

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE *PINUS CARIBAEA* NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO MADEIRA-CIMENTO

Lia Lorena Pimentel, Antonio L. Beraldo

RESUMO: Neste trabalho são apresentados dados preliminares de características de compósitos madeira-cimento, visando sua futura utilização na fabricação de telhas onduladas. Os resíduos da madeira *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foram fornecidos pela indústria de lápis Faber Castell, situada em São Carlos-SP. A matéria-prima utilizada foi proveniente de duas fontes distintas, a saber, resíduos de serraria, a qual não recebe nenhum tratamento químico (Prata-MG) e resíduos de material parafinado, processo utilizado para melhorar a apontabilidade do material (São Carlos-SP). Na fabricação dos compósitos madeira-cimento buscou-se analisar as interações entre o tipo de resíduo (serraria ou parafinado), o tipo de tratamento químico (cloreto de cálcio e sulfatos de alumínio), o tipo de matriz empregada (cimento CP II-E-32 e CP V-ARI), o tipo de cura adotada (úmida e à vapor). As características físicas observadas para a avaliação dos compósitos foram a resistência à compressão e a capacidade de absorção. Os resultados da tensão na compressão simples indicaram, na maior parte dos tratamentos, o efeito favorável do uso do cimento CP V-ARI; do melhor comportamento da matéria-prima originária da serraria, e a melhor adequação da cura úmida. No entanto, a cura à vapor permitiu o manuseio do material logo após um período de 9 horas de cura, o que pode vir a agilizar a produção de elementos fabricados com este compósito, como, por exemplo, telhas onduladas.

Palavras-chave: cimento, partículas de madeira, compósito madeira-cimento

CEMENT COMPOSITE MADE FROM *PINUS CARIBAEA* PARTICLES

ABSTRACT: This research presents preliminaries characteristics of wood cement composite, seeking its future use in the production of wavy tiles. Residues from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* was supplied by the pencil industry Faber Castell, placed in São Carlos-SP. The raw material was coming from two different sources: sawmill residues, that doesn't receive any chemical treatment (Prata-MG) and waxed residues, coming from a process used to improve the sharply of the pencil (São Carlos-SP). In wood cement composite production it was looked for to analyze the interactions among the residue type (sawmill and waxed particles), the chemical treatment (calcium chloride and aluminum sulfate), the cement binder (CP II-E-32 and CP V-ARI), and the cure type (humid and steam). Compression test and absorption capacity were utilized to evaluate material performance. Composite compression strength results, in most of the treatments, showed the favorable effect of the use of the CP V-ARI cement; the best behavior of the sawmill particles utilization, and the best adaptation of the humid cure. However, steam cure allowed that the material can be handled after a short period of 9 hours, what can come to activate the production of elements manufactured with this composite, as, for example, wavy tiles.

Keywords: cement, wood particles, wood cement composite

1 INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos de agroindústrias como, por exemplo, partículas de madeira e casca de arroz, em compósitos à base de aglomerantes, vêm sendo estudada desde a década de 30. Inicialmente as técnicas propondo o uso de aglomerantes orgânicos desenvolveram-se mais rapidamente do que aquelas direcionadas para os inorgânicos. Mas, nos últimos anos, com o encarecimento dos aglomerantes orgânicos, pesquisas voltaram-se para o desenvolvimento de produtos à base de cimento.

O reflorestamento da Faber Castell em Prata-MG, tem uma área de 6 mil hectares e a espécie utilizada é o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Do processo de fabricação resultam dois tipos de resíduo: 2 mil toneladas/mês de serragem sem tratamento químico, em Prata-MG, e 160 toneladas/mês de resíduo tratado com impregnação de parafina e corante, em São Carlos-SP. Esse processo garante melhor apontabilidade do lápis e melhor aspecto de cor. Atualmente estes dois tipos de resíduo estão sendo utilizados, parcialmente, como cama de frango e na fabricação de briquetes para queima em caldeira da própria indústria. Visando novas aplicações para estes resíduos, este trabalho busca definir parâmetros ótimos para a dosagem de compósito à base dessas matérias-primas e de cimento Portland.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As características de um compósito biomassa vegetal-cimento (CBVC[®]) dependem fortemente da biomassa vegetal empregada (BERALDO, 1997). A morfologia das partículas, seu grau de absorção de umidade e, principalmente, sua constituição química influenciam notavelmente no resultado final.

Compósitos biomassa vegetal-cimento podem ser utilizados para as mais diversas finalidades. As principais vantagens no uso do CBVC são: disponibilidade de matéria-prima em grandes quantidades; baixa massa específica - variando de 400 a 1500 kg/m³, o que permite sua utilização como painel de fechamento, forros, telhas, etc; isolamento termo-acústico; impermeabilidade; resistência mecânica- sua resistência à compressão é inferior à de outros concretos leves, mas a relação entre tração e compressão passa de 1/10 no concreto convencional para 1/2 a 1/4 no CBVC (BERALDO, 1997).

Como desvantagem principal, pode ser citada a incompatibilidade química entre a biomassa vegetal e o cimento. A constituição química da biomassa, com a presença de açúcares, resinas, fenóis e amido, pode afetar de forma adversa a hidratação do cimento.

Outra desvantagem observada no CBVC refere-se à sua instabilidade dimensional. Medições feitas em corpos-de-prova de compósito madeira-cimento apresentaram variação dimensional máxima, entre as condições seco em estufa e saturado, da ordem de 5 mm/m, enquanto que concretos leves apresentaram variação da ordem de 0,45 mm/m (PIMIENTA et al., 1994). Além disso, o tempo de início de pega do compósito é muito longo, o que diminui a produtividade no canteiro de obras. A durabilidade pode ser reduzida pela alcalinidade da matriz: as partículas vegetais, ao longo do tempo, podem se desintegrar, gerando espaços vazios e, conseqüentemente, diminuindo a resistência mecânica do material.

De qualquer forma, estas desvantagens não inviabilizam totalmente o aproveitamento de um determinado resíduo; é possível minimizar ou mesmo evitar os efeitos da incompatibilidade química, através de tratamentos físico-químicos aplicados sobre as partículas vegetais, tais como, por exemplo, a lavagem das partículas em água quente e a utilização de aceleradores de pega (cloreto de cálcio, sulfato de alumínio e silicato de sódio). Pode-se também utilizar impermeabilizantes como, por exemplo, Neutrol, para criar sobre a partícula de madeira uma

camada impermeável, que impeça a água de solubilizar os extrativos da madeira, os quais são nocivos à hidratação do cimento. Alguns destes tratamentos físicos são citados por PIMIENTA et al. (1994).

Aceleradores, como o cloreto de cálcio e o sulfato de alumínio, têm sido empregados no estudo de compósitos madeira-cimento. Em presença de acelerador, o cimento tende a se hidratar mais rapidamente, não havendo tempo para que os extrativos da madeira afetem a reação de hidratação do cimento.

Uma das alternativas utilizadas para reduzir o tempo necessário para a desmoldagem refere-se ao uso da cura a vapor. Essa técnica tem sido amplamente utilizada por empresas de pré-moldados e artefatos de concreto. Este processo visa a aceleração do endurecimento do cimento, o que, conseqüentemente, propicia um aumento da resistência do concreto, permitindo o manuseio do produto com menores idades, aumentando a produtividade (NEVILLE, 1982).

Foi constatado que, atingindo uma temperatura de 49 °C num período menor que duas a três horas, ou 99 °C em menos de seis a sete horas a partir do momento da mistura, o aumento de resistência, depois das primeiras horas, será influenciado de maneira adversa; isto é, o aquecimento excessivamente rápido pode causar uma perda de resistência em idades mais avançadas (NEVILLE, 1982).

Vale a pena frisar que um período de cura mais longo a uma temperatura mais baixa resulta numa resistência ótima mais alta do que ao utilizar-se de uma temperatura alta aplicada durante um período mais curto. Para cada duração de cura existe uma temperatura que resulta numa resistência ótima (VERBECK & COPELAND, 1972).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos materiais

A caracterização dos agregados, vegetal e mineral, foi feita através da determinação da curva granulométrica, segundo a NBR 7217. Para o agregado de origem vegetal, o resultado foi obtido através da média de três determinações e, para o agregado mineral, foi efetuada uma única determinação. Ambos apresentaram módulo de finura de 2,70 e diâmetro máximo do agregado de 4,80 mm.

3.3.2 Cimento

A escolha desses dois tipos de cimento busca abranger o uso de um cimento facilmente disponível no comércio (CP II-E-32), além do uso de outro cimento que é largamente empregado na fabricação de pré-moldados (CP-V **ARI**). Os cimentos apresentaram características tais que atendessem às normas NBR 11578 e NBR 5733, respectivamente.

3.3.3 Origem

Foram utilizados dois tipos de resíduos da referida indústria, a saber: Serragem (**S**), que é um material sem tratamento químico, originário da unidade de Prata-MG, e outro, denominado Parafinado (**P**), que é um material que sofreu impregnação de parafina e corante, originário da unidade de São Carlos-SP. Ambos os materiais foram submetidos aos mesmos tratamentos, exceção feita à lavagem, onde apenas o material proveniente de serraria foi utilizado.

3.3.4 Traço

Após estudos preliminares adotou-se os traços **T1** (1:1:0,15:0,3) e **T2** (1:1,25:0,15:0,25), em massa. O fator *a/c* foi definido através de ensaio que define a consistência da argamassa para fabricação de telhas, conforme orientação do manual suíço da SKAT “Document Normatif”.

3.3.5 Cura

A cura úmida (**U**) foi definida como sendo constituída de um período de 7 dias, logo após a moldagem, em câmara úmida com 95% de umidade relativa, seguidos de cura ao ar livre até a idade de 28 dias. A cura a vapor (**V**) consistiu em submeter o corpo-de-prova a um aquecimento que se iniciava 2 horas após a moldagem e atingia a temperatura de 60 °C em 3 horas após o início do aquecimento. Essa temperatura era mantida por 2 horas, após o que, resfriava-se o corpo-de-prova ao ar livre por período de 1 hora. A seguir, o corpo-de-prova era colocado em uma câmara úmida até a idade de 7 dias, seguindo em cura ao ar livre até atingir a idade de 28 dias.

O objetivo de testar a cura a vapor foi o de verificar se este processo poderia acelerar o processo produtivo. Para tal foram moldados corpos-de-prova para o ensaio de compressão após o período de resfriamento da cura a vapor (idade de 9 horas). Os resultados foram analisados pelo programa SANEST separadamente daqueles de resistência aos 28 dias, buscando-se concluir qual seria a combinação dos fatores: Traço, Cimento, Origem e Tratamento, que teria melhor desempenho.

3.3.6 Tratamentos

Os tratamentos físico-químicos visam minimizar a interferência negativa da biomassa vegetal em mistura com a argamassa de cimento. Foram utilizados os aceleradores cloreto de cálcio, sulfato de alumínio puro, e um produto à base de sulfato de alumínio encontrado no comércio, para tratamento de água de piscinas. Esse último foi testado por ser mais barato que o produto puro e, conseqüentemente, poderia minimizar consideravelmente os custos de produção. Os produtos foram diluídos na água de amassamento, e aplicados sobre a mistura das partículas madeira e cimento, preparada segundo a seguinte ordem de colocação: [(CIMENTO + AREIA) + MADEIRA] + ÁGUA. Os corpos-de-prova foram moldados colocando-se o material em três camadas, compactadas com auxílio de uma espátula; posteriormente foram submetidos a um dos processos de cura previstos neste trabalho.

Foram utilizados cinco tipos de tratamento visando minimizar os efeitos negativos provocados pelos extrativos da madeira sobre a reação de hidratação do cimento:

TEST- Testemunho- sem tratamento;

CC – Cloreto de Cálcio, em concentração de 3% em relação à massa de cimento;

SA- Sulfato de Alumínio, em concentração de 1,5% em relação à massa de cimento;

SAPA- Sulfato de Alumínio Puro Analítico em concentração de 1,5% em massa de cimento

Lavado- Lavagem em água quente por período de 1 hora a 80 °C, seguido de lavagem em água fria. Este tratamento foi aplicado somente para partículas de madeira denominadas Serragem. O material Parafinado não foi submetido a este tipo de tratamento pois a extração da parafina ocorreria juntamente com a dos extrativos da madeira levando a resultados inconclusivos.

Os dados referentes ao tratamento Lavado foram analisados separadamente pelo programa SANEST, pois não houve a confecção de corpos-de-prova à base de material parafinado e que houvesse sido lavado.

3.3.8 Ensaio de compressão simples

Para cada combinação de tratamentos foram moldados três corpos-de-prova. Efetuou-se o capeamento dos corpos-de-prova, após o qual, realizou-se o ensaio de compressão, aos 28 dias de idade, em Prensa hidráulica marca Dinateste, de capacidade 200 KN, da FEAGRI-UNICAMP.

3.3.9 Ensaio de absorção

A capacidade de absorção foi determinada para todos os corpos-de-prova, estes foram colocados em estufa a $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ até constância de massa e, a seguir, colocados em recipiente com água até saturação completa. Registrou-se as massas referentes a cada condição, seco e saturado, e o valor da absorção foi calculado através de:

$$A = \frac{PU - PS}{PS} * 100\%$$

3.3.10 Fatores analisados

O quadro 3 apresenta um resumo dos fatores analisados e das siglas adotadas para cada uma delas.

Quadro 3: Variáveis analisadas

Fator	Níveis	Siglas
Traço	T1 1:1: 0,15:0,3	T1
	T2 1:1,25:0,15	T2
Cimento	CPII E 32 VOTORANTIM	CPII
	CPV - ARI CAUÊ	ARI
Origem	Serragem	S
	Parafinado	P
Cura	Úmida	U
	Vapor	V
Tratamento	Testemunho	T
	Cloreto de cálcio	CC
	Sulfato de alumínio	SA
	Sulfato de alumínio puro analítico	SAP
	Lavado	L

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma avaliação estatística foi feita pelo programa SANEST, aplicando-se o teste de Tukey para a comparação das médias a um nível de 5% de significância, para a avaliação de cada fator e combinação de fatores.

4.1 Resistência à compressão aos 28 dias

Os valores de variância mostraram que os fatores responsáveis pelas principais variações da resistência são o Cimento ($F=926,18$), seguido dos fatores Tratamento ($F=131,13$) e, com menor intensidade, a Cura, Origem, Traço e a combinação dos fatores Cimento e Cura.

A média geral encontrada para a resistência aos 28 dias foi de 9,02 MPa, com coeficiente de variação de 9,35%.

Efeito do fator Traço: Em uma análise global, considerando os demais fatores misturados, o **T1** (9,5 MPa) foi estatisticamente superior ao **T2** (8,53 MPa). Esta tendência se manteve quando foram analisados o fator *traço* dentro dos fatores cimento, origem, cura e tratamento. A única exceção ocorreu para o tratamento SA, onde o T1 (9,38 MPa) foi estatisticamente igual ao T2 (8,93 MPa). Quando foi analisado o fator traço, para cada combinação dos demais fatores, observou-se que o T2 apresentou melhor desempenho que o T1 em algumas situações como pode-se observar na figura 1, para a combinação de uso do CP II-E-32; material Parafinado e curas Úmida (U) ou Vapor (V). Outra exceção foi a combinação de ARI+P+CURA+SA e SAP.

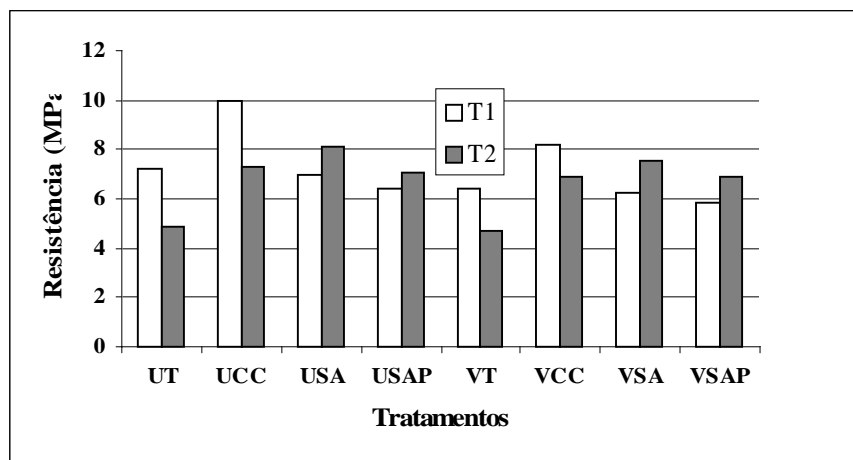


Figura 1- Influência do traço na resistência à compressão do compósito. Cimento CP II-E-32 e material parafinado.

Efeito do fator Cimento: Em uma análise global, o cimento **ARI** (10,45 MPa) foi estatisticamente superior ao CP **II-E-32** (6,75 MPa). Esta tendência se manteve quando o fator cimento foi analisado dentro dos demais fatores, sem exceção. A figura 2 mostra o desempenho dos dois tipos de cimento quando combinados T1 com Serragem, curas Úmida e Vapor e todos o Tratamentos efetuados (T, CC, SA e SAP). Embora o cimento ARI apresente maior custo do que o CP II, em termos de produtividade, essa diferença tende a desaparecer, tanto que o ARI é o cimento mais utilizado por empresas de pré-moldados e de artefatos de concreto.

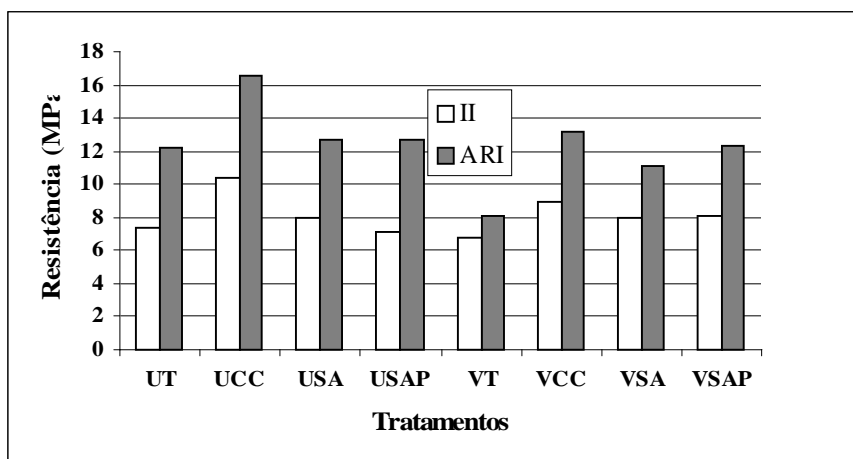


Figura 2- Influência do cimento na resistência à compressão do compósito. Traço 1 e material de serraria.

Efeito do fator Origem: Em uma análise global o desempenho do material Serragem (9,51 MPa) foi estatisticamente superior ao do material Parafinado (8,53 MPa). Esta tendência se manteve quando o fator Origem foi analisado dentro dos demais fatores em separado. Observou-se algumas exceções, quando o fator origem foi analisado para cada uma das combinações dos demais fatores, nestas (9 dentre 32 possibilidades de combinação) o material serragem foi estatisticamente igual ao material parafinado. Isto significa que, em algumas situações, seria possível produzir compósito com a mistura dos dois materiais. O gráfico da figura 3 mostra o desempenho de cada um dos materiais frente a combinação T1 + ARI + Tratamentos + Curas.

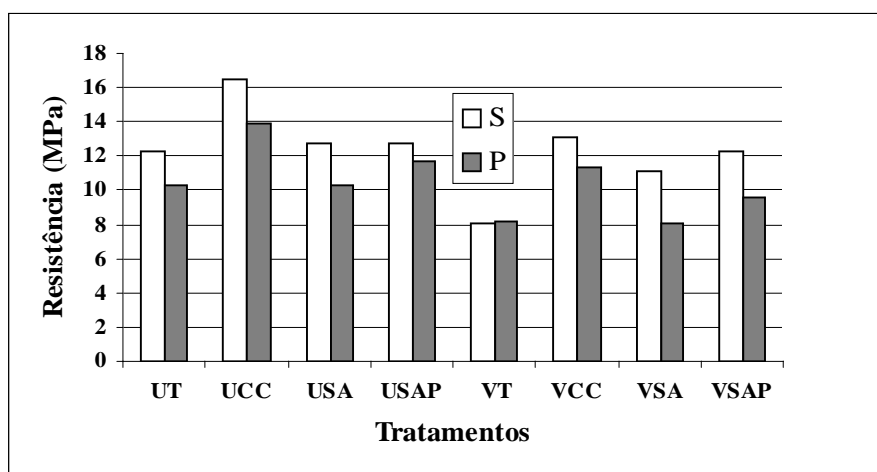


Figura 3- Influência da origem do material na resistência à compressão do compósito. Traço 1 e cimento CP V-ARI.

Efeito do fator Cura: Em uma análise global a cura úmida apresentou melhor desempenho que a cura a vapor para resistência aos 28 dias (U (9,52 MPa) > V (8,51 MPa)). Essa tendência se manteve quando se analisou o fator Cura dentro dos demais fatores: Traço, Origem, ARI do fator Cimento e dentro dos níveis T., CC e SA do fator Tratamento. Para o CP II do fator cimento e SAP do fator tratamento, não houve diferença estatística entre os tipos de cura. O gráfico da figura 4 apresenta o desempenho de cada tipo de cura frente à combinação dos fatores: T1 + CP II + Origem (S ou P) + Tratamentos. Um dos fatores que propiciam a menor resistência dos concretos curados a vapor é a pressão desenvolvida nos poros de ar durante o aquecimento, pois o ar tem um coeficiente de dilatação térmica maior do que o material que o envolve (NEVILLE, 1982).

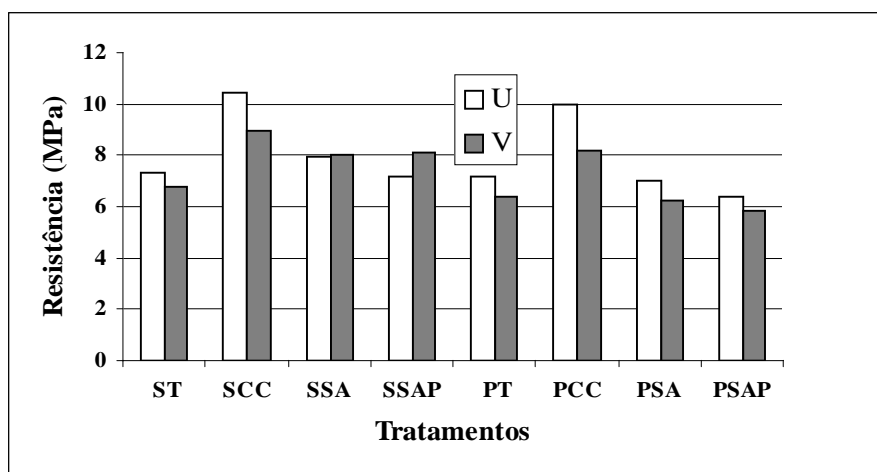


Figura 4- Influência do tipo de cura na resistência à compressão do compósito. Traço 1 e cimento CP II-E-32.

Efeito do fator Tratamento: Não se considerando os demais fatores envolvidos, o tratamento cloreto de cálcio (CC) foi superior aos demais, sendo seguido pelos tratamentos à base de sulfato de alumínio (SA e SAP), entre os quais não ocorreu diferença e do tratamento testemunho (T) sempre classificado como o pior tratamento (CC>SA=SAP>T). Dentro do fator Traço, o T2 mostrou uma situação de igualdade entre os tratamentos CC e SA, ambos superiores ao SAP que, por sua vez, mostrou-se superior ao T. Dentro do fator Cimento, ocorreu uma inversão no desempenho dos tratamentos à base de sulfato de alumínio (CC>SA>SAP>T) quando utilizado o CP II. Dentro do fator Origem, o CC foi superior ao SA que foi superior ao SAP para os dois níveis desse fator (serragem e parafinado). Dentro do fator Cura a tendência se manteve. Em apenas 4 situações das 16 possibilidades de combinação, o tratamento à base de SA conduziu a resultados próximos aos de CC (T2+CP II+Origem+Cura). Em 7 outras combinações analisadas, constatou-se que o uso do tratamento SA não forneceu melhoria significativa quando comparado ao T. Neste caso, indica-se que se utilize o CC como tratamento. A figura 5 apresenta os resultados das combinações T1 + ARI + Origem (serragem e parafinado) + Cura (úmida e vapor).

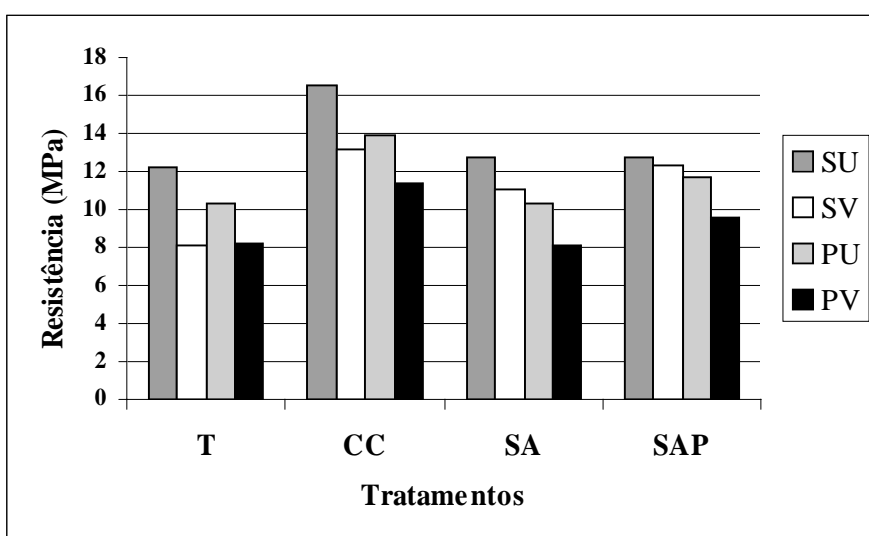


Figura 5- Influência do tipo de tratamento na resistência à compressão do compósito. Traço 1 e cimento CP V-ARI.

Efeito da Lavagem das partículas (Serragem): nas figuras 6 e 7 apresentam-se os resultados obtidos com o uso de partículas lavadas, para o material proveniente de serraria, submetendo o compósito aos dois tipos de cura (úmida e a vapor). Na figura 6, relativa ao uso do traço T1, não foi notado um efeito favorável da lavagem das partículas. Porém, quando do uso do traço T2, a lavagem mostra substancial elevação da resistência do compósito na compressão.

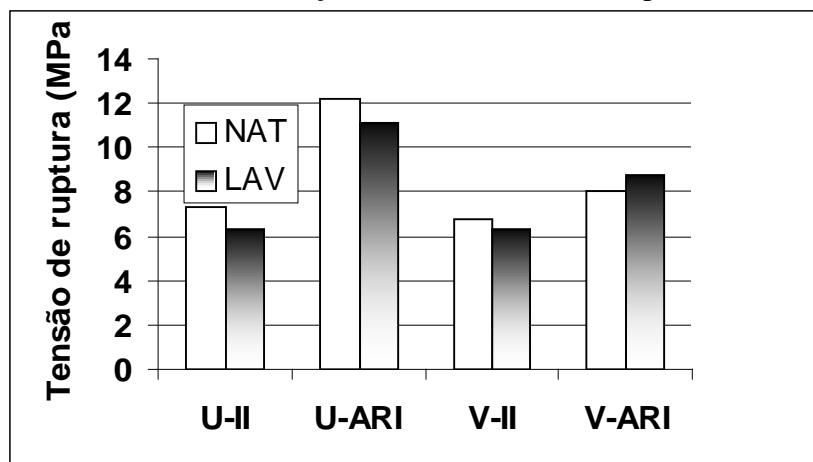


Figura 6- Influência da lavagem das partículas para o traço T1

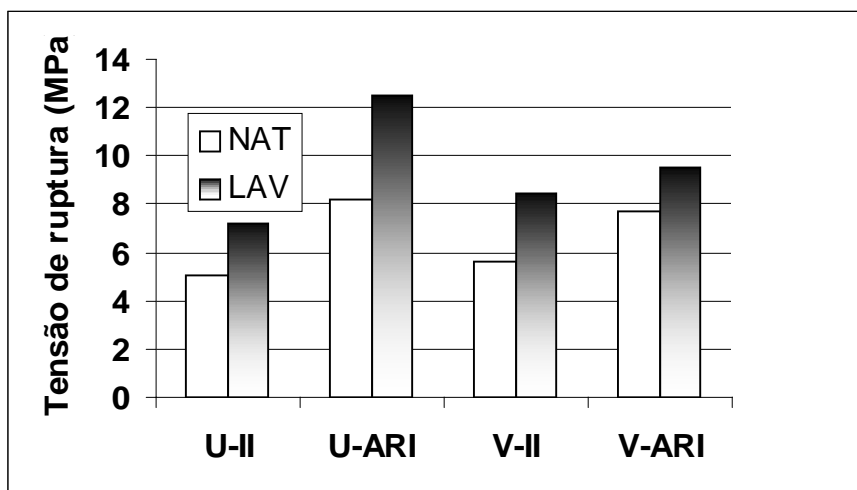


Figura 7- Influência da lavagem das partículas para o traço T2

4.2 Resistência à compressão na idade de 9 horas

A resistência média obtida após o período de 9 horas da cura a vapor foi de 3,0 MPa, com coeficiente de variação de 7,58%. Esse valor correspondeu a quase 1/3 do valor médio obtido aos 28 dias, o que permite o manuseio do produto.

Efeito do fator Traço: De maneira geral, não houve diferença estatística entre T1 (2,98 MPa) e T2 (3,01 MPa); em algumas situações o T2 foi superior ao T1, principalmente quando da utilização do cimento ARI.

Efeito do fator Cimento: Em geral, o cimento ARI apresentou resultado superior ao do CP II, sem exceções (ARI=3,01 MPa > CP II=2,09 MPa).

Efeito do fator Origem: Em geral, o material serragem (3,28 MPa) apresentou resultado superior ao parafinado (2,72 MPa). No entanto, em todas as situações onde foi utilizado o tratamento cloreto de cálcio, a situação se inverteu ($P>S$).

Efeito do fator Tratamento: Em uma análise global, o tratamento CC (5,14 MPa) foi superior ao tratamento SA (3,05 MPa), o qual, por sua vez, foi superior ao tratamento SAP (2,75 MPa) e este superior ao T (1,05 MPa). Essa tendência se manteve quando o fator Tratamento foi analisado, dentro dos demais fatores, ocorrendo situações de igualdade entre os tratamentos à base de sulfato em três combinações de fatores quando utilizado o T2.

4.3 Absorção

Os valores de variância mostraram que o fator Origem ($F = 944,07$), seguido pelos fatores Cura ($F = 248,28$) e Cimento ($F = 193,72$) foram as principais causas da variação da absorção. O valor médio de absorção (20,26%), equívale ao limite máximo permitido para materiais já normalizados como tijolos cerâmicos e blocos de concreto. Esse fato indica que a combinação que apresentou o menor valor de absorção, que foi a T1 + CP II + P + V + SAP ou CC, deve ser indicado para utilização.

Efeito do fator Traço: Em uma análise global, o Traço 1 apresentou estatisticamente menor absorção que o Traço 2 ($T1=20,15 < T2=20,38$).

Efeito do fator Cimento: Em uma análise global o cimento ARI apresentou menor absorção que o cimento CP II, (ARI=19,71<CPII=20,81); essa tendência se manteve quando o fator cimento foi analisado dentro dos demais fatores, sem exceções.

Efeito do fator Origem: Dentro desse fator, o material Parafinado apresentou, estatisticamente, menor absorção que o material Serragem (P=19,04<S=21,48); essa tendência se manteve sem exceções, quando o fator origem foi analisado dentro dos demais fatores.

Efeito do fator Cura: Em uma análise global, a absorção foi estatisticamente inferior para a cura a vapor em relação à cura úmida (V=19,64<U=20,89). Porém, ocorreram duas ocasiões nas quais a situação se inverteu: T2 + ARI + Parafina + SA ou CC.

Efeito do fator Tratamento: Em uma análise global, o tratamento CC apresentou menor grau de absorção (CC=19,98<SAP (20,13)=T (20,33)<SA=20,60).

5 CONCLUSÕES

Partículas naturais ou parafinadas da madeira *P. caribaea* são moderadamente inibidoras à pega do cimento. Na avaliação da resistência à compressão do compósito madeira-cimento, aos 28 dias, concluiu-se que a melhor opção para a produção deva ser a utilização do traço T1, com cimento CP V-ARI, utilizando o material serragem e aplicando-se o tratamento com o cloreto de cálcio, e submetendo o compósito à cura úmida. No caso de ser necessário agilizar a produção de artefatos à base de tal compósito, a cura a vapor também poderá ser utilizada. A lavagem das partículas vegetais pode apresentar um resultado favorável sobre a resistência à compressão, na dependência do traço que seja utilizado. A absorção do material foi compatível com aqueles à base de materiais cerâmicos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERALDO, A. L. 1997. "Compósitos Biomassa Vegetal-Cimento". In: Simpósio, "Materiais Não Convencionais para Construções Rurais" .Campina Grande, UFPB, p 01-48, Editores Romildo Dias Toledo Filho, José Wallace Barbosa do Nascimento, Khosrow Ghavami.

NEVILLE, A. M. 1982. "Propriedades do concreto". Editora PINI, SP, p. 309-312.

PIMIENTA, P.; CHANDELLIER, J.; RUBAUD, M.; DUTREL, F.e NICOLE, H. 1994. Étude de faisabilité des procédés de construction à base de béton de bois. CAHIERS DU CSTB,45pp .

SKAT- Document Normatif. Tuiles en mortier vibro, 1991, 44pp.

VERBECK, G.; COPELAND L. E., Some physical and chemical aspects of high-pressure steam curing, Menzel Symposium on High-Pressure Steam Curing, American Concrete Institute. Sp. Public, Nº. 32, p. 1-13 (1972).