

INFLUÊNCIA DO REPROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE WPC'S

Marcela M. L. D. dos Santos, marcela.santos@fieb.org.br¹

Joyce B. Azevedo, joyceazevedo@fieb.org.br¹

Pollyana de S. Melo, pollyanam@fieb.org.br¹

Michele D. M. Martins, michele.motamartins@gmail.com¹

Josiane D. V. Barbosa, josianedantas@fieb.com.br¹

¹Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador-Ba, marcela.santos@fieb.org.br.

Resumo: WPC's (wood-plastic composites) são compósitos poliméricos com matriz termoplástica e resíduo de madeira, apresentam um crescimento tecnológico significativo e potencial para reciclagem. No entanto, a realização do reprocessamento durante a reciclagem mecânica é um dos fatores que influenciam nas propriedades destes produtos já que a ação conjunta do calor e fatores termomecânicos durante a extrusão pode levar a degradação dos componentes dos compósitos. Sendo assim, este trabalho avaliou as variações nas propriedades mecânicas de WPC's submetidos a três ciclos sucessivos de reprocessamento em extrusora. Os compósitos foram preparados em extrusora dupla rosca, contendo 20% de resíduo de madeira e polipropileno (PP). Os corpos de prova foram moldados por injeção e caracterizados a cada ciclo de processamento através de ensaios mecânicos de tração. A resistência à tração teve uma redução nos compósitos a partir do 2º processamento (em torno de 7%), verificou-se através das micrografias obtidas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) que nas amostras onde foi realizado apenas 1 processamento o ancoramento mecânico da fibra na matriz foi melhor. O módulo elástico e a deformação na ruptura não foi influenciada com o número de processamento. Diante disso, pôde-se concluir que o compósito não sofreu degradação significativa das propriedades mecânicas nas condições de processamento sendo possível o uso deste puro ou na forma de compósito com resíduo de madeira.

Palavras-chave: Reprocessamento; WPC; Propriedades Mecânicas.

1. INTRODUÇÃO

O uso de fibras vegetais como carga para compósitos poliméricos termoplásticos têm sido usadas amplamente desde os anos 80, e vem atingido grande desenvolvimento a partir da tecnologia dos WPC's que são compósitos de termoplásticos contendo derivados de cargas/vegetais (Yang *et al.*, 2006). As principais vantagens das fibras naturais sobre fibras de vidro são de baixo custo, baixa densidade, alta resistência para relação peso, resistência à ruptura durante processamento e reciclabilidade (Beg *et al.*, 2008).

O interesse em aumentar o número de aplicações de compósitos com fibras vegetais tem sido influenciado pelas crescentes preocupações relacionadas às questões ambientais e de saúde. No entanto, os benefícios na sustentabilidade proporcionados por estes materiais podem não ser suficientes se estes materiais não puderem ser reciclados (Tedesco *et al.*, 2015). Sendo assim, a demanda por sua reciclagem e a necessidade de devolvê-los ao ciclo de vida tornou-se altamente importante (Sarabin *et al.*, 2014).

No entanto, a literatura indica que há poucos trabalhos de pesquisa realizados sobre a reciclabilidade dos WPCs, principalmente mostrando até quanto eles podem ser reaproveitados sem danos às propriedades mecânicas. Diante disto, esse trabalho se propôs a estudar o efeito do reprocessamento em extrusora dupla rosca nas propriedades mecânicas e no índice de fluidez de compósitos com matriz de polipropileno com 20% de resíduo de madeira.

2. METODOLOGIA

Para produção dos compósitos foi utilizado como matriz um polipropileno de nome comercial EP 440L, fornecido pela Braskem. Segundo o fabricante, o PP utilizado é um copolímero heterofásico e possui um índice de fluidez de 6g/10min. Foram processados o polímero puro e com 20% de farinha de madeira com granulometria entre 718 e 840 µm.

Os compósitos foram processados, por 3 vezes seguidas, em uma extrusora dupla rosca modular corrotacional, fabricada pela Imacom, modelo DRC 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30 mm, razão L/D = 40 e um perfil de rosca de

média densidade (Figura 1). Após cada processamento os *pelletes* obtidos foram secos e processados numa injetora ROMI Primax 100R, obtendo assim corpos de provas para a realização dos ensaios mecânicos e medidas de índice de fluidez.

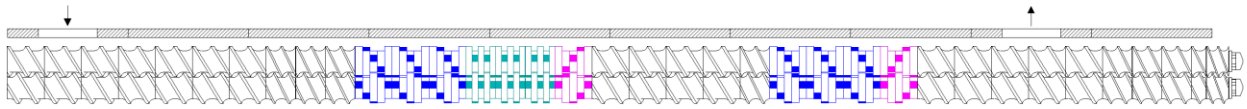


Figura 1. Configuração do perfil de rosca da extrusora dupla rosca utilizada para produção e reprocessamento de WPCs (diagrama exportado do Software WinTXS, versão3).

O índice de fluidez do polímero puro e dos compósitos foi determinado em um plastômetro DSM – MI – 1 utilizando a temperatura de 230°C e peso de 2,16 kg, mediante norma ASTM D1238-04. As propriedades mecânicas sob tração foram determinadas em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC seguindo norma ISO 527.

A caracterização morfológica dos compósitos foi realizada na superfície de fratura dos corpos de prova e recobertas com ouro. Foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca Joel, modelo JSM-6510LV.

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

A Figura 2 mostra os resultados obtidos para o índice de fluidez para o polímero puro e compósitos durante os reprocessamentos. Os resultados obtidos para os compósitos foram menores que o índice de fluidez para o PP puro em todos as condições, este comportamento já era esperado pois a madeira utilizada como fase dispersa interagem com o polímero dificultando o movimento das cadeias, o que consequentemente reduz a capacidade de fluidez do compósito (Stark *et al.*, 1997).

A partir do 2º reprocessamento observa-se, para os compósitos, que houve um aumento do índice de fluidez de aproximadamente 13%. Segundo Carvalho (2016), o cisalhamento ocorrido durante os processamentos e os efeitos térmicos sofridos pela matriz polimérica durante a extrusão e o ensaio pode causar degradação reduzindo o tamanho das cadeias poliméricas e assim aumentando a capacidade do material fluir.

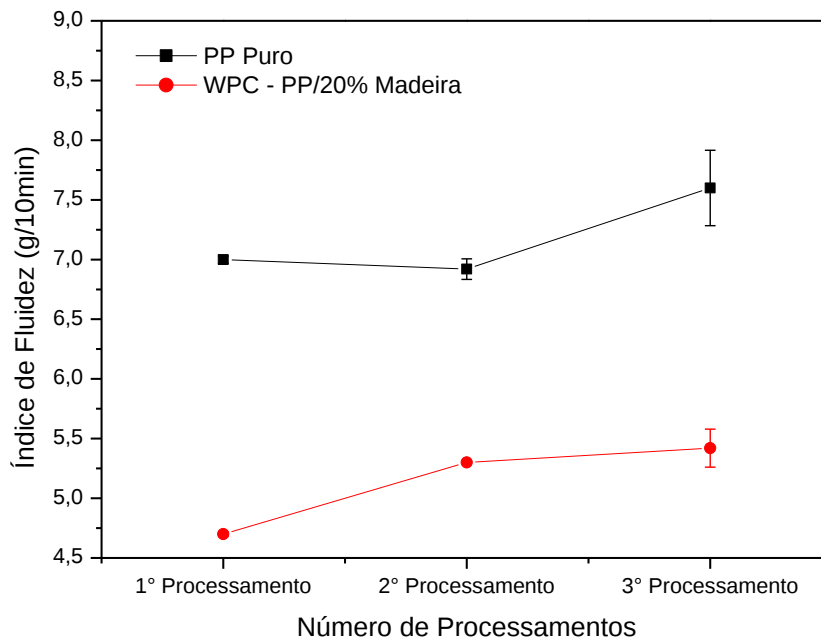


Figura 2. Índice de Fluidez de WPCs reprocessados.

Verificou-se que as propriedades mecânicas tiveram uma pequena alteração em função do número de reprocessamento apenas para os compósitos. Observa-se uma redução de 7% da resistência a tração (Figura 3) para os compósitos a partir da segunda rodada de extrusão, sendo que o resultado se manteve no 3º processamento. Através das micrografias obtidas no MEV (Figura 4 e 5) pode-se observar uma melhor adesão nos compósitos no 1º processamento, ou seja, nestas condições, as fases polímero/madeira tiveram melhor ancoramento mecânico e melhores propriedades. A

partir do 2º processamento observou-se vazios característicos do arrancamento da fibra durante a quebra do corpo de prova, o que indica um baixo ancoramento e consequentemente uma redução nas propriedades mecânicas do material.

A presença de farinha de madeira aumentou a resistência a tração do material quando comparado ao polímero puro em todos os processamentos. Sendo o melhor resultado para o compósito submetido a apenas 1 processamento. Este comportamento já foi justificado através da morfologia da fratura observada em MEV, nestas condições obteve-se melhor ancoramento entre as fases.

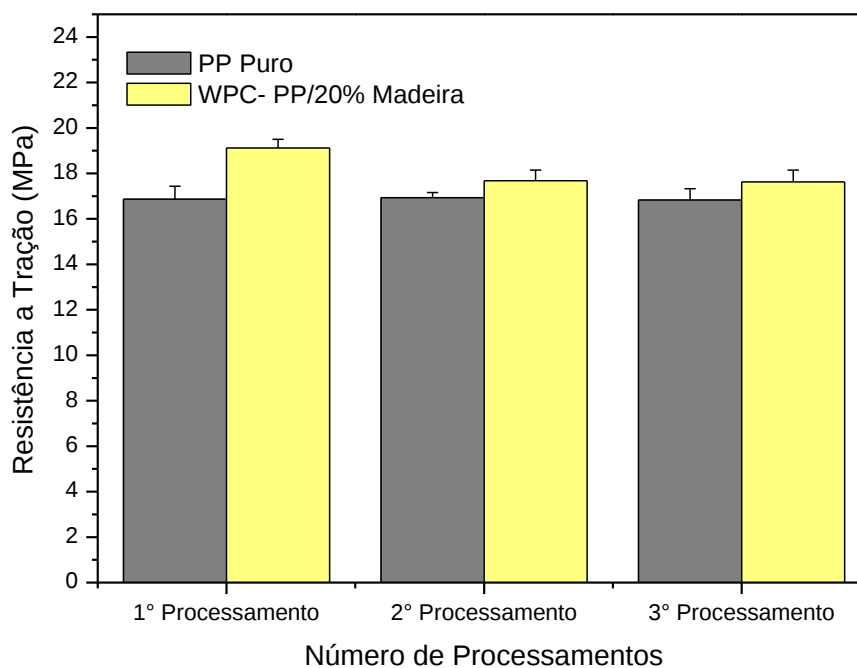


Figura 3. Resistência a tração de WPCs reprocessados.

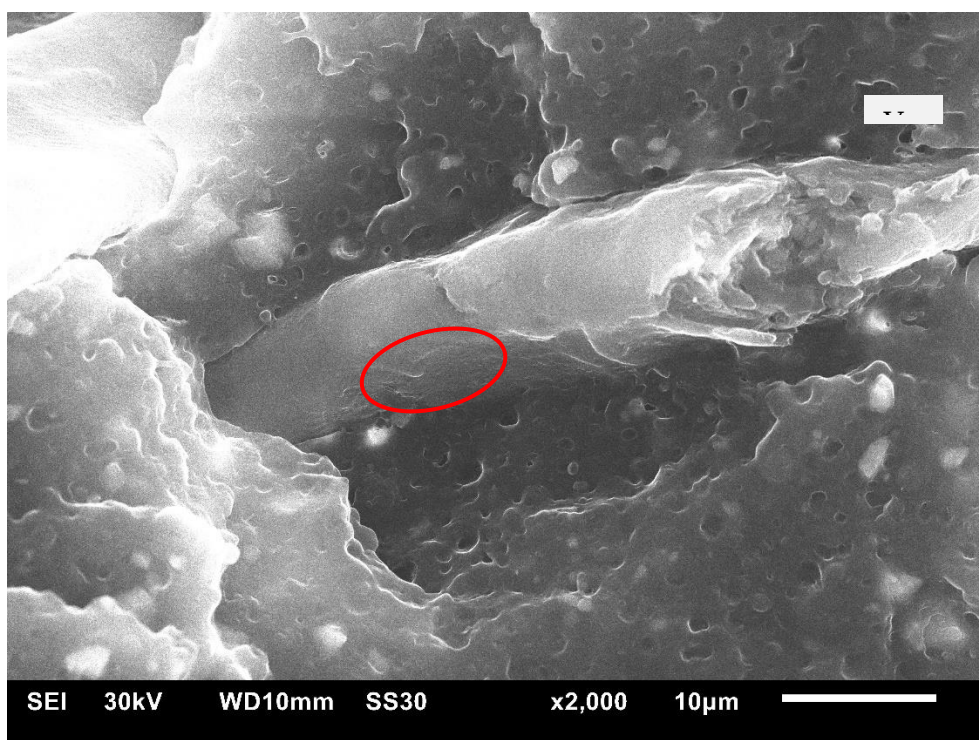


Figura 4. Micrografias de WPCs reprocessados. 1ºProcessamento.

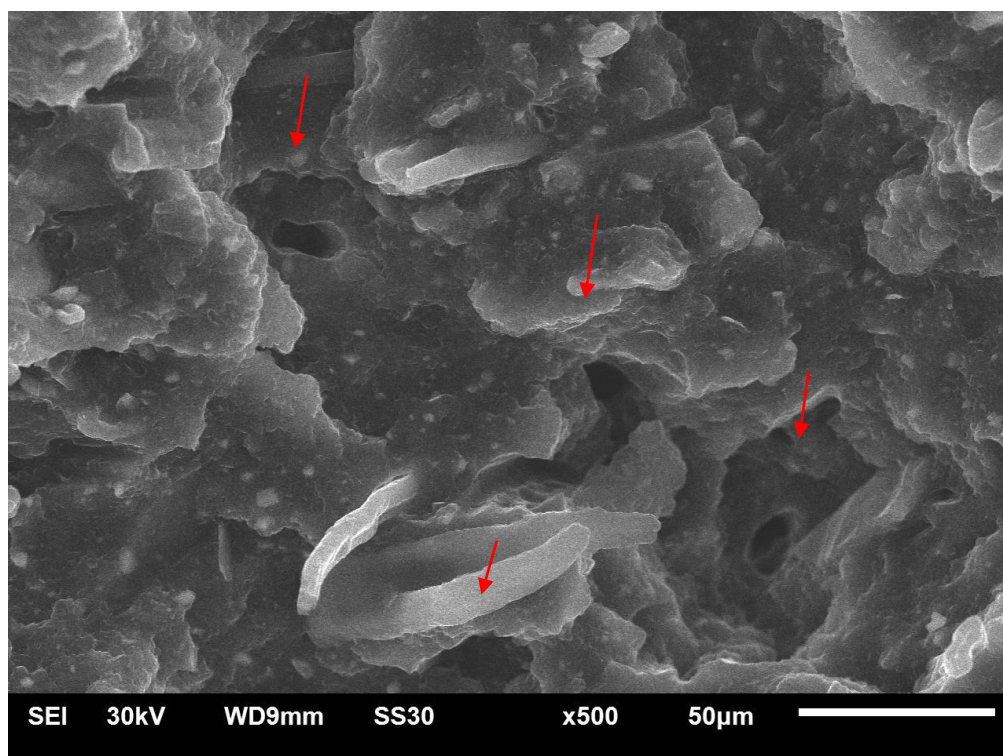


Figura 5. Micrografias de WPCs reprocessados. 2º Processamento.

A Figura 6 apresenta o módulo elástico do polímero puro e dos compósitos. Observa-se que houve um aumento no módulo elástico ao se acrescentar as partículas de madeira no polímero puro. No 1º processamento esse aumento foi de 327%, este comportamento já era esperado, pois estas as partículas de madeira são um componente com maior rigidez se comparados a matriz polimérica, desta forma, proporcionam ao compósito maior módulo elástico e menor deformação (Figura 7).

O módulo elástico é uma medida indireta da rigidez do material. Quanto maior o módulo elástico menor a deformação sofrida pelo material quando submetido a alguma tensão mecânica. Segundo Manson&Sperling (1976), partículas de elevada rigidez, quando adicionadas em uma matriz polimérica, durante a produção de um compósito, restringem a mobilidade e a deformação da matriz resultando no aumento da rigidez e do módulo elástico do material.

O número de processamentos não apresentou uma relação definida com o Módulo elástico dos compósitos, houve uma redução de 8% entre o 1º e o 2º processamento. A composição no 3º processamento apresentou um módulo elástico similar as amostras processadas apenas 1 vez. Para o polímero puro, também verificou-se que não houve alterações com o reprocessamento, mostrando assim que a força de interação entre as moléculas se mantém relativamente constante no decorrer dos reprocessamentos uma vez que o módulo de elasticidade é uma medida das forças de interação entre as moléculas poliméricas (Mählmann *et al.*, 20006).

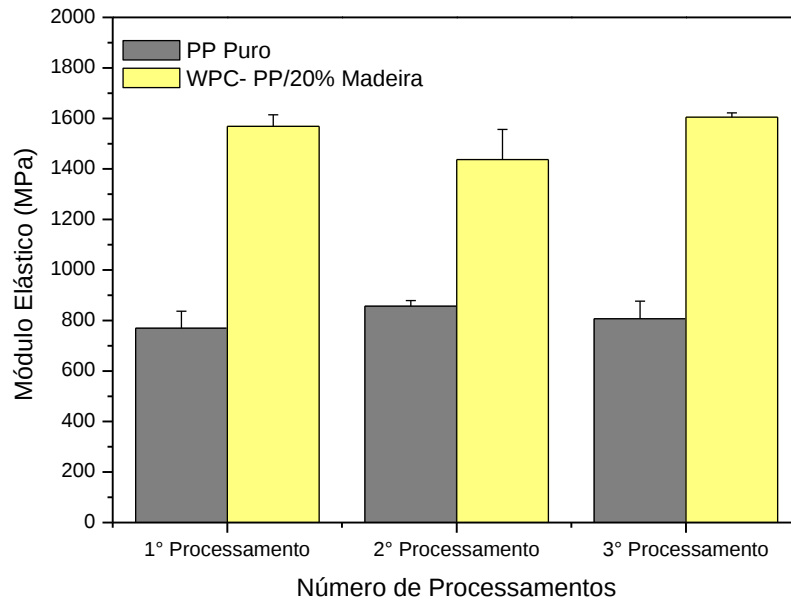


Figura 6. Propriedades de WPCs reprocessados. Módulo Elástico.

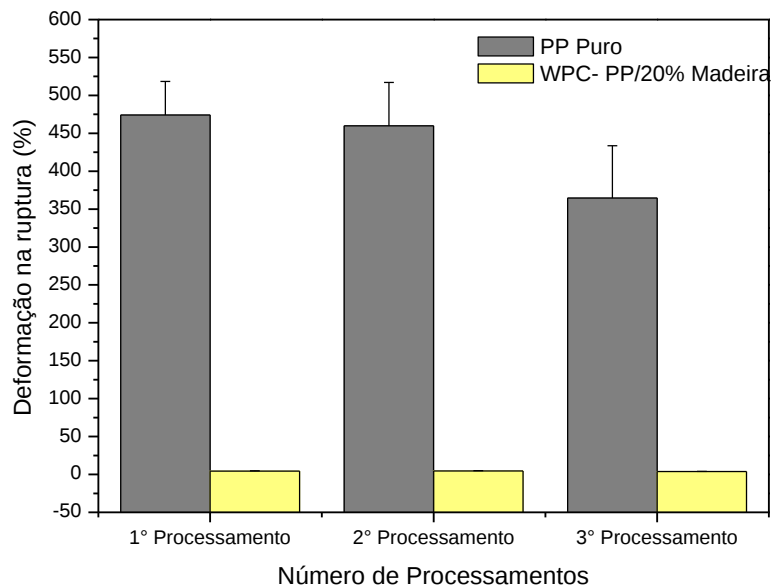


Figura 7. Propriedades de WPCs reprocessados. Deformação na Ruptura.

4. CONCLUSÕES

O reprocessamento em extrusora dupla rosca de WPCs obtidos a partir PP e 20% de resíduo de madeira não apresentaram alterações significativas nas propriedades mecânicas e no índice de fluidez. A adição de fibra vegetal melhora a resistência a tração do PP e as condições de processo proporcionou um bom ancoramento mecânico entre as fases do compósito. Isso mostrou que o material apresenta estabilidade mecânica ao cisalhamento, sendo possível a sua reciclabilidade por pelo menos 3 ciclos de processamento.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao SENAI CIMATEC pela disponibilidade de equipamentos e insumos para este trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Beg, M.D.H.; Pickering, K.L., 2008 “Reprocessing of wood fibre reinforced polypropylene composites. Part II: Hygrothermal ageing and its effects Composites: Part A”, v. 39, pp.1565–1571.
- Carvalho, M.S., 2016, “Dissertação de Mestrado, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC”, Salvador- BA.
- Mählmann C.M., Kipper L.M., Rodriguez A.L, Lopez, C.D.A.R. Niedersberg, D.B. Teixeira, 2006 “Influência do número de reprocessos por extrusão nas propriedades mecânicas do polietileno de alta densidade”. 17º CBECIMat, 15-19 de novembro.
- Manson, J.A.; Sperling, L.H., 1976 “Polymer Blends and Composites. New York: Plenum”.
- Sarabi, M.T.; Behraves, A.H.; Shahi. P.; Daryabari, Y., 2014 “Effect of polymeric matrix melt flow index in reprocessing extruded wood-plastic composites.” Journal Thermoplastic Composite Materials, v. 27, p. 881-894.
- Stark, N.; Berger, M., 1997 “Effect of species and particle size on properties of wood-flour-filled polypropylene composites. Functional Fillers for Thermoplastics & Thermosets”, n. 207.
- Tedesco, D.M.; Lenz, D.M., 2015 “Influência dos ciclos de reprocessamento nas propriedades de biocompósitos com fibras vegetais”. Revista de Iniciação Científica da ULBRA, n. 13, p. 242-248.
- Yang H-S.; Wolcotta M.P.; Kimb H-S.; Kimb S.; Kimb H-J., 2006 “Properties of lignocellulosic material filled polypropylene bio-composites made with different manufacturing processes”, Polymer Testing, vol. 25, p.668-676.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores Marcela M. L. D. dos Santos, Joyce B. Azevedo, Pollyana da S. Melo, Michele D. M. Martins e Josiane D. V. Barbosa, são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INFLUENCE OF REPROCESSING ON WPC'S MECHANICAL PROPERTIES

Marcela M. L. D. dos Santos, marcela.santos@fieb.org.br¹

Joyce B. Azevedo, joyceazevedo@fieb.org.br¹

Pollyana de S. Melo, pollyanam@fieb.org.br¹

Michele D. M. Martins, michele.motamartins@gmail.com¹

Josiane D. V. Barbosa, josianedantas@fieb.com.br¹

¹Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador-Ba, marcela.santos@fieb.org.br.

Abstract. WPC's (wood-plastic composites) are thermoplastic matrix and wood residue polymer composites, presenting significant technological growth and potential for recycling. However, reprocessing during mechanical recycling is one of the factors that influence the properties of these products since the joint action of heat and thermomechanical factors during extrusion can lead to degradation of the composite components. Thus, this work evaluated the variations in the mechanical properties of WPC's subjected to three successive cycles of reprocessing in an extruder. The composites were prepared in a double screw extruder, containing 20% of wood residue and polypropylene (PP). The specimens were injection molded and characterized at each processing cycle by mechanical tensile tests. The tensile strength had a reduction in the composites from the 2nd processing (around 7%), it was verified through the scanning electron microscopy (SEM) micrographs that in the samples where only the mechanical anchoring of the fiber in the matrix was better. The elastic modulus and the deformation at failure were not influenced by the processing number. Therefore, it was possible to conclude that the composite did not suffer significant degradation of the mechanical properties in the processing conditions, allowing the use of this pure or in the form of composite with wood residue.

Keywords: Reprocessing; WPC; Mechanical properties.