

COMPORTAMENTO MECÂNICO VERSUS ACABAMENTO SUPERFICIAL

Neemias Silva De Souza, neemias.souza@ifrn.edu.br¹

Liana de Holanda Viana Barros, lianaviana17@yahoo.com.br¹

Yldeney Silva Domingos, yldeney@yahoo.com.br¹

Romilson de Nascimento Barros, romilson.barros@ifrn.edu.br¹

Raimundo Nonato Barbosa Felipe, Raimundo.felipe@ifrn.edu.br¹

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe, renata.felipe@ifrn.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN/PPgUSRN, Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal-RN, CEP 59015-000

Resumo: Os materiais compósitos são formados pela matriz e por um ou mais tipos de reforços. A sua aplicação se dá nas mais diversas áreas como na indústria automotiva, aeronáutica, médica e de lazer. No entanto, ao se fabricar um elemento estrutural, dependendo do processo utilizado, o material acabado poderá ter as duas superfícies lisas ou apenas uma; sendo este um fator que pode vir a influenciar no comportamento mecânico do elemento estrutural uma vez que o material poderá ficar com uma espessura não constante. São vários os processos de fabricação em compósito polimérico, como molgagem à vácuo, spray-up, hand lay-up entre outros. No entanto, este trabalho objetiva a fabricação de duas placas em compósito mediante processo de fabricação hand lay-up, sendo as duas em plástico reforçado com fibras de vidro (PRFV) com mesma configuração (três camadas de manta de fibras de vidro, partículas de resíduos e resina poliéster), porém apenas uma delas terá o acabamento liso em ambos os lados, e assim será avaliado o comportamento mecânico acabamento final das superfícies. Após o processo de fabricação e consequentemente a desmoldagem, foram cortados corpos de prova mediante a norma ASTM 793 e 3039, que diz respeito às normas de densidade e tração, respectivamente; e comparado os valores das respectivas propriedades dos compósitos com acabamento em um dos lados (CA1L) com o compósito com acabamento dos dois lados (CA2L). Ao término do trabalho foi possível observar que o compósito com o acabamento em um dos lados apresentou uma menor resistência à tração.

Palavras-chave: compósito, acabamento superficial, comportamento mecânico.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de plástico reforçado com fibras de vidro (PRFV) vem crescendo ao longo dos últimos anos; sendo ela responsável pela fabricação da grande maioria dos materiais compósitos. Os materiais compósitos poliméricos são utilizados nas várias áreas como na indústria automotiva, aeroespacial, náutica, recreativa entre outras. São materiais bem leves e que possuem uma boa resistência à corrosão; sendo estes um bom atrativo para a sua escolha quando expostos a ambientes corrosivos. (FELIPE *et al.* 2012a). Os compósitos possuem dois ou mais constituintes fisicamente distintos numa escala microscópica, separados por uma interface; sendo estes constituintes a matriz que é o elemento contínuo, que tem como função dá forma ao compósito; transferir os esforços mecânicos para o material de reforço e proteger o elemento de reforço. O reforço que vem disperso na matriz, atua aprimorando as propriedades mecânicas da matriz, podendo ser os mais diferentes tipos como as fibras de vidro, kevlar, carbono, sisal e etc.; e ainda, no caso dos fibrosos, na forma de manta ou de tecidos (LEVI NETO; PARDINI, 2006).

A qualidade da interface entre a matriz e o reforço é um fator de grande importância no desempenho mecânico do compósito. Para que ocorra interação entre componentes de naturezas químicas diferentes e de quaisquer dimensões ou forma, é essencial a existência de uma área de contato entre elas. Quanto maior for essa área, maior a possibilidade de ocorrer entre os dois componentes uma maior interação de natureza física, química ou físico-química. (MANO, 1991).

Segundo Felipe (2016) e Domingos (2017) os processos de fabricação utilizados para a confecção de compósitos podem ser de moldes fechado ou aberto, sendo no entanto estes processos responsáveis pela uniformidade da espessura dos respectivos elementos estruturais; e caso não consiga manter a uniformidade, essa faz com que ocorra uma perda da resistência mecânica do material; daí a importância de analisar de fato o processo de fabricação capaz de manter uma única espessura. No entanto, independente do processo, ao desmoldar o elemento estrutural, normalmente ocorre a formação de resíduos gerados pelas aparas, que nada mais é excesso de material, sendo então os mesmos descartados

em aterros sanitários pois existe uma grande dificuldade para a sua reutilização dos mesmos, uma vez que a grande maioria é feito com resinas termofixas, ou seja, não recicláveis. Logo, a geração de resíduos de materiais compósitos é expressiva, conforme a Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos (Almaco) foram geradas no Brasil no ano de 2012, 20.000 toneladas de resíduos, o que correspondeu a um custo com descarte de, aproximadamente, R\$ 130 milhões. Despesas essas, advindas da destinação dos resíduos aos aterros industriais, o que configura uma problemática não somente sob o aspecto econômico, mas considerando também as questões ambientais atrelada a vida útil de aterros. (ORTH, 2014; LIMA, 2013).

Diante disso, esse trabalho objetiva a fabricação de duas placas de compósito polimérico formado por três camadas de manta de fibras picadas, sendo inseridos nelas 10% em peso de resíduos de PRFV, sendo esses resíduos triturados em moinhos de bola e classificadas as partículas antes da colocação na resina, porém uma placa terá acabamento liso nos dois lados e na outra apenas em um lado. Após a fabricação dos respectivos laminados, foram cortados corpos de prova mediante as normas ASTM 792 e 3039, que tratam de densidade e tração uniaxial e comparados os seus valores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Mediante o processo de fabricação *Hand lay-up*, foi utilizada a resina poliéster do tipo ortoftálica, fabricante Novopol com três camadas de manta de fibras de vidro do tipo E com gramatura de 450 g/m^2 , fabricante Fibertex para a fabricação da placa em compósito. Foram confeccionadas duas placas com 10% em peso de resíduos referente ao peso de resina. O resíduo foi coletado na indústria, situada na cidade de Macaíba (RN), onde a mesma fabrica equipamento de PRFV, sendo este triturado e selecionado, mediante jogo de peneiras, então classificado na malha de 0,59 mm. Na Figura 01 (a) é possível observar o processo de fabricação utilizado para a obtenção das placas e na (b) as superfícies das placas. Para o compósito com acabamento nos dois lados (CA2L) foi colocado uma lamina de vidro após a fabricação para deixar as duas superfícies lisas, conforme figura 01 (a), já no compósito com apenas um lado liso (CA1L), essa lâmina não foi utilizada.

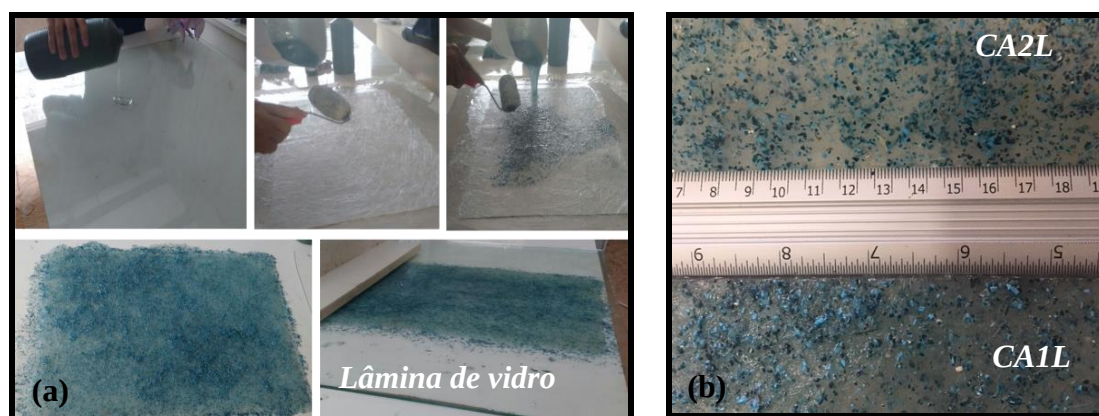


Figura 01 – (a) Processo de Fabricação *Hand Lay-up*. (b) Superfície das placas.

Para a determinação da densidade do compósito foi utilizada a norma ASTM D792-13 e a ASTM 3039-14 para a avaliação do comportamento mecânico, respectivamente. O ensaio de tração uniaxial foi realizado na máquina de Ensaio universal mecânico, modelo AGI-250 KN, com velocidade de carregamento de $1,0 \text{ mm/min}$. Os corpos de provas para ambos ensaios foram cortados com um fio de corte de diamante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 é possível observar a densidade do compósito, sendo o compósito com o acabamento liso nos dois lados mais leve; isso se deve ao fato dele utilizar menos resina em sua constituição e ainda apresentar uma espessura mais uniforme. Os resultados foram obtidos a partir da média de cinco corpos de prova.

Tabela 01 – Densidade do compósito.

	CA1L	CA2L
Densidade (g/cm^3)	$1,51 \pm 0,01$	$1,33 \pm 0,01$

No que se refere ao comportamento mecânico à tração, observa-se na Tabela 02 que houve uma variação entre as propriedades mecânicas, de uma forma geral, o compósito com o acabamento liso nos dois lados (CA2L) teve uma

maior resistência mecânica cerca de aproximadamente 53% acima da resistência quando comparado com o compósito com acabamento em apenas um lado CA1L, no que se refere ao módulo de elasticidade observou-se também um ganho de aproximadamente 117% no CA2L. Segundo Felipe (2012b) e Felipe (2017), um dos pontos a serem abordados refere-se ao acabamento superficial do material, uma vez que o acabamento interfere no comportamento mecânico do compósito pois a tendência é que ocorra uma perda nas propriedades mecânicas devido a não regularidade da espessura do material; fato observado no CA1L. Os dados foram obtidos a partir da média de cinco corpos de prova, conforme a norma ASTM 3039.

Tabela 02 – Propriedades de Tração Uniaxial.

	CA1L	CA2L
Limite de Resistência (MPa)	50,74 ± 4,47	71,42 ± 4,46
Módulo de Elasticidade (GPa)	1,02 ± 0,11	2,21 ± 0,04
Deformação (%)	8,50 ± 0,41	4,81 ± 0,32

Nas figuras 2 e 3 observam-se o comportamento linear de ambos os compósitos porém no CA2L, figura 3, fica evidente que a dispersão da resistência e deformação foi bem menor quando comparado com o CA1L na figura 2. Além disso pela inclinação da reta fica evidente que o CA2L apresentou uma maior rigidez; consequentemente maior módulo de elasticidade.

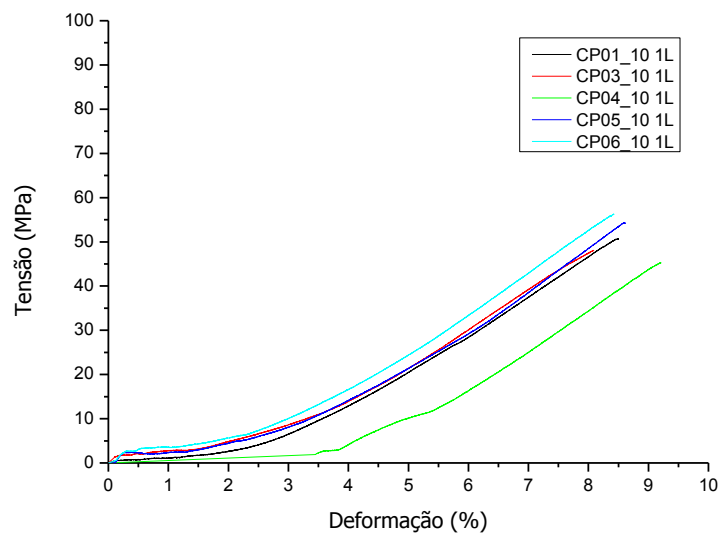


Figura 02 – Comportamento do CA1L

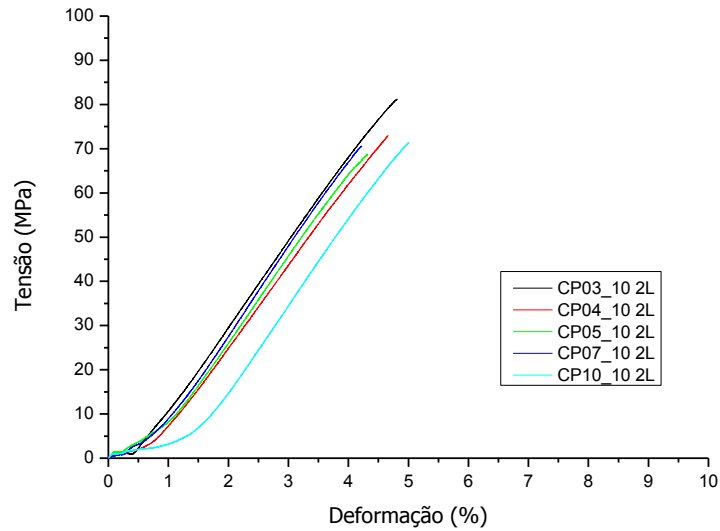


Figura 03 – Comportamento do CA2L

Ao analisar a característica da fratura final macroscopicamente nas figuras 04 e 05, observa-se uma fratura a 90 graus com a força de tração, sendo bem característico desse material. Porém verifica-se também o processo de delaminação para ambos os materiais pois nas figuras 4 (a) e 5 (b) tem uma região embranquecida, evidenciando dessa forma o processo de delaminação, segundo Noda (2008) e Obaid *et al.* (2011). Para ambas as fraturas finais as mesmas se deram na região do *gage*, ou seja, na região entre as garras, sendo estas aceitas pela norma ASTM 3039 e Felipe (2012b).

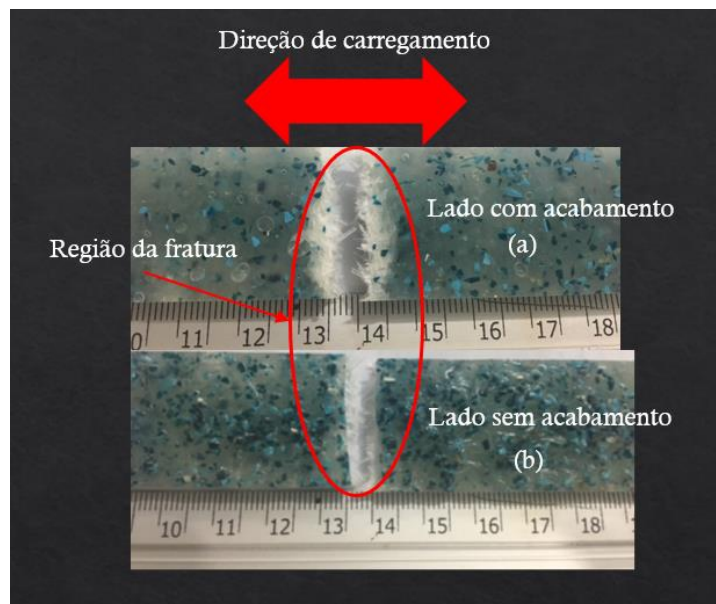


Figura 04 – Característica da Fratura Final do CA1L

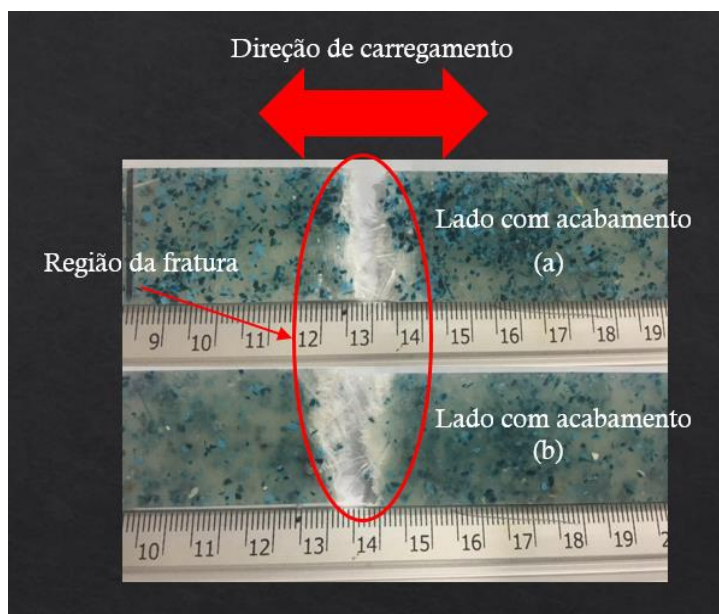


Figura 05 – Característica da Fratura Final do CA2L

4. CONCLUSÃO

Diante disso, a partir dos resultados obtidos verifica-se que o compósito com o acabamento superficial nos dois lados obteve um melhor desempenho mecânico, isso pode ser justificado devido à uniformidade da espessura do material. Além disso, fica evidente que ao se fabricar um elemento mecânico o processo de fabricação deve ser considerado, uma vez que determinados processos como *spray up* e a *hand lay-up* são processos que ficam comprometidas essa uniformidade, no entanto na laminação, caso se queira um acabamento liso em ambos os lados para apresentar um melhor comportamento mecânico devem ser usados moldes de fechamento para tal fim.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao IFRN pela realização dos ensaios mecânicos.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3039-14: standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. USA: ASTM, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D792-13: standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement. USA: ASTM, 2013.
- Domingos, Y. S - Avaliação do envelhecimento ambiental do compósito polimérico na estação de tratamento de efluentes do sistema central de Natal - RN- Brasil. Dissertação de Mestrado Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN), do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), 2017
- Felipe, R. N. B.; Felipe, R. C. T. S; Aquino, E. M. F. Laminar composite structures: Study of environmental aging effects on structural integrity. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**. v. 31,n. 21, p. 1455-1466, 2012a.
- Felipe, R. C. T. S.; Felipe, R. N. B.; batista, A. C. M.; Aquino, E. M. F. Polymer Composites Reinforced with Hybrid Fiber Fabrics. *Materials Research*. February 12, 2017.
- Felipe, R. C. T. S Envelhecimento ambiental acelerado em PRF a base de tecidos híbridos kevlar/vidro: propriedades e instabilidade estrutural. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio grande do Norte, 2012b.
- Felipe, R. C. T. S. Materiais compósitos poliméricos. Apostila IFRN, 2016.
- Levy, N. F.; Pardini, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- Lima, G. Empresas criam tecnologias que viabilizam a reciclagem de compósitos. **Revista Global Polymers**, 2013. Disponível em< <http://www.globalpolymers.com.br/not%C3%ADcias/empresas-criam-tecnologias-que-viabilizam-a-reciclagem-de-comp%C3%B3sitos>> Acesso em: 17 mar. 2018.

- Mano, E. B. Polímeros como materiais de engenharia, São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 1991.
- Noda, J.; Nakada, M.; Yasushi Miyano, Y. -Temperature Dependence of Accumulation of Fiber Breakages under Tensile Loadingfor Unidirectional CFRP Laminates - Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 27, No. 10,2008.
- Obaid, A. A.; Deitzel, J.M. Gillespie, Jr and Zheng J. Q. - The Effects of Environmental Conditioning on Tensile Properties of High Performance Aramid Fibers at Near-Ambient Temperatures - Journal of Composite Materials, 2011.
- Orth, C. M.; Baldin, N. e Zanotelli, C. T. A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução. Gest. Prod., São Carlos, v. 21, n. 2, p. 447-460, 2014.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MECHANICAL BEHAVIOR VERSUS SURFACE FINISH

Neemias Silva De Souza, neemias.souza@ifrn.edu.br¹
Liana de Holanda Viana Barros, lianaviana17@yahoo.com.br¹
Yldeney Silva Domingos, yldeney@yahoo.com.br¹
Romilson de Nascimento Barros, romilson.barros@ifrn.edu.br¹
Raimundo Nonato Barbosa Felipe, Raimundo.felipe@ifrn.edu.br¹
Renata Carla Tavares dos Santos Felipe, renata.felipe@ifrn.edu.br¹

¹Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal-RN, CEP 59015-000

Abstract. *The composite materials are formed by the matrix and one or more types of reinforcements. Its application takes place in the most diverse field of study as in the automotive, aeronautical, medical and leisure industry. However, in the manufacture of a structural element, depending on the process used, the finished material may have both surfaces smooth or only one; this is a factor that may influence the mechanical behavior of the structural element since the material may stay with a non-constant thickness. There are several processes of manufacture in polymeric composite, such as vacuum molding, spray-up, hand lay-up among others. Thus, the objective of the present work is the study development of two polymer composite laminates prepared by the hand lay-up method of manufacturing. Both of which are made of glass fiber reinforced plastic (GFRP) with the same configuration (made up of three layers, residues and polyester resin), but only one of them will have a smooth finish on both sides, and so the mechanical behavior of the finished surfaces will be evaluated. After the manufacturing process and consequently the demolding, specimens were cut through ASTM 793 and ASTM 3039, which concerns the density and tests of uniaxial tensile, respectively; and compared the values of the respective properties of the one-sided composites (CA1L) with the two-sided composite (CA2L). At the end of the work it was possible to observe that the composite with the finish on one side showed a lower tensile strength.*

Keywords: *composite, surface finish, mechanical behavior.*