

## Uso de residuos lignocelulósicos en la elaboración de compuestos madera-cemento para fines constructivos no estructurales

### Use of lignocellulosic waste in the manufacture of wood-cement composites for non-structural construction purposes

### Utilização de resíduos lignocelulósicos no fabrico de compósitos de cimento-madeira para fins de construção não estruturais

Expedito Baracho Jr.<sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-8475-6590>

Luis Carlos Marangón<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-5663-0381>

Mario Rolin<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-2111-3875>

Juárez Benigno Páez<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-4776-4246>

Daniel Alberto Álvarez Lazo<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-7627-0152>

<sup>1</sup>Universidad Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciencias Forestales, Brasil.

<sup>2</sup>Universidad Federal de Espírito Santo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Pinar del Río, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [daniel@upr.edu.cu](mailto:daniel@upr.edu.cu)

**Recibido:** 11 de febrero de 2020.

**Aprobado:** 16 de abril de 2020.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las principales características de los compuestos producidos con cemento, arena y residuos lignocelulosicos para la elaboración de compuestos madera-cemento. Se utilizaron residuos de *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* (bambú) y *Manilkara sp.* (maçaranduba) para determinar la compatibilidad con el cemento Portland CP IV-32. Los ensayos físico mecánicos se realizaron en los laboratorios de Tecnología Forestal, perteneciente al Departamento de Ciencia Forestal, en la Universidad Federal Rural de Pernambuco, y la Universidad Federal de Espírito Santo, Brasil; a partir de la norma ABCP, 2002. La mezcla utilizada fue 1: 0.05: 3: 0.4, respectivamente cemento, lignocelulósico, arena y agua. A partir de las temperaturas de hidratación obtenidas se pudo establecer la posibilidad de la utilización del cemento Portland CP IV-32 en la producción de compuestos cemento-madera-arena agua. Durante la determinación del grado de



compatibilidad del cemento con el bambú y la maçaranduba, la resistencia a la compresión presentó los resultados más evidentes para la utilización no estructural de los compuestos obtenidos. El método no destructivo de las ondas de tensión resultó una herramienta excelente para determinar el módulo elástico dinámico de los compuestos cemento-madera-arena-agua.

**Palabras clave:** Madera; Hidratación; Compatibilidad; Resistencia; aplicación.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the main characteristics of the compounds produced with cement, sand and lignocellulosic waste for the production of wood-cement compounds. Residues of *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* (bamboo) and *Manilkara* sp. (maçaranduba) were used to determine compatibility with Portland cement CP IV-32. The physical-mechanical tests were carried out in the Forestry Technology laboratories, belonging to the Forestry Science Department, at the Federal Rural University of Pernambuco, and the Federal University of Espírito Santo, Brazil; based on the ABCP standard, 2002. The mixture used was 1: 0.05: 3: 0.4, respectively cement, lignocellulosic, sand and water. From the hydration temperatures obtained, it was possible to establish the possibility of using Portland cement CP IV-32 in the production of cement-wood-sand-water compounds. During the determination of the degree of compatibility of the cement with the bamboo and maçaranduba, the resistance to the compression presented the most evident results for the non-structural use of the obtained compounds. The non-destructive method of stress waves proved to be an excellent tool for determining the dynamic elastic modulus of cement-wood-sand-water compounds.

**Keywords:** wood; Hydration; Compatibility; strength; Application.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as principais características dos compostos produzidos com cimento, areia e resíduos lignocelulósicos para a produção de compostos de cimento-madeira. Resíduos de *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* (bambu) e *Manilkara* sp. (maçaranduba) foram utilizadas para determinar a compatibilidade com o cimento Portland CP IV-32. Os ensaios físico-mecânicos foram realizados nos laboratórios de Tecnologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco e da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, com base na norma ABCP, 2002. A mistura utilizada foi 1: 0,05: 3: 0,4, respectivamente cimento, lignocelulósico, areia e água. A partir das temperaturas de hidratação obtidas, foi possível estabelecer a possibilidade de utilizar o cimento CP IV-32 Portland na produção de compostos de cimento-madeira-arenito e água. Durante a determinação do grau de compatibilidade do cimento com bambu e maçaranduba, a resistência à compressão apresentou os resultados mais evidentes para a utilização não-estrutural dos compostos obtidos. O método não destrutivo das ondas de tensão provou ser uma excelente ferramenta para determinar o módulo elástico dinâmico dos compostos de cimento-madeira-madeira-água.

**Palavras-chave:** Madeira; Hidratação; Compatibilidade; Resistência; Aplicação.



## INTRODUCCIÓN

Garces *et al.*, (2017), coincidiendo con Barbosa *et al.*, (2014) y Ronquin *et al.*, (2014), establecen que las industrias de transformación primaria y secundaria de la madera generan grandes cantidades de residuos que pueden provocar serios problemas ambientales; por lo que el desarrollo de productos a partir de estos residuos constituye una opción de interés en la actividad constructivas (Ardanuy *et al.*, 2015; Amoo *et al.*, 2016 y Fernández *et al.*, 2017).

Los compuestos de madera y cemento tienen muchas ventajas sobre otros materiales de madera convencionales, como un mejor aislamiento y un mejor rendimiento frente al fuego, una mejor resistencia a la inmersión en agua, propiedades bactericidas y rigidez; coincidiendo en este sentido con los trabajos desarrollados por Bertolini *et al.*, (2014), Garces *et al.*, (2017) y Castro *et al.*, (2019).

En comparación con el concreto, el compuesto reduce el costo, reutiliza los desechos de madera y mejora el rendimiento térmico de los paneles de concreto convencionales, preservando sus cualidades mecánicas.

Quiroga y Rintoul (2015) concluyen que el conocimiento del comportamiento mecánico y estructural de los compuestos de madera puede contribuir a proyectar y mejorar sus propiedades a un costo mínimo. La resistencia y la rigidez de estos compuestos depende de las propiedades de la madera y del cemento, del tratamiento de mineralización de la madera, de la densidad o grado de compactación del material y de la relación cemento-madera (Baracho Jr. 2016; Ortega y Gil, 2019).

Baracho Jr. (2016), especifica las ventajas de los compuestos madera-cemento de aprovechar la elevada rigidez específica, resistencia al impacto y relación resistencia- peso de la madera, un recurso renovable de bajo costo y fácil de procesar.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar las principales características de los compuestos producidos con cemento, arena y residuos lignocelulósicos para la elaboración de compuestos madera-cemento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Condiciones de trabajo

Para la materialización de la presente investigación fueron utilizados residuos obtenidos durante el procesamiento de la especie *Manilkara sp.* en el aserradero Manassu Ltda., ubicado en la región metropolitana de la ciudad de Recife.

Los residuos de *Bambusa vulgaris var. vulgaris* proceden de las plantaciones propias de la Empresa Celulose e Papel de Pernambuco CEPASA, do Grupo Industrial João Santos, localizada en Jaboatão dos Guararapes, también en el Estado de Pernambuco.

Los diferentes ensayos fueron desarrollados en el Laboratorio de Tecnología Forestal, perteneciente al Departamento de Ciencia Forestal, en la Universidad Federal Rural de Pernambuco.



La granulometría de los residuos y de la arena lavada fueron determinadas en un Agitador Electromagnético Viatest, modelo 76733, en el Laboratorio de Manejo y Conservación de Suelos del Departamento de Agronomía, perteneciente a la misma universidad.

Se recolectan aleatoriamente 100 g de cada material seco al aire y sometidas a ensayos en el agitador, de acuerdo a la norma brasileira NBR 7181: 1988.

Los residuos de ambas especies fueron pre-tratados a partir de su inmersión en agua durante 15 días y secados al aire libre. Posteriormente son nuevamente inmersas en una solución acuosa de hidróxido de sodio al 2 % de concentración durante 24 horas, seca y embalada hasta su posterior utilización, según la metodología utilizada por Baracho Jr. (2016).

### Metodología utilizada

#### Prueba de compatibilidad del material lignoceluloso con el cemento Portland

La determinación de la compatibilidad de los residuos fue realizada a partir de la obtención de la temperatura máxima de hidratación de muestras patrón (cemento puro + agua) y las de *Manilkara sp.* y *Bambusa vulgaris var. vulgaris* tratadas con un 2 % de NaOH en un sistema adiabático.

Los procedimientos utilizados para la determinación de la compatibilidad son los mismos adoptados por Velásquez *et al.*, (2005):

- Muestra tratada: 200 g de cemento Portland, 20 g de residuo lignoceluloso y 100 ml de agua destilada.
- Muestra patrón: 200 g de cemento Portland e 100 ml de agua destilada.

Las temperaturas máximas de las muestras de maçaranduba y bambú, son comparadas con la temperatura máxima de la muestra patrón.

El coeficiente de aptitud o compatibilidad (A), es determinado de acuerdo con la ecuación adoptada por Vilela y Du Pasquier (1968) y utilizada por Viera *et al.*, (2004) y Baracho Jr. (2016) (Ecuación 1).

$$A = \frac{T_m - T_o}{T_M - T_o} * 100 \quad (1)$$

Donde:

Coeficiente de compatibilidad (%).

$T_m$  Temperatura máxima de la muestra (°C);

$T_o$  Temperatura ambiente (°C);

$T_M$  Temperatura máxima de la muestra patrón (°C).



Vilela y Du Pasquier (1968), clasifican a las maderas como Muy Buenas cuando la compatibilidad está por encima del 80 %, Buenas entre 60 - 79 %, Regulares entre 50 - 59 % y Malas cuando el coeficiente de compatibilidad se ubica por debajo del 50 %, clasificación también adoptada por Baracho Jr. (2016).

### **Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos**

Para la confección de los compuestos formados a partir de la utilización de cemento+madera+arena+agua, se decidió adoptar la relación 1:0,05:3,0:0,4 respectivamente.

La argamasa para los compuestos fue preparada de forma manual en una bandeja de polietileno. Inicialmente el cemento es adicionado a la arena hasta obtener una mezcla homogénea. Se adiciona seguidamente el residuo lignocelulósico. Una vez homogeneizada la mezcla, el agua es colocada lentamente hasta formar una masa consistente.

Los cuerpos de prueba de los compuestos formados son preparados en moldes cilíndricos de acero de 5 x 10 cm, a los que se le aplica internamente aceite diésel de baja viscosidad para facilitar el desmontaje posteriormente a la pre-cura. Posterior a las 24 horas de preparación de los moldes, se realiza el desmontaje de los cuerpos de pruebas.

Las muestras son acondicionadas durante 28 días para el completo endurecimiento de las mismas, en concordancia con las especificaciones de la norma ABCP (2002). Se preparan 10 cuerpos de prueba de cada residuo de las especies investigadas (maçaranduba y bambú), totalizando un universo de 20 cuerpos de prueba.

Las determinaciones de la densidad y compresión se realizan en el laboratorio de Ciencia de la Madera del Departamento de Ciencias Forestales y de la Madera del Centro de Ciencias Agrarias de la Universidad Federal de Espirito Santos (UFES).

La densidad se obtiene a partir de la relación existente entre el peso y el volumen de la muestra, en concordancia con los procedimientos expuestos en la norma NBR 7190:1997.

### **Evaluación de los compuestos cemento + bambú + arena + agua a partir de la utilización de métodos no destructivos**

Los compuestos son evaluados por medio del uso de ensayos no destructivos, como es el ultrasonido, de acuerdo con Beraldo y Martín (2007), Correa *et al.*, (2014), con la finalidad de determinar la compatibilidad a partir de la utilización del equipamiento BP-7 marca Steinkamp, que presenta transductores exponenciales de 45 kHz de frecuencia de resonancia acoplados (Figura 1).





**Figura 1.** - Equipamiento Steinkamp BP-7 para ensayos con ultra sonido

La proporción utilizada para el cemento-bambú-arena-agua fue de 1:0,05:3,0:0,4. Se aplica también el cloruro de calcio a 11 % de concentración. La velocidad del pulso ultrasónico ( $V_{pu}$ ) varía en función del tiempo de vida de los cuerpos de prueba (Beraldo y Martins, 2007), siendo un procedimiento de evaluación de las alteraciones producidas en la mezcla en la medida que ocurran las reacciones de cohesión y endurecimiento del compuesto. La amplitud máxima de  $V_{pu}$  es considerada un indicador apropiado del grado de compatibilidad entre la madera y el cemento según Beraldo y Balzamo (2009).

A partir de los datos de densidad de los cuerpos de prueba y del  $V_{pu}$ , se determina el Módulo de elasticidad dinámico ( $E_{d1}$ ) a partir de la implementación de la ecuación (Ecuación 2).

$$E_{d1} = \rho (V_{pu})^2 \quad (2)$$

Donde:

$E_{d1}$  Módulo de elasticidad dinámico por ultrasonido (MPa);

$\rho$  densidad del cuerpo de prueba ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$V_{pu}$  velocidad del pulso ultrasónico (m/s).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Compatibilidad del cemento con los residuos de maçaranduba y bambú

En la Tabla 1, aparecen los datos de la temperatura de hidratación de las muestras analizadas, definiendo que la temperatura máxima de hidratación de la muestra patrón (cemento puro + agua)  $42,50^\circ\text{C}$ , se manifiesta a las 7 horas después de iniciado el proceso.



**Tabla 1.** - Evaluación de los coeficientes de compatibilidad (A) de las mezclas cemento-mañaranduba y cemento-bambú

Tiempo, h	Temperatura °C		
	Patrón	mañaranduba	bambú
1	26,80	28,20	29,00
2	27,20	28,60	30,20
3	30,80	29,20	31,50
4	32,80	30,20	32,20
5	39,50	32,40	33,00
6	40,60	32,70	34,40
7	42,50	33,10	35,80
8	41,40	34,70	37,30
9	40,80	35,40	36,00
10	39,60	35,80	35,20
11	37,80	35,10	33,20
12	35,40	34,80	32,10
13	3,80	33,20	31,50
14	32,10	31,40	30,10
15	32,00	30,00	29,90
16	30,50	29,40	29,50
17	29,10	28,70	28,90
18	28,60	28,40	28,70
<b>AC</b>		53,79	64,14

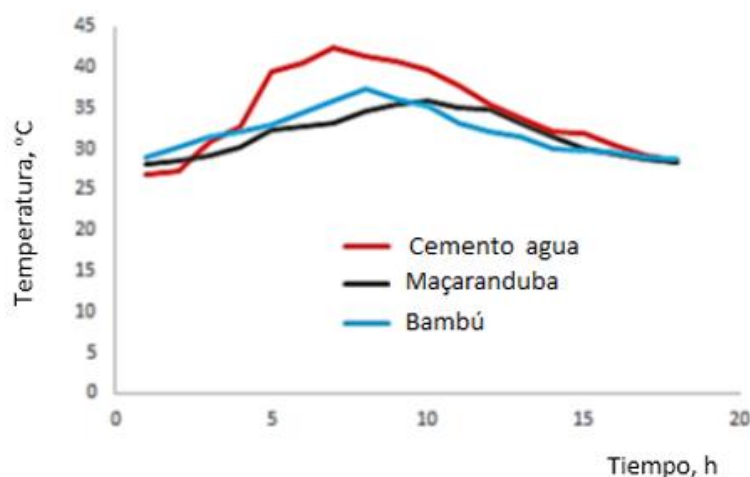
Se observa un mayor desprendimiento de calor en la muestra de cemento + bambú a las 8 horas (37,30 °C) y en la muestra de cemento+mañaranduba (35,80 °C) a las 10 horas, lo que posibilita una disminución de la acción de las sustancias retardadoras de la pasta, lo que provoca el prolongamiento del tiempo de endurecimiento.

La temperatura ambiente en el Laboratorio de Tecnología Forestal es de 28°C. Los coeficientes de compatibilidad obtenidos para el bambú (64,14 %) y la mañaranduba (53,79 %), clasifican positivamente la utilización de estos residuos como materias primas para la producción de ladrillos, compuestos cemento-madera o cemento bambú. En el caso del bambú, el índice de compatibilidad es considerado bueno y el de la mañaranduba de regular; al tener como referencias las metodologías propuestas por Vilela y Du Pasquier (1968) y Baracho Jr. (2016).

En la Figura 2, se aprecian las curvas de hidratación para cada muestra, donde las máximas temperaturas de los compuestos elaborados son obtenidas entre 13 horas después de la temperatura máxima de la muestra patrón (cemento + agua), coincidiendo con los resultados obtenidos por Viera *et al.*, (2004).







**Figura 2.-** Curva de hidratación del cemento, maçaranduba y bambú

### Propiedades físicas y mecánicas de los compuestos elaborados

Después de la definición de las proporciones de las mezclas para elaborar los compuestos madera+cemento+arena+agua, se obtienen los datos tecnológicos a partir de los ensayos de densidad, compresión y módulo de elasticidad a partir de ondas de tensión ( $E_{d2}$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** - Valores medios de las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos

Compuesto	D(g/cm <sup>3</sup> )	f <sub>c</sub> (MPa)	E <sub>d2</sub> (MPa)
<b>bambú</b>	1,88	10,08	8920
	(2,41)	(14,74)	(10,15)
<b>maçaranduba</b>	1,85	9,76	8327
	(3,07)	(14,83)	(10,80)

D- densidad; f<sub>c</sub> resistencia a la compresión simple, E<sub>d2</sub> módulo de elasticidad dinámico.  
 Datos entre paréntesis se refieren a los coeficientes de variación (%)

A partir de la utilización de un análisis de comparación de medias, mediante la prueba t para muestras independientes para un nivel de significación del 5 %, no se aprecian diferencias significativas para las propiedades físicas y mecánicas entre los compuestos de cemento+bambú y cemento+maçaranduba.

Macedo *et al.*, (2012), obtuvieron en compuestos confeccionados con una mezcla de los residuos de seis especies amazónicas, una resistencia a la compresión axial entre 3,25 MPa para los residuos lavados con agua caliente por 2 h y 8,06 MPa para los de la condición anterior con la adición de un 5 % de cloruro de calcio.

Considerando este límite mínimo de resistencia a la compresión, los compuestos de cemento-bambú-arena-agua (10,08 MPa), cemento-maçaranduba-arena-agua (7,96), satisfacen plenamente este requisito especificado en las normas (Santos,





2009), por lo que se propone la aplicación de estos elementos en la construcción civil, sin funciones estructurales.

El método no destructivo de las ondas de tensión es una herramienta excelente para determinar el módulo elástico dinámico de los compuestos cemento-madera-arena-agua; coincidiendo con Oliveira *et al.*, (2017).

Los promedios de bambú con 8 920 MPa y los de maçaranduba con 8 327 MPa, no mostraron diferencias estadísticas al nivel del 5 % por la prueba de comparación de medias T.

Es posible utilizar fragmentos leñosos de diferentes dimensiones y geometrías, algunos de más de 5.0 cm, en asociación con el cemento Portland CP IV - 32, como se muestra en este trabajo.

La iniciativa de usar partículas de madera en las condiciones en que se generan durante el procesamiento en aserraderos, empresas de construcción o como residuos de la actividad industrial, ayuda a reducir los costos de producción de los compuestos a base de cemento, ya que elimina pasos innecesarios en la preparación de los compuestos.

Se puede utilizar del cemento Portland CP IV-32 en la producción de compuestos cemento-madera-arena agua. Considerando el límite mínimo de resistencia a la compresión, los compuestos de cemento-bambú-arena-agua (10,08 MPa) y cemento-maçaranduba-arena-agua (7,96 MPa); pueden ser aplicados en la construcción civil, sin funciones estructurales.

No se aprecian diferencias significativas para las propiedades físicas y mecánicas entre los compuestos de cemento+bambú y cemento+maçaranduba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCP. 2002. Guia básico de utilização do cimento Portland. Associação brasileira de cimento Portland. 7 ed. São Paulo, 28 p. Disponible en: <http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/11/28-Guia-basico-de-utilizacao-do-cimento-portland.pdf>
- AMOO, K., ADEFISAN, O. O y OLORUNNISOLA, A. O. 2016. Development and Evaluation of Cement-Bonded Composite Tiles Reinforced with Cissus populnea Fibres, International Journal of Composite Materials, Vol. 6 No. 4, pp. 133-139. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/317645375\\_Development\\_and\\_Evaluation\\_of\\_Cement-Bonded\\_Composite\\_Tiles\\_Reinforced\\_with\\_Cissus\\_populnea\\_Fibres](https://www.researchgate.net/publication/317645375_Development_and_Evaluation_of_Cement-Bonded_Composite_Tiles_Reinforced_with_Cissus_populnea_Fibres)
- ARDANUY, M., CLARAMUNT, J y DIAS, R. 2015. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: A review of recent research. Construction and Building Materials Volume 79, p. 115-128. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815000550>



- BARACHO Jr, E. 2016. Compostos madeira cimento obtidos de resíduos lignocelulósicos. Programa de Doctorado en Ciencias Forestales. Universidad Federal Rural de Pernambuco. Brasil. 80 p.
- BARBOSA, L. C., PEDRAZZI, C., FERREIRA, E. S., SCHNEID, G. N y WILLE, V. K. D. 2014. Avaliação de resíduos de uma serraria para produção de celulose kraft. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 2, p. 491-500. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1980-50982014000200491&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-50982014000200491&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)
- BERALDO, A. F y MARTINS, S. C. F. 2007. Destructive and non-destructive evaluation of bamboo chips-Portland cement composites. *Journal of Bamboo and Rattan*. Kerala, India, v. 6, n. 6, p. 61-70. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/266260471\\_Destructive\\_and\\_non-destructive\\_evaluation\\_of\\_bamboo\\_chips\\_-\\_Portland\\_cement\\_composite](https://www.researchgate.net/publication/266260471_Destructive_and_non-destructive_evaluation_of_bamboo_chips_-_Portland_cement_composite)
- BERALDO, A. F y BALZAMO, H. 2009. Compuestos no-estructurales de cementos comerciales y aserrín de maderas argentinas. *Madera. Ciencia y Tecnología*, v. 11, n. 3, p. 233-250. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-221X2009000300006](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2009000300006)
- BERTOLINI, M. S., CAMPOS, C. I., SOUZA, A. M., PANZERA, T. H., CHRISTOFORO, A. L y LAHR, F. A. R. 2014. 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. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Rocco\\_Lahr/publication/314913928\\_Wood\\_Cement\\_Composites\\_from\\_Wastes\\_of\\_Pinus\\_Sp\\_Wood\\_Effect\\_of\\_Particles\\_Treatment/links/58c830dc92851c2b9d424b61/Wood-Cement-Composites-from-Wastes-of-Pinus-Sp-Wood-Effect-of-Particles-Treatment.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Rocco_Lahr/publication/314913928_Wood_Cement_Composites_from_Wastes_of_Pinus_Sp_Wood_Effect_of_Particles_Treatment/links/58c830dc92851c2b9d424b61/Wood-Cement-Composites-from-Wastes-of-Pinus-Sp-Wood-Effect-of-Particles-Treatment.pdf)
- CASTRO, V.G., PARCHEN, C. F. A y IWAKIRI, S. 2019. Produção de compósitos madeira-cimento de baixa densidade pelo método vibro-dinâmico de compactação. *Revista Matéria*, v.24, n.2. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762019000200311&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762019000200311&script=sci_arttext)
- CORREA, F., COSTA, L. L y SCHAEFFER, L. 2014. Emprego do ultrassom em produtos forjados para verificação de descontinuidade. *FORGE-Set a Dez*, p. 26-27. Disponible en: <https://www.aquecimentoindustrial.com.br/emprego-do-ultrassom-em-produtos-forjados-para-verificacao-de-descontinuidades/>
- FERNANDEZ, J y DIAZ, N. 2017. Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento. *Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, v. 51, n. 1, enero-abril, p. 53-59. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/338417990\\_Evaluacion\\_termica\\_de\\_material\\_compuesto\\_de\\_cemento\\_portland\\_reforzado\\_con\\_agregado\\_fino\\_de\\_CBC\\_y\\_FO\\_tratada\\_con\\_Silano](https://www.researchgate.net/publication/338417990_Evaluacion_termica_de_material_compuesto_de_cemento_portland_reforzado_con_agregado_fino_de_CBC_y_FO_tratada_con_Silano)



---

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**Contribución de los autores:**

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2020 Expedito Baracho Jr., Luis Carlos Marangón, Mario Rolin, Juárez Benigno Páez, Daniel Alberto Álvarez Lazo.

