

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE UM COMPÓSITO POLIMÉRICO COM SABUGO DE MILHO TRITURADO

João Roberto Sartori Moreno^{1*}, Edson Aparecido Ferreira²

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Cornélio Procópio, PR, Brasil. E-mail: joaosartori@utfpr.edu.br

2) ETEC – Escola Técnica Pedro D’Arcádia Neto; Assis, SP; Brasil

Recibido: Febrero 2018; Aceptado: Marzo 2018

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade do uso da espiga de milho triturado, empregada como carga de enchimento de partículas em material de matriz polimérica composta (resina de poliéster), de modo que seja possível aplicar este material em diferentes áreas de engenharia. Eles foram empregados com três diferentes classificações do resíduo lignocelulósico, partículas finas (PF), partículas médias (PM) e partículas grandes (PG). As amostras foram produzidas com 0, 5, 10, e 20% em peso da espiga de milho moída para investigar a influência da carga em termos de uso como isolamento térmico. A caracterização por termogravimetria mostrou que a estabilidade térmica dos compósitos não é significativamente afetada pela incorporação de partículas de espiga de milho, mas que sua estabilidade acontece por volta de 200°C, principalmente na presença partículas médias (PM) ou partículas finas (FP), o que pode considerar este material como um bom isolante térmico usual.

Palavras-chave: Sabugo de milho, lignocelulósica, matriz polimérica, termogravimetria

ABSTRACT

The objective of this work was to study the feasibility of the use of the crushed corn cob, used as a filler of particles in composite polymer matrix material (polyester resin), so that it is possible to apply this material in different engineering areas. They were employed with three different classifications of lignocellulosic residue, fine particles (FP), medium particles (MP) and large particles (LP). The specimens were produced with 0, 5, 10 and 20% by weight of the ground corn cob to investigate the influence of the load in terms of use as thermal insulation. The characterization by thermogravimetry showed that the thermal stability of the composites is not significantly affected by the incorporation of corn ear particles, but that their stability happens around 200°C, mainly in the presence of medium particles (PM) or fine particles (FP), which may consider this material as a good thermal insulator usual.

Keywords: Corn cob, lignocelulósica, polymeric matrix, thermogravimetry

INTRODUÇÃO

Com a crescente conscientização da mudança de paradigma para processos cada vez mais

ligados à preservação e sustentabilidade ambiental, a pesquisa foi desenvolvida para avaliar a viabilidade do uso de resíduos lignocelulósicos (sabugo de milho triturado) como alternativa na substituição das fibras sintéticas convencionalmente utilizadas e também como reforço isolante em materiais compósitos de matriz polimérica.

Existem muitas vantagens com matriz de polimérica em um compósito (resina de poliéster), como exemplo o baixo custo, estabilidade térmica e dimensional, resistência química a altas temperaturas e facilidade de moldagem em grandes partes; no entanto, sua baixa resistência à fratura torna necessário o uso de reforços, com o uso de resíduos lignocelulósicos como enchimento, mais especificamente a sabugo de milho triturado, que é a parte central da espiga de milho, onde os grãos de milho estão presos [1–2]

Os produtos gerados a partir de espiga de milho são múltiplos, e suas aplicações variadas, entre elas a produção de painéis aglomerados, carga (suporte) para vários produtos químicos, na produção de plásticos conjugados, adesivos, compostos de borracha, abrasivos e polidores em produtos de limpeza, tijolos e fabricação de massa cerâmica [3].

Além disso, de acordo com [4] o sabugo triturado possui uma estrutura porosa, com formação baseada na orientação de várias fibras em forma circular, à medida que os anéis se sobreponem ao longo de eixos dando origem a estruturas tubulares interligadas por uma resina resultando em uma estrutura esponjosa com a presença de várias fibras orientadas e uma estrutura mais fina com a presença de poucas fibras dispostas aleatoriamente em uma camada de resina, indicando ser a palha grosseira.

A viabilidade do farelo de milho triturado em três tipos diferentes de granulometria [3] foi inserido em matriz polimérica, e observou-se que o compósito obtido mostrou ser viável para o

fabrico e aplicável como um isolador térmico.

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo das propriedades térmicas deste material compósito, com o objetivo de mostrar esta viabilidade e a possível aplicação em diferentes setores de engenharia, mas não requerendo grandes esforços mecânicos, mas sim boas propriedades como isolamento térmico.

Estruturalmente, o sabugo de milho é dividido em quatro partes fundamentais, de acordo com a Figura 1, a palha fina ou região externa, palha grosseira ou camada de palha fina e a medula [5].

A palha fina responde por aproximadamente 4,1% do sabugo em peso; palha grosseira 33,7%; o anel arborizado 60,3% e a medula, 1,9%, como mostrado na Figura 1. Os resíduos naturais de celulose, fibras, partículas (micro e nano) que são substitutos atraentes para serem utilizados como reforços e enchimentos ao fazer compósitos plásticos [6]

Foram utilizadas três porcentagens de cargas na resina de poliéster puro (5, 10 e 20%) com três tamanhos de partícula diferentes na sua composição para avaliar a influência nas propriedades térmicas dos compósitos. A estabilidade térmica, bem como a identificação da temperatura de degradação do sabugo triturado, a resina pura e os compósitos foram avaliados por termogravimetria (TGA).

Sob tensões suficientemente grandes, as partículas grandes se separam facilmente durante a composição, de modo que o reforço dependendo da adesão interfacial é praticamente baixo com elas, independente das características iniciais das fibras lignocelulósicas [7].

A Figura 2 mostra em um corte transversal à região central do sabugo de milho, porosidade da medula (a–b), palha grossa e palha fina da parte externa do sabugo (c–d) e anel lenhoso (e–f).

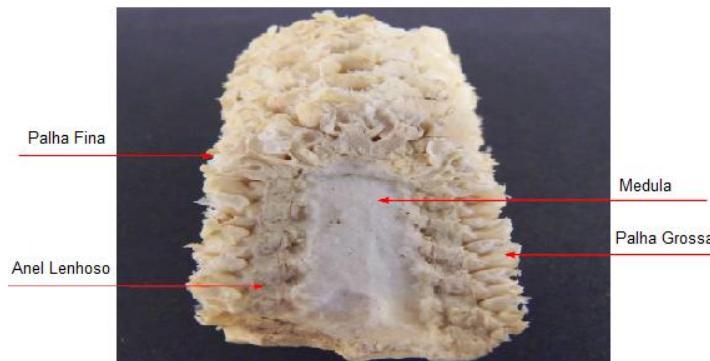


Figura 1. Partes estruturais do sabugo de milho.

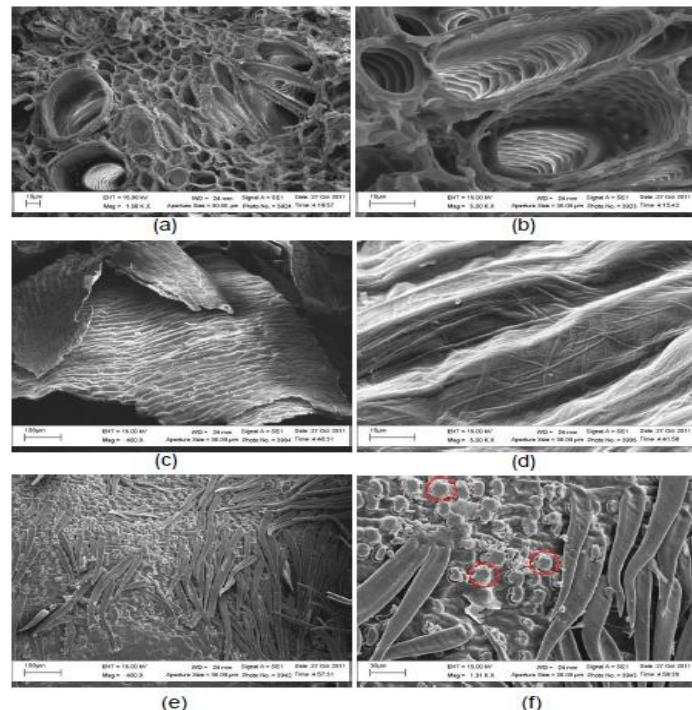


Figura 1. Fotomicrografias do MEV mostrando (a-b) porosidade da medula, (c-d) palha grossa e palha fina região externa do sabugo de milho e (e-f) região do anel lenhoso que envolve a medula do sabugo de milho [4].

A adesão de um material a outro está associada ao estabelecimento de interações que podem ser dos tipos: eletrostáticas, ligações de hidrogênio, ligações covalentes ou forças de *van der Walls*, pois a natureza destas interações está associada à afinidade química entre a matriz e a fase dispersa [3], como se observa na Figura 3.

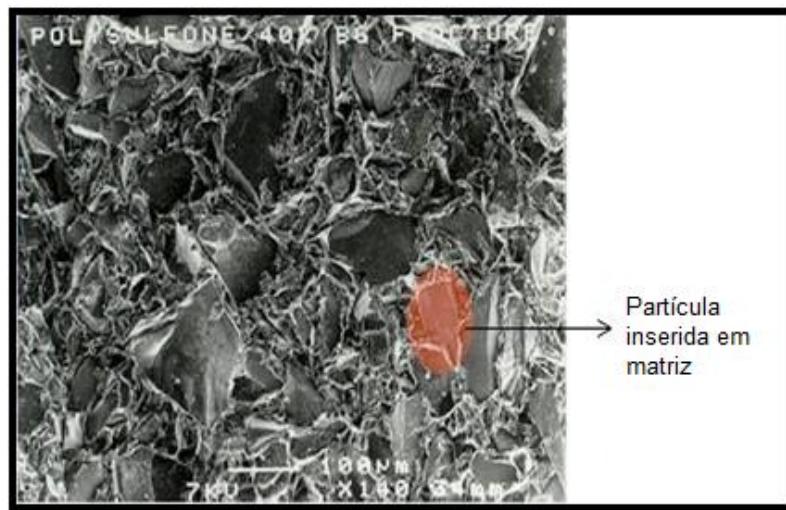


Figura 3. Fase particulada inserida na matriz.

EXPERIMENTAL

No estudo proposto, a adesão carga/matriz foi avaliada pela termogravimetria (TGA) seguindo a norma ASTM-E1131 [8].

Materiais. Os materiais utilizados para a produção dos compósitos são fibras de espiga de milho com três diferentes partículas, partícula grande (PG), partícula média e partícula fina (PF). A resina utilizada como matriz foi a resina de poliéster (adesivo de laminação) composta por

monómero de estireno com uma proporção de catalisador de metiletilcetona 5% em peso comercialmente disponível.

Métodos. The addition charges of crushed corn cob, fine particle (FP), medium particle (MP) and large particle (LP) were hand sieved to eliminate all or any type of impurities. A adição das particula de sabugo de milho triturado, com partículas finas (PF), partícula média (PM) e partículas grandes (PG), foi feita após peneiramento à mão para eliminar todo ou qualquer tipo de impurezas e depois blendadas. A Figura 4 mostra a aparência de três granulometrias que foram utilizadas.



Figura 4. (a) Particula fina (b) particular média (c) particular grande.

A estabilidade térmica das fibras de cob de milho foi investigada por análise termogravimétrica (TGA), utilizando amostras de cada uma das frações granulométricas para identificar a temperatura a que ocorre a degradação e em que parte dos constituintes.

Os testes foram realizados em um analisador térmico TGA Q500 (*Texas Instruments*), conforme Figura 5, usando amostras com uma massa variando entre 4,3 e 7,6 mg, em suporte de amostra de alumina, sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (N₂), com fluxo de gás de 50 mL/min.

As amostras foram aquecidas a partir da temperatura ambiente de 23 a 800°C e a taxa de aquecimento de 10°C/min.

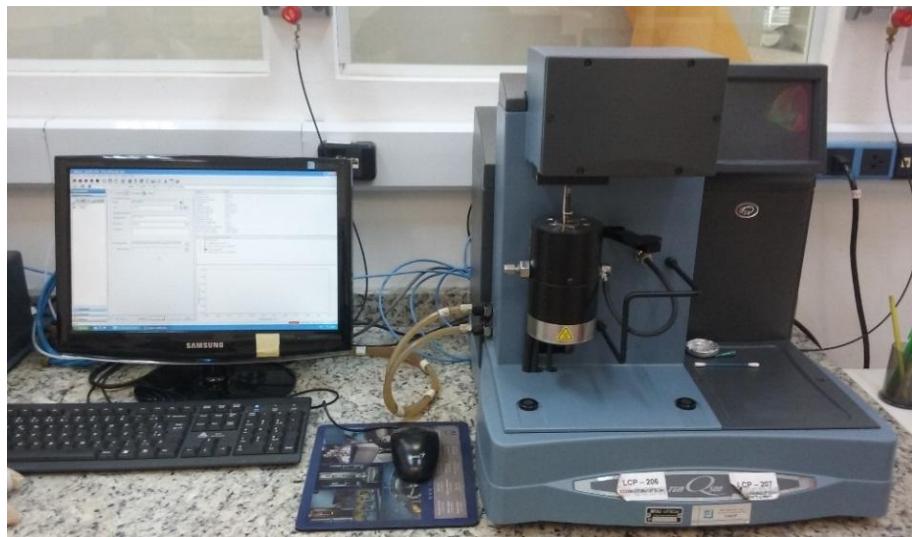


Figura 5. Analisador térmico Universal VA.5A-TGA Q500 (*Texas Instruments*).

Deve-se notar que as amostras de teste para todas as análises foram baseadas na relação: as cargas com a resina de poliéster e o catalisador, em proporções volumétricas devidas 0, 5, 10 e 20% das partículas [5]

RESULTS AND DISCUSSIONS

Thermogravimetric analysis of Corn Cob. O presente trabalho discute os resultados relativos à análise termogravimétrica do tamanho de grão diferente da espiga de milho, no qual se desejava observar a temperatura à qual as fibras de espiga de milho começam a degradação [9]. A Figura 6 mostra a curva TG e DTG para a amostra de partículas finas, nesta figura, as perdas de massa em função da temperatura e da temperatura máxima em que há maior perda de massa foram analisadas [10].

Pode ver-se que a partícula fina possui uma perda de massa entre 53,95 e 208,19°C de

8,37%, que se refere à desidratação da partícula. Entretanto, a perda da maior porcentagem de massa ocorre entre 208,19 e 320,80°C, que é 55,53%, e também uma perda menor de 14,98% em massa a uma temperatura de 320,80 a 800°C, deixando um resíduo de 17,59%. A fibra perde por volta de 8% em massa, mostrando que a partícula fina possui boa estabilidade térmica até 200°C, porém depois desta temperatura a fibra começa a sofrer o processo de degradação térmica.

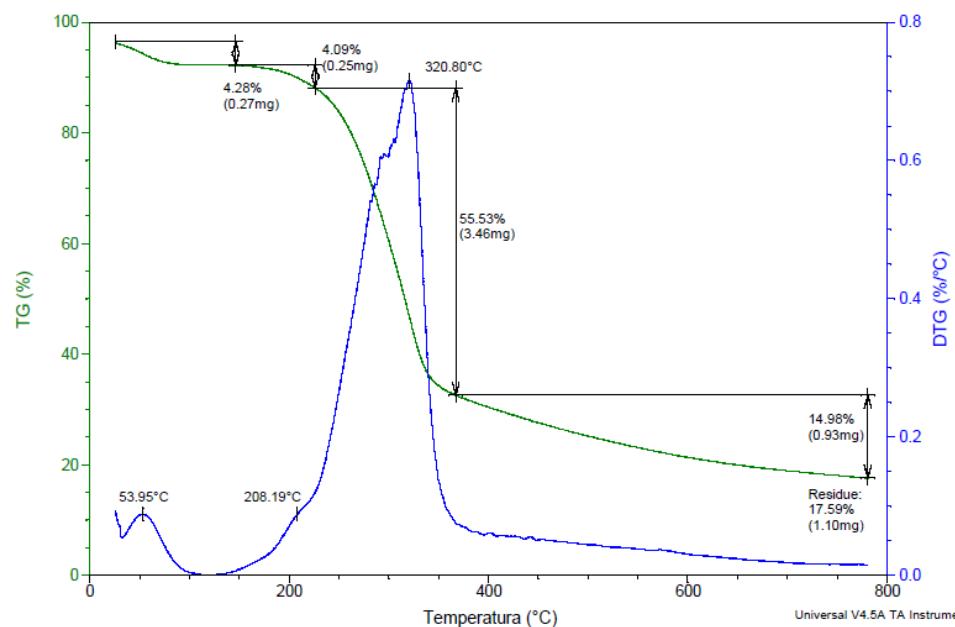


Figura 6. Curva de termogravimetria para partículas fina (PF).

A Figura 7 mostra a curva de TG e DTG para a amostra de partícula média, nesta figura é mostrado que a partícula média tem uma perda de massa entre 0 e 56,43°C de aproximadamente 3,63%, que é referente à desidratação da partícula, em seguida observamos uma segunda perda de massa entre 56,43 e 283,01°C, que é de 26,02%.

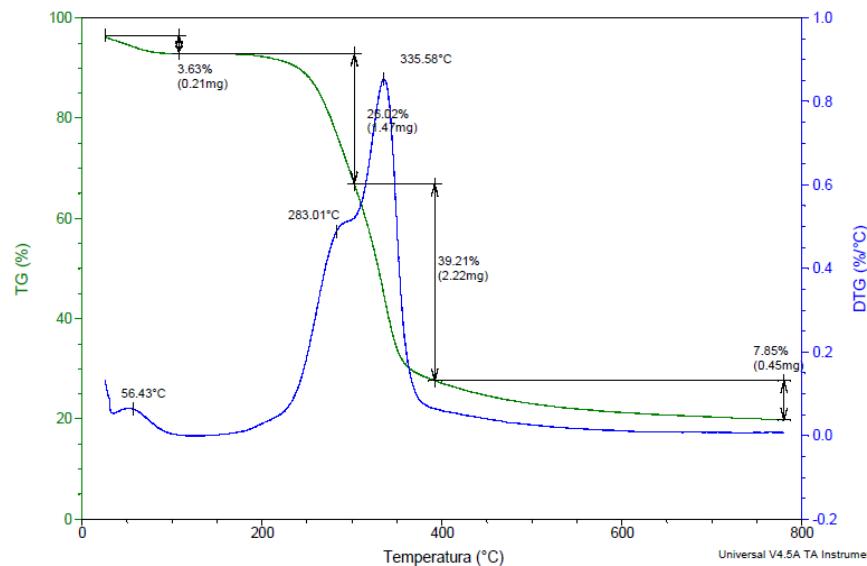


Figura 7. Curva de termogravimetria para partículas fina (PF).

Observa-se que a perda de maior porcentagem de massa ocorre entre 283,01 e 335,58°C que é de 39,21%, em seguida ocorre a perda 7,85% acima de 335,58°C, perdendo 3,63% em massa, mostrando razoável estabilidade térmica até 200°C.

A Figura 8 mostra a curva de TG e DTG para a amostra de partícula grande, nesta figura é mostrado que a partícula grande tem uma perda de massa entre 0 e 61°C de aproximadamente 6,43%, que é referente à desidratação da partícula, logo na sequência observamos uma segunda perda de massa entre 61 e 269,14°C, que é de 28,74%.

Entretanto a perda de maior porcentagem de massa ocorre entre 269,14 e 332,72°C que é de 30,67%, em seguida ocorre a perda 12,84% acima de 332,72°C, restando assim resíduo de 18,27%.

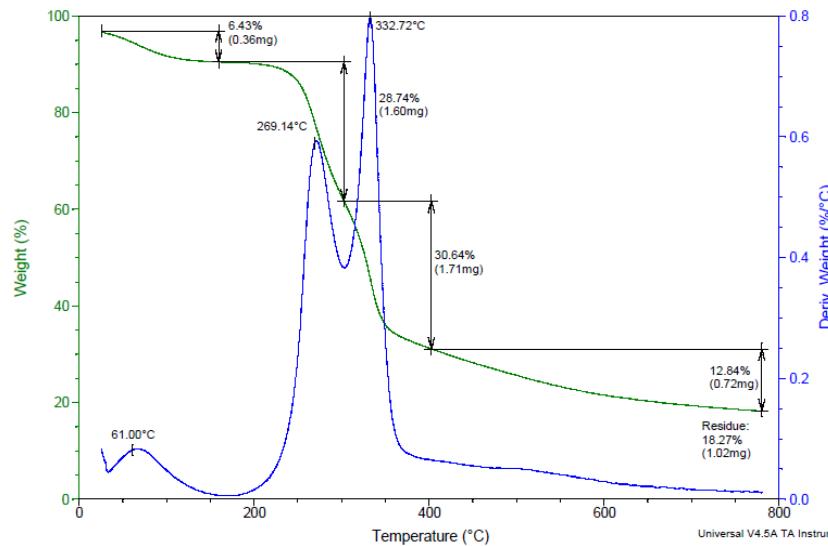


Figura 8. Curva de termogravimetria para partículas grossa (PG).

A Figura 9 mostra as curvas de TG, respectivamente para todas as amostras das partículas do sabugo de milho, e assim podemos observar que o processo de degradação aconteceu já entre 200 e 355°C para todas as partículas, onde a perda de umidade até 61°C foi de 6,43%, provavelmente devido a decomposição da hemicelulose ocorre entre 240 e 310°C, enquanto que a celulose se decompõe entre 310 e 360°C, pois experimentos realizados de compósitos reforçados com fibras naturais mostram estes dados [11].

De acordo com os estudos realizados neste estudo, dados suficientes foram coletados para concluir que:

Como todos os compósitos, a fase inserida na matriz, na maioria dos tempos, vem influenciar as propriedades desses compósitos em geral, no presente trabalho tivemos um resultado importante em que a fase inserida contribuiu para que o material composto possa ser indicado e usado como um isolador térmico.

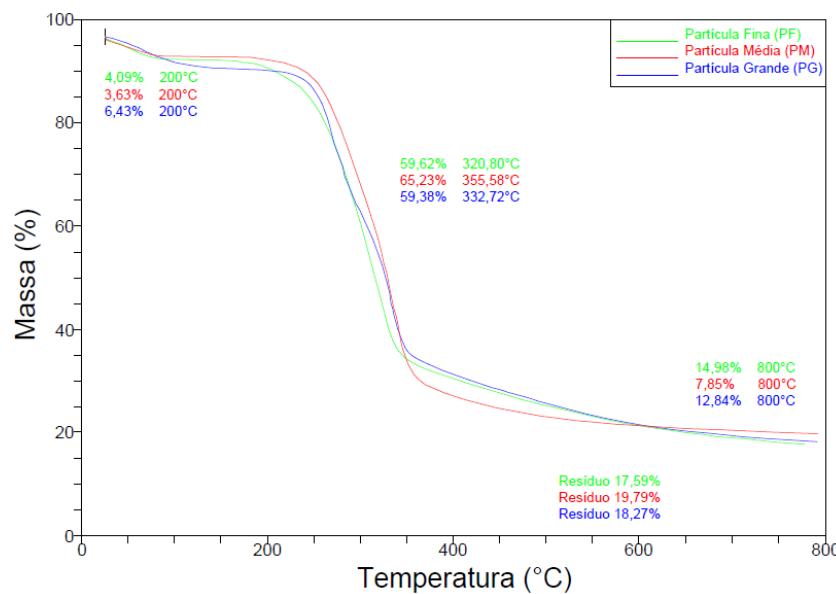


Figura 9. Curva de termogravimetria para resina pura (RP) e para os compósitos resina/sabugo de milho com 5, 10 PF, 5 PM, 20 PG.

CONCLUSÕES

A análise termogravimétrica de compósitos, com 5, 10% de partículas finas (PF), 5% de partículas médias (PM) e 20% de partículas grandes (PG), em comparação com a resina de poliéster, observou que iniciaram uma degradação térmica em torno de 230°C, exceto composta com 20% de partículas grandes que apresentaram comportamento térmico estável até 190,57°C.

Portanto, partículas finas e partículas médias podem ser adicionadas como enchimento na matriz polimérica, fazendo com que os compósitos resistam a temperaturas até 230°C, o que leva a uma possibilidade de aplicabilidade deste material em elementos como selos para motores,

rotores, tratores agrícolas e bombas de temperatura até 200°C.

REFERENCIAS

- [1] CRAVO JCM “*Compósito particulado de baixa densidade com casca de amendoim, fibra de coco verde e resina poliuretana á base de óleo de mamona para aplicação como forro de galpões avícola*”. Dissertação Mestrado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, (2013)
- [2] Barbosa AP “*Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de buriti*”. Tese de Doutorado Engenharia e Ciências de Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2011
- [3] Oliveira ML “*Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica com carga de resíduos vegetal proveniente do sabugo de milho*”. Dissertação Mestrado Engenharia de Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal 2015
- [4] Ramos RRF “*Desenvolvimento de Compósitos de Polipropileno (PP) com Sabugo de Milho (SM) Proveniente de Resíduos Agrícolas*” Dissertação em Ciência e Engenharia dos Materiais. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013
- [5] Obasi HC “Studies on biodegradability and mechanical properties of high density polyethylene/corncob flour based composites”, *Inter. J. Scientific & Engineering Research*, **3**(8), (2012)
- [6] Asokan P, Fidoous M, Sonal W “Properties and potential of biofibres, biobinders, and bio composites”, *Rev. Advance Materials Science*, **30**, 254 (2012)
- [7] Faludi G, Dora G, Renner K, Móczó J, Pukánszky B “From Polylactic Acid and Lignocellulosic Fibers: Structure–Property” *Carbohydrate Polymers*, **92**(2) 1767 (2013)
- [8] ASTM E-1131–Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry ASTM E1131, (2014)
- [9] Bevitori AB “*Avaliação das propriedades e estrutura de fibras de rami e seus compósitos poliméricos*”. Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2014
- [10] Almeida Jr JHS, Angrizani CC, Amado FDR, Amico SC “*Analysis of intralaminar hybrid curaua/glass composite*”. Anais do Simposio Argentino de Polímeros (SAP). Bahía Blanca Argentina, 2011
- [11] Sepe R, Bollino F, Boccarusso L, Caputo F “Influence of chemical treatments on mechanical properties of hemp fiber reinforced composites”, *Composites Part B: Engineering*; **133**, 210 (2018)