

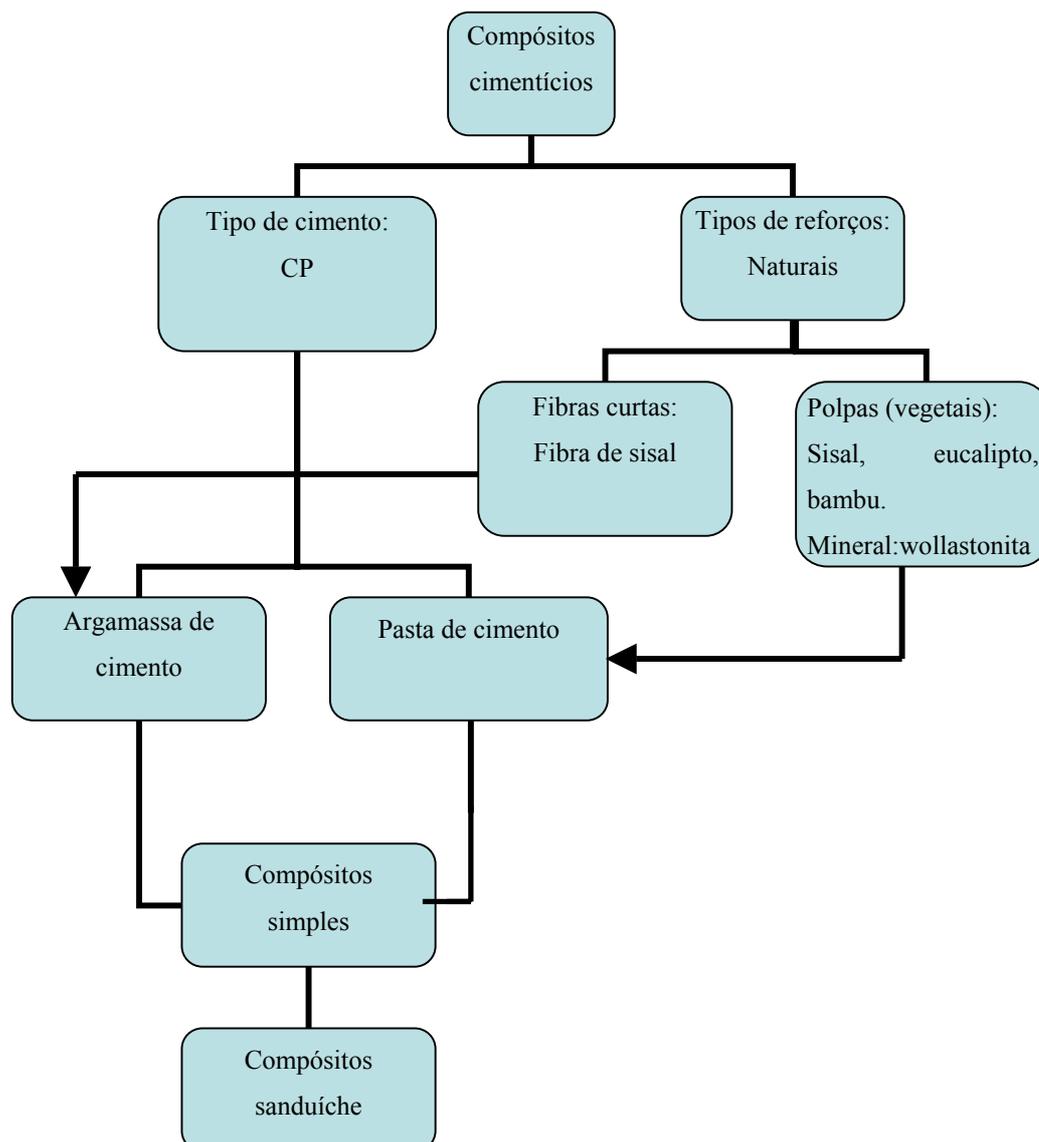
1 INTRODUÇÃO

Materiais compósitos consistem de dois ou mais materiais que em conjunto produzem propriedades as quais não podem ser obtidas com qualquer um dos componentes sozinhos. Algumas das propriedades que podem ser melhoradas são a rigidez, resistência mecânica, densidade, resistência à corrosão, propriedades térmicas, tenacidade e resistência à fadiga. Os materiais compósitos são formados por três diferentes categorias (Reddy, 1997):

- Compósitos fibrosos – consistem de fibras de um material como reforço em uma matriz constituída por outro material.
- Compósitos particulados – compostos de partículas macroscópicas de um material como reforço em uma matriz formada por outro material.
- Compósitos laminados – são constituídos por camadas de diferentes materiais, incluindo compósitos dos primeiros dois tipos, ou mesmo materiais isotrópicos tradicionais.

Normalmente fibras de alto módulo e alta resistência são utilizadas na produção de materiais compósitos reforçados por fibras. Um exemplo clássico é o emprego de barras de aço como reforço em concreto. Nesse caso as fibras são as que mais vão atuar na resistência aos esforços sendo que a matriz irá manter as fibras juntas agindo como um agente de transferência de esforços entre as fibras e protegendo as mesmas das condições ambientais. No caso de materiais compósitos cimentícios reforçados por fibras naturais, esses são, constituídos por fibras de baixo módulo de elasticidade como reforço em uma matriz. Estas fibras vão atuar melhorando a tenacidade da matriz, visto que a matriz, a base de cimento, é um material frágil. Os materiais assim descritos podem ser estudados em vários níveis, os quais são: atômico, nano, micro, meso e macro.

O foco principal deste trabalho é a avaliação da tenacidade de compósitos cimentícios reforçados por fibras naturais assim como laminados de bambu. As fibras naturais selecionadas foram a polpa de bambu, a qual já vem sendo estudada pelo grupo de estudo de materiais não convencionais da PUC-Rio; a polpa de sisal e fibras curtas de sisal, que também já foram estudadas por esse grupo; o eucalipto e a wollastonita, que são materiais ainda não estudados pelo grupo e compósitos híbridos constituídos por wollastonita e bambu. Compósitos sanduíche foram também estudados para a obtenção de um material com maior durabilidade e para um aumento na tenacidade e na resistência à flexão do material. Abaixo é apresentado um organograma das variáveis dos compósitos cimentícios analisados neste trabalho.



Embora tenha um custo alto, o alumínio foi selecionado para o compósito sanduíche pelos motivos a seguir:

- Alta resistência ao impacto.
- Material impermeável – Protegendo o compósito contra a ação do tempo.
- Material reciclável.
- Reflete os raios solares – Melhorando as propriedades térmicas do compósito sanduíche embora tenha uma condutividade térmica elevada.

Para a produção do laminado foi escolhido o bambu Moso o qual já foi estudado anteriormente pelo grupo de pesquisa. A partir desse material, foram produzidos compósitos sanduíche utilizando alumínio a fim de se aumentar a resistência ao impacto do laminado assim como a sua durabilidade.

Estes materiais são de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável, principalmente no que diz respeito a habitações populares. O baixo consumo de energia em sua produção, a grande abundância, a substituição do amianto e o baixo preço caracterizam estes compósitos como materiais potencialmente promissores. A utilidade dos compósitos cimentícios reforçados por fibras naturais e a dos laminados de bambu é bastante extensa. Os primeiros servem tanto como um material de vedação quanto como um material de cobertura além de servir como reservatórios de água. Já o laminado de bambu substitui os de madeira podendo ser utilizados para fabricação de pisos, formas para estrutura de concreto, compensados e vedações, entre outros. Esta linha de pesquisa torna-se cada vez mais importante visto que o consumo de combustíveis fósseis e a sua conseqüente poluição, devido à liberação de CO₂, vêm aumentando a cada dia. As fibras naturais e o bambu consomem muito pouca energia para seu cultivo e processamento, além de absorver o CO₂ durante o crescimento.

Para a determinação da tenacidade dos compósitos foram utilizados os ensaios de impacto Charpy, flexão em 3 pontos e impacto balístico. Testes de impacto balístico foram realizados nos compósitos sanduíche fabricados com laminados de bambu e alumínio uma vez que a máquina de ensaio Charpy não dispunha de energia suficiente para levar o material à fratura. A tenacidade foi

determinada através de ensaio de flexão em três pontos, através da área sob a curva carga x deflexão, assim como se determinou a resistência à flexão destes compósitos. Entretanto, outras propriedades também foram analisadas para uma melhor caracterização destes materiais. Ensaio de condutividade térmica foram realizados no CPB para determinação do conforto térmico que o material poderá propiciar aos que habitarão as residências fabricadas com eles. Finalmente, para saber a que temperatura as fibras de bambu podem ser utilizadas; análises termogravimétricas (TGA) foram realizadas. Análises microestruturais por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram efetuadas para se verificar as características da interface fibra-matriz, quanto à aderência.

Esta dissertação está dividida em 8 capítulos: o capítulo dois trata das propriedades mecânicas e físicas de diferentes fibras naturais, mostrando os seus comportamentos em compósitos de matriz cimentícia. Uma comparação com o cimento amianto na qual é descrita sua técnica de produção, seu histórico e suas propriedades físicas e mecânicas é feita para um melhor entendimento deste material e para se mostrar a necessidade da substituição do amianto por fibras vegetais.

No capítulo três é feita uma breve descrição do bambu, seus laminados e suas utilizações, analisando-se suas propriedades físicas e mecânicas assim como a sua importância para o desenvolvimento de processos construtivos auto-sustentáveis.

O capítulo quatro trata sobre o comportamento sob impacto de materiais compósitos. Neste é feita uma descrição de diferentes métodos de ensaios e formulações matemáticas para a análise dos dados. Uma vez que este tipo de ensaio ainda não foi efetuado em materiais compósitos cimentícios reforçados por fibras vegetais, podendo assim ser fruto de discussões, achou-se melhor fazer a revisão bibliográfica sobre apenas este tipo de ensaio. Como os outros ensaios mecânicos e físicos são mais comumente utilizados, maiores detalhes sobre eles são dados no capítulo sobre procedimento experimental (capítulo cinco).

O capítulo cinco relata o procedimento experimental onde são descritos os equipamentos empregados nos ensaios realizados nesta dissertação. No capítulo seis é feita a análise dos dados, assim como, comparação com resultados encontrados na literatura disponível. A conclusão é feita no capítulo sete, onde é discutida a validade dos resultados obtidos, as vantagens e desvantagens do uso das fibras naturais como reforço em matrizes cimentícias, a influência na

tenacidade e a viabilidade do desenvolvimento destes materiais alternativos para a construção civil. A partir da conclusão é feita uma sugestão para futuros trabalhos, que está no capítulo oito.

1.1. Processamento

As proporções de 8% e 14% de reforço em relação à massa de cimento foram utilizadas para a fabricação dos compósitos cimentícios reforçados por polpa de bambu, polpa de eucalipto e polpa de sisal. Estas proporções foram escolhidas, devido aos melhores resultados obtidos para a resistência à flexão na proporção de 8% e melhores resultados para a tenacidade na proporção de 14 %, em estudos realizados anteriormente na PUC-Rio (Brescain, 2003; Dos Anjos, 2002). Para os compósitos de argamassa de cimento reforçados com fibras curtas de sisal o comprimento de 25 mm e fração volumétrica de 3% foram escolhidos para este estudo em função de bons resultados obtidos anteriormente (Tolêdo Filho, 1997; Rodrigues, 1999; Fujiyama, 1997). A fração volumétrica foi estabelecida em função de ensaios de trabalhabilidade realizados em outros estudos (Tolêdo Filho, 1997). Frações volumétricas acima de 3% não devem ser utilizadas quando se pretende fazer a mistura de maneira convencional de forma manual e sem utilização de plastificantes pois comprometem a trabalhabilidade (Rodrigues, 1999). Para os compósitos cimentícios reforçados por wollastonita, a proporção estudada foi de 11,5 % em relação à massa de cimento. Essa foi escolhida em função de estudos feitos por Lou e Beaudoin (Lou et al, 1993a; Lou et al, 1993b; Lou et al, 1994a; Lou et al, 1994b) revelarem que esta seria a proporção ótima para resistência à flexão. Para os compósitos híbridos as proporções estudadas foram de 8% de polpa de bambu com 11,5% de wollastonita e 14% de polpa de bambu com 11,5% de wollastonita. Para a produção dos compósitos cimentícios foi utilizado o processo Hatschek modificado, com exceção da argamassa reforçada com sisal que foi produzida de forma manual.