

Caracterização mecânica, térmica e perfil de absorção de água de compósitos híbridos de fibra de vidro/fibra de pupunheira em matriz poliéster insaturado

Osni Fontan Junior¹
Fernanda Scopel de Oliveira¹
Denise Abatti Kasper Silva^{1*}

¹Programa de Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade da Região de Joinville -

UNIVILLE, Campus Universitário, s/nº, CEP 89.219-905, Joinville – Santa Catarina

(Recebido em xx/xx/xxxx; revisado em xx/xx/xxxx; aceito em xx/xx/xxxx)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Alternativas para a aplicação de fibras naturais são amplamente estudadas, principalmente, nos últimos anos, como forma de desenvolver produtos que tenham propriedades mecânicas adequadas bem como aproveitar materiais de origem renovável. Neste trabalho, a estratégia foi aplicar fibras de pupunheira, na forma de tramas bidimensionais, em compósitos de resina poliéster insaturado com fibra de vidro e avaliar o efeito dessa aplicação no desempenho mecânico, na degradação térmica e na taxa de absorção de água. Confeccionaram-se compósitos com a proporção de matriz e fibras 90/10% (m/m). A razão percentual entre as fibras variou entre 12 e 26%. Os compósitos foram submetidos a análises de resistência a tração (ASTM D638-2a), impacto Izod (ASTM D256-06) e análise térmica (TGA), sendo as fraturas observadas ao MEV. Determinou-se também o perfil de absorção de água (ASTM D570-98). Os ensaios de tração indicaram que o desempenho mecânico não foi comprometido ao aplicar as fibras de pupunheira nesse percentual. Os resultados de resistência sob impacto indicaram um aumento de 94% no desempenho do compósito contendo 19% de fibra natural, em relação ao que continha apenas a fibra de vidro como reforço. As micrografias demonstraram que a interface matriz/fibra natural continua sendo um fator determinante para os resultados, principalmente nos ensaios de tração. Com relação a degradação térmica houve um decréscimo de 22 °C na T_{onset} dos híbridos em relação aquele apenas com fibra de vidro. O perfil de absorção de água indica que esses compósitos absorvem menos de 2,8% de água em 840h de ensaio.

Palavras-chave: fibra de pupunheira; compósitos híbridos; resina poliéster.

Abstract:

Alternatives to the use of natural fibers are widely studied, especially in recent years, as a way of developing products that have appropriate mechanical properties and take materials from renewable sources. In this work, the strategy was to apply peach palm fibers in the form of two-dimensional weaves, in composites of unsaturated polyester resin with glass fiber and evaluate the effect of that application in mechanical performance, the thermal degradation and the rate of absorption of water. The composites were fabricated loading matrix with 10% wt of fibers. The percentage ratio between the fibers ranged between 12 and 26% of natural fiber content. The composites were submitted to analysis of a tensile strength (ASTM D638-2a), Izod impact (ASTM D256-06) and thermal analysis (TGA). The fractures observed in SEM. It was also performed the experiment of profile of water absorption (ASTM D570-98). The application of weaves of peach palm fibers was not compromised the performance of hybrid under strength stress. The results of Izod impact strength indicated an increase of 94% in the performance of the composite containing 19% of the natural fiber compared to glass fiber composite (GFC). The micrographs showed that the interface matrix/natural fiber is still a determining factor for the results, especially in tensile assays. With respect to TGA, the results showed that the T_{onset} was decreased of 22 °C to hybrids in relation to one glass fiber reinforce. The profile of water absorption tests indicates that hybrids composites absorb less than 2.8% of water in 840h.

Keywords: peach palm fiber; hybrid composites; polyester resin.

1. Introdução

A ascensão dos materiais compósitos tem sido facilitada pela introdução de novos materiais, melhorias nos processos de fabricação e desenvolvimento de novos métodos analíticos de teste ^[1].

Assim, criar alternativas torna-se imperativo e por isso a aplicação de matérias-primas de fontes renováveis é objeto de diversos estudos, devido ao seu potencial na substituição de derivados petroquímicos, de onde surgem os biopolímeros e os biocompósitos ^[2,3].

Destaca-se aqui a importância em substituir total ou parcialmente a fibra de vidro, cujo emprego é comum, mas é um material de difícil reaproveitamento, tornando a geração de resíduos dessa natureza um problema quanto a sua reutilização e disposição final ^[4].

As fibras vegetais apresentam vantagens importantes como: baixo custo, baixa densidade, boa resistência mecânica, baixa abrasividade aos equipamentos de processo e também por serem provenientes de fontes renováveis de matéria-prima disponível em todo o mundo. Além disto, essas fibras são biodegradáveis e não são tóxicas ou poluentes, de modo que o seu descarte não acarreta problemas ambientais, apresentando ainda uma boa razão

custo/benefício para serem usadas como reforço em matrizes poliméricas ^[5,6,7,8].

A aplicação de materiais compósitos com fibras vegetais como reforço já está bem estabelecida e destaca-se em alguns setores como o de peças automotivas ^[9], de materiais para a construção civil e para a indústria de embalagens rígidas ^[3]. Quanto a aplicação de fibras de pupunheira em compósitos especificamente, verifica-se que não estão reportadas em literatura, exceto nos trabalhos desenvolvidos pelo grupo de Materiais Poliméricos da UNIVILLE desde 2005 e publicados a partir de então. Os estudos do grupo baseiam-se na aplicação de diferentes partes da pupunheira como carga em compósitos tendo como matriz a resina de poliéster insaturado ortoftálica. A proposta do grupo é gerar alternativas para agregar valor à fibra vegetal, de modo que possa ter um uso mais nobre do que o atual: cama e alimento para animais ^[10,11,12]. A estratégia de aplicar a fibra de pupunheira na forma de trama bidimensional em compósitos para compor um híbrido com fibra de vidro recai sobre o fato de que os estudos anteriores apontaram que essas fibras assim arrançadas melhoraram a propriedade de resistência sob impacto ^[12], mas o módulo de elasticidade e a

resistência a tração foram pouco alterados.

Sob essa perspectiva e considerando os trabalhos anteriores, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de tramas bidimensionais de fibras dos segmentos foliares de pupunheira de forma híbrida com fibra de vidro em compósitos de resina poliéster insaturada no desempenho mecânico e na taxa de absorção de água desse material.

2. Metodologia

O trabalho foi organizado em etapas conforme apresenta o fluxograma abaixo.

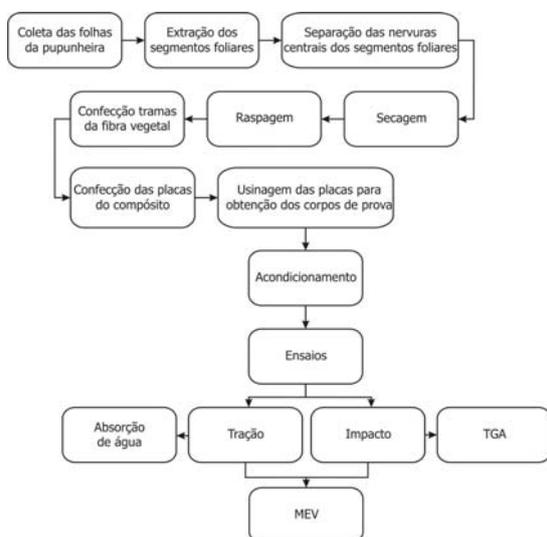


Figura 1: Fluxograma das etapas realizadas para a obtenção dos corpos de prova para realização dos ensaios.

As folhas da pupunheira (Figura 2 (a)) utilizadas para a extração dos

segmentos foliares (Figura 2 (b)) e posteriormente das fibras foram coletadas no mesmo dia do corte da planta para a extração do palmito em propriedade particular localizada na Estrada Quiriri, SC 301, na região de Joinville, SC.

As nervuras centrais dos segmentos foliares (Figura 2 (c)) foram separadas uma a uma (Figura 2 (d)) sendo posteriormente submetidas a um processo de raspagem com faca para retirada de resíduos clorofilados (Figura 2 (e)) obtendo-se dessa forma o que se denomina fibra natural (FN) neste trabalho. Posteriormente as fibras foram cortadas de acordo com o tamanho dos moldes utilizados como referência.

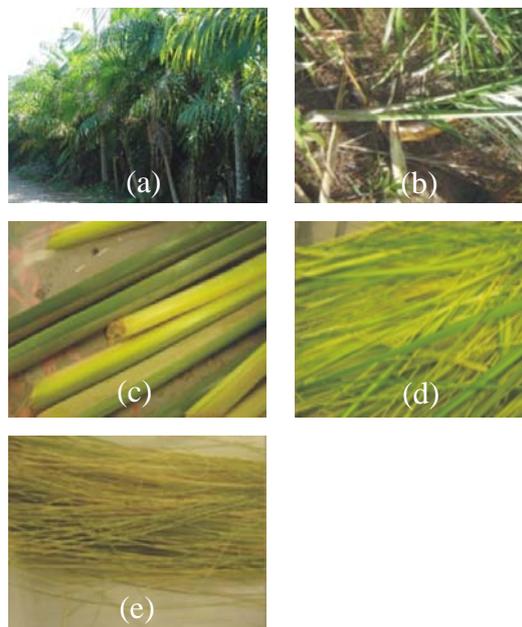


Figura 2: Imagens do processo de obtenção da fibra da pupunheira.

Em seguida as fibras foram tramadas em suportes de elastômero. Para isso as fibras foram fixadas por diversos furos com espaçamento de 1 cm, intercalando-as perpendicularmente conforme mostra a Figura 3 (a). A manutenção do espaçamento de 1 cm de uma para outra foi mantido pincelando-se nas fibras das extremidades da trama, a mesma resina utilizada como matriz para garantir a firmeza e estabilidade da trama evitando o desarranjo das fibras (Figura 3 (b)).

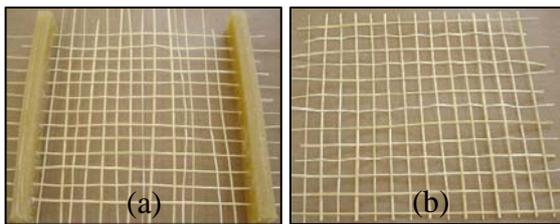


Figura 3: Fibras tramadas em suporte de elastômero de poliuretano e ajustadas com espaçamento de 1cm.

Como matriz para confecção dos compósitos, foi utilizada a resina poliéster insaturada do tipo ortoftálica, pré acelerada, dissolvida em monômero de estireno.

Para a cura desta resina, foi utilizado de 1 a 2,5% de peróxido de metiletilcetona (MEK-P) conforme informações do fabricante.

Para a confecção dos corpos de prova foram utilizadas fibras de vidro (FV) em forma de mantas, sendo estas fabricadas

através de distribuição uniforme e aleatória, originando no plano da manta, laminados com propriedades isotrópicas.

Foram confeccionadas placas contendo as seguintes proporções de matriz e fibras 90/10% (m/m) (sendo os 10% de fibras composto por diferentes proporções de mantas de fibra de vidro + tramas de fibra vegetal). Empregaram-se como controle, compósitos obtidos apenas com fibra de vidro e corpos de prova de resina pura.

Na tabela 1 a seguir, apresentam-se as composições dos corpos de prova para tração e impacto, bem como o volume do molde, massas de resina e fibras e percentual de fibra natural em cada compósito.

Tabela 1: Características dos corpos de prova confeccionados para os ensaios de resistência a tração e ao impacto.

Composição	90% matriz	10% fibra		Massa fibra natural em (%)
	Massa resina (g)	Massa fibra de vidro (g)	Massa fibra natural (g)	
Tração	Resina	268,17	-	-
	1FV/1FN	234,00	22,11	3,88
	1FV/1FN/1FV	234,00	21,20	4,87
	Fibra de vidro	234,00	26,00	-
Impacto	Resina	218,40	-	-
	2FN/4FV	201,10	19,72	2,62
	3FN/5FV	196,56	17,72	4,12
	4FN/4FV	196,56	16,15	5,68
	Fibra de vidro	196,56	21,84	-

Para avaliar a resistência sob impacto foi possível trabalhar com proporções entre a fibra natural e a fibra de vidro de

forma diversa. Nessas composições a fibra natural pode ser incorporada em aproximadamente 12%, 19% e 26% m/m da quantidade total de fibra nos compósitos.

Depois de confeccionadas, as placas foram submetidas à usinagem para produção dos corpos de prova. Esses corpos de prova foram climatizados a temperatura de 23°C (\pm 2°C) e umidade relativa de 50% (\pm 5%) durante pelo menos 48 horas, conforme norma ASTM 618.

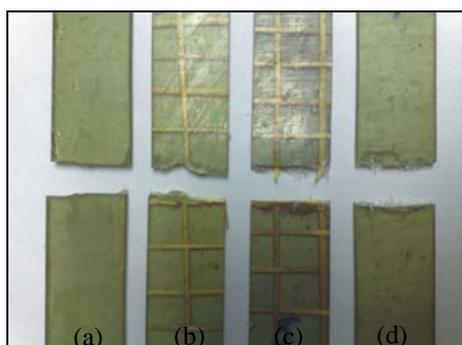


Figura 4: Corpos de prova submetidos ao ensaio de tração (a) resina, (b) 1FV/1FN, (c) 1FV/1FN/1FV e (d) FV.

As dimensões dos corpos de prova, bem como os ensaios para a determinação das propriedades de resistência à tração, módulo de elasticidade e alongamento na ruptura foram estimados segundo a norma ASTM D638-02a.

Os ensaios de resistência sob impacto, método Izod, bem como as dimensões dos corpos de prova foram avaliados

foram realizadas de acordo com as normas ASTM D256-06.

Realizaram-se ensaios de absorção de água dos compósitos conforme a norma ASTM D570-98 (2005). Os corpos de prova dos compósitos foram usinados, secos em estufa a vácuo por $(50 \pm 3)^\circ\text{C}$ por 24 horas, resfriados em um dessecador e obtidas imediatamente suas massas em balança analítica de 0,1mg de precisão. Durante esse ensaio, as amostras foram condicionadas imersas em água destilada, mantidas a $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ por um longo período de tempo, sendo removidas da água num primeiro período de 24 horas, secas com papel toalha na superfície para a retirada da úmido excesso de água, medidas suas massas em balança analítica e novamente recolocadas na água. Esse procedimento de imersão e pesagem foi repetido após uma semana, e posteriormente de duas em duas semanas até que a média das massas fosse menor que 1% do total do aumento da massa ou 5 mg. Neste caso a amostra pode ser considerada saturada. A diferença entre a amostra saturada e a amostra seca pode ser considerada como a água absorvida pelo corpo de prova.

Todos os ensaios foram realizados em quintuplicata para cada composição.

Os valores de média e desvio padrão foram determinados para cada conjunto

de condições para proceder-se a análises dos resultados.

Para a avaliação do grau de adesão interfacial do material vegetal foram observadas as fraturas dos ensaios mecânicos ao microscópio eletrônica de varredura (MEV) após serem revestidos com uma fina camada de ouro.

A determinação das propriedades térmicas dos compósitos confeccionados foi realizada por análise termogravimétrica (TGA), no intervalo de temperatura entre 25 e 800 °C a uma taxa de aquecimento de 10°/min em atmosfera inerte (nitrogênio).

3. Resultados

Para os ensaios de tração, foram submetidos 04 (quatro) padrões de amostras conforme apresentado na Tabela 1.

Cabe ressaltar que não foi possível realizar outras proporções de fibra natural para os corpos de prova submetidos ao ensaio de tração devido ao volume dessas fibras, pois esse incremento elevaria a espessura do corpo de prova, não tornando possível confeccioná-los dentro do padrão normatizado.

As composições dos corpos de prova submetidos aos ensaios e seu

comparativo da resistência à tração podem ser observados no Gráfico 1 a seguir.

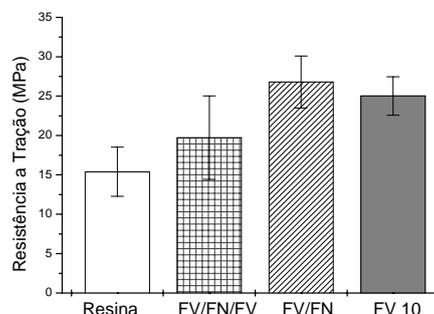


Gráfico 1: Comparativo de resistência a tração dos diferentes corpos de prova submetidos ao ensaio.

De acordo com essa figura nota-se que o corpo de prova confeccionado somente com resina apresentou uma baixa resistência à tração, relativamente aos demais, devido a inexistência de reforços (fibra).

Analisando-se os compósitos, verifica-se que os valores registrados de resistência à tração não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Logo a inclusão da trama de fibras de pupunheira manteve esse desempenho mecânico.

Cabe registrar que amostra FV/FN/FV mostrou um valor médio inferior, 19 MPa, em relação aos demais compósitos. Atribuiu-se esse ao efeito do desdobramento das mantas de fibra de vidro aplicadas nessa amostra. Para a

construção desse material abriu-se a manta de fibra de vidro para colocar no meio dela a trama de fibra natural. Considerando que houve a manutenção da proporção matriz/fibra adotada para os outros corpos de prova e a quantidade em massa de fibra de vidro semelhante, sugere-se que o desarranjo da manta de fibra de vidro durante a confecção dos corpos de prova foi a causa da perda de resistência à tração.

John e Naidu (2004)^[13], realizaram ensaios com compósitos híbridos contendo como reforço fibra de vidro e fibra de sisal, obtendo 25,93 MPa de resistência à tração para compósitos contendo 75% de fibra de vidro e 25% de fibra de sisal para 5% em volume de fibra em relação à matriz (resina poliéster insaturado).

Vieira (2008)^[14] obteve valores próximos ao resultado obtido com o compósito FV/FN em compósitos híbridos contendo 25% de fibra atuando como reforço, sendo deste percentual 75% de fibra de sisal.

Os valores obtidos para os híbridos nesse ensaio ficam próximos aos estudados por Farias (2009)^[12], tanto para o compósito contendo apenas uma trama de fibra natural da pupunheira (27,6 MPa) quanto para o compósito contendo 10% de fibra de vidro (28,7 MPa).

Os resultados de alongamento (Gráfico 2) mostram que esse parâmetro não apresentou valores significativamente diferentes, embora, a exemplo do ensaio de tração, o compósito confeccionado com uma manta de fibra de vidro e uma trama de fibra natural apresentou valores na ordem de 5,5%.

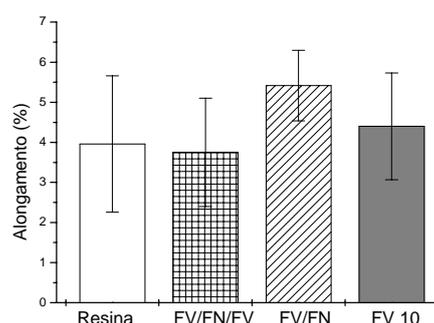


Gráfico 2: Comparativo do alongamento dos diferentes corpos de prova submetidos a análise.

O módulo de elasticidade não sofreu variações consideráveis para os compósitos, permanecendo na faixa de 5,5 GPa (Gráfico 3). Esta grandeza parece não ter sido influenciada pelo desdobramento das mantas de fibra de vidro, como observado nos valores de resistência à tração e alongamento. Para essa propriedade, os corpos de prova confeccionados apenas com resina também que apresentaram valores inferiores aos compósitos.

Os valores do módulo de elasticidade dos compósitos registrados neste estudo mostraram-se superiores aos obtidos por

Abdullah-Al-Kafi *et al.* (2006)^[15], para compósitos híbridos de fibra de juta (25%) - fibra de vidro em poliéster, com percentual total de fibra de 25% em relação a matriz, onde o valor máximo ficou próximo de 4 GPa para o híbrido com fibra de vidro e de juta com tratamento UV.

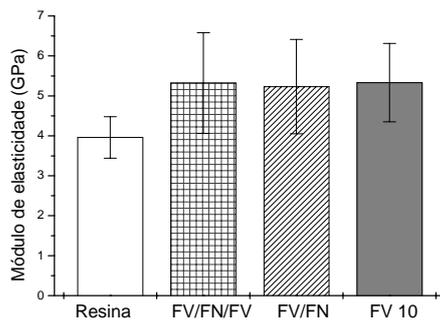


Gráfico 3: Comparativo do módulo de elasticidade dos diferentes corpos de prova submetidos a análise.

Para o ensaio de impacto, considerando a espessura dos corpos de prova, pôde-se variar o percentual da fibra natural em relação à fibra de vidro, conforme já apresentado na Tabela 1.

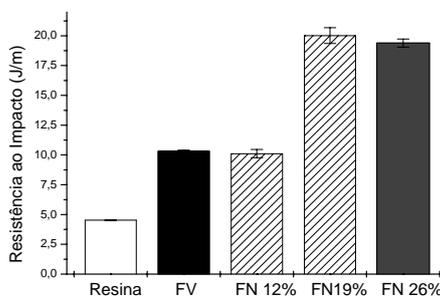


Gráfico 4: Comparativo de resistência ao impacto dos diferentes corpos de prova submetidos a análise.

Nesse ensaio verificou-se que a resina pura possui baixa resistência e que a presença de 10% de fibra de vidro duplicou seu valor. Observou-se também que a presença de tramas de fibra natural altera o comportamento do compósito em relação ao desempenho sob impacto.

A presença de 12% de fibra natural mantém o desempenho obtido quando da presença apenas de fibra de vidro. Merece destaque o efeito do aumento de 7% na proporção de fibra natural entre as amostras FN 12% e FN 19%. Para esse último, o valor registrado para essa propriedade duplica, apresentando valores próximos aos 20 J/m, sendo este conservado com o acréscimo de mais uma trama (correspondendo à amostra FN 26%).

Esse fato poderia estar relacionado a possível diferença de posição do entalhe considerando-se as faces do corpo de prova, uma vez que a disposição de cada tipo de fibra não é simétrica ao longo da espessura do compósito confeccionado.

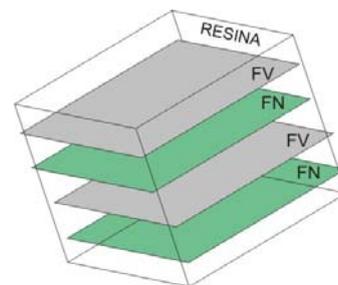


Figura 5: Modelo esquemático da disposição das fibras/tramas para a confecção dos corpos de prova.

Entretanto verificou-se que todos os corpos de prova foram entalhados na mesma face, ou seja, naquela em que estava presente, na ordem, resina e fibra natural. Com essa hipótese descartada, sugere-se que o efeito é relativo à obtenção de uma proporção ótima fibra de vidro/trama de fibra natural.

Um fator importante quando se trabalha com fibras de origens distintas é que elas apresentam densidades diferentes. Nos ensaios sob impacto, foi possível uma variação maior de composições relativas: fibra de vidro/fibra natural, em virtude da espessura dos corpos de prova.

Dessa forma, considerando a densidade da fibra de vidro ($2,55\text{g/cm}^3$) e da fibra de pupunheira ($0,77\text{g/cm}^3$) as composições dos híbridos estudados, em volume correspondem à:

- amostra FN 12% - 68,6% de fibra de vidro e 31,4% de fibra natural em volume;
- amostra FN 19% - 57,5% de fibra de vidro e 42,5% de fibra natural em volume;
- amostra FN 26% - 48,5% de fibra de vidro e 51,5% de fibra natural.

Sob esse aspecto percebe-se que foi possível obter compósitos com até 50% de fibra natural e que acima de 43% em volume de fibras tramadas, a resistência sob impacto é duplicada.

Após realizados os ensaios de resistência à tração e ao impacto, as fraturas dos corpos de prova foram observadas ao MEV.

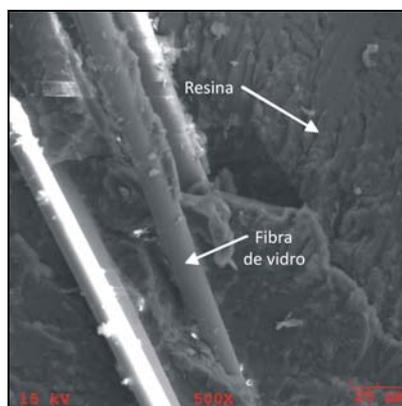


Figura 5: Micrografia da fratura do corpo de prova confeccionado com fibra de vidro submetido ao ensaio de tração.

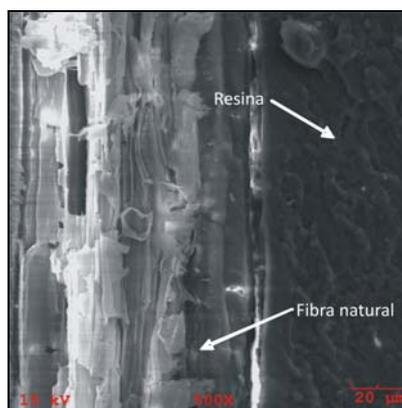


Figura 6: Corpo de prova confeccionado com uma manta de fibra de vidro e uma trama de fibra natural submetido ao ensaio de tração.

As imagens mostram a textura das fibras de vidro (Figura 5) e vegetal (Figura 6), além da interface com a matriz. A fibra de vidro possui superfície lisa e está levemente acima do plano da superfície polimérica o que indica a transferência de carga da matriz a esse

reforço durante o esforço mecânico. Observa-se também uma trinca na matriz localizada entre duas fibras o que sugere uma forte interação entre elas.

Com relação ao comportamento térmico dos compósitos preparados para o ensaio de impacto, o ensaio de degradação térmica permitiu obter as curvas apresentadas no Gráfico 5, onde se observou que o processo de degradação ocorre em uma única etapa. Os valores de T_{onset} , T_{pico} e perda de massa são indicados na Tabela 2.

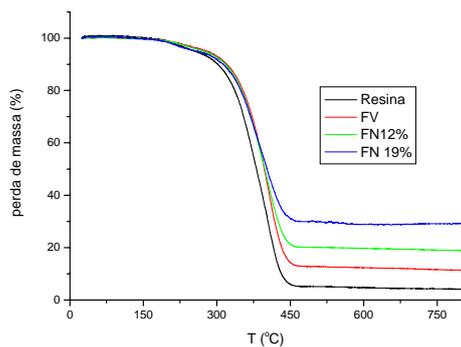


Gráfico 5: Comportamento térmico dos compósitos submetidos ao ensaio de degradação térmica.

A partir das informações obtidas nessa análise, verifica-se, como era esperado, que o acréscimo de material vegetal reduziu sensivelmente as duas temperaturas, quando se comparou à resina pura. Efeito inverso foi observado da presença exclusiva de fibra de vidro, que chega a aumentar em aproximadamente 18 °C a T_{onset} .

Tabela 4: Valores de T_{onset} , T_{pico} e perda de massa dos compósitos submetidos ao ensaio de degradação térmica.

Amostra	T_{onset} (°C)	T_{pico} (°C)	Perda de massa (%)
Resina	341,9	403,2	96,42
FV	359,8	409,8	88,62
FN 12%	337,9	407,9	80,98
FN 19%	336,5	404,1	70,91

As T_{pico} registradas para os compósitos híbridos mantiveram-se entre os valores registrados para a resina pura e somente com fibra de vidro, obedecendo a relação de quanto menor quantidade relativa de fibra de vidro mais próxima da temperatura registrada para a resina.

Esses valores sugerem que é possível aplicar os compósitos com até 19% de fibras naturais desde que a temperatura de trabalho seja inferior a 300 °C.

Por outro lado, registrou-se menor perda de massa a medida que a quantidade de fibra natural foi crescente.

Esperava-se que o material vegetal fosse ser completamente decomposto durante essa análise, considerando o intervalo de temperatura aplicado.

Segundo Santos (2008)^[10], a perda de massa registrada para compósitos com 10% de fibra de pupunheira foi de 79%, semelhante ao obtido nesse estudo para a composição FN 12%, o que indica que a presença da fibra de vidro, neste caso, não influencia a degradação térmica do

compósito que apresenta fibra natural de pupunheira.

O ensaio de absorção de água foi realizado com os mesmos compósitos submetidos ao ensaio de tração, e os percentuais de absorção são mostrados no Gráfico 6:

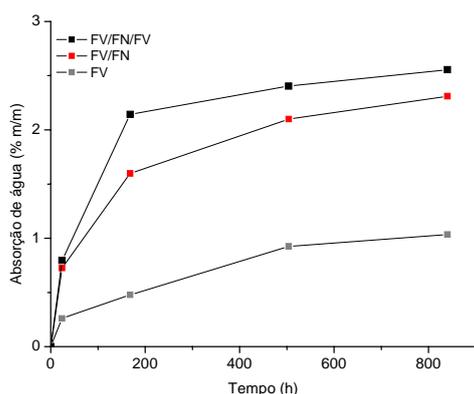


Gráfico 6: Percentual de absorção de água dos compósitos submetidos ao ensaio.

Os valores resultantes do ensaio indicam que o corpo de prova contendo como reforço apenas fibra de vidro registrou os menores valores de absorção de água, como era esperado, devido a inexistência de matéria vegetal, absorvendo ao final de 840 horas aproximadamente 1% de água. Já o compósito que mais absorveu água foi o confeccionado com duas mantas de fibra de vidro e uma trama de fibra natural intercaladas (FV/FN/FV). Esse fato foi atribuído ao desarranjo da manta para a confecção do compósito. Para essa composição, a absorção de água foi de 2,7%.

Os corpos de prova FV/FN absorveram, em 168 horas, 25% menos água que as amostras FV/FN/FV. Entretanto, essa diferença reduz a 9,8% em 840 horas, o que indica que no decorrer do tempo essas amostras apresentarão valores semelhantes, porém, não ultrapassando 3% de absorção de água.

Durante os ensaios foi possível observar que a permeação da água ocorre mais intensamente nas regiões usinadas dos corpos de prova, onde as bordas das tramas de fibra estão expostas. Acredita-se que esse efeito pode ser minimizado, com a impermeabilização desses pontos com a própria resina.

Silva *et al* (2008)^[9] registraram, em seu estudo com compósitos híbridos de fibras de curauá e vidro, um percentual próximo de 2% de absorção de água após aproximadamente 4500 horas, valor semelhante ao registrado para as amostras FV/FN.

Já Vieira (2008)^[14] obteve esse mesmo percentual de absorção de água para compósitos híbridos com 25% de fibra de fibra, sendo estas compostas por 50% de fibra de sisal e 50% de fibra de vidro em volume.

4. Conclusões

Nos ensaios de tração, a inserção das tramas de fibras naturais não alterou significativamente os resultados quando comparados com os corpos de prova confeccionados apenas com fibra de vidro como reforço. Esses resultados indicam a viabilidade em aplicar as fibras de pupunheira, no percentual de 10 %, sem comprometer o desempenho mecânico previsto para os compósitos.

A partir dos dados apresentados, de resistência sob impacto, pode-se concluir que aplicação das tramas da fibra da pupunheira permitiu ampliar em 94% esse desempenho, caso do compósito contendo 19% de fibra natural, relativamente aos corpos de prova que utilizaram apenas a fibra de vidro como reforço.

Porém, de acordo com o que foi observado nas micrografias, a interface matriz/fibra natural continua sendo o principal fator determinante para os resultados de ensaios de resistência mecânica, principalmente nos ensaios de tração.

Com relação a degradação térmica, concluiu-se que a incorporação de fibra natural no compósito pode ser realizada sem problemas para temperaturas de trabalho inferiores a 300°C.

O perfil de absorção de água dos corpos de prova quando submersos indica que esses compósitos absorvem menos de 3% de água.

Esse conjunto de resultados demonstra que esses compósitos apresentam potencial para a fabricação de produtos que possam demandar grande resistência ao impacto, desempenho sob tração semelhante aos com fibra de vidro (10%) e exposição a temperaturas de até 300 °C. Entretanto, não devem ser aplicados para produtos que necessitem manterem-se submersos em água a temperatura ambiente.

Consideração importante a ser comentada foi o fato da abertura da manta de fibra de vidro para intercalar com a trama de fibra natural na confecção do compósito. Observou-se que esta ação reflete-se no desempenho da resistência à tração desses compósitos devido a simples manipulação da fibra de vidro.

Referências

- [1] CARVALHO, L. H. *Compósitos Poliméricos Reforçados por Fibras Vegetais*. DEMa/CCT/UFCG. 2003.
- [2] ARAÚJO, C. R. *Cinética de Decomposição Térmica de Compósitos Poliméricos com Fibras de Curauá*. Rio

- de Janeiro, 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [3] MOHANTY, A. K., MISRA, M., DZRAL, L.T. *Natural fibers, biopolymers and biocomposites*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.
- [4] SANTOS, A. S. *Estudo da viabilidade de aplicação de fibras da pupunheira (Bactris gasipaes H.B.K) como alternativa à fibra de vidro no desenvolvimento de produtos*. Joinville 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade da Região de Joinville.
- [5] BLEDZKI AK, GASSAN J. Composites reinforced with cellulose based fibers. *Prog Polym Sci*, 1999; 24:221-74.
- [6] CARVALHO, L. H.; CAVALCANTI, W. S. *Propriedades mecânicas de tração de compósitos poliéster/tecidos híbridos sisal/vidro*. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 16, nº 1, p. 33-37, 2006.
- [7] MOTHÉ, Cheila G.; ARAUJO, Carla R. Caracterização Térmica e Mecânica de Compósitos de Poliuretano com Fibras de Curauá. *Escola de Química, UFRJ Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 14, nº 4, p. 274-278, 2004.
- [8] FREIRE, E.; KLOHN, Tobias Guagliardo. Processabilidade e propriedades mecânicas de compósitos estirênicos com fibras naturais e químicas. *In: XIV Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS*, 2006. Caxias do Sul, 2006.
- [9] SILVA, R.V.; AQUINO, E.M.F.; RODRIGUES, L.P.S.; BARROS, A.R.F.. Desenvolvimento de um compósito laminado híbrido com fibras natural e sintética. *Revista Matéria*, v. 13, n. 1, pp. 154 – 161, 2008.
- [10] SANTOS, A. S.; FARINA, M. Z. ; PEZZIN, A. P. T. ; SILVA, D. A. K. The Application of Peach Palm-Fibers as Alternative of Fiber Reinforced Polyester Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2008, v. 27, p. 1805-1817.
- [11] MIRANDA, Marcos Aurélio. *Avaliação das propriedades mecânicas: tração e impacto, para matriz de poliéster insaturada reforçada com pó da pupunheira (Bactris gasipaes h.b.k.)*. Joinville 2007. TCC - Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE.
- [12] FARIAS, M. A. de ; FARINA, M. Z. ; PEZZIN, A. P. T. ; SILVA, D. A. K. Unsaturated polyester composites reinforced with fiber and power of peach palm: mechanical characterization and water absorption profile. *Materials Science & Engineering. C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems*, 2009, v. 29, p. 510-513.
- [13] JOHN, K; NAIDU, S. V. Tensile Properties of Unsaturated Polyester-

Based Sisal Fiber-Glass Fiber Hybrid Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2004. Vol. 23, No. 17/2004.

[14] VIEIRA, Cristiane A. B. *Avaliação de Processos de Fabricação de Mantas Híbridas de Fibra de Vidro e Sisal em Compósitos Poliméricos*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul, 2008.

[15] ABDULLAH-AL-KAFI; ABEDIN, M. Z.; BEG, M. D. H. and PICKERING; KHAN, K. L.; MUBARAK, A. Study on the Mechanical Properties of Jute/Glass Fiber-reinforced Unsaturated Polyester Hybrid Composites: Effect of Surface Modification by Ultraviolet Radiation. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 25, No. 6/2006.