

**15º Congresso Brasileiro de Polímeros**  
**27 a 31 de outubro de 2019**

## **AVALIAÇÃO DA MORFOLOGIA DAS PARTÍCULAS AO LONGO DA EXTRUSÃO DE WPC**

**Licia S. A. Schiavo<sup>1\*</sup>, Lucas Dall Agnol<sup>1</sup>, Heitor Luiz Ornaghi Jr.<sup>2</sup>, Robinson C. D. Cruz<sup>3</sup>, Otávio Bianchi<sup>1,4</sup>**

*1 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais (PGMAT), Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS*

[lsaschiavo@ucs.br](mailto:lsaschiavo@ucs.br)

*2 - Fatigue and Aeronautical Material Research Group, Department of Materials and Technology, São Paulo State University (Unesp), School of Engineering, Guaratinguetá. 12516-410. São Paulo, Brazil*

*3 - Instituto de Materiais Cerâmicos (IMC), Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS*

*4 - Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS*

**Resumo:** Os compósitos polímero/madeira (WPC) são materiais versáteis que podem ser empregados em diferentes áreas, tais como automobilística, moveleira e construção civil. Sua aplicação é determinada pelas suas propriedades, que são diretamente afetadas pelo tamanho de partícula utilizado. Quando o compósito é fabricado por extrusão, a geometria da rosca afeta o tamanho das partículas. Este estudo propõe uma análise da morfologia das partículas ao longo da rosca no processo de fabricação de WPC. As partículas foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura e mostraram que a largura é afetada de forma mais significativa do que o comprimento. Assim, a razão de aspecto é aumentada, o que pode conferir às partículas uma maior capacidade de reforço do compósito.

**Palavras-chave:** WPC, fibras, tamanho de partícula, extrusora dupla rosca

### ***The variation of particle morphology in WPC production in double screw struder***

**Abstract:** Wood polymer composites (WPC) are versatile materials that can be used in different fields, such as automobile, furniture and civil construction. The application is determined by its properties, which are directly affected by the particle size. When the composite is manufactured by extrusion, the screw geometry affects the particle size. This study proposes an analysis of the particle morphology variation along the WPC manufacturing process in double screw extruders. The particles were analyzed by scanning electron microscopy and shows that the width is affected more significantly than the length. In this way the aspect ratio is increased, giving the particles a greater capacity to reinforce the composite.

**Keywords:** WPC, fibers, particle size, double screw extruder

### **Introdução**

O WPC (wood polymer composite, compósito polímero/madeira) é colocado como uma alternativa ao uso de chapas de madeira reconstituída (MDF, MDP, OSB e etc), sendo considerado um material promissor, devido à sua maior resistência à umidade e menor custo de manutenção [1]. No entanto, a sua versatilidade permite que seja empregado também em outros campos como na indústria automotiva e construção civil. Na indústria automotiva pode ser utilizado para a fabricação de peças do interior de automóveis ou em painéis de isolamento acústico [2], enquanto que na construção civil pode ser utilizado em área externa para o revestimento de decks e fachadas [3].

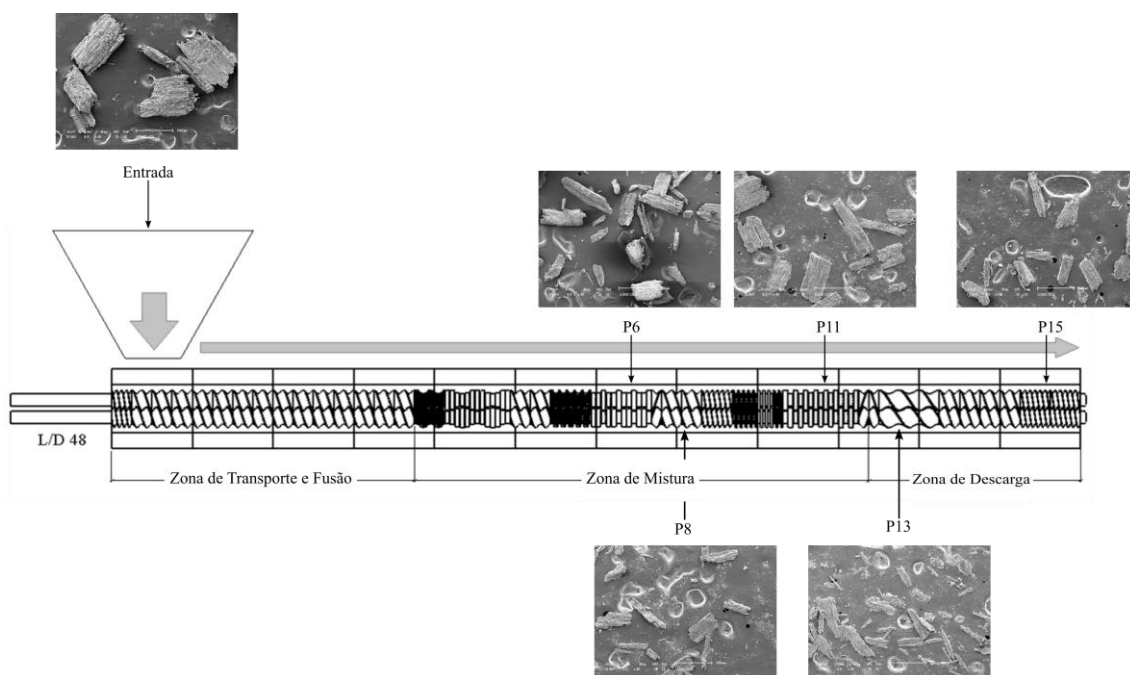
A aplicação à qual este tipo de compósito irá se destinar depende diretamente das propriedades que ele possui [4]. Sabe-se que o desempenho final dos WPCs é afetado por diferentes fatores, tais como o tipo de polímero utilizado, o tipo, a quantidade e o tamanho das fibras, a presença de aditivos e as condições de processamento [5-7].

Diferentes fibras vegetais podem ser utilizadas na fabricação de WPC. As mais comuns são as farinhas de madeira, tais como resíduos de serragem, lixamento e aplainamento [3]. A capacidade de reforço da fibra depende das suas propriedades mecânicas, da sua interação com a matriz polimérica e do seu comprimento crítico, que por sua vez é diretamente proporcional ao diâmetro da fibra [8]. O processo de fabricação costuma ser composto por duas etapas: (i) etapa de mistura, onde o material compósito é produzido, e (ii) etapa de conformação [5; 9-10.] A etapa de mistura pode ser feita em misturadores internos [11] ou, na maior parte das vezes, em extrusora de dupla rosca [5; 9]. As condições de processamento têm influência direta na capacidade de reforço das partículas, uma vez que as taxas de cisalhamento podem alterar a razão de aspecto das mesmas [12]. Entre outros fatores, as taxas de cisalhamento e tensão de cisalhamento são parâmetros reológicos que dependem da geometria da rosca [13].

Apoiado nestes fatos, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência que o perfil de rosca têm na morfologia de partículas de eucalipto em um WPC. Com os resultados obtidos, o intuito é futuramente correlacionar a morfologia com as propriedades mecânicas e reológicas de WPCs produzidos por extrusão.

## Experimental

Como matriz polimérica foi utilizado polipropileno (Braskem, H303) e como fibra vegetal partículas de eucalipto (provenientes de uma serraria da região da Serra Gaúcha). Os materiais foram extrusados em extrusora dupla rosca marca Labtech Engineering com L/D 48 e diâmetro de rosca de 16 mm utilizando perfil de temperatura de 165-230 °C, rotação de 250 rpm e taxa de alimentação de 1 kg/h. A rosca utilizada é composta por uma zona de amolecimento, uma zona de mistura e uma zona de descarga. A retirada das amostras para verificação dos tamanhos foi feita de forma *off-line*. Posteriormente, o barril da extrusora foi aberto e as amostras foram coletadas em diferentes pontos, p6, p8, p11, p13 e p15, conforme indicado na Fig. 1.



**Figura 1:** Perfil de rosca utilizado na preparação das amostras.

Após a coleta foi feita a extração do polímero com xileno à 145°C em refluxo. As partículas foram secas em estufa à 100°C por 24 horas. Posteriormente, com as amostras extraídas foi feita microscopia eletrônica de varredura e com o auxílio do software ImageJ para determinar os tamanhos das partículas. Exemplos das imagens coletadas se encontram na Fig. 1. Foram analisadas pelo menos 15 imagens para cada amostra. Nesta fase foram analisadas: a amostra das fibras antes da extrusão (entrada), após a entrada na zona de mistura (p6 e p8), um elemento ao final da zona de mistura (p11), um elemento logo após a zona de mistura (p13) e o último elemento da extrusora, (p15). Na análise das imagens foram descartadas as partículas que possuíam alguma parte coberta e as que estavam inclinadas, para que não dessem falsos resultados.

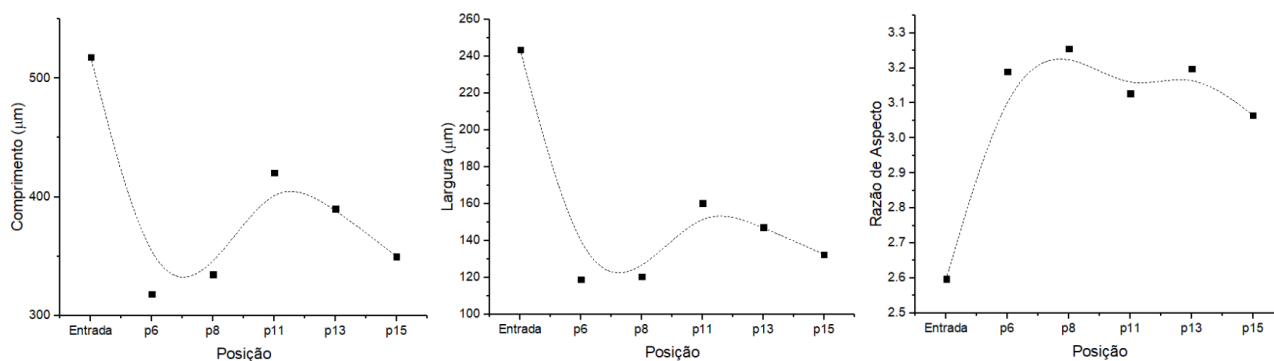
## Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados das médias do comprimento, largura e razão de aspecto para cada amostra coletada em diferentes pontos. Em um primeiro momento é possível observar que a dimensão mais afetada pela rosca é a largura da partícula. A diminuição da largura é maior que a diminuição do comprimento o que faz com que a razão de aspecto da partícula seja aumentada. Esse comportamento é favorável para o compósito, pois a capacidade de reforço da partícula é diretamente proporcional à razão de aspecto [14]. Ou seja, mesmo que o tamanho de partícula inicial não seja favorável para a confecção do compósito o processo de extrusão é capaz de transformá-lo de forma que o produto apresente um ganho de propriedade em relação à matriz. Aparentemente o perfil da rosca mantém a razão de aspecto constante após a entrada das partículas na zona de mistura.

**Tabela 1** – Resultado da análise de tamanho de partícula

Propriedade	Entrada	p6	p8	p11	p13	p15
Comprimento	517.8	318.3	334.8	420.5	390.0	349.8
Largura	243.6	118.9	120.5	160.3	147.2	132.5
Razão de Aspecto	2.6	3.19	3.26	3.13	3.2	3.06

É esperado que ao longo do processo de extrusão a partícula diminua de tamanho ou não se altere. No entanto, é visível nos gráficos da Fig. 2 que em alguns pontos o tamanho médio medido é maior que o tamanho médio do ponto anterior. Por exemplo, o comprimento médio nas posições p11 e p6. Isto indica que a técnica de retirada de amostras *off-line* não se mostrou a mais adequada para a análise das mudanças de tamanho de partículas ao longo da extrusão. A quantidade de amostra que se consegue coletar no método *off-line* não permite que sejam utilizados outros métodos de análise de tamanho de partícula. E o tempo de coleta inviabiliza que o processo de retirada seja repetido várias vezes a fim de aumentar a quantidade coletada. Foram analisadas no mínimo 150 partículas em cada ponto, porém este número não é estatisticamente representativo para a amostra. Como alternativa a retirada de amostras *on-line* permitiria a coleta de uma maior quantidade de amostras, podendo possibilitar o uso de outras técnicas tais como espalhamento dinâmico de luz, que mede o tamanho de partículas em suspensões, e análise granulométrica por difração à laser, realizada a seco.



**Figura 2** – Variação do tamanho de partícula ao longo da extrusora. (A) comprimento; (B) largura; (C) razão de aspecto

## Conclusões

Foi possível observar que há mudanças na morfologia das partículas ao longo do processo de extrusão. A largura das partículas é afetada de forma mais acentuada do que o comprimento, desta forma a razão de aspecto é aumentada, o que pode favorecer o desempenho final do compósito. No entanto a retirada de amostras *off-line* não se mostrou a mais adequada para a análise da evolução da morfologia das partículas ao longo do processo de extrusão. O número de partículas analisadas por MEV não é estatisticamente representativo, mostrando a necessidade de coletar uma quantidade maior de amostras para que outras técnicas de medição de tamanho de partícula possam ser utilizadas. Como alternativa podem ser coletadas amostras *on-line* de forma mais rápida e em maior quantidade.

A otimização da geometria da rosca para produção de WPC é fator chave na obtenção de compósitos. A alteração das características da partícula, mostra o quanto é importante um estudo aprofundado do assunto. E a ausência de uma evolução crescente dos tamanhos indica a necessidade de aprimoramento das técnicas utilizadas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Agência Brasileira de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (cód. 001). Os autores agradecem ao CNPq (número do processo: 153335/2018-1).

## Referências

1. A. C. F Vidal; A. B. D. Hora. *BNDES Setorial*, 2014,40, 323-384.
2. N. Montanes. L. Quiles-Carrillo; S. Ferrandiz; O. Fenollar; T. Boronat *J. of Poly and the Envi.* 2019, 27, 747-756
3. N. Ayrilmis; T. Akbulut; T. Dundar; R. H. White; F. Mengeloglu; U. Buyuksari; Z. Candan; E. Avci *Cons. and Buil. Mat* 2012, 33, 63-69
4. C. Mattrand; A. Béakou; K. Charlet *Comp.: Part A* 2014, 63, 10–20
5. H. Kallakas; T. Poltimäe; T. M. Süld; J. Kers; A. Krumme in *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 2015, v.64, 94-104
6. A. Durmus; M. Ozcan; I. Aydin *J. of Comp. Mat.* 2018, 53, 503-514
7. S. Chaudemanche; A. Perrot; S. Pimbert; T. Lecompte; F. Faure *Cons. and Buil. Mat.* 2018, 162, 543-552
8. H. Peltola; E. Pääkkönen; P. Jetsu; S. Heinemann *Comp.: Part A* 2014, 61, 13–22
9. S. Rimdusit; W. Smittakorn; S. Jittarom; S. Tiptipakorn *Flour Comp. Eng. J.* 2011, 15, 17-30
10. A. L. Catto; B. V. Stefani; V. F. Ribeiro; R. M. C. Santana *Mat. Res.* 2014, 17, 203-209

11. Y. Wang; J. Cao; L. Zhu *Wood and Fib. Sci.* 2011, 43, 262-270
12. A. K. Bledzki; M. Letman; A. Viksne; L. Rence *Comp. Part A: App. Sci. and Manu.* 2005, 36, 789-797
13. W. A. Yacu *J. of Food Proc. Eng.* 1985, 8, 1-21
14. P.K. Mallick *Comp. Comp. Mat. II* 2018, 2, 360-400