacto, alto consumo de energia para processamento e baixa durabilidade. Tendo em vista as deficiências apresentadas nas aplicações industriais dos biocompósitos, é necessário realizar um estudo de análise do ciclo de vida (ACV) para verificar o real desempenho ambiental do material estudado conforme a sua aplicação na indústria (Ramesh et al., 2017).

Os materiais plásticos de origem natural, utilizados como matriz contínua, apresentam várias deficiências se comparados aos plásticos sintéticos, fato este que pode ser aprimorado através de melhoramentos nas fibras naturais que são utilizadas como reforço para os mesmos, como foi feito por Yusof et al (2019) que desenvolveu tais técnicas nas fibras de bambu que reforçaram o amido de tapioca, tornando assim este material com propriedades muito próximas dos plásticos à base de petróleo. A produção de materiais de base biológica envolve o uso de recursos renováveis como matéria-prima para gerar produtos semelhantes (ou equivalentes) em comparação aos materiais de origem fóssil; podendo ser reciclados, incinerados ou, em alguns casos, compostados (Haylock e Rosentrater, 2018).

Väisänen et al., (2017) citaram alternativas de base biológica com potencial para resolução dos problemas de biocompósitos reforçados com fibra natural: a adição de lã demonstrou a redução de inflamabilidade do composto devido à sua capacidade de formar carvão; o biochar melhora as propriedades mecânicas, além de reduzir simultaneamente a combustibilidade e custos de produção dos compósitos resultantes; hibridização com múltiplos reforços de base biológica utilizado como técnica promissora para produzir compósitos mais baratos com propriedades mecânicas aprimoradas.

A introdução de fibras geralmente diminui a ductilidade dos biocompósitos, especialmente quando uma grande quantidade de carga é utilizada (Wang et al., 2017). A adição de plastificantes melhora a ductilidade dos biocompósitos reforçados com fibras vegetais, que são comumente produtos químicos de baixa massa molar que podem interferir

na capacidade de ligação de hidrogênio na celulose presente nos biocompósitos, resultando em maiores propriedades de alongamento. Além disso, os plastificantes podem ser usados para converter materiais não termofomáveis em termoplástico. Por exemplo, o glicerol pode ser usado para produzir amido termoplástico (Da Róz et al., 2011).

## **2 RESULTADOS**

### **2.1 ARTIGO 1 – CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES DOS BIOCOMPÓSITOS: UMA REVISÃO E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

Felipe Marrero Nunes<sup>1</sup>; Jorge André Ribas Moraes<sup>1</sup>; Ênio Leandro Machado<sup>1</sup>; Tiele Medianeira Rizzetti<sup>1</sup>; Carlos Alexandre Lutterbeck<sup>1</sup>; Gustavo Stolzenberg Colares<sup>1</sup>; Ruth Marlene Campomanes Santana<sup>2</sup>.

1- Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental – PPGTA, Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil

2- Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil

### **2.2 ARTIGO 2 – AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E DE DEGRADAÇÃO NO USO DE DIFERENTES GRANULOMETRIAS DE FCA NA COMPOSIÇÃO DE UM BIOCOMPOSITO A BASE DE FARELO DE ARROZ E GLICEROL**

Felipe Marrero Nunes<sup>1</sup>; Jorge André Ribas Moraes<sup>1</sup>; Ênio Leandro Machado<sup>1</sup>; Tiele Medianeira Rizzetti<sup>1</sup>; Carlos Alexandre Lutterbeck<sup>1</sup>; Ruth Marlene Campomanes Santana<sup>2</sup>.

1- Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental – PPGTA, Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil

2- Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil

### 3 REFERÊNCIAS

- BASSYOUNI, M.; HASAN, S. W. U. The use of rice straw and husk fibers as reinforcements in composites. *In: Biofiber reinforcements in composite materials*: Elsevier, 2015. p. 385-422.
- BOLAND, C. S.; DE KLEINE, R.; KEOLEIAN, G. A.; LEE, E. C. *et al.* Life cycle impacts of natural fiber composites for automotive applications: effects of renewable energy content and lightweighting. **Journal of Industrial Ecology**, 20, n. 1, p. 179-189, 1088-1980, 2016.
- DA RÓZ, A. L.; ZAMBON, M. D.; CURVELO, A. A. S.; CARVALHO, A. J. F. Thermoplastic starch modified during melt processing with organic acids: The effect of molar mass on thermal and mechanical properties. **Industrial Crops and Products**, 33, n. 1, p. 152-157, 0926-6690, 2011.
- GURUNATHAN, T.; MOHANTY, S.; NAYAK, S. K. A review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, 77, p. 1-25, 1359-1835X, 2015.
- HAYLOCK, R.; ROSENTRATER, K. A. Cradle-to-Grave Life Cycle Assessment and Techno-Economic Analysis of Polylactic Acid Composites with Traditional and Bio-Based Fillers. **Journal of Polymers and the Environment**, 26, n. 4, p. 1484-1503, 1566-2543, 2018.
- MAZZANTI, V.; PARIANTE, R.; BONANNO, A.; DE BALLESTEROS, O. R. *et al.* Reinforcing mechanisms of natural fibers in green composites: Role of fibers morphology in a PLA/hemp model system. **Composites Science and Technology**, 180, p. 51-59, 0266-3538, 2019.
- MOHAMMAD, F.; ARFIN, T.; BWATANGLANG, I. B.; AL-LOHEDAN, H. A. Starch-Based Nanocomposites: Types and Industrial Applications. *In: Bio-based Polymers and Nanocomposites*: Springer, 2019. p. 157-181.
- NEWMAN, P.; BEATLEY, T.; BOYER, H. **Resilient cities: Overcoming fossil fuel dependence**. Island Press, 2017.
- RAMESH, M.; PALANIKUMAR, K.; REDDY, K. H. Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 79, p. 558-584, 1364-0321, 2017.
- SANJAY, M. R.; SIENGCHIN, S.; PARAMESWARANPILLAI, J.; JAWAID, M. *et al.* A comprehensive review of techniques for natural fibers as reinforcement in composites: Preparation, processing and characterization. **Carbohydrate polymers**, 207, p. 108-121, 0144-8617, 2019.

SARI, N. H.; SANJAY, M. R.; ARPITHA, G. R.; PRUNCU, C. I. *et al.* Synthesis and properties of pandanwangi fiber reinforced polyethylene composites: evaluation of dicumyl peroxide (DCP) effect. **Composites Communications**, 15, p. 53-57, 2452-2139, 2019.

VÄISÄNEN, T.; DAS, O.; TOMPPO, L. A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites. **Journal of Cleaner Production**, 149, p. 582-596, 0959-6526, 2017.

VÄISÄNEN, T.; HAAPALA, A.; LAPPALAINEN, R.; TOMPPO, L. Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: A review. **Waste Management**, 54, p. 62-73, 0956-0053X, 2016.

WANG, L.-F.; SHANKAR, S.; RHIM, J.-W. Properties of alginate-based films reinforced with cellulose fibers and cellulose nanowhiskers isolated from mulberry pulp. **Food Hydrocolloids**, 63, p. 201-208, 0268-0005X, 2017.

YUSOF, F. M.; WAHAB, N. A.; RAHMAN, N. L. A.; KALAM, A. *et al.* Properties of treated bamboo fiber reinforced tapioca starch biodegradable composite. **Materials Today: Proceedings**, 16, p. 2367-2373, 2214-7853, 2019.