

Recebido: 18-12-2015 Aceito: 01-04-2017 Publicado: 23-05-2017

## Compósitos cimentícios leves reforçados com partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*

Monica Regina Garcez<sup>1\*</sup>, Estela Oliari Garcez<sup>2</sup>, Aline de Oliveira Machado<sup>3</sup>, Darci Alberto Gatto<sup>3</sup><sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, Brasil.<sup>2</sup> Deakin University, Geelong, Austrália.<sup>3</sup> Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

**RESUMO** O objetivo principal deste trabalho foi a caracterização de um compósito cimentício de baixa densidade reforçado com partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, por meio do estudo de suas propriedades físicas e mecânicas. O traço padrão foi definido a partir de compósitos com 30% de cimento e 70% de madeira, em volume, com diferentes quantidades de água e aditivo superplastificante. Foram testadas diferentes granulometrias para a de serragem de *Eucalyptus grandis* com o intuito de elevar a resistência à tração do compósito. O superplastificante usado com função de aumentar a fluidez da pasta proporcionou aumento de até 161,8% na resistência à compressão e de até 205,9% e 123,46% nos módulos de elasticidade estático e dinâmico dos compósitos. A resistência à tração dos compósitos foi em média 55,8% superior quando foram utilizadas partículas de serragem retidas na peneira 2,36mm.

**Palavras-chave:** resistência à tração; propriedades físicas e mecânicas; serragem.

## Lightweight cementitious composites reinforced with *Eucalyptus grandis* wood particles

**ABSTRACT** The aim of this research was to characterize a lightweight cementitious composite reinforced with *Eucalyptus grandis* wood particles through the study of its physical and mechanical properties. Standard mix proportion was defined based on a composite with 30% cement and 70% wood, in volume, and different amounts of water and superplasticizer. Different particle sizes of *Eucalyptus grandis* sawdust were tested to increase the composite tensile strength. The superplasticizer used with the function of enhancing paste fluidity provided an increase up to 161.6% in the compressive strength and up to 205.9% and 123.46% in the static and dynamic modulus of elasticity of the composites. Tensile strength presented was 55.8% higher when sawdust particles retained on the 2.36mm sieve were used.

**Keywords:** tensile strength; physical and mechanical properties; sawdust.

### Introdução

As indústrias de base florestal que atuam na transformação primária, como as serrarias, em geral apresentam baixo rendimento e geram grande quantidade de resíduos, que podem provocar problemas nas culturas agrícolas e florestais, quando seus extrativos atingem níveis tóxicos para as plantas, devido ao tempo necessário para sua degradação natural e ao grande volume muitas vezes depositado no mesmo local. Como muitas vezes estão localizadas em locais afastados dos grandes centros consumidores, a disposição inadequada dos

resíduos acaba por gerar grandes passivos ambientais, devido principalmente ao alto custo de transporte (BARBOSA et al., 2014; RONQUIM et al., 2014).

Estudos recentes sobre a utilização de resíduos de madeira, na forma de fibras ou partículas, vem demonstrando o seu potencial para uso como reforço ou material de preenchimento em compósitos cimentícios (ASHORI et al., 2012; TORKAMAN et al., 2014; BERTOLINI et al., 2014; FAN et al., 2012; LIN et al., 1994; PEHANICHA, et al., 2004). Esses compósitos em geral apresentam baixa massa específica,

baixa condutividade térmica, resistência ao fogo, impermeabilidade e resistência mecânica adequada para aplicação em placas delgadas, blocos para alvenaria e elementos de enchimentos para lajes, de uso frequente na construção civil (PI-MENTEL et al., 2006).

O consumo de madeira serrada no Brasil atingiu 9,2 milhões de m<sup>3</sup> em 2012 (ABRAF, 2013). O rendimento do *Eucalyptus grandis* pode variar de 40% a 60%, dependendo da técnica de desdobro utilizada (CUNHA, 2015). Desta forma, considerando a disponibilidade do resíduo e o fato de serem consideradas moderadamente inibitórias (BERALDO e CARVALHO, 2004; MORI et al., 2007) ou até mesmo naturalmente compatíveis com o cimento (CASTRO et al., 2014), não requerendo tratamento superficial prévio para evitar problemas de compatibilidade, a utilização de serragem de *Eucalyptus grandis* na produção de compósitos cimento-madeira torna-se interessante e vantajosa.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a caracterização de um traço padrão para um compósito cimentício de baixa densidade, reforçado com partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, com 30% de cimento e 70% de madeira, em volume, por meio do estudo de suas propriedades físicas e mecânicas, buscando também elevar a resistência à tração dos compósitos através da variação na granulometria das partículas de madeira.

## Material e Métodos

### *Materiais*

Os compósitos foram fabricados com serragem de *Eucalyptus grandis* ( $\rho_{un} = 0,12\text{g/cm}^3$ ), *in natura*, material passante na peneira 2,36mm, e cimento CP V-ARI RS, cujas especificações atendem a NBR 5733 (ABNT, 1991). Em alguns traços foi utilizado aditivo superplastificante Sika ViscoCrete®

5700, cuja composição básica consiste em uma solução de poliacrilato em meio aquoso, que atende aos requisitos da NBR 11768 (ABNT, 2011).

### *Delineamento experimental*

A partir de um traço padrão 1:0,28:0,6 (cimento:madeira:água, em massa), que corresponde à proporção 30:70 (cimento:madeira, em volume), foram determinadas as proporções mostradas na Tabela 1. Buscando obter misturas mais trabalháveis, com adequada coesão e fácil moldagem, que possibilitassem aumento na resistência à compressão, foi testada a utilização de aditivo superplastificante nos compósitos II, III e IV, mantendo o traço padrão (I).

**Tabela 1.** Proporção dos materiais.

**Table 1.** Proportion of the materials

	cimento:madeira *	água:cimento **	aditivo:cimento **
I	30:70	0,6	-
II	30:70	0,6	0,005
III	30:70	0,6	0,006
IV	30:70	0,6	0,007
V	30:70	0,5	0,008
VI	30:70	0,7	-

\*em volume; \*\*em massa, máxima dosagem 0,015 segundo as recomendações do fabricante.

### *Produção dos compósitos*

Os materiais foram misturados em uma argamassadeira e os compósitos foram moldados em cilindros de 50mm de diâmetro e 100mm de altura, conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996). Após a moldagem, foram mantidas placas de vidro quadradas (70 x 70mm) sobre os moldes por 24h, para a cura inicial dos compósitos. Decorridas 24h da moldagem, foi realizada a desforma e os corpos de prova foram então mantidos submersos em um tanque de cura saturado de cal, conforme NBR 9479 (ABNT, 1984), até atingirem a idade requerida para os ensaios.

## Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos compósitos

Para analisar a influência das diferentes proporções de materiais nas propriedades físicas e mecânicas dos compósitos, foram determinadas as massas específicas aparentes com teor de umidade estabilizado em 12% e foram realizados ensaios de resistência à compressão, segundo a NBR 7215 (ABNT,1997), e módulo de elasticidade estático, segundo a NBR 8522 (ABNT, 2003). O módulo de elasticidade dinâmico dos compósitos foi determinado por meio de medições de velocidade de pulso ultrassônico, com o aparelho de Ultrassom da marca Proceq, modelo Tico e transdutores de 54kHz, segundo a NBR 15630 (ABNT, 2008). Os ensaios foram realizados em 4 amostras de cada compósito, em corpos de prova cilíndricos de 5cm de diâmetro e 10cm de altura, na idade de 28 dias.

Para o traço com melhores propriedades mecânicas e possibilidade de utilização da menor quantidade de aditivo possível, por questões ambientais e econômicas, foram determinados índice de vazios e absorção de água, em 4 corpos de prova cilíndricos de 5cm de diâmetro e 10cm de altura, na idade de 28 dias, segundo a NBR 9778 (ABNT, 2005). A partir deste traço foi analisada a resistência à tração na flexão do compósito, segundo os procedimentos da NBR 13279 (ABNT, 2005), e foram determinadas mais duas variações de granulometria para as partículas de serragem de *Eucalyptus grandis* (Tabela 2), *in natura*, visando alternativas para elevar a tração na flexão de compósitos cimento-madeira. Os ensaios de flexão estática a 3 pontos foram realizados em 3 amostras de corpos-de-prova prismáticos, com dimensões 40mmx40mmx160mm, aos 28 dias.

**Tabela 2.** Proporções dos materiais para o ensaio de flexão a 3 pontos.

**Table 2.** Proportions of the materials for the 3-point static bending test.

	cimento:madeira *	água:cimento **	Granulometria madeira ***
VI	30:70	0,7	100:0
VIa	30:70	0,7	80:20
VIb	30:70	0,7	50:50

\*em volume; \*\*em massa; \*\*\* em porcentagem, passante:retido na peneira 2,36mm.

### Análise estatística

Foi realizada análise de variância (ANOVA) utilizando o software Statgraphics. Para discriminar a diferença entre médias foi utilizado o teste da diferença mínima significativa (LSD) de Fischer, em nível de 5% de probabilidade de erro.

## Resultados e Discussão

Os valores de resistência à compressão, módulo de elasticidade e massa específica obtidos dos compósitos (Tabela 3) permitem que estes sejam utilizados em certas aplicações práticas da construção civil (BOUGUERRA, 1998), como, por exemplo, a fabricação de blocos de vedação e artefatos de cimento.

O compósito VI, com traço 1:0,28:0,7 sem utilização de aditivo superplastificante apresentou resistência à compressão compatível com as obtidas nos trabalhos de Rodrigues et al. (2007), 12,5MPa (traço 1:0,37:0,7) e Beraldo e Carvalho (2004), 8,4MPa (traço 1:0,375:0,75), fabricados com cimento ARI, resíduo de madeira de *Eucalyptus grandis* com diâmetro máximo 2,36mm e traços cimento:madeira:água expressos em massa.

A utilização do aditivo superplastificante aumentou a resistência à compressão dos compósitos II, III e IV em relação ao compósito I em 62,68%, 58,38% e 161,8%, respectivamente (Tabela 3). O mesmo ocorreu com os módulos de elasticidade estático (50%, 31,81% e 205,9%) e dinâmico (35,71%, 16,66%

e 123,46%). O uso do aditivo superplastificante, portanto, melhorou o desempenho dos compósitos com relação às suas propriedades mecânicas.

Em geral, maiores valores de massa específica estão associados a maiores valores de módulo de elasticidade (IWA-KIRI et al., 2008) e limites de resistência, como comprovam os

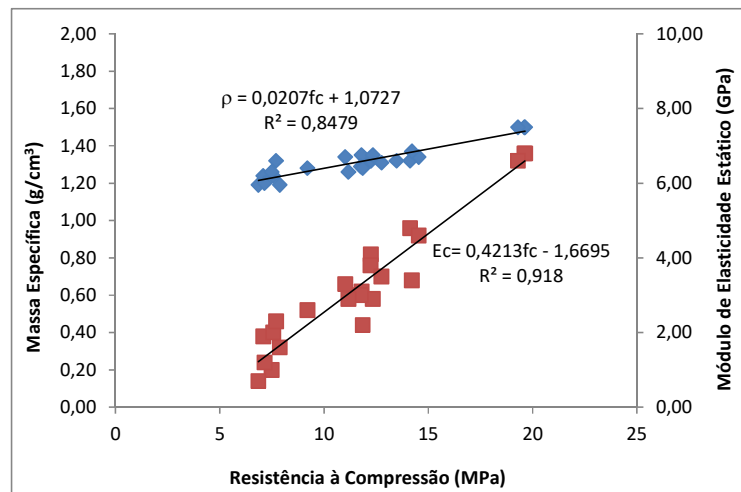
dados da Tabela 3 e a Figura 1. Massas específicas, resistências à compressão e módulos de elasticidade mais elevados são características de compósitos mais rígidos, por outro lado, em alguns casos, o uso de peças mais leves, com menor massa específica, podem ser uma vantagem em relação a outros quesitos, como transporte manuseio e montagem.

**Tabela 3.** Resultados experimentais das propriedades físicas e mecânicas.

**Table 3.** Experimental results of the physical and the mechanical properties.

	Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )		Resistência à compressão (MPa)		Módulo de elasticidade estático (GPa)		Módulo de elasticidade dinâmico (GPa)		Absorção de água (%)		Índice de vazios (%)	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
I	1,27 <sup>a</sup>	3,02	7,45 <sup>a</sup>	4,37	2,20 <sup>a</sup>	14,37	2,94 <sup>a</sup>	5,71	-	-	-	-
II	1,35 <sup>b</sup>	1,53	12,12 <sup>b</sup>	2,40	3,30 <sup>b</sup>	11,87	3,99 <sup>b</sup>	8,39	-	-	-	-
III	1,29 <sup>ac</sup>	1,62	11,88 <sup>b</sup>	5,52	2,90 <sup>b</sup>	18,46	3,43 <sup>c</sup>	7,46	-	-	-	-
IV	1,46 <sup>d</sup>	5,48	19,51 <sup>c</sup>	0,96	6,73 <sup>c</sup>	1,71	6,57 <sup>d</sup>	1,71	-	-	-	-
V	1,21 <sup>e</sup>	2,78	7,34 <sup>a</sup>	6,05	0,97 <sup>d</sup>	26,03	2,11 <sup>e</sup>	12,71	-	-	-	-
VI	1,33 <sup>bc</sup>	0,75	14,04 <sup>d</sup>	3,81	4,50 <sup>e</sup>	8,01	4,18 <sup>b</sup>	5,40	38,60	4,82	39,31	4,90

Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferenciam estatisticamente, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste LSD de Fischer; CV = coeficiente de variação.



**Figura 1.** Relação entre resistência à compressão, massa específica aparente e módulo de elasticidade estático.

**Figure 1.** Relationship between compressive strength, density and static modulus of elasticity.

Devido às características higroscópicas da madeira, a diminuição da quantidade de água não foi efetiva para aumentar a resistência à compressão do traço V (Tabela 3), que mostrou também redução nos módulos de elasticidade. Isto significa que a quantidade de água disponível não foi suficiente

para hidratar as partículas de cimento e que o aditivo beneficiou o comportamento mecânico do compósito somente quando foi utilizado com a função de aumentar a fluidez da pasta. Adicionalmente, a resistência à compressão dos traços V e I não variou estatisticamente e, embora o traço VI apresente 10% a mais de água que os traços I (sem aditivo), II e III

(com aditivo), este resultou maior resistência à compressão (88,45%, 15,84% e 18,18%) e módulo de elasticidade estático (104,54%, 36,36%, 55,17%) em relação a estes compósitos.

O compósito VI apresentou absorção de água e índice de vazios compatíveis com os de compósitos com mesma espécie e similares percentuais de madeira encontrados na literatura (ARSÈNE et al., 2003; DEL MENEZZI et al., 2000), que variam de 14% a 40% dependendo da composição do traço, quantidade de água e utilização ou não de adições minerais e aditivos. Valores desta magnitude, 38,60% de absorção de água e 39,31% de índice de vazios para uma proporção cimento:madeira:água de 1:0,28:0,7 em massa ocorrem devido a característica higroscópica da madeira, que aliada à porosidade da matriz, permite o preenchimento dos vazios existentes pela água (TORKAMAN et al., 2014).

A velocidade propagação da onda ultrassônica, além de permitir a determinação do módulo de elasticidade dinâmico dos compósitos, pode ser utilizada como ferramenta auxiliar para estimar o módulo de elasticidade estático de compósitos cimento-madeira (Figura 2), o que pode ser comprovado pelo ajustamento do modelo estatístico (91,48%).

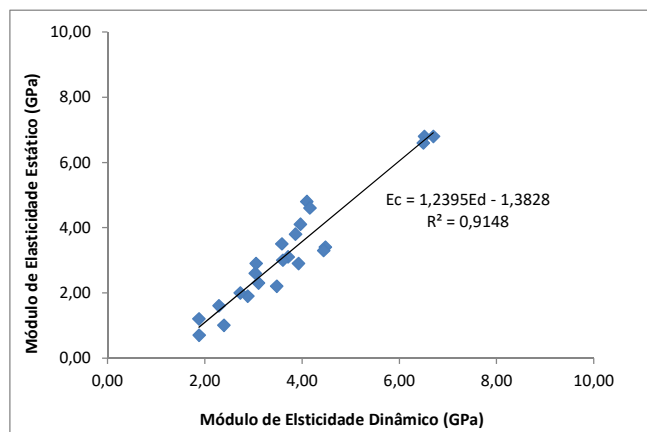
**Tabela 4.** Resultados dos ensaios de flexão a 3 pontos.

**Table 4.** Results of 3-point static bending tests.

	Resistência à tração na flexão (MPa)	
	Média	CV (%)
VI	5,42 <sup>a</sup>	16,46
VIa	8,54 <sup>b</sup>	11,94
VIb	8,35 <sup>b</sup>	7,33

Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma coluna não diferenciam estatisticamente, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste LSD de Fischer; CV = coeficiente de variação.

A resistência à tração na flexão dos compósitos (Tabela 4) aumentou significativamente nos traços VIa (57,56%) e VIb (54,05%), em relação ao VI, cujos aspectos visuais são mostrados na Figura 3.



**Figura 2.** Relação entre módulos de elasticidade estático e dinâmico.

**Figure 2.** Relationship between static and dynamic modulus of elasticity.



**Figura 3.** Aspecto visual das misturas dos traços VI (esquerda) e VIb (direita).

**Figure 3.** Visual aspect of mix proportions VI (left) and VIb (right).

A resistência à tração do compósito cimento-madeira VI (Tabela 4) corresponde a 38,60% de sua resistência à compressão (Tabela 3). Em compósitos cimentícios convencionais, do tipo concreto, sem adição de fibras, resistência à tração equivale a 10% da resistência à compressão, enquanto em argamassas equivale a 6%, dependendo do proporcionamento de água, agregados e cimento na pasta (STILL e THOMAS, 2006). As partículas maiores de serragem, presentes nos traços VIa e VIb, portanto, auxiliaram na transferência de tensões quando solicitadas ao carregamento, proporcionando aos compósitos VIa e VIb maior capacidade de deformação em relação ao VI (Figura 3). Entretanto, não houve diferença estatística entre os valores de resistência tração dos compósitos VIa e VIb, sinalizando a necessidade de um

proporcionamento adequado com referência ao tamanho das partículas.

## Conclusões

O traço para compósito cimentício leve desenvolvido neste trabalho, com 30% de cimento ARI-RS e 70% de serragem de *Eucalyptus grandis*, apresentou resultados propriedades físicas e mecânicas compatíveis com aplicações práticas.

O uso do aditivo superplastificante melhorou o desempenho dos compósitos com relação às suas propriedades mecânicas, quando foi utilizado com a função de aumentar a fluidez da pasta, uma vez que a quantidade de água disponível na pasta deve ser suficiente para hidratar as partículas de cimento.

A resistência à tração na flexão dos compósitos aumentou de forma significativa nos traços em que foram utilizadas partículas de serragem com material retido na peneira 2,36mm. As fibras de madeira permitiram a transferência das tensões da matriz de cimento proporcionando aos compósitos maior capacidade de deformação.

A realização do ensaio não destrutivo, por meio do aparelho de ultrassom com transdutores de face plana pode ser utilizada como ferramenta auxiliar para estimar e relacionar as propriedades mecânicas dos compósitos cimento-madeira.

## Referências

ARSÈNE M. A.; SAVASTANO JR, H.; ALLAMEH, S M.; GHAVAMI, K; SOBOYEJO W. Cementitious composites reinforced with vegetable fibers. First Interamerican Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in the Eco-Construction and Infrastructure, 2003, João Pessoa. **Proceedings...** João Pessoa, 2003.

ASHORI, A.; TABARSA, T.; AMOSI, F. Evaluation of using waste timber railway sleepers in wood-cement composite materials. **Construction and Building Materials**, n. 27, p. 126-129, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação. Rio Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9479**: Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica — Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013, 146p.

BARBOSA, L. C., PEDRAZZI, C., FERREIRA, E. S., SCHNEID, G. N., WILLE, V. K. D. Avaliação de resíduos de uma serraria para produção de celulose *kraft*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 491-500, 2014.

BERALDO, A.L.; CARVALHO J.V. Compósito *Eucalyptus grandis* – cimento Portland. **Scientia Forestalis**, n. 65, p.150-161, 2004.

- BERTOLINI, M. S.; CAMPOS, C. I.; SOUZA, A. M.; PANZERA, T. H.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Wood-cement composites from wastes of Pinus sp. wood: Effect of particles treatment. **International Journal of Composite Materials**, v. 4, n 2, p. 146-149, 2014.
- BOUGUERRA, A.; LEDHEM, F.; BERQUIN, F.; DHEILLY, R.M.; QUÉNEUDEDEC, M. Effect of microstructure on the mechanical and thermal properties of lightweight concrete prepared from clay, cement, and wood aggregates. **Cement and Concrete Research**, v. 28, n.8, p. 1179–1190, 1998.
- CASTRO V.; ARAÚJO R. D.; PARCHEN, C.; IWAKIRI, S. Avaliação dos efeitos de pré-tratamentos da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage no grau de compatibilidade com cimento Portland. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 945-952, 2014.
- CUNHA, A. B, FRANÇA, M. C., ALMEIDA, C. C. F., GORSKI, L., CRUZ, R. C., SANTOS, D. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 241-250, 2015.
- DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R. Influence of bark on properties of wood-cement particleboards made with eucalypt. International Conference on Wood and Wood Fiber Composites, 2000, Stuttgart. **Proceedings...** Stuttgart, 2000.
- FAN, M., NDIKONTAR, M. K., ZHOU, X., NGAMVENG, J. H. Cement-bonded composites made from tropical woods: Compatibility of Wood and cement. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 135–140, 2012.
- IWAKIRI, S., STINGHEN, A. B. M., SILVEIRA, E. L., ZAMARIAN, E. H. C., PRATA, J. G., BRONOSKI, M. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.
- LIN X., SILSBEE M. R., ROY D. M., KESSLER R., BLANKENHORN P. R. Approaches to improve the properties of wood fiber reinforced cementitious composites. **Cement and Concrete Research**, v. 24, n. 8, p. 1558-1566, 1994.
- MORI, F. A.; LOPES, Y. L. V.; MENDES, L. M.; LATORACA, J. V. F. estudo da compatibilidade entre a madeira e as cascas de *Eucalyptus grandis* e cimento Portland. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 257-264, 2007.
- PEHANICHA J. L., BLANKENHORN P. R., SILSBEEB M. R. Wood fiber surface treatment level effects on selected mechanical properties of wood fiber–cement composites. **Cement and Concrete Research**, n. 34, p. 59–65, 2004.
- PIMENTEL, L. L.; BERALDO, A. L.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Durabilidade de compósito biomassa vegetal-cimento modificado por polímero. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, p.344-353, 2006.
- RODRIGUES, M. S.; FERREIRA, G. C.; VIEIRA, F. F.; BERALDO, A. L. Avaliação da compatibilidade química entre o cimento portland e resíduos vegetais por meio da velocidade do pulso ultra-sônico (VPU). Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2007, Bonito. **Proceedings...** Bonito, 2007.
- RONQUIM R. M., FERRO F. S., ICIMOTO F. H., CAMPOS C. I., BERTOLINI M. S., CHRISTOFORO A L., LAHR F. A. R. Physical and Mechanical Properties of Wood-Cement Composite with Lignocellulosic Grading Waste Variation. **International Journal of Composite Materials**, v. 4, n. 2, p. 69-72, 2014.
- STILL, G.T.; THOMAS, T.H. Mix proportioning of mortars in tension, with particular reference to developing countries. **Advances in Applied Ceramics**, v. 105, n.4, p. 179-184, 2006.
- TORKAMAN, J.; ASHORI, A.; MOMTAZI, A. S. Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. **Construction and Building Materials**, v.50, p. 432–436, 2014.