

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE MADEIRA EM LADRILHO HIDRÁULICO VIBRADO*

Alessandra Savazzini dos Reis¹
Alana Franzin Fagundes²

Resumo

No Brasil, a indústria moveleira se caracteriza pelo predomínio de pequenas e médias empresas, sendo que os móveis de madeira representam cerca de 80% do mercado total. A região de Colatina-ES faz parte de um grande polo moveleiro do país, o qual gera grande volume de resíduos de madeira provenientes das marcenarias. Neste contexto, foi proposta a incorporação do resíduo de madeira na composição de ladrilho hidráulico vibrado. O resíduo de madeira substituiu a areia nos teores de 5% e 10% (massa) do traço 1:2 (cimento:areia) usado para fabricar o ladrilho. O resíduo foi passado na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm) e tratado por imersão em solução de cal hidratada por 1h com um traço 4,7:1 (cal:água) sem lavagem e secagem em mufla a 105°C por 24h. Os ladrilhos foram conformados por vibração e submetidos à cura ao ar por 24h e após isso imersos em água. Foram feitas análises dimensional e geométrica, e avaliação da resistência à flexão dos ladrilhos conforme NBR 9457/2013, além da avaliação da absorção de água. Os resultados mostraram ser possível incorporar 5% de resíduo de madeira na confecção do ladrilho hidráulico vibrado e manter as propriedades mecânicas quando comparado ao ladrilho de referência.

Palavras-chave: Resíduo de madeira; Ladrilho hidráulico vibrado; Resíduo de marcenaria; Cimento-madeira.

INCORPORATION OF WOOD WASTE IN VIBRATED HYDRAULIC TILE

Abstract

In Brazil, the furniture industry is characterized by the predominance of small and medium-sized companies, with wooden furniture accounting for about 80% of the total market. The region of Colatina-ES is part of a large furniture pole of the country, which generates a large volume of wood wastes coming from the joinery. In this context, it was proposed to incorporate the wood waste into the vibrated hydraulic tile composition. The wood waste replaced the sand at 5% and 10% (mass) of the 1:2 dosage (cement: sand) used to make the tile. The waste was passed in the ABNT nº. 4 sieve (4.8 mm) and treated by immersion in lime solution hydrated for 1h with a 4.7:1 dosage (lime:water) without washing and drying in a muffle at 105°C for 24h. The tiles were formed by vibration and subjected to air curing for 24h and after that immersed in water. Dimensional and geometric analyzes were carried out and evaluation of the flexural strength of the tiles according to NBR 9457/2013, besides the evaluation of the water absorption. The results showed that it is possible to incorporate 5% of wood waste in the production of the vibrated hydraulic tile and to maintain the mechanical properties when compared to the reference tile.

Keywords: Wood waste; Vibrated hydraulic tile; Joinery waste; Cement-wood.

¹ Engenheira civil, Doutora, professora, Edificações, Ifes-Campus Vitória, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

² Arquiteta e urbanista, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a técnica e a arte de trabalhar a madeira foram evoluindo e surgindo várias aplicações, mas com isso foram sendo geradas grandes áreas de desmatamentos [1]. O aumento das restrições ambientais tem resultado na substituição das madeiras nativas por madeiras reflorestáveis como o pinus e o eucalipto, e por chapas e painéis de madeira reconstituída, destacando-se o medium density fiberboard (MDF).

No Brasil, a indústria moveleira se caracteriza pelo predomínio de pequenas e médias empresas, sendo que os móveis de madeira representam cerca de 80% do mercado total. O setor de móveis brasileiro apresentou uma produção de 430,6 milhões de peças em 2016 ocupando o 5º lugar como produtor mundial [2]. A região de Colatina-ES faz parte de um grande polo moveleiro do país, o qual gera grande volume de resíduos de madeira provenientes das marcenarias.

A estimativa anual de geração do resíduo de madeira no Brasil é de 30 milhões de toneladas, sendo 91% do resíduo proveniente da indústria madeireira, 6% da construção civil e 3% do meio urbano [3]. Grande parte do resíduo de madeira é descartado a céu aberto [4] e se disposto inadequadamente no solo pode acarretar contaminação ambiental [5].

Já o ladrilho hidráulico é uma placa cimentícia paralelepípedica com a superfície exposta ao tráfego lisa ou em baixo-relevo usada em revestimento de piso interno e externo. Sua composição é formada por cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos [6]. O ladrilho hidráulico tem sido bastante usado como piso tátil e de alerta em calçadas adaptadas para atender a NBR 9050/2015 [7] e prover acessibilidade a todos os cidadãos; além de ser usado como elemento decorativo e “de destaque” em muitos projetos de arquitetura.

Neste contexto, foi proposta a incorporação do resíduo de madeira proveniente de marcenaria como matéria prima do ladrilho hidráulico vibrado.

1.1 Classificação do resíduo de marcenaria

De acordo com as características morfológicas os resíduos de madeira podem ser classificados em: cavaco (dimensões máximas de 50 x 20 mm), maravalha (dimensões maiores que 2,5 mm), serragem (dimensões entre 0,5 e 2,5 mm) e pó de serra (dimensões menores que 0,5 mm) [8]. Quanto à caracterização ambiental, o resíduo de madeira é classificado na NBR 10004/2004 (ABNT, 2004, p.71) como sendo resíduo “não perigoso” constando no Anexo H com código de identificação A009 [9].

1.2 Utilização do resíduo de madeira em matrizes cimentícias

Pesquisas com o resíduo de madeira em argamassa cimentícia substituindo a areia mostram que resistência mecânica, massa específica diminuem enquanto a absorção de água e índice de vazios aumentam com o aumento do teor de resíduo, tendo-se um valor máximo de 10% de substituição. E, em geral é feito o uso de aditivo acelerador ou de modificador da trabalhabilidade para diminuir os efeitos negativos entre cimento Portland e resíduo de madeira como o aumento do tempo de pega [10-11]. Em testes do resíduo de madeira em argamassa nos traços de 1:1 a 1:3 (cimento:areia) substituindo a areia em teores 2% a 5% (massa), o valor da resistência à compressão mais próximo da referência foi obtida no traço 1:3 em até 5% de resíduo [12-13].

No concreto de cimento Portland, o resíduo também ocasiona perda na resistência mecânica [14]. Em contrapartida, o resíduo de madeira atuando com agregado miúdo nas argamassas e blocos gera boa retenção de ruído e energia térmica [15-16]. Já a granulometria do resíduo de madeira pode influenciar a densidade e a resistência mecânica da argamassa cimentícia, o intervalo de tamanho de partículas de 1,7mm a 0,85mm do resíduo de madeira comparado ao intervalo de 0,50mm a 0,25mm, apresentou melhores resultados na produção de compósito cimento-madeira [17]. O pó de madeira substituiu a areia em argamassas para fabricação de blocos de alvenaria nos traços 2:1 e 3:1 (massa), a absorção de água, massa específica e capilaridade dos corpos de prova foram medidas e chegaram bem próximas dos valores de referência [4]. Foi testado também a conformação de esferas de resíduo de madeira com lodo de estação de tratamento de água em traço 1:2:0,67:0,6 (cimento:areia:compósito:água) para serem usadas em mistura de concreto leve [18].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Resíduo de madeira

O resíduo de madeira (Figura 1) foi coletado em marcenaria situada em Colatina-ES. Foi feita classificação do resíduo por meio da granulometria considerando a peneira ABNT nº 4 de abertura de malha 4,8 mm segundo a NBR NM 248/2003 [19] como limite para ser usado resíduo com grãos passantes nessa peneira, de forma que o resíduo fosse composto por maravalha, serragem e pó de serra.



Figura 1. Resíduo de madeira.

Com base nos tratamentos feitos no resíduo de madeira [4,14,20] para diminuir a influência no tempo de pega do cimento Portland, devido a madeira possuir componentes como hemicelulose, açúcares, taninos e lignina que retardam a cura e a resistência mecânica do compósito a base de cimento-madeira [21], foi feito tratamento do resíduo por imersão em solução de cal hidratada por 1h com um traço 4,7:1 (cal:água) sem lavagem e secagem em mufla a 105°C por 24h.

2.2 Caracterização dos materiais

A caracterização da areia e do cimento Portland CPV-ARI foi feita conforme as Normas da ABNT e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 e mostram que os materiais usados são adequados para uso em argamassa cimentícia de fabricação do ladrilho hidráulico vibrado.

Tabela 1. Ensaios de caracterização dos materiais

Material	Ensaio	Norma	Resultado
Areia	Granulometria	NBR NM 248/2003 [19]	MF=2,64 DMC=2,36mm
	Massa específica	NBR 9776/1987 [22]	2,63 g/cm ³
	Massa unitária	NBR NM 45/2006 [23]	1,57 g/cm ³
Cimento Portland CPV-ARI	Finura #200	NBR 11579/2012 [24]	2,2%
	Massa específica	NBR 16605/2017 [25]	2,96 g/cm ³
	Consistência normal	NBR 16606/2017 [26]	31%
	Tempos de pega	NBR 16607/2017 [27]	2:35h - 3:35h

Nota: MF=módulo de finura; DMC=dimensão máxima característica

2.3 Moldagem do ladrilho hidráulico vibrado

O molde do ladrilho hidráulico vibrado foi obtido em Fábrica de ladrilho hidráulico situada em Colatina-ES, ele é feito de plástico com dimensões de 20 cm x 20 cm e espessura de 15 mm.

Foi feito um teste de moldagem do ladrilho hidráulico tendo como base os dados de Reis e Tristão (2010) [28] de dosagem de materiais para confecção de camada do ladrilho hidráulico prensado de 1:1,6:0,40 (cimento:areia:resíduo de beneficiamento de rocha). A partir daí, foi adotado o traço em massa 1:2 (cimento:areia) com o resíduo de madeira substituindo a areia em teores variando entre 5% e 25% (massa) como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Dosagem do ladrilho hidráulico (5% a 25% de resíduo de madeira)

Traços (massa)	Teor de resíduo	cimento	areia	resíduo	água
	5%	1	1,9	0,1	0,60
	15%	1	1,7	0,3	1,10
	25%	1	1,5	0,5	1,60

O procedimento de mistura dos materiais seguiu as etapas:

- Medição da massa dos materiais;
- Mistura dos materiais secos e após isso mistura da água na argamassadeira por 3 minutos;
- Lançamento no molde já untado com desmoldante;
- Vibração manual com 80 batidas, sendo 20 batidas para cada lado do molde, sobre placa de vidro para que as bolhas de ar fossem expulsas da mistura e após isso, vibração mecânica em equipamento vibrador de peneiras, da marca Contenco modelo C1016, por 80 segundos na frequência de 45 Hz (Figura 2a);
- Nivelamento da superfície do molde com régua metálica;
- Cura ao ar por 24h;
- Desforma e imersão em água.

Foi verificado que com o aumento do teor de resíduo de madeira, o ladrilho demandou maior quantidade de água para apresentar consistência necessária para vibração e com isso sua secagem se prolongou por mais de 48h no caso do ladrilho com 5% de resíduo. E os ladrilhos com teores de 15% e 25% quebraram durante a desforma (Figura 2b, 2c).



a) Vibrador



b) 15% de resíduo



c) 25% de resíduo

Figura 2. Detalhes da moldagem.

Com a dificuldade de se obter a consistência que permitisse uma vibração eficiente com o aumento do teor de resíduo de madeira, foi adicionado aditivo plastificante Cemix (marca Otto Baumgart) na proporção de 0,2% da massa de cimento. Foram confeccionados ladrilhos com teores de resíduo reduzidos para 5%, 10% e 15%, relação água cimento inicial de 0,50 e 1,5 ml de aditivo plastificante em todas as dosagens, além de ladrilhos com a dosagem de referência com 0% de resíduo (Tabela 3).

Tabela 3. Dosagem do ladrilho hidráulico (5% a 15% de resíduo de madeira)

	Teor de resíduo	cimento	areia	resíduo	água
Traços (massa)	0%	1	2,0	0	0,50
	5%	1	1,9	0,1	0,50
	10%	1	1,8	0,2	0,65
	15%	1	1,7	0,3	0,80

A desforma ocorreu com 24h para os ladrilhos feitos com 0%, 5% e 10% de resíduo de madeira, porém o ladrilho com 15% ainda se apresentava úmido e sem possibilidade de desforma sem quebras. Assim, foram definidos os teores de resíduo de 0%, 5% e 10% já descritos na Tabela 3, para moldagem dos ladrilhos a serem avaliados visto que com teores maiores de substituição da areia por resíduo não foi possível a desforma sem quebras no período de 24h.

2.4 Avaliação dimensional e geométrica do ladrilho hidráulico vibrado

A Tabela 4 apresenta as propriedades avaliadas e os limites especificados na NBR 9457/2013 [6].

Tabela 4. Avaliação dimensional e geométrica do ladrilho hidráulico

Propriedade	Limite	Tolerância
Comprimento	máximo 400 mm	± 3 mm
Largura	mínimo 100 mm	± 3 mm
Espessura	mínimo 18 mm	± 1 mm
Escondidade	máx. 3 mm	-
Empenamento	máx. 3 mm	-
Ortogonalidade	não pode ser perceptível a olho nú	

O comprimento, largura e espessura dos ladrilhos foram medidos com auxílio do paquímetro. Utilizando o esquadro de pedreiro e com calibre de folga, foi feita a avaliação do empenamento da peça, colocando o esquadro na diagonal da peça e passando o calibre de folga; o mesmo foi feito para a esconsidade mudando apenas o posicionamento do esquadro, levando para as laterais das peças, de forma que ficasse a 90°. A avaliação de ortogonalidade foi feita encaixando o esquadro de 90° no ladrilho e inspecionando o alinhamento da peça com o esquadro a olho nú. Para o lote amostral ser aceito nenhuma de 9 peças testadas pode ser rejeitada. A Figura 3 apresenta alguns detalhes dos ensaios.



Figura 3. Detalhes da avaliação dimensional e geométrica.

2.5 Avaliação da resistência à flexão do ladrilho hidráulico vibrado

O ensaio de flexão nos ladrilhos hidráulicos foi executado de acordo com a NBR 13818/1997 [29], em prensa EMIC DL 30000. Para o lote amostral de 6 peças ser aceito nenhuma das peças pode ser rejeitada. O módulo de resistência à flexão é calculado de acordo com a Equação 1:

$$MRF = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times e_{\min}^2} \quad (1)$$

Onde:

MRF = módulo de resistência à flexão (MPa);

F = força de ruptura (N);

L = distância entre as barras de apoio (mm);

b = largura do corpo de prova ao longo da ruptura após ensaio (mm);

e_{\min} = espessura mínima (mm).

A Figura 4 apresenta o ladrilho hidráulico durante o ensaio de flexão.



Figura 4. Ensaio de resistência à flexão.

2.6 Avaliação da absorção de água do ladrilho hidráulico vibrado

Foi feita a determinação da absorção de água nos ladrilhos hidráulicos, esse requisito não é obrigatório na NBR 9457/2013 [6]. O objetivo da análise da absorção de água foi verificar possível relação com a resistência à flexão. Esperando-se que um aumento da absorção de água ocasione diminuição da resistência à flexão dos ladrilhos. O ensaio de determinação da absorção de água foi realizado segundo a NBR 13818/1997 [29]. A absorção foi calculada de acordo com a Equação 2:

$$ABS = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

ABS = absorção de água (%);

m_2 = massa saturada superfície seca (g);

m_1 = massa seca em estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ (g).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação dimensional do ladrilho hidráulico vibrado

A avaliação dimensional exigida pela NBR 9457/2013 [6], foi feita nos ladrilhos hidráulicos com teores de resíduo de madeira de 0%, 5% e 10% (massa).

A Tabela 5 apresenta o valor médio calculado da largura, do comprimento e da espessura nos ladrilhos hidráulicos. Pode-se observar que a largura e o comprimento atendem ao valor nominal e tolerância estabelecidos em Norma, respectivamente de 200 mm e 3 mm. Quanto à espessura, não atende ao valor mínimo de 18 mm para uso do ladrilho em pavimentação.

Tabela 5. Resultados da avaliação dimensional

Teor de resíduo (%)	Valores médios (mm)		
	Largura	Comprimento	Espessura
0	201,50	201,52	13,15
5	201,53	201,63	13,72
10	201,56	201,49	13,47

3.2 Avaliação geométrica do ladrilho hidráulico vibrado

Na medição do empenamento, as peças com teor de 5% apresentaram valores de 0,05 mm a 0,25 mm, as de 10% apresentaram empenamento entre 0 mm até 0,40 mm, por fim os ladrilhos de referências ficaram com empenamento de 0 mm até 0,30 mm. Sabendo que o limite máximo pela norma é de 1 mm, todos os ladrilhos atenderam aos requisitos da avaliação geométrica.

Quanto a escondidade das peças, nos ladrilhos com teor de 5% os valores medidos variaram de 0 mm a 0,25 mm, nas peças com 10% os valores medidos variaram de 0 mm até 0,35 mm e 0,45 mm e as peças de referência tiveram uma variação de 0 mm a 0,90 mm. Logo, todos os ladrilhos atenderam ao exigido na norma.

A ortogonalidade foi verificada visualmente, com auxílio de um esquadro, onde todos os lados de cada ladrilho se encontraram a 90° , visíveis a olho nú [6], ou seja, todos os ladrilhos atenderam a esse requisito.

3.3 Avaliação da resistência à flexão do ladrilho hidráulico vibrado

Os valores obtidos da resistência à flexão dos ladrilhos hidráulicos são apresentados na Tabela 6. Observa-se que o maior valor de resistência à flexão foi obtido com o teor de resíduo de 5%.

Tabela 6. Resultados da Resistência à flexão

Teor resíduo	0%	5%	10%
Média	5,91	3,71	3,01
DP	1,23	0,74	0,82

Nota: DP=desvio padrão

3.4 Avaliação da absorção de água do ladrilho hidráulico vibrado

O ensaio foi feito de acordo com a NBR 13818/1997 [29], sendo que, a avaliação de absorção de água não é mais exigida pela NBR 9457/2013 [6]. Os resultados da avaliação da absorção de água nos ladrilhos hidráulicos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados da absorção de água

Teor resíduo	0%	5%	10%
Média	10,07	16,14	18,74
DP	0,30	2,25	2,18

Nota: DP=desvio padrão

Como pode ser visto anteriormente na Tabela 7, o menor valor de absorção de água ocorreu nos ladrilhos sem resíduo, e a partir daí com o aumento do teor de resíduo a absorção aumentou. Esse aumento da absorção de água ocorre em virtude da insuficiência de materiais finos no resíduo, os quais colmatariam vazios resultando em melhoria da resistência mecânica [30]. A moldagem dos corpos de prova com resíduo por meio de vibração também pode resultar em maior incidência de vazios quando comparados à moldagem por meio de prensagem, o que resulta em baixa resistência mecânica [14]. Por outro lado, alto índice de vazios nas peças resulta em peças mais leves, e esses vazios podem auxiliar no desempenho térmico do material [11-16].

O gráfico da Figura 5 apresenta a influência da absorção de água no comportamento da resistência à flexão. Onde se pode observar a relação inversamente proporcional existente entre as duas propriedades corroborando os resultados de outros autores [12-13-14].

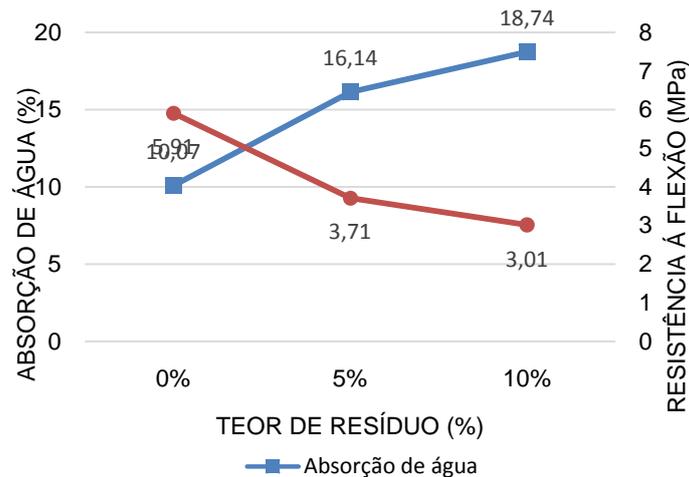


Figura 5. Gráfico resistência à flexão x absorção de água.

3 CONCLUSÃO

O estudo do teor de resíduo de madeira no ladrilho hidráulico, de 5% a 10% (massa), confirmou que a incorporação do resíduo influencia no tempo de pega do cimento Portland, aumentando-o até a desforma, além de demandar uma quantidade maior de água para manter a trabalhabilidade ideal de vibração na moldagem. Isso ocorre devido ao resíduo absorver certa quantidade da água de amassamento, mesmo com o tratamento em hidróxido de cálcio realizado previamente. Já, a adição do aditivo plastificante se mostrou benéfico para atenuação dessa demanda de água na moldagem.

Os valores das análises dimensional e geométrica nos ladrilhos obedeceram aos limites da norma, apenas a espessura não atendeu ao mínimo estipulado de 18 mm, esse problema pode ser contornado com a confecção de moldes que obedeçam a esse requisito.

Os resultados dos ensaios realizados mostram que com o aumento do teor de resíduo de madeira ocorre o aumento da absorção de água e a diminuição da resistência mecânica dos ladrilhos. Tal fato se deve ao aumento de vazios que o resíduo provoca nas peças, o que por outro lado pode resultar em peças com um desempenho térmico melhor.

Na revisão de literatura [12-13], as pesquisas já realizadas encontraram teores do resíduo de madeira em torno 3 a 5%, o que corrobora o valor ideal encontrado de 5% (massa) neste trabalho, com o qual o ladrilho atendeu ao valor mínimo de 3,5 MPa estabelecido [6] para resistência à flexão e apresentou o menor valor de absorção de água. Com isso, pode-se dizer que existe a viabilidade técnica da incorporação do resíduo de madeira no teor de 5% (massa) na fabricação de ladrilho hidráulico vibrado, que pode vir a contribuir para a sustentabilidade dos setores envolvidos.

Agradecimentos

Agradecimentos ao IFES.

REFERÊNCIAS

- 1 Leão MS, Naveiro RM. Móveis: indústria de moveis mostra competitividade de madeira brasileira. 2010. [acesso em 10 mai. 2018]. Disponível em <http://www.cgimoveis.com.br/economia/documento.2010-06-08.6642478173>
- 2 Brazilian Furniture. Dados do setor 2016. 2018. [acesso em 12 mai. 2018]. Disponível em: <http://www.brazilianfurniture.org.br/sobresetor>
- 3 Tuoto M. Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado. Sumário Executivo – Revisão 1. Ministério do Meio Ambiente. Curitiba. PR. 2009. 35 p.
- 4 Arruda PP, Silva AO, Martinez RG. Utilização de resíduos de madeira como elemento construtivo. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Juiz de Fora –MG. 2012. 219 p.
- 5 Argenta DOF. Alternativas de melhoria no processo produtivo do setor moveleiro de Santa Maria/SC: impactos ambientais. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria – RS. 2007. 121 p.
- 6 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9457. Ladrilhos hidráulicos para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 9 p.
- 7 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. 148 p.
- 8 Casilha AC, Podlasek CL, Junior EFC, Silva MC, Mengatto SNF. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. Revista Educação & Tecnologia. n.8. 2004. CEFETES PR-MG-RJ. ISSN eletrônico 2179-6122.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004. Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro. 2004, 71 p.
- 10 Garcez M, Santos T, Garcez E, Gatto D. Propriedades mecânicas de compósitos cimento-madeira com serragem tratada de Pinus Elliottii. Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 2015;7(1): 16-27.
- 11 Weber AM, Cechin L, Tokarski RB, Matoski A. Análise da influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira. Revista Pincipia. João Pessoa – PB. IFPB. 2017; nº36: 50-59.
- 12 Fonseca F. Contribuição para o desenvolvimento de compósito de cimento-madeira com matérias da região amazônica. Dissertação de pós-graduação (Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil- PA. 2005. 152 p.
- 13 Macedo NA, Lima AM, Fonseca FO, Lavôr BVA. Análise estatística do comportamento mecânico à compressão do compósito cimento-madeira. Revista Matéria. 2011; 16(2): 658–667.
- 14 Garcez M, Santos T, Gatto D. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos pré-moldados com adição de serragem em substituição ao agregado miúdo. Ciência e Engenharia (Science & Engineering Journal). 2013;22(2):95-104.
- 15 Bijos AP, Zanatta, LA. Resíduo de madeira: Caracterização e aplicabilidade junto ao concreto. XIV Jornada Científica das Faculdades Integradas de Cacoal – UNESC. 2016. 7 p.
- 16 Ribeiro UG. Desempenho térmico, acústico e mecânico de compósitos produzidos com resíduos da indústria madeireira de Porto Velho. Trabalho de pós-graduação. Universidade Federal do Amazonas – AM. 2016. 76 p.
- 17 Ronquim R. Produção e caracterização físico-mecânica do compósito cimento-madeira com variação granulométrica dos resíduos lignocelulósicos. Trabalho de graduação. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – SP. 2013. 55 p.
- 18 Souza FR, Sales A, Kague, CS, Prado JW. Composto à base de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para aplicação como agregado graúdo em concreto. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. 2008. 11 p.

- 19 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.
- 20 Parchen CFA. Compósito madeira cimento de baixo densidade produzidos com compactação vibro dinâmica. Trabalho de pós-graduação. Universidade Federal do Pará – PA. 2012. 172 p.
- 21 Rocha JC. Relatório final: aproveitamento dos resíduos de madeira. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2004.
- 22 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9776. Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 3 p.
- 23 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 45. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.
- 24 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11579. Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012. 4 p.
- 25 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16605. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017. 4 p.
- 26 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16606. Cimento Portland — Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2017. 8 p.
- 27 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16607. Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.
- 28 Reis AS, Tristão FA. Tactile-floor tile hydraulic with addition residue improvement dimension stones. IBRACON Structures and Materials Journal. 2010; 3(4):390-419.
- 29 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13818. Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997. 78 p.
- 30 Monteiro ACN. Concreto poroso: dosagem e desempenho. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiânia – GO. 2010. 36 p.