

NOVA UTILIZAÇÃO PARA SUB-PRODUTOS DA CANA, ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA E CELULIGNINA, PODERÁ SUBSTITUIR PRODUTOS DE MADEIRA

Regina Coeli M. Paes Aquino¹, José Roberto Moraes
d'Almeida² e Sérgio Neves Monteiro³

¹M. Sc. Engenharia de Materiais, Arquiteta, licenciada em construção civil, especialista em educação, professora do CEFET Campos e Doutoranda do Laboratório de Materiais Avançados do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense

²D. Sc. Engenharia de Materiais, Professor Assistente do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

³Ph. D., Engenharia dos Materiais, Professor Titular do Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV e Diretor do Centro de Ciência e Tecnologia - CCT, da Universidade Estadual do Norte Fluminense

ARTIGO

Resumo

A celulignina é um composto natural derivado da transformação físico-química da celulose e que encontra utilização como ração animal e combustível alternativo. Por possuir uma microestrutura fibrosa, a celulignina poderia ser utilizada como elemento de reforço em compósitos. Assim, no presente trabalho foi realizada uma investigação relativa ao emprego da celulignina como fase reforçadora em compósitos de matriz polimérica. Os resultados obtidos mostram que estes compósitos poliméricos possuem um potencial de competitividade com produtos industriais à base de madeira.

1 Introdução

A região Norte Fluminense dispõe de um grande potencial de biomassa, centrado, sobretudo, em resíduos da cultura da cana de açúcar, como, por exemplo, pontas, palhas e

sobras de bagaço. Além disto, existem, na região, outras fontes de biomassa como resíduos de fruticultura, horticultura e capineiras. Particularmente, em relação à cultura da cana, uma parcela significativa desta biomassa é queimada durante a colheita. Este procedimento apresenta diversos inconvenientes, pois contribui para o contínuo aumento da acidez do solo e provoca poluição atmosférica na forma de fumaça e partículas suspensas no ar, levando, assim, a uma contínua deterioração da qualidade ambiental da região.

Entretanto, esta biomassa pode ser processada para obtenção de diversos subprodutos. A transformação química por pré-hidrólise ácida de biomassa pode gerar um produto conhecido como celulignina, além de outros produtos, como a xilose. A celulignina é um produto de particular interesse pois, para sua produção, o consumo de energia é baixo e ela pode ser produzida em equipamentos móveis, evitando o transporte da biomassa

bruta [1]. A celulignina é composta de celulose e lignina e, atualmente, é empregada apenas como ração animal. Este material apresenta, entretanto, como uma de suas principais características, um alto teor calorífico, o que permite seu emprego como um excelente combustível. Qualquer caldeira ou termoelétrica está apta a receber celulignina mediante apenas substituição dos queimadores.

Uma outra possível alternativa para um emprego mais nobre da celulignina seria utilizá-la como reforço em compósitos de matriz polimérica. Estes compósitos teriam como principal atrativo o baixo custo e poderiam ser usados como substitutos alternativos para os aglomerados de madeira. Desta forma, este trabalho tem por objetivo estudar as propriedades mecânicas de compósitos de matriz polimérica com celulignina. É avaliado, também, o efeito que o processamento da matriz e a pressão de moldagem exercem sobre o comportamento final dos compósitos fabricados.

2 Materiais e Métodos Experimentais

A celulignina empregada neste trabalho foi obtida da digestão ácida da hemicelulose em reatores revestidos com titânio e operando à temperatura de 160 °C sob 6 atm de pressão, o que permite o aproveitamento de qualquer tipo de biomassa. O material obtido consiste de um pó fino de coloração marrom escura, com tamanho de partículas variando entre 30 e 80 mesh (600 a 800 µm).

As etapas de processamento da biomassa consistem na passagem da mesma por um picador, um compactador, no reator acima mencionado, em um secador e finalmente no moinho para atingirmos a celulignina em pó.

Para que se tenha uma idéia geral das alternativas de produção de materiais compósitos a partir de biomassas contendo celulose, como a madeira e o bagaço da cana de açúcar, a Figura 1 apresenta o diagrama com o fluxograma de processamento que serviu de base para a metodologia empregada neste trabalho.

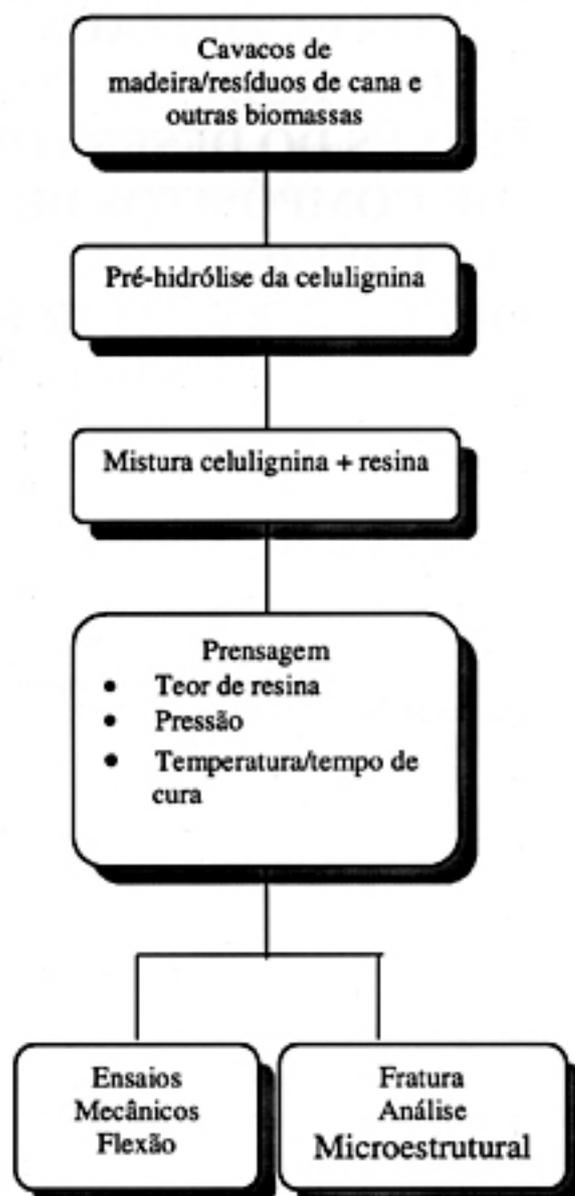


Figura 1: Fluxograma do Processamento do Compósito de Celulignina

Como matriz, utilizaram-se as resinas uréia-formaldeído, poliéster e epoxi.

A resina uréia formaldeído (UF) encontra-se no grupo das resinas termorrígidas que, uma vez aquecidas, atingem um estado de rigidez irreversível. A resina em questão é solúvel em água em seu estado inicial, sendo nessa forma usada para impregnar a substância a que será misturada - usualmente a celulose, tendo por finalidade melhorar as propriedades do produto acabado. Em um estágio posterior de desidratação, há formação das ligações cruzadas, que conferem o estado termorrígido à resina.

A resina poliéster, encontrada também no grupo das resinas termorrígidas, não é solúvel em água e sua formulação se dá na razão de 10 partes em peso de resina para 0,5 partes de endurecedor.

Já a resina epoxi possui baixa viscosidade e rapidamente se converte à fase termofixa pela mistura de agentes de cura apropriados, sendo solúvel em solventes halogenados. A formulação da resina foi feita na razão estequiométrica, ou seja, 100 partes de resina em peso para treze partes do endurecedor.

Os compósitos foram preparados misturando-se a celulignina com a resina em um misturador orbital. A resina foi adicionada na forma de spray. Os compósitos foram fabricados variando-se a quantidade de resina entre 10 e 50%. Após esta etapa de homogeneização e mistura, o material foi compactado em uma prensa hidráulica. Para a realização desta etapa, foi empregada uma matriz retangular de aço e um conjunto de pistões de aço. Este procedimento permitiu obter, diretamente da prensa, barras com as dimensões de 114 x 25 x 12mm, apropriadas para a caracterização mecânica.

Os materiais fabricados foram, então, testados em flexão em três pontos para determinação da tensão de ruptura, s , empregando-se uma máquina de ensaios de 100kN de capacidade. A velocidade de ensaio utilizada foi de 1mm/min e, em média, 6 corpos de prova foram testados para cada material analisado.

A tensão de ruptura à flexão estática (T_r) é determinada a partir da relação:

$$T_r = \frac{3F_{\max}L}{2Ie^2}$$

sendo:

T_r = tensão de ruptura à flexão estática, em N/mm²;

F_{\max} = carga de ruptura, em N;

L = distância entre os centros dos apoios, em mm;

I = largura do corpo de prova, em mm

e = espessura do corpo de prova, em mm.

A caracterização microestrutural dos corpos de prova produzidos foi feita por microscopia eletrônica de varredura (MEV), sendo empregado um microscópio marca Zeiss, modelo DSM 962.

A preparação das amostras para MEV foi feita fixando as superfícies de fratura com fita de carbono e cola à base de prata em suportes específicos. As amostras foram, em seguida, metalizadas com ouro. O comportamento da celulignina em relação à resina, ou seja, a quantidade de poros, trincas e aderência da matriz à celulignina, foi analisado através desta caracterização.

3 Resultados e Discussões

3.1 Variação das Propriedades dos Compósitos com carga de celulignina e matrizes poliméricas diversas, com pressão de moldagem de 70 MPa.

Na tabela 1, estão mostrados os resultados obtidos para a tensão de ruptura e a densidade dos compósitos de celulignina preparados com as diferentes matrizes poliméricas com pressão de moldagem de 70 MPa.

As figuras 2 e 3 ilustram a variação das propriedades em função do percentual de resina UF, epoxi e poliéster. Na figura 2, pode-se observar que, para cada fração volumétrica constante, a resina poliéster apresenta os maiores valores.

Já para a resistência à flexão, os maiores valores foram obtidos usando a resina epoxi, conforme figura 3.

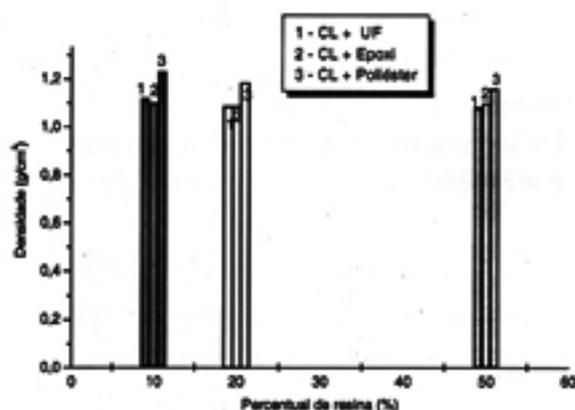


Figura 2 – Variação da densidade

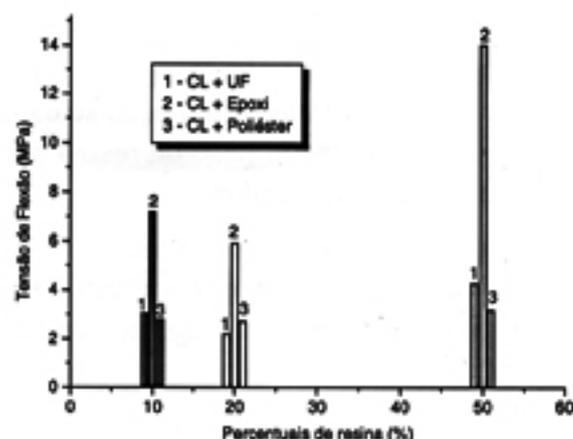


Figura 3 – Variação da tensão de flexão

TABELA 1 - QUADRO COMPARATIVO DA INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS COMPÓSITOS FABRICADOS COM PRESSÃO DE MOLDAGEM DE 70 MPa, COM CARGA DE CELULIGNINA (42 E 65 MESH) E MATRIZES POLIMÉRICAS DIVERSAS.

Proporção da Matriz	Propriedade	Componentes do Compósito		
		CL + UF	CL + EPOXI	CL + POLIÉSTER
10%	DENSIDADE (g/cm ³)	1,12 ± 0,06	1,10 ± 0,02	1,23 ± 0,04
	TENSÃO (MPa)	3,07 ± 0,62	7,20 ± 0,70	2,80 ± 0,28
20%	DENSIDADE (g/cm ³)	1,08 ± 0,01	1,08 ± 0,02	1,18 ± 0,02
	TENSÃO (MPa)	2,21 ± 0,44	5,93 ± 0,90	2,72 ± 0,62
50%	DENSIDADE (g/cm ³)	1,08 ± 0,11	1,10 ± 0,01	1,16 ± 0,03
	TENSÃO (MPa)	4,28 ± 1,70	14,03 ± 1,55	3,20 ± 0,42

3.2 Variação das Propriedades dos compósitos com carga de celulignina e matrizes poliméricas diversas, com pressão na moldagem de 35 MPa.

Na tabela 2, estão mostrados os resultados obtidos para a tensão de ruptura e a densidade dos compósitos de celulignina

preparados com as diferentes matrizes poliméricas com pressão de moldagem de 35 MPa.

As figuras 4 e 5 ilustram a variação da densidade e tensão de flexão, respectivamente, em função percentual de resinas Uréia-Formaldeído, Epoxi e Poliéster, com pressão na moldagem de 35MPa.

TABELA 2 - QUADRO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS COMPÓSITOS FABRICADOS COM PRESSÃO DE MOLDAGEM DE 35 MPa, COM CARGA DE CELULIGNINA (42 A 65 MESH) E MATRIZES POLIMÉRICAS D

Proporção da Matriz	Propriedade	Componentes do Compósito		
		CL + UF	CL + EPOXI	CL + POLIÉSTER
10%	Densidade (g/cm ³)	1,19 ± 0,03	1,19 ± 0,01	1,09 ± 0,60
	Tensão (MPa)	4,15 ± 1,69	5,80 ± 0,06	1,17 ± 0,13
20%	Densidade (g/cm ³)	1,18 ± 0,02	1,16 ± 0,01	1,12 ± 0,01
	Tensão (MPa)	3,83 ± 0,72	6,20 ± 0,90	1,70 ± 1,10
50%	Densidade (g/cm ³)	1,22 ± 0,06	1,13 ± 0,01	1,11 ± 0,09
	Tensão (MPa)	6,71 ± 2,10	13,80 ± 0,70	2,59 ± 0,23

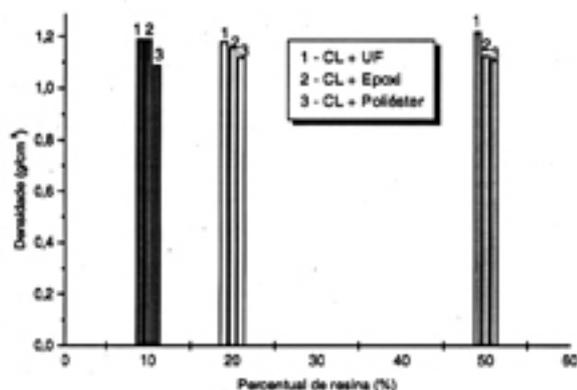


Figura 4 – Variação da densidade

Na figura 4, pode-se observar que, para cada fração volumétrica constante, não houve uma variação significativa dos valores da densidade, não existindo relação entre o aumento do teor de resina e a referida propriedade.

Já na figura 5, pode-se notar que, para cada fração volumétrica constante, a resina epoxi apresentou também os melhores resultados para a tensão de flexão. Já a resina poliéster apresentou os piores resultados. Além disso, existe uma relação direta entre o aumento da fração de resina e os valores da tensão de flexão.

Na figura 6, está mostrado o aspecto da fratura para o compósito com matriz de uréia, onde pode-se observar aspectos de trincas, poros e partículas soltas. Esta análise mostra que o espalhamento da resina uréia-formaldeído não foi homogêneo para este material.

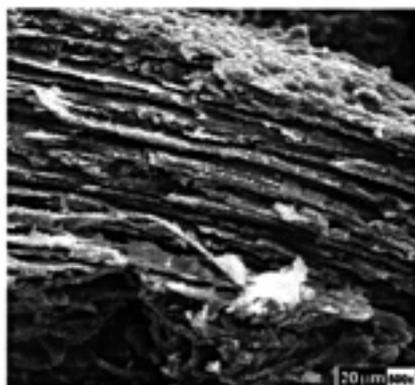


Figura 6 - Fractografia da superfície de fratura do compósito de CL + 50% de UF

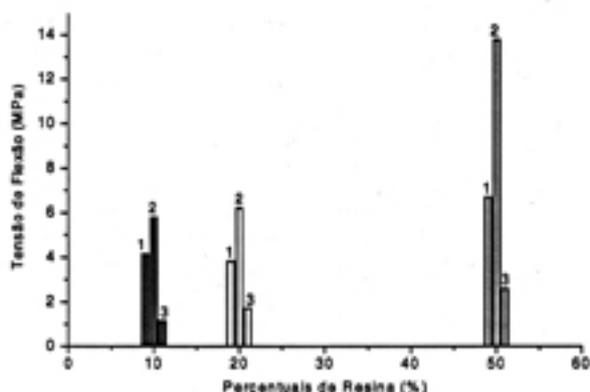


Figura 5 – Variação da tensão de flexão

Já a presença da resina epoxi (50%) recobrendo a superfície da celulignina neste compósito está bem ilustrada na figura 7.

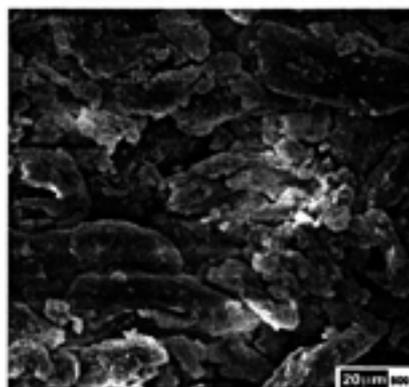


Figura 7 - Fractografia da superfície de fratura do compósito de CL+ epoxi (50%)

Na figura 8, observa-se um bom recobrimento da celulignina pela resina poliéster, porém um grande número de trincas.

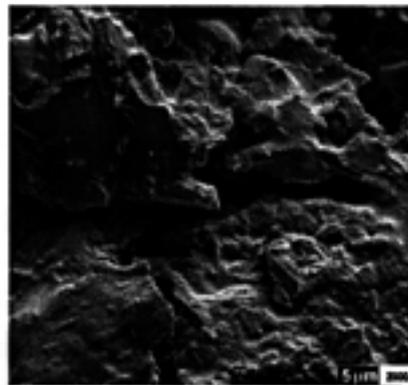


Figura 8 - Fractografia da superfície de fratura do compósito de CL+poliéster (50%)

Na tabela 3, está mostrado um quadro comparativo da tensão de flexão dos compósitos fabricados nesse trabalho e alguns materiais comerciais.

TABELA 3 – QUADRO COMPARATIVO DA TENSÃO DE FLEXÃO DOS COMPÓSITOS OBTIDOS E DE ALGUNS MATERIAIS COMERCIAIS

MATERIAL	TENSÃO DE FLEXÃO (MPa)
CL + 10% UF	4,15
CL + 20% UF	3,83
CL + 50% UF	6,71
CL + 10% Epoxi	7,20
CL + 20% Epoxi	6,20
CL + 50% Epoxi	14,03
CL + 10% Poliéster	2,80
CL + 20% Poliéster	2,72
CL + 50% Poliéster	3,20
Ipê – Peroba	14,8
Peroba	13,5
Pinho do Pará	8,70
Eucalipto	17,20
Aglomerado	1,40 – 5,50
Cimento Portland	5,00
MDF de Madeira	13,00 – 41

4 Conclusões

O aproveitamento por pré-hidrólise ácida da biomassa desperdiçada na Região Norte Fluminense, sobretudo as pontas e palhas de cana-de-açúcar queimadas na colheita, permite gerar mais riqueza associada a novos produtos como compósitos à base de celulignina

O comportamento mecânico dos compósitos fabricados mostrou que a celulignina atua apenas como carga inerte para este tamanho de partícula e não como elemento de reforço, tendo em vista os baixos valores de tensão obtidos.

Os resultados obtidos mostram, entretanto, que existe uma potencialidade de aplicação destes compósitos como substituto de produtos de madeira, tendo em vista que os valores obtidos são similares.

5 Referências bibliográficas

- [1] AQUINO, R.C.M.P., MONTEIRO, S.N., D'ALMEIDA, J.R.M., Desenvolvimento de Compósitos de Matriz Polimérica e Celulignina, 1998 Tese (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Mestrado, 1998.