



DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO UTILIZANDO MATRIZ DE POLIPROPILENO E REFORÇO DE FIBRA DE MILHO

Thiago Kelab Leite Silva¹, Julio Kimio Hirata¹, Lucca Meurer Ferreira¹, Viviane Tavares Moraes², Juliana Cordeiro Ribeiro^{3*}

1 – Graduando, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

2 – Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

3 – Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. Praça Mauá, n1 – São Caetano do Sul – SP, CEP 09580-900

Autor juliana.rc@maua.br

RESUMO

O estudo foi realizado com o objetivo de desenvolver um novo material compósito utilizando palha de milho residual da agroindústria como fibra natural para reforçar uma matriz sintética de polipropileno. A realização do trabalho foi inspirada pela situação atual do mundo, em que as estruturas de tratamento e gestão de resíduos são incapazes de acompanhar a enorme demanda de materiais plásticos, o que resulta no crescimento do descarte indevido, assim como pela condição atual dos abundantes resíduos da agroindústria, que possuem baixo valor agregado e opções limitadas de utilização. Ao longo da pesquisa, a palha de milho foi lavada, pulverizada e tratada, para poder ser empregada na produção do material, e suas propriedades foram analisadas. Produziu-se um material compósito contendo 10% de palha de milho em polipropileno e os resultados revelaram que o material foi produzido com sucesso e seu desempenho mecânico foi estudado. A adição da fibra natural causou pequena variação nas propriedades mecânicas do material, que se mostrou viável para uso, contribuindo para ganhos em sustentabilidade, ao aproveitar a palha de milho residual e reduzir o uso de materiais sintéticos, e abrindo as portas para mais estudos visando às oportunidades de melhoria mapeadas.

Palavras-chave: *compósito, polipropileno, palha de milho.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observa-se um aumento alarmante na produção de lixo plástico, questão que se tornou preocupação global, com a elevada quantidade de lixo plástico produzida e descartada de forma incorreta, resultando no aumento da intoxicação de nossos ecossistemas ⁽¹⁾. Paralelamente, resíduos agrícolas, como a palha de milho, também se acumulam, uma vez que esse subproduto não possui valor econômico significativo, e é produzido de forma abundante, podendo constituir até

50 % da produção de matéria seca de plantas inteiras de milho ⁽²⁾. Nesse contexto, a importância da economia circular ganha destaque como abordagem essencial para enfrentar esses problemas. A economia circular busca reduzir desperdício e poluição, promovendo a reutilização e reciclagem de recursos para impulsionar o crescimento econômico sustentável. Este modelo visa a otimizar a circulação de materiais, reintroduzindo-os na produção sem perda de qualidade, abordando questões como o aumento do lixo plástico e a gestão de resíduos agrícolas ⁽³⁾.

O estudo realizado é um trabalho de pesquisa centrado no desenvolvimento de um novo material compósito utilizando matriz sintética de polipropileno e fibra natural de palha de milho residual como carga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizaram-se duas matérias-primas principais: PP e palha de milho. A palha de milho foi fornecida pela Bayer Crop Science, retirada do *site* produtivo de Itaí, no estado de São Paulo. O PP foi adquirido comercialmente da fornecedora Braskem (PP H103). O fluxograma das etapas do processo é apresentado na Figura 1.

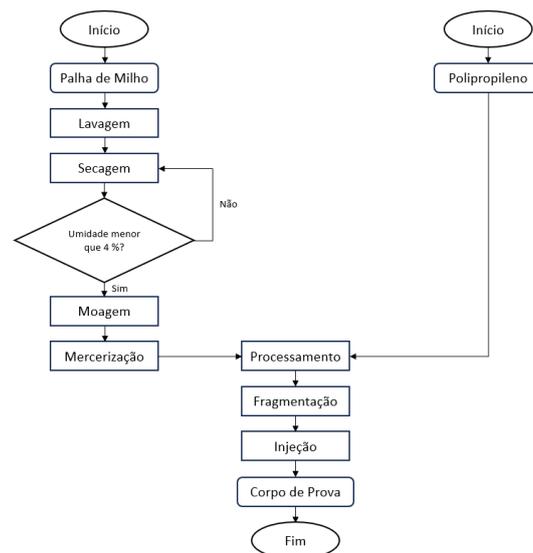


Figura 1. Fluxograma das etapas do processo de produção do compósito.

Tratamento da palha de milho

A palha de milho passou, inicialmente, por um processo de lavagem em um equipamento Nilma Atir Brevettata lavadora de legumes. Após lavagem, o material foi seco em estufa com circulação de ar (Estufa 420 Ethik), onde a palha foi mantida, sequencialmente, por 24 h a 50 °C e a 65 °C por 2 h, totalizando 26 h de secagem.

Após essa primeira secagem, a palha de milho foi pulverizada em um moinho de martelos, e então o pó resultante dessa primeira moagem foi submetido a um moinho de facas. O material obtido foi submetido a secagem novamente, por 2,5 h a 100 °C para atingir umidade necessária inferior a 4%, requisito para utilização do moinho ultracentrífugo. Finalmente, a palha de milho seca foi processada em um moinho ultracentrífugo Retsch ZM 300.

Após finalização do processo de moagem, o pó obtido foi submetido ao processo de mercerização. Nessa etapa, foram empregados 2,0 L de solução aquosa de hidróxido de sódio a 1% a cada 200 g de material. A amostra foi imersa por uma hora na referida solução, sob agitação constante de 1361 rpm. Após essa etapa, o pó foi lavado com água corrente até atingir a neutralidade, verificada por PIU, permitindo, então, nova secagem das amostras ⁽⁴⁾.

O ensaio de umidade foi realizado em triplicata em um equipamento SHIMADZU CORP. TYPE MOC63u seguindo a referência do fabricante.

Produção e processamento do compósito

Para processamento do compósito por homogeneização termocinética e posterior injeção do material, separou-se, em sacos de polipropileno, 10 g totais de amostra, composta por particulado de palha de milho e PP em proporção mássica de 1:9, como mostra a Figura 2.



Figura 2. Amostra de polipropileno e pó de palha de milho.

Os sacos contendo a mistura de PP e particulado de palha de milho foram processados em um homogeneizador MH-60H, que realiza a agitação do material em frequência de 60 Hz aplicando corrente elétrica, o que amolece o material e permite a homogeneização. Como resultado, é obtida uma massa que é retirada do equipamento e prensada rapidamente antes de endurecer, conduzindo ao compósito em formato de disco, mostrado na Figura 3.



Figura 3. Compósito produzido.

Para a próxima etapa, os discos de compósito produzidos precisaram ser reduzidos, manualmente, em fragmentos, por razões da dimensão da injetora.

O compósito foi, então, submetido ao processo de injeção de corpos de prova em uma máquina injetora de plástico MAQ-INJET 6000P, empregando-se pressão igual a 1,4 bar e temperatura de 190 °C. O formato do corpo de prova, assim como os ensaios de tração mecânica, foram realizados segundo a norma ASTM D638-22 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, sendo os corpos de prova produzidos o Tipo V. Corpos de prova resultantes estão apresentados na Figura 4.



Figura 4. Corpos de prova produzidos.

Estudo do compósito

O compósito foi submetido a análise termogravimétrica empregando temperatura de 25 °C a 700 °C a 10 °C/min sob atmosfera inerte. O ensaio de TGA foi realizado conforme a norma ASTM E1131 Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry.

Os ensaios de tração mecânica foram realizados segundo a norma ASTM D638-22 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tratamento da palha de milho

Na Tabela 1, é possível avaliar os resultados da análise de umidade, em que os três ensaios apresentaram umidade próxima de 3%.

Tabela 1. Resultados da análise de umidade.

Ensaio	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Massa de água (g)	Umidade (%)
1	3,007	2,919	0,088	2,93
2	3,001	2,913	0,088	2,93
3	3,005	2,910	0,095	3,16
Média	3,004	2,914	0,090	3,01
Desvio padrão	0,003	0,005	0,004	0,13

Estudo do compósito

O resultado do ensaio de TGA pode ser visto na Figura 5.

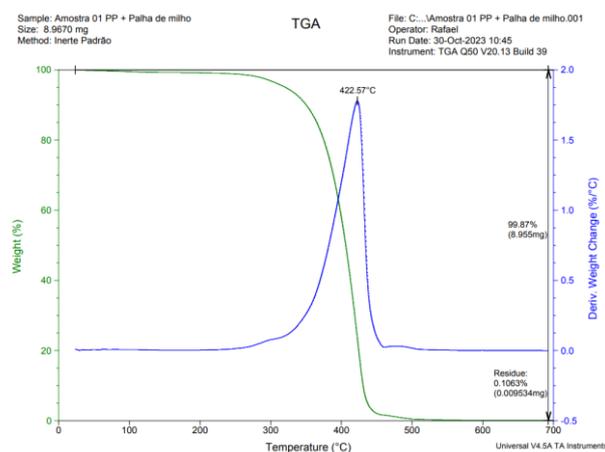


Figura 5. Resultado de TGA do compósito.

A Figura 5 mostra que o compósito produzido possui estabilidade térmica superior à da palha de milho submetida a pulverização no moinho ultracentrífugo e a mercerização, porém inferior à do PP puro. Seu único evento de degradação térmica está centrado em uma temperatura inferior à do PP *in natura*. No ensaio, observa-se que restou 0,1 % de cinzas.

Nas Figuras 5 e 6, observam-se os resultados dos ensaios de tração do compósito produzido.

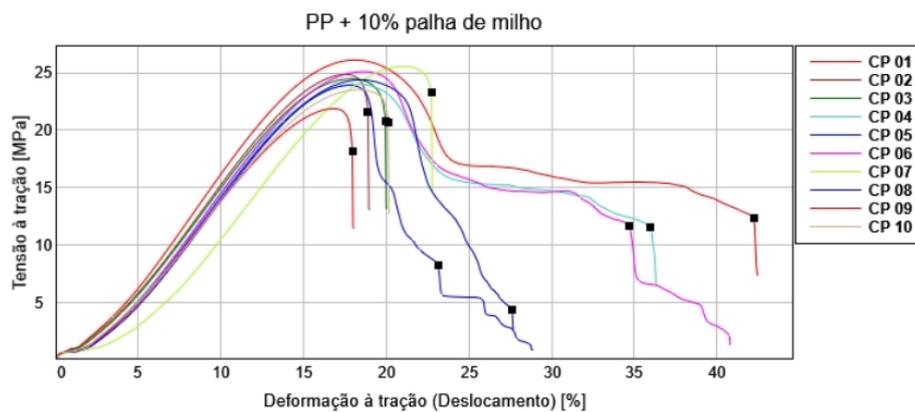


Figura 5. Resultado do primeiro ensaio de tração.

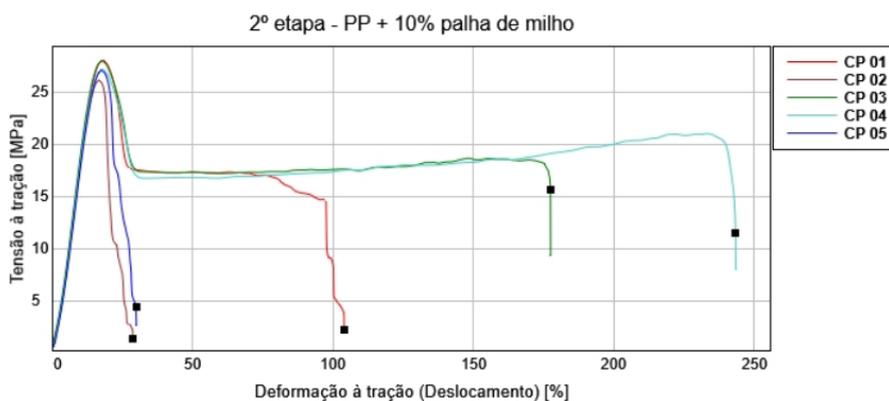


Figura 6. Resultado do segundo ensaio de tração.

Ao analisar a deformação à tração dos corpos de prova nas Figuras 5 e 6, vê-se que não há reprodutibilidade dos resultados, com valores que variam de 17,94% até 243,39%. Essa variação sugere possíveis problemas estruturais nos corpos de prova. Contudo, ao observar o limite de resistência, obteve-se maior reprodutibilidade dos resultados, com valores sólidos em torno de 25,33 MPa.

O alongamento apresentado pelo compósito é reduzido quando comparamos com o PP puro, sendo mais de oito vezes menor, na média. O baixo alongamento médio dos corpos de prova pode ser visto como um problema estrutural resultante da presença de bolhas no material, que podem ser observadas na Figura 4, resultando em grande variação nos resultados. Devido à grande diferença entre os valores de alongamento, é possível que a carga tenha afetado o alongamento do material, atuando como defeito, e não como reforço. De qualquer maneira, seria desejável a realização de mais testes para obter melhores resultados.

Quando comparado com o valor obtido no ensaio mecânico do PP puro, de 30,12 MPa, observa-se que houve redução no limite de resistência do compósito, relativo ao PP *in natura*.

Ambos os resultados podem ser melhorados através de mais experimentação e estudo, como melhoria nas condições do processo de injeção, otimizando os parâmetros de temperatura e pressão na injetora, a fim de minimizar a formação de bolhas durante a produção dos corpos de prova. Também podem ser estudadas diferentes proporções de fibra, uma vez que menores quantidades podem melhorar a homogeneização e minimizar a aglomeração de fibra no material. A utilização de um aglomerante, como, por exemplo, Fusabond®, também pode promover melhores resultados, uma vez que as propriedades ligantes do aglomerante podem resultar em melhor aderência/interação entre a fibra e a matriz, o que minimizaria a formação de bolhas e pontos de fraqueza estrutural do compósito.

CONCLUSÕES

Conclui-se que foi possível produzir o material desejado, um novo material compósito com matriz de PP e reforço de pó de fibra de milho. O material compósito

produzido apresentou imperfeições estruturais e redução em seu limite de resistência à tração, quando comparado ao PP *in natura*. Contudo, o compósito ainda pode ser aplicado como substituto do PP puro, sendo uma alternativa mais sustentável. Por meio da utilização da palha de milho como fibra, o material agrega valor a este resíduo abundante da agroindústria e substitui parte do material sintético tradicionalmente aplicado, impulsionando a economia circular.

Agradecimentos

Ao Instituto Mauá de Tecnologia.
FAPESP n° 19/25707-6

REFERÊNCIAS

1. Veiga, E.. Partículas de plástico. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48518601>. Acesso em 12/01/2023.
2. Oliveira, C. (2022) Palha de milho como material energético para produção de biogás, bioetanol, pellets e energia. Energia Pellets e Biomassa. PALHA DE MILHO COMO MATERIAL ENERGÉTICO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS, BIOETANOL, PELLETS E ENERGIA, 2022. Energia Pellets e Biomassa.
3. Azevedo, J. L. (2015) A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. Disponível em Academia.edu. Acesso em 10/02/2023.
4. Silvério, B.; Rodrigues, G.; Santos, L.; Takayama, N. (2022) Obtenção de compósito de polipropileno reciclado e pó da fibra de coco verde. OBTENÇÃO DE COMPOSITO DE POLIPROPILENO RECICLADO E PÓ DA FIBRA DE COCO VERDE. São Caetano do Sul: CEUN-IMT.

DEVELOPMENT OF COMPOSITE USING POLYPROPYLENE MATRIX AND CORN FIBER REINFORCEMENT

ABSTRACT

The study was carried out with the aim of developing a new composite material using residual corn straw from the agro-industry as a natural fiber to reinforce a synthetic polypropylene matrix. The work was inspired by the current situation in the world, in which waste treatment and management structures are unable to keep up with the huge demand for plastic materials, which results in the growth of improper disposal, as well as the current condition of the abundant agro-industry waste, which has low added value and limited options for use. Throughout the research, corn straw was washed, pulverized and treated so that it could be used to produce the material, and its properties were analyzed. A composite material containing 10% corn straw in polypropylene was produced and its properties were studied. The addition of the natural fiber caused a slight variation in the material's mechanical properties comparing with pure polypropylene. However, the material proved to be viable for use, contributing to gains in sustainability by making use of residual corn straw and reducing the use of synthetic materials, and opening the door to further studies aimed at the opportunities for improvement mapped out.

Keywords: *composite, polypropylene, corn straw.*