

CARACTERIZAÇÃO DO COMPÓSITO CIMENTÍCIO ATÉ 28 DIAS COM A ADIÇÃO DE PARTICULADOS DE MADEIRA - ESPÉCIE *PINUS TAEDA*

Luciano Senff^b, Luiz Dalla Valentina^a, Marilena V. Folgueras^a, Milton P. De Borba^a,
Dachamir Hotza^b

^a UDESC, Joinville, Brasil

^b UFSC, Florianópolis, Brasil

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho do compósito cimentício com a adição de particulados vegetais. Partículas de madeira da espécie *Pinus Taeda* foram misturadas com areia, pedrisco, cimento CP V ARI - RS e água. Foram produzidos corpos-de-prova, com o objetivo de estudar a interferência dos particulados vegetais, através da variação no teor das partículas de madeira, diâmetro máximo, relação a/c, adição de aditivo e tipo de cimento Portland. Além disso, realizaram-se formas distintas de tratamentos nas partículas de madeira. Foi avaliado o desempenho destes compósitos para 7 e 28 dias. O estudo consistiu nas propriedades físicas (absorção de água, densidade e porosidade ambas aparente); mecânica (resistência à compressão); microestrutura (microscopia eletrônica de varredura - MEV). Da análise geral dos resultados, foi possível constatar que a adição de particulados de madeira da espécie *Pinus Taeda* causou mudanças nas propriedades comparado com o compósito de referência.

Abstract

The purpose of this paper is to evaluate the performance of cement composite with the addition of vegetable particle. Wood particles of *Pinus Taeda* species were mixed with sand, gravel, Portland CP V - ARI RS cement and water. Samples were produced, with the objective of studying the interference of vegetables particles, along with variations in the content of wood particles, maximum diameter, water/cement relation, additive incorporation and type of Portland cement. Besides this, different types of treatment were used with wood particles. The performance of these composites were evaluated within 7 and 28 days; natural and forced aging. Composite were evaluated regarding their physical properties (water absorption, density and porosity both apparent); mechanical (strength to compression); microstructure (scanning electronic microscopy). From a general analysis of results, it was verified that addition of wood particles of the *Pinus Taeda* caused some changes in the standard.

Palavras-chave: Compósito cimentício, resíduos, madeira.

Keywords: cement composite, waste, wood.

1 Introdução

A produção de compósitos cimentícios combinados com matérias-primas vegetais constitui uma alternativa interessante na confecção de materiais de construção civil. Estes resíduos muitas vezes encontram-se depositados ao meio ambiente causando problemas ambientais. O Brasil, pela sua extensa área territorial, constitui uma fonte privilegiada na produção desses resíduos que são oriundos diariamente das empresas madeireiras. Na maior parte dos casos estudados, por diversos pesquisadores, a matéria-prima vegetal não se mostra adequada, em sua forma natural, para ser misturada ao cimento. Diversas técnicas tais como lavagem e tratamentos químicos têm sido adotados com o propósito de amenizar a interferência negativa sobre a pega do cimento e em muitos casos prolongar a vida útil da partícula de madeira.

2 Materiais e programa experimental

Os resíduos vegetais utilizados nessa pesquisa, denominados de *Pinus Taeda*, foram provenientes da indústria de Móveis Rudnick, situada no município de São Bento do Sul, norte de Santa Catarina. Essa espécie, por suas

características de rápido crescimento e baixo custo, é muito utilizada nas indústrias da região. Os agregados minerais foram adquiridos através da compra junto ao comércio de material de construção.

Para o particulado de madeira foi adotada uma única determinação de tamanho máximo de partícula, ou seja, todas as partículas passantes na peneira de abertura de malha # 8 mesh ou 2,36 mm.

A produção dos corpos de prova seguiu a norma NBR [1]. Esta norma fixa condições exigíveis para a moldagem, desforma, preparação dos topos, transporte e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos, destinados a ensaios para a determinação das propriedades dos materiais. Para as discussões deste trabalho foi adotado o traço em massa: 1:4:5:0,30:1 (cimento:areia:pedrisco:madeira:água).

Executou-se a pesagem separadamente de cada um dos materiais em uma balança digital com incerteza de medição de $\pm 0,01$ g. Os materiais foram inicialmente misturados a seco, e depois foi adicionada água. Os corpos-de-prova foram moldados e permanecerem no interior do molde por 24 horas, sendo colocados dentro de pacotes plásticos por um período de 7 dias.

Para a determinação da propriedade mecânica, o compósito foi submetido ao ensaio de resistência à compressão. Utilizou-se a norma NBR [2], no que se refere aos procedimentos. O tempo de carregamento adotado foi de aproximadamente 1,0 mm por minuto, para obtenção da tensão máxima de ruptura do material compósito. Utilizou-se a Máquina universal de ensaios mecânicos, marca Contenco, modelo PANITEST (faixa de medição: 100 a 30000 Kgf; resolução: 10Kgf e incerteza de medição: ± 20 Kgf).

Para a determinação das propriedades físicas, conforme é apresentado na Tabela 2, foram calculadas a absorção, densidade aparente e porosidade aparente.

Tabela 2 - Equações utilizadas para os cálculos das propriedades físicas (Pennings, E.C.M. & Grellner, W [3])

Propriedades avaliadas	Equações	Unidade	Comentários
Absorção	$\frac{M_{sss} - M_s}{M_s} \times 100$	(%)	M _s : massa seca em estufa M _i : massa imersa em água
Densidade aparente	$\frac{M_s}{M_{sss} - M_i}$	g/cm ³	
Porosidade aparente	$\frac{M_{sss} - M_s}{M_{sss} - M_i} \times 100$	(%)	M _{sss} : massa saturada com superfície seca

3 Resultados e discussões

3.1 Variação no teor de partículas de madeira

A maior resistência e maior densidade dos agregados naturais tradicionais utilizados para produção de compósitos fazem com que estes apresentem menor influência sobre a resistência à compressão, uma vez que a sua resistência supera a resistência da matriz. Entretanto, o inverso ocorre com o uso de partículas vegetais. Os efeitos isolados dos teores de substituição dos agregados convencionais pelos alternativos como as partículas de madeira, foram calculados e os resultados são apresentados na Figura 1.

Com o aumento do teor de madeira no compósito para um mesmo diâmetro máximo característico, observa-se uma tendência na diminuição da resistência à compressão. Ou seja, 12,93 MPa dos compósitos REF para 3,38 MPa dos compósitos cuja relação madeira/cimento era de 0,75. Portanto, houve uma diminuição na resistência de 73,9%. Essa redução, possivelmente foi influenciada por:

- elevado índice de porosidade aparente do particulado vegetal;
- menor resistência mecânica comparado com a matriz;
- maior números de zona de transição;
- menor a proporção cimento:agregado;
- dificuldade na homogeneização da mistura e adensamento do material;
- menor resistência mecânica do agregado vegetal comparado com o agregado mineral substituído.

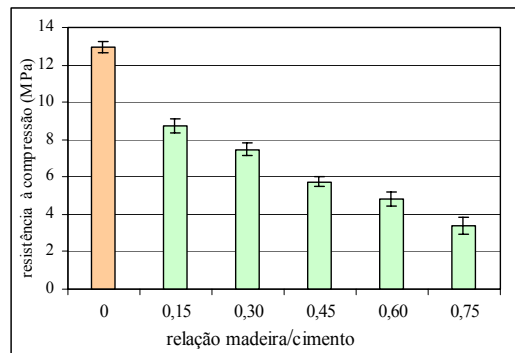


Figura 1 - Média dos valores para a resistência dos compósitos com 28 dias para teores distintos da relação m/c

Embora, possibilite um menor custo e maior produtividade, a adição crescente de particulados de madeira apresenta menor resistência à compressão máxima de ruptura e densidade aparente, porém, maior porosidade aparente e absorção de água como é apresentado na Tabela 3.

Os compósitos que possuem a relação m/c de 0,75, apresentaram um aumento na absorção de água em aproximadamente 84,5% comparado com a REF, porém, a densidade aparente diminui em 25%.

Tabela 3 - Absorção de água, densidade aparente e porosidade para teores distintos da relação m/c nos compósitos com 28 dias (Desvio padrão entre parêntesis).

Relação m/c	Absorção (%)	Densidade aparente (g/cm ³)	Porosidade aparente (%)
0	8,66 (0,28)	2,16 (0,01)	18,73 (0,56)
0,15	9,85 (0,56)	1,97 (0,02)	19,41 (0,89)
0,30	10,52 (0,22)	1,94 (0,02)	20,15 (0,05)
0,45	11,32 (0,46)	1,82 (0,02)	20,55 (0,71)
0,60	13,45 (1,10)	1,70 (0,01)	22,88 (1,69)
0,75	15,98 (0,79)	1,62 (0,02)	25,84 (1,05)

3.2 Diâmetro máximo das partículas de madeira

Quando se altera os diâmetros máximos característicos dos particulados de madeira, observa-se a mudança na resistência à compressão do compósito para um mesmo traço. À medida que se elevou o diâmetro máximo das partículas de madeira como é apresentado na Figura 2, verificou-se uma tendência na diminuição da resistência máxima de ruptura. Ou seja, de 7,78 MPa dos compósitos com diâmetro máximo de 1,18 mm para 6,45 MPa daqueles cujo diâmetro máximo era de 4,72 mm. Isto resulta na diminuição da resistência máxima de ruptura em 17,1%.

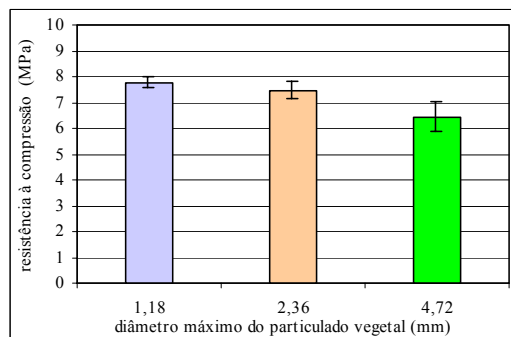


Figura 2 - Média dos valores de resistência à compressão dos compósitos com 28 dias para diâmetros máximos distintos de madeira

Possivelmente, a adição de particulados de madeira com maiores dimensões provocou dificuldades na homogeneização da mistura. Afinal, quanto maiores as dimensões dos resíduos sólidos maior a dificuldade de executar uma distribuição homogênea na mistura com outros materiais. Isto ocasiona uma variação mais elevada do desvio padrão quando comparado com os outros compósitos com particulados menores. Este fato pode ser prejudicial para um processo produtivo, quando se deseja um controle mais rigoroso no desempenho dos compósitos.

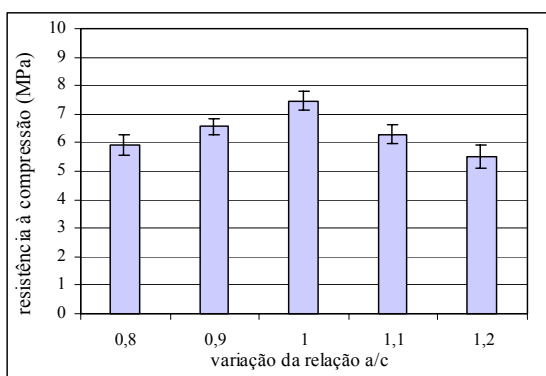
A Tabela 4 apresenta os resultados das propriedades físicas. Observa-se que os compósitos com maiores particulados possuem a vantagem de menor densidade aparente apesar da maior porosidade aparente e absorção de água. A absorção de água dos compósitos com 1,18 mm de diâmetro máximo característico foi de 9,60% contra 11,20% para os compósitos com particulados de 4,72 mm. Portanto, um aumento de 16,7%. Enquanto, a densidade aparente reduziu em 4,64%.

Tabela 4 - Absorção de água, densidade aparente e porosidade aparente para diâmetros máximos de madeira nos compósitos com 28 dias (Desvio padrão entre parêntesis).

Diâmetro máximo	Absorção (%)	Densidade aparente (g/cm ³)	Porosidade aparente (%)
1,18 mm	9,60 (0,77)	1,94 (0,02)	18,77 (1,11)
2,36 mm	10,52 (0,22)	1,94 (0,02)	20,15 (0,05)
4,72 mm	11,20 (0,64)	1,85 (0,04)	20,72 (0,70)

3.3 Relação a/c

A relação a/c é um dos parâmetros mais importantes a serem considerados na mistura do compósito cimentício (Sahu, [4]). Os compósitos cimentícios com materiais reciclados tendem a apresentar menor trabalhabilidade do que compósitos convencionais de mesmo traço (Mehta e Monteiro, [5]). Isto requer maior quantidade de água na mistura para obter a mesma trabalhabilidade. Portanto, o consumo de água está diretamente ligado à absorção/porosidade do agregado. Assim, a Figura 3 apresenta a variação do teor de água em relação ao cimento, onde é possível observar que a relação a/c 1,0 apresentou melhores resultados comparativamente com os outros teores. Abaixo da relação a/c 1,0, ocorreu uma diminuição da resistência de 7,47 MPa para 5,93 MPa com relação a/c de 0,8, resultando na diminuição de 20,6%. A provável causa da diminuição na resistência mecânica à compressão tenha sido a ausência da água para a hidratação dos compostos anidros do cimento Portland. Além disso, esta falta permitiu maior dificuldade no adensamento.



Variação a/c	Resistência
0,8	5,9
0,9	6,5
1,0	7,5
1,1	6,3
1,2	5,5

Figura 3 - Resistência mecânica à compressão para relação a/c distintos

Por outro lado, o aumento da relação a/c de 1,0 (1:1) para 1,2 provocou uma diminuição na resistência de 7,47 MPa para 5,51 MPa. Ou seja, uma redução de 26,2%. Provavelmente, o que contribuiu para o decréscimo na resistência do compósito tenha sido a água em excesso provocada pela saturação das partículas de madeira, pois, quanto maior a relação a/c, menor será a resistência do compósito, devido à elevação de poros ocupados pela água na mistura. Além disso, o aumento da quantidade de água provocou a elevação do desvio padrão.

A Tabela 5 apresenta os resultados das propriedades físicas, onde é observada a elevação da absorção de água nos compósitos com maior relação a/c. Ou seja, de 10,52% (a/c=1,0) para 12,97% (a/c=1,2), resulta na elevação da absorção em 23,3%. É importante destacar que da mesma forma que o excesso de água prejudica a resistência mecânica, a diminuição na quantidade de água no compósito também interfere nas propriedades físicas e mecânicas. A diminuição na relação a/c de 1,0 para 0,8 elevou a absorção de água de 10,52% para 11,68%, ou seja, um aumento de 11,0%, pois os materiais misturados ficam muito secos e há dificuldade no adensamento, possibilitando a tendência de se soltar no momento do adensamento. Neste caso, através da avaliação dos resultados das propriedades físicas e mecânicas, é possível sugerir que a relação a/c 1:1, é a mais apropriada, para o traço estudado nesse trabalho.

Tabela 5 - Absorção de água, densidade aparente e porosidade aparente para relação a/c distintos nos compósitos com 28 dias (Desvio padrão entre parêntesis).

Compósito	Absorção (%)	Densidade aparente (g/cm ³)	Porosidade aparente (%)
0,8	11,68 (0,60)	1,84 (0,01)	21,80 (0,89)
0,9	11,54 (0,22)	1,88 (0,01)	21,53 (0,36)
1	10,52 (0,22)	1,94 (0,01)	20,15 (0,05)
1,1	12,16 (0,34)	1,83 (0,01)	22,24 (0,54)
1,2	12,97 (1,31)	1,80 (0,02)	23,70 (1,81)

3.4 Caracterização dos compósitos com diferentes tratamentos na madeira

A análise geral, dos compósitos para as diversas formas de tratamentos apresentou resultados já previstos, ou seja, maior resistência para os compósitos de referência em relação ao compósito com particulados de madeira. Vários fatores contribuem para a diminuição da resistência mecânica conforme já comentado anteriormente. Com 7 dias de cura a resistência máxima de ruptura do compósito REF foi de 10,07 MPa. Enquanto, o compósito MM (maior resistência entre os compósitos com madeira) foi de 5,65 MPa, o que resulta na diminuição de 43,9%.

Por outro lado, os compósitos com madeira tiveram entre si aproximadamente o mesmo desempenho referente à resistência à compressão com 7 dias, como pode ser visto na Figura 3. Para os compósitos particulados com 7 dias, a diferença máxima da resistência foi entre MN com 5,37 MPa e MM com 5,65 MPa, ou seja, uma variação de 5,21%. Os corpos-de-prova com madeira lavada, por exemplo, tiveram praticamente o mesmo desempenho na resistência à compressão com 7 dias que os compósitos com madeira natural.

A evolução da hidratação do cimento Portland implica na substituição da água pelas fases hidratadas reduzindo a absorção e a porosidade do compósito e, conseqüentemente, elevando a resistência conforme é apresentado na Figura 4. Assim, é possível observar que em todos os compósitos ocorreu um aumento na resistência com 28 dias de cura.

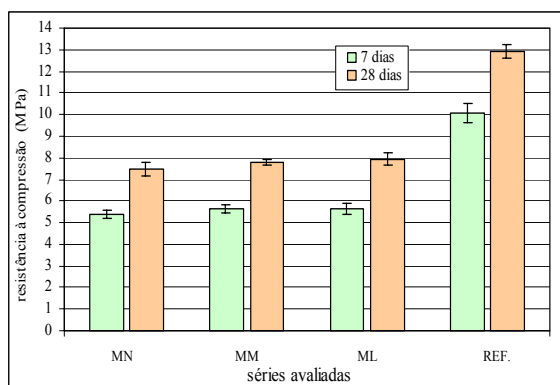


Figura 4 - Resistência do compósito com 7 e 28 dias para diversos tratamentos realizados na madeira

Através da Figura 4 é possível observar que da mesma forma que os compósitos com 7 dias, os compósitos com madeira apresentaram resultados inferiores de resistência à compressão comparada com REF. O compósito ML (maior resistência à compressão entre os compósitos com madeira) obteve 7,94 MPa contra 12,93 MPa do REF. Portanto, uma diminuição de 38,6%.

Os resultados da densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água indicaram um comportamento já esperado para os compósitos com adição de partículas vegetais: menor a densidade aparente e maior a absorção e porosidade aparente quando comparado com o compósito REF, pois são propriedades físicas inter-relacionadas. Na Tabela 6, encontram-se os valores médios da absorção de água, densidade aparente e porosidade aparente dos corpos-de-prova com 7 e 28 dias. À medida que se adicionou o particulado de madeira no compósito, ocorreu uma diminuição da densidade aparente, devido à presença da madeira. Além disso, outro fator importante que contribui para a diminuição da densidade aparente foi a dificuldade do adensamento, o que permitiu a presença maior do número poros quando comparado com os compósitos de referência. Com 7 dias de cura, as diferenças máximas da absorção de água para os compósitos particulados foram entre ML e MN de aproximadamente 2,1%. Porém, comparando MN com REF, aumentou para 25,6%. Este valor foi reduzido para 21,5% com 28 dias de cura. Em todos os compósitos com 28 dias, houve uma redução na porosidade aparente e absorção, provavelmente ocasionada pelo aparecimento de produtos hidratados do cimento Portland.

Tabela 6 - Absorção de água, densidade aparente e porosidade aparente dos compósitos com 7 e 28 dias (Desvio padrão entre parêntesis)

Compósito	Absorção (%)		Densidade aparente (g/cm ³)		Porosidade aparente (%)	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
MN	11,25 (0,09)	10,52 (0,22)	1,92 (0,01)	1,94 (0,01)	21,62 (0,11)	20,15 (0,05)
MM	11,19 (0,08)	10,43 (0,20)	1,92 (0,02)	1,95 (0,01)	21,44 (0,12)	20,37 (0,34)
ML	11,02 (0,51)	10,19 (0,58)	1,92 (0,02)	1,95 (0,02)	21,17 (0,80)	19,91 (0,55)
REF.	8,96 (0,19)	8,66 (0,28)	2,10 (0,02)	2,16 (0,01)	18,86 (0,12)	18,73 (0,56)

Os compósitos com madeira apresentaram em média uma redução na densidade aparente de aproximadamente 9,88% comparado com o compósito REF, aos 28 dias de cura. Os compósitos que possuem as partículas de madeira tratadas quimicamente não obtiveram resultados melhores na absorção de água para 28 dias comparados com os outros compósitos sem tratamento químico. Entretanto, há outros fatores que podem ter influenciado o resultado como, por exemplo, melhor adensamento e dispersão das partículas. Assim, este fato necessita de maiores estudos para confirmação.

3.5 Avaliação da microestrutura do compósito

Uma análise geral através do MEV tornou possível observar poros, cristais de etringita e em algumas situações aglomerações de partículas de madeira e má aderência com a matriz cimentícia.

Madeira natural (MN): Através das figuras 5 e 6 é possível identificar vários fatores (defeitos, aglomeração de madeira, fissuras) que contribuem para uma redução das propriedades mecânicas dos compósitos com adição de madeira. A Figura 5 apresenta a má distribuição das partículas de madeira no compósito, havendo sobreposição entre as faces de duas partículas. O que possibilita um enfraquecimento da resistência naquele local. Para visualizar com mais detalhes é mostrado na Figura 6, uma ampliação da área limitada pela linha elíptica. É possível visualizar os poros e a fissura se propagando na matriz até a partícula de madeira, onde foi interrompida. A existência de poros é favorecida pelo acúmulo de água na matriz ou pelo mau adensamento do corpo-de-prova. A parte inferior da partícula de madeira se mostra com boa aderência com a matriz, possivelmente devido ao seu comprimento. Assim, a partícula permanece bem ancorada, evitando o descolamento e a propagação da fissura.

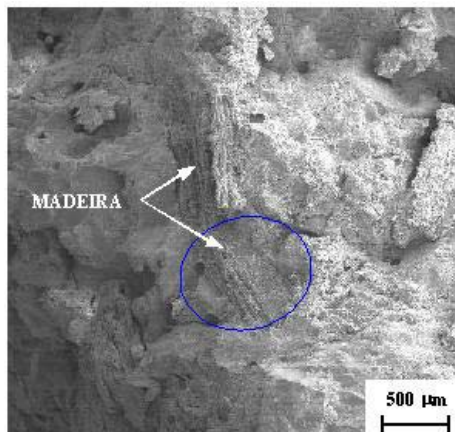


Figura 5 - Microestrutura do compósito com 28 dias, apresentando poros, fissura e aglomeração de partículas de madeira.

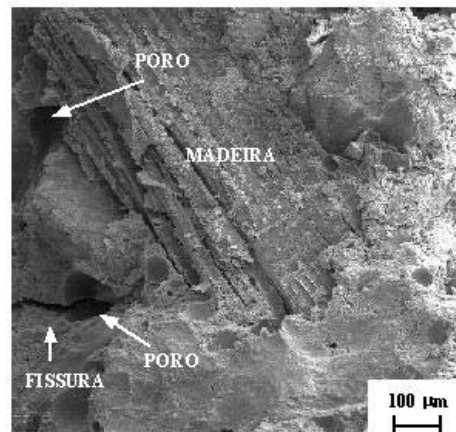


Figura 6 - Microestrutura do compósito com 28 dias, apresentando a propagação da fissura, pelos poros até a madeira.

Madeira lavada (ML): A Figura 7 apresenta a partícula de madeira cuja interface com a matriz está prejudicada devido à existência de poros e heterogeneidade no seu contorno. Possivelmente isto ocorreu devido a dificuldade do adensamento ou acúmulo de água durante a mistura, pois a madeira induz elevado fluxo de água em sua direção.

A ampliação da região limitada pela linha circular permite visualizar na Figura 8 a propagação da fissura através da matriz até a interface madeira-matriz. A presença dos poros na interface ocasiona uma redução na ancoragem com a matriz, tornando a partícula de madeira mais suscetível ao arrancamento.

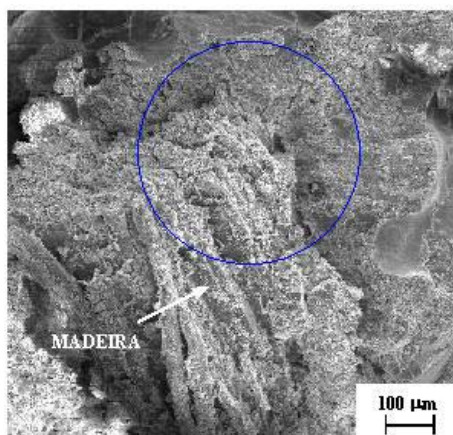


Figura 7 - Microestrutura do compósito com 7 dias, apresentando a interface porosa da partícula de madeira com a matriz.

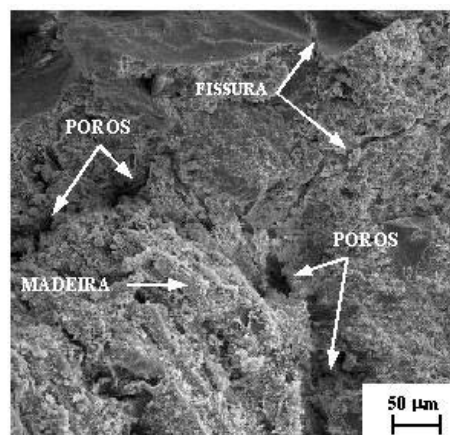


Figura 8 - Microestrutura do compósito com 7 dias, apresentando poros e a propagação da fissura até a interface da madeira-matriz

Madeira mineralizada (MM): A Figura 9 apresenta a microestrutura do compósito com a presença de um agregado mineral, possivelmente um pedrisco muito próximo da superfície da partícula vegetal. Esse contato muito próximo possibilita uma diminuição da resistência naquele local quando submetido a um carregamento, pois permite uma aderência menos eficiente quando o particulado está envolto pela pasta de cimento. Na Figura 10 pode ser observado o gel de tobermorita presente na pasta de cimento Portland hidratado, como resultado da hidratação dos silicatos. Da mesma forma, cristais de etringita que também é um produto da hidratação do cimento Portland é mostrada na Figura 11.

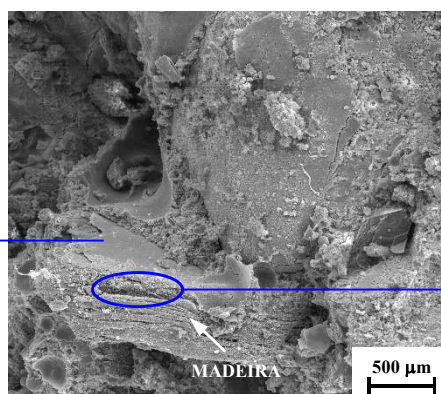


Figura 9 - Microestrutura do compósito com 28 dias, apresentando a partícula de madeira próximo ao agregado mineral.



Figura 10 - Microestrutura do compósito com 28 dias, apresentando o gel de tobermorita.

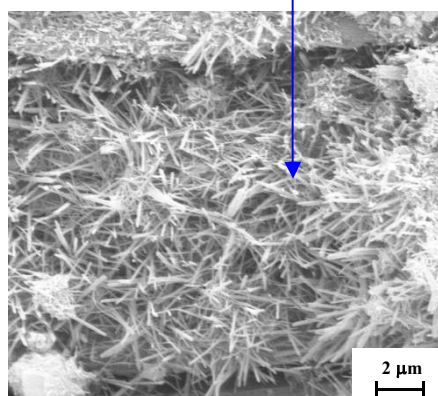


Figura 11 - Microestrutura do compósito com 28 dias, apresentando o crescimento da etringita

4 Conclusões

- Compósitos com matéria-prima vegetal necessitam de mais água que os compósitos convencionais devido a elevada absorção de água pela madeira.
- A redução da densidade aparente dos compósitos é tanto maior, quanto maior é o teor de adição de particulados vegetais.
- Particulados com maiores ou menores dimensões contribuem para a redução da densidade aparente.
- Uma maior relação a/c acima de um teor ótimo, contribui para a redução da densidade aparente. Abaixo, desse limite, há também a diminuição da densidade, porém, em menor proporção.
- A elevada porosidade dos particulados vegetais pode ser considerada como fator determinante para a diminuição da densidade aparente dos compósitos.
- Não foi avaliada a possibilidade de que substâncias químicas liberadas pela madeira durante a mistura das matérias-primas com a água poderiam contribuir para o retardo da pega.
- A resistência à compressão dos compósitos é muito influenciada pela porosidade da zona de transição e pela porosidade dos materiais combinados, como no caso da madeira.

- A relação a/c e o teor de material reciclado são fatores que influenciam na resistência mecânica.
- A análise da microestrutura dos compósitos permitiu avaliar que, de um modo geral, há um elevado índice de poros na interface da partícula de madeira com a matriz. Isto resulta em uma diminuição da resistência máxima de ruptura no compósito quando submetido à compressão.
- Os resultados obtidos para as propriedades avaliadas permitem concluir, que as partículas de madeira sem tratamento são as mais indicadas para esta faixa estudada de valores. Por ser de rápido manejo e não necessitar as etapas de tratamentos auxiliares, este procedimento possibilita maior produção e menor custo.

Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.
- [3] PENNING, E.C.M.; GRELLNER, W. Precise nondestructive determination of density of porous ceramics. *J. Am. Ceramics Society*, v. 72, n. 7, p. 1268-1270, 1989.
- [4] SAHU, S. et al. Determination of water-cement ratio of hardened concrete by scanning electron microscopy. *Cement and Concrete Research*, *In Press*.
- [5] MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

Agradecimentos

- À Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - PGCEM pela realização do presente trabalho.
- À FINEP e à UDESC que através do projeto Finep - MIFRAEL - melhoria da Infraestrutura Laboratorial para o Ensino e Pesquisa permitiram as condições de necessárias para a caracterização dos materiais produzidos.
- Ao laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil.
- À empresa Móveis Rudnick pelo fornecimento das partículas de madeira utilizadas nessa pesquisa.
- À CAPES pela bolsa de estudo concedida.

Nomenclatura

MN	madeira natural
ML	madeira lavada
MM	madeira mineralizada
REF	referência
m/c	relação madeira/cimento
a/c	relação água/cimento