



Influência do gesso e do cimento Portland nas propriedades de compósitos contendo partículas de madeira

T.M. S. Rocha^{a†}, L.S. Pereira^a, L.F.R. Miranda^a, A.S. Reis^c, M.P.A. Manns^c

^a Universidade Federal do Paraná

^b Engenheiro Civil

[†] Autor para correspondência: thaisamsrocha@yahoo.com.br

RESUMO

A utilização da madeira como estrutura temporária, nos canteiros de obra, contribui para o aumento do volume de resíduo de construção e demolição (RCD) gerado e, por isso, compósitos de madeira têm se tornado uma alternativa para o reaproveitamento desses resíduos. Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo verificar a influência da substituição de teores de gesso por cimento Portland em compósitos de gesso-madeira. Os resíduos de madeira (compensado, eucalipto e pinus) foram coletados, moídos, tratados e secos. Foi utilizado o gesso de pega lenta e o cimento Portland, com uma relação aglomerante/madeira de 1:0,15 (em massa), e relação água/aglomerante de 0,70. Os teores de substituição do gesso por cimento Portland foram de 5%, 10%, 15% e 20%, em massa. As partículas de madeira foram caracterizadas, e os compósitos produzidos foram ensaiados no estado fresco e produzidos corpos de prova prismáticos para realização de ensaios nas idades de 7 e 28 dias). Os resultados indicaram que a substituição do gesso por cimento Portland contribuiu para a aceleração do tempo de fim de pega e para a diminuição das resistências mecânicas quando comparado aos compósitos de referência, isto porque, na presença dos dois aglomerantes, o fator de compatibilidade das espécies utilizadas pode ter sido alterado.

1. Introdução

A indústria da construção civil é um dos setores mais importantes da economia brasileira, recebendo investimentos próximos a 10% do PIB (DECONCIC, 2015) e empregando 13 milhões de pessoas – formais, informais e indiretos - (ABRAMAT, 2016). Devido à sua magnitude, é capaz de consumir, aproximadamente, 50% dos recursos naturais extraídos no país (CBCS, 2014), e apresenta, no Brasil, um consumo per capita de agregados de 3,7 ton/hab.ano (ANEPAC, 2015), produzindo uma quantidade expressiva de resíduos proveniente de seus processos produtivos, além do aumento do consumo de energia (Cherki *et al.*, 2014). Estima-se que a maior parte dos materiais retornem à natureza como resíduos antes de completar o primeiro ano após sua extração (Matthews *et al.*, 2000), seja como resíduos da produção de materiais ou como resíduo resultante da execução inadequada da obra.

Em 2014 o consumo de madeira para uso temporário em obras aumentou em torno de 242%, quando comparado com o ano de 2001, chegando a 80% do total da madeira utilizada por este setor. (SEBRAE, 2014). A Resolução nº 307 do CONAMA determina que os resíduos da classe B - recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros - deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura (CONAMA, 2002).

Miranda, Angulo e Careli (2009) apontam que os resíduos de madeira representam cerca de 31% de todo o volume de resíduo de construção gerado numa obra de um edifício residencial. Quando considerada apenas a etapa de execução estrutural, os resíduos de madeira gerados podem representar até 42% do total de resíduos produzidos nesta etapa. Dessa forma, é necessário que

engenheiros e investidores não priorizem, exclusivamente, o custo de suas construções, mas que também sejam capazes de contribuir para a conversão dos resíduos industriais de construção em materiais úteis. Nesse sentido, IPT (2009) ressalta que é possível reutilizar ou reciclar resíduos de madeira por meio de processamento mecânico para a produção de painéis.

Devido ao aumento da geração de resíduos de construção e demolição (RCD), tornou-se necessária a utilização de materiais de construção mais sustentáveis. Estudos têm sido realizados com o objetivo de contribuir para a manutenção dos materiais que atendam as normas em vigor, além de identificar maneiras de beneficiar o meio ambiente (Pinto *et al.*, 2016). A indústria de materiais de construção tem sido pressionada a desenvolver produtos de baixo custo, produzidos com baixo consumo de energia e que sejam ecologicamente corretos, devido à escassez das matérias-primas para a produção desses materiais. Para tanto, engenheiros têm sido desafiados a converter resíduos industriais em materiais úteis para a construção, principalmente em países em desenvolvimento, pois eles podem contribuir para o rápido crescimento de sua infraestrutura (Swamy, 1990; Turgut, 2007).

Uma alternativa para a utilização de resíduos da construção são os compósitos minerais com madeira. Esses materiais são geralmente produzidos a partir da mistura de um aglomerante com as partículas de madeira e dentre os aglomerantes, os principais são: o gesso, o cimento de magnésio e o cimento Portland (Youngquist, 1999). Nos compósitos, o aglomerante atua como ligante, sendo capaz de transmitir os esforços entre as fibras, mantendo-as protegidas do meio e permitindo sua orientação adequada (Matoski, 2005). Utilizar o gesso, que durante sua produção emite uma quantidade menor de CO₂ quando comparado ao cimento Portland (Carvalho *et al.*, 2008), como aglomerante é uma hipótese para tentar obter um compósito mais barato, leve e com menor impacto ambiental.

A presença da madeira reciclada em compósitos de gesso-madeira contribui para a diminuição da densidade do compósito e é capaz de favorecer as propriedades térmicas dos materiais utilizados (Morales-Conde, Rodríguez-Liñán & Pedreño-Rojas, 2016). Entretanto, de acordo com os resultados de Rocha (2017), é recomendável que compósitos produzidos com gesso-madeira atinjam uma resistência mecânica superior à encontrada. Além disso, estudos (Camarini & De Milito, 2011) indicam que compósitos de gesso com substituição por cimento apresentam, quando comparados aos compósitos de gesso puro, um melhor desempenho de resistência à compressão. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência nas propriedades físicas e mecânicas da substituição de teores de gesso por cimento Portland em compósitos de gesso produzidos com partículas de madeira de RCD (compensado, eucalipto e pínus).

2. Programa experimental

2.1. Materiais

Foram utilizados como aglomerantes o cimento Portland (CP V ARI) (Tabela 1) com finura Blaine de 4955 cm²/g e massa específica de 2,98 g/cm³, e o gesso de pega lenta com módulo de finura de 1,02 e caracterizado através do ensaio de fluorescência de raios-X (FRX) (Tabela 2).

Tabela 1 - Composição química do cimento Portland.

| Composição química | | | |
|--------------------|---------|---------------------|-----------------------|
| Perda ao fogo (%) | MgO (%) | SO ₃ (%) | Resíduo Insolúvel (%) |
| 3,5 | 5,5 | 3,1 | 11,8 |

Fonte: Fabricante (2017).

Foram obtidos três tipos diferentes de madeira provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD), sendo: compensado – na região em que foram coletados os resíduos, são utilizados compensados produzidos com pínus –, eucalipto e pínus. Os resíduos de madeira foram moídos em um moinho de martelos portátil (com potência de 5,0 cv e 1160 RPM). As partículas

foram caracterizadas quanto à massa unitária (NBR NM 45:2006), à composição granulométrica (NBR NM 248:2003) e ao teor de umidade (NBR 7190:1997) (Tabela 3 e Figura 1).

Tabela 2 - Composição química do gesso.

| Composição química | | | | | | | | |
|---------------------|---------|----------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|----------------------|----------|
| SO ₃ (%) | CaO (%) | SiO ₂ (%) | MgO (%) | Al ₂ O ₃ (%) | SrO (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | K ₂ O (%) | P.F. (%) |
| 51 | 42,7 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 5,63 |

Fonte: Lamir (2016).

Tabela 3 - Caracterização das partículas de madeira.

| Madeira | Massa unitária (kg/m ³) | Teor de umidade (%) |
|------------|-------------------------------------|---------------------|
| Compensado | 173,83 | 12,56 |
| Eucalipto | 137,25 | 13,81 |
| Pínus | 207,72 | 12,30 |

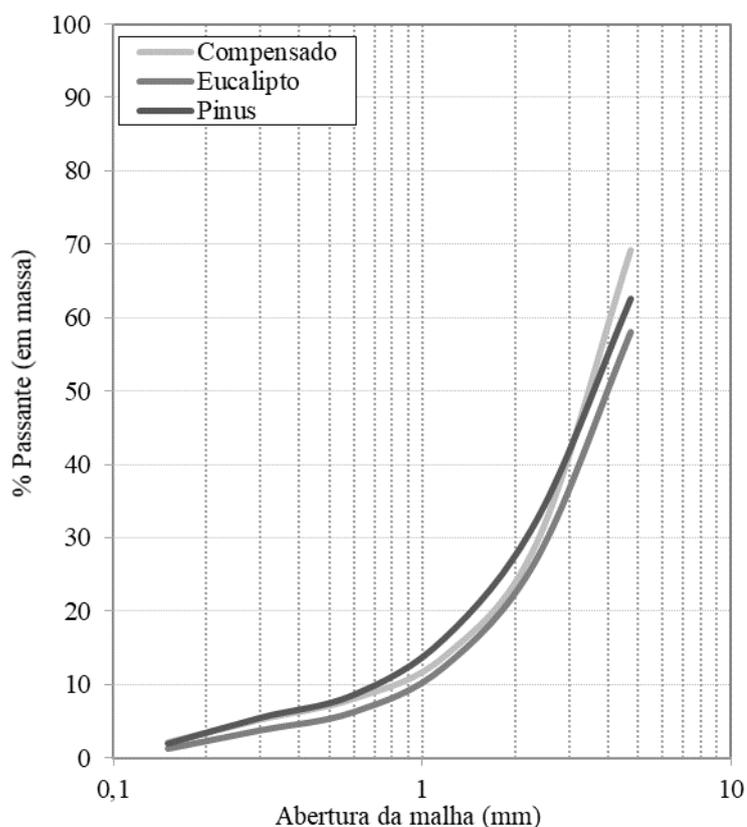


Figura 1 - Composição granulométrica das partículas de madeira.

2.2. Método

Foi realizado o pré-tratamento das partículas de madeira em água fria por 48h conforme descrito por Lima (2009), para que então fosse realizada a secagem em estufa a 80°C por 24h. Para a produção dos compósitos, a relação a/g foi fixada em 0,70 (em massa) e a proporção aglomerante: madeira foi de 15% com relação à massa dos aglomerantes.

Como as partículas encontravam-se secas, foi realizada a compensação de água proposta por Simatupang (1979):

$$Ca = R_{a/a} \times C + (PSF - U) \times M \quad (1)$$

Onde: C_a = Consumo de água (g); $R_{a/a}$ = Relação água/aglomerante; C = Consumo de aglomerante (g); PSF = Ponto de saturação das fibras (adotado como 30%); U = Teor de umidade da madeira (%); M = Massa de madeira (g).

As substituições de gesso por cimento Portland foram realizadas em 4 porcentagens (5%, 10%, 15% e 20%) (Tabela 4).

Tabela 4 - Identificação dos compósitos produzidos e teores de substituição de gesso por cimento Portland.

| Madeira Tipo | Aglomerante | | Identificação | Ensaio |
|-----------------|-------------|---------|---------------|----------------------------|
| | Gesso | Cimento | | |
| Compensado | 100% | 0% | COMP 100-0 | Estado endurecido |
| | 95% | 5% | COMP 95-5 | Estado fresco e endurecido |
| | 90% | 10% | COMP 90-10 | |
| | 85% | 15% | COMP 85-15 | |
| | 80% | 20% | COMP 80-20 | |
| Eucalipto | 100% | 0% | EUC 100-0 | Estado endurecido |
| | 95% | 5% | EUC 95-5 | Estado fresco e endurecido |
| | 90% | 10% | EUC 90-10 | |
| | 85% | 15% | EUC 85-15 | |
| | 80% | 20% | EUC 80-20 | |
| Pínus | 100% | 0% | PIN 100-0 | Estado endurecido |
| | 95% | 5% | PIN 95-5 | Estado fresco e endurecido |
| | 90% | 10% | PIN 90-10 | |
| | 85% | 15% | PIN 85-15 | |
| | 80% | 20% | PIN 80-20 | |

Foi realizada a mistura anidra dos aglomerantes, e o procedimento de mistura foi adaptado da NBR 12128:2017 que consistiu em colocar a água na argamassadeira, polvilhar os aglomerantes por 1 minuto e deixar em repouso por 2 minutos. Em seguida, a composição foi misturada em velocidade baixa por 30 segundos para que então as partículas da madeira fossem adicionadas nos 30 segundos subsequentes. Por fim, aumentou-se a velocidade para alta por 30 segundos. Com a argamassadeira já desligada, o compósito homogeneizado manualmente por 30 segundos.

Foi realizado o ensaio no estado fresco de determinação do tempo de pega (NBR 12128:2017). Foram moldados, ainda, corpos de prova prismáticos (4x4x16) cm³ para realização dos ensaios, no estado endurecido aos 7 e aos 28 dias, de resistência à tração na flexão (NBR 13279:2005) e à compressão (NBR 13279:2005).

O delineamento estatístico utilizado foi análise fatorial com ênfase na natureza dos tratamentos (idade, tipo de partícula e teor de substituição). Para a comparação entre as médias, utilizou-se ANOVA em conjunto com o teste de Tukey, no nível de probabilidade de 99%.

3. Resultados e discussões

3.1. Análise da influência dos aglomerantes no estado fresco

Os resultados de tempo de início e fim de pega estão apresentados na Figura 2.

Observa-se que, para o tempo de início de pega, o tipo de madeira apresentou pouca influência, isto porque, os valores médios foram de 8 min para o compensado, 8 min e 45 seg para o eucalipto e de 9 min e 30 seg para o pínus.

Assim como o tempo de início de pega, os resultados obtidos a partir do ensaio de tempo de fim de pega indicam que o tipo de madeira presente na composição apresenta pouca influência no parâmetro em questão. Isto porque, a média dos valores para as partículas de compensado, de eucalipto e de pínus foram, respectivamente, 14 min e 15 seg, 14 min e 30 seg e 16 min e 15 seg. Não existe um consenso com relação à qual espécie de madeira apresenta maior compatibilidade com o cimento. Alguns pesquisadores sugerem que as folhosas – representadas neste estudo pelo

eucalipto – têm menor compatibilidade com o cimento devido às propriedades inibitórias das hemiceluloses e de outros extrativos presentes nessas madeiras (Miller & Moslemi, 1991; Wei *et al.*, 2000). Outros descrevem que as coníferas – representadas neste estudo pelo pínus – precisaram de um maior tempo para atingir o máximo fluxo de calor quando comparado com as folhosas (Herreral & Cloutier, 2008).

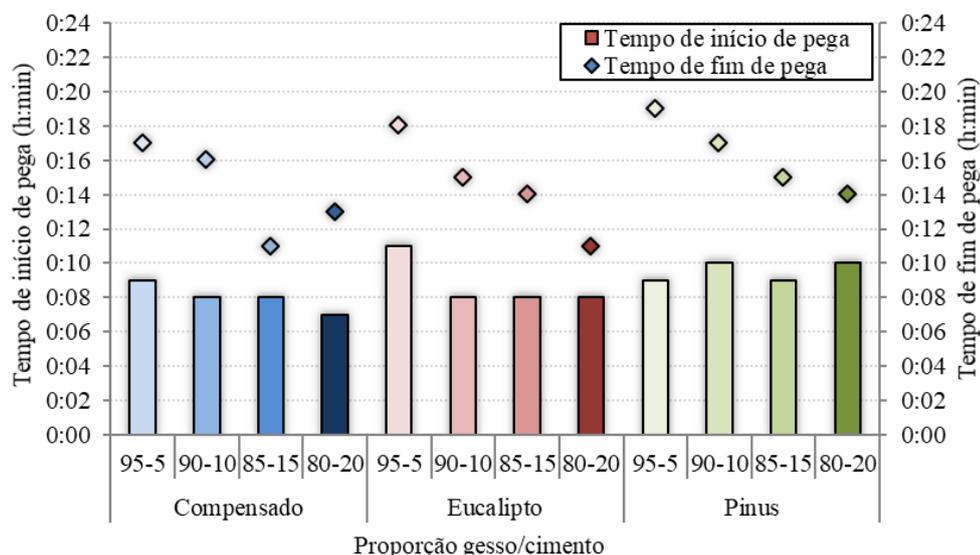


Figura 2 - Tempos de início e de fim de pega dos compósitos produzidos com partículas de compensado, eucalipto e pínus com diferentes teores de substituição de gesso por cimento Portland.

Os resultados de tempo de fim de pega evidenciados na Figura 3 indicam que quanto maior o teor de substituição do gesso por cimento Portland menor tende a resultar o tempo de fim de pega. Ou seja, a maior quantidade de cimento Portland na composição contribuiu para acelerar o tempo de fim de pega. Esse mesmo efeito foi observado por Herreral e Cloutier (2008). Esses pesquisadores relatam que a presença de cimento Portland às misturas de gesso-madeira causa uma aceleração da reação de hidratação, diminuindo significativamente o tempo necessário para atingir o máximo fluxo de calor.

É importante ressaltar que, neste estudo, foi observada uma aceleração de, aproximadamente, 30% do tempo de fim de pega para composições contendo 20% de substituição de cimento Portland por gesso quando comparada às composições contendo 5% de substituição.

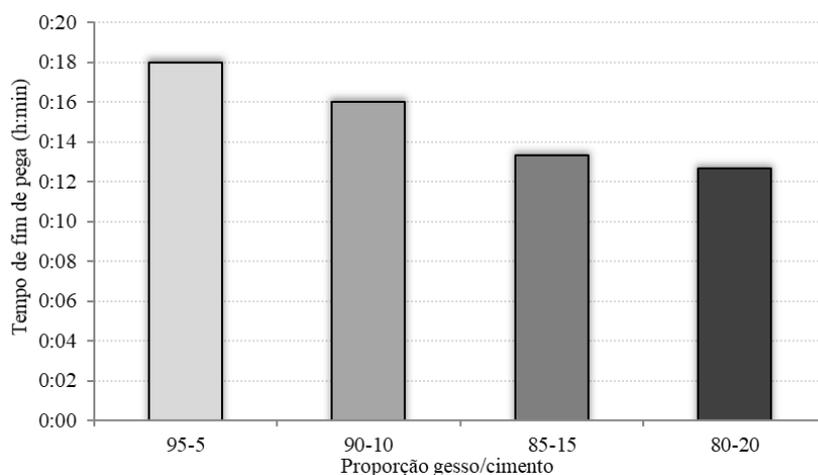


Figura 3 - Tempos de fim de pega dos compósitos produzidos com diferentes teores de substituição de gesso por cimento Portland.

3.2. Análise da influência dos aglomerantes no estado endurecido

Na Figura 4 estão apresentados os valores médios dos resultados da resistência à tração na flexão aos 7 e aos 28 dias.

Com relação à idade dos compósitos, foi verificada diferença significativa entre os 7 dias (2,35 MPa) e os 28 dias (3,40 MPa). Isto ocorre devido ao fato de que na presença de água, os silicatos e os aluminatos componentes do cimento e os hemi-hidratos componentes do gesso, formam produtos de hidratação que, com o transcorrer do tempo, dão origem a uma massa firme e resistente (Neville, 1997; Antunes, Oliveira & John, 1999).

Ao comparar o tipo de partícula presente nas composições – considerando as partículas de compensado (2,60 MPa), eucalipto (3,31 MPa) e pínus (2,73 MPa) – observou-se equivalência estatística apenas entre os compósitos produzidos com as partículas de compensado e de pínus. Este resultado indica que o compósito foi influenciado quimicamente por seus componentes. Isto porque, fisicamente, as partículas de folhosas apresentam fibras mais curtas (com comprimentos de 1 a 1,7 mm) que fibras das partículas de coníferas (com comprimentos de 2,5 a 4 mm (Shackford, 2003)), podendo limitar seu potencial para melhorar a resistência à tração e a capacidade de deformação dos compósitos (Bentur & Mindess, 2007), diferente do observado neste estudo. Outros pesquisadores sugerem, ainda, que a variabilidade no desempenho de diferentes tipos de fibras de madeira como agentes internos de cura pode estar relacionada com sua estrutura e/ou composição química (Mezencevova *et al.*, 2012). Além disso, como as fibras de madeira são higroscópicas, essas são capazes de interagir com água para se equilibrar com a umidade do ambiente (Wu *et al.*, 2009). Desta maneira, alguns pesquisadores indicam que as fibras das folhosas apresentam uma liberação de umidade mais lenta sendo mais favorável para a cura interna (Jongvisuttisun, Negrello & Kurtis, 2013). Ou seja, contribuindo para a hidratação dos aglomerantes e, conseqüentemente, para o melhor desempenho mecânico.

Considerando, ainda, o teor de substituição de gesso por cimento Portland realizado na composição – sendo 100-0 (3,42 MPa), 95-5 (2,95 MPa), 90-10 (2,78 MPa), 85-15 (2,69 MPa) e 80-20 (2,55 MPa) – foi verificada equivalência estatística entre os dois teores mínimos de substituição (100-0 e 95-5) e entre os três teores máximos (90-10, 85-15 e 80-20). Pesquisadores apontam que a compatibilidade não depende apenas das espécies de madeira, mas também do ligante inorgânico presente na composição. Assim como no estado fresco, em que a adição de cimento Portland à mistura de gesso-madeira contribuiu para reduzir o tempo para atingir o máximo fluxo de calor, as espécies apresentaram maior fator de compatibilidade com gesso puro quando comparadas às composições contendo cimento (Defo, Cloutier & Riedl, 2004; Herreral & Cloutier, 2008). Desta maneira, assim como observado neste estudo, quando o gesso foi misturado ao cimento Portland, o fator de compatibilidade das espécies foi alterado (Herreral & Cloutier, 2008), contribuindo para a diminuição do desempenho mecânico.

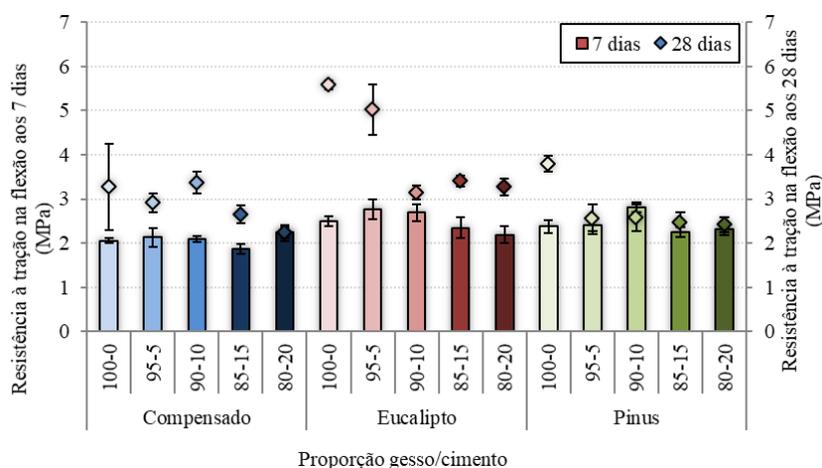


Figura 4 - Resistência à tração na flexão, aos 7 e aos 28 dias, dos compósitos produzidos com partículas de compensado, eucalipto e pínus com diferentes teores de substituição de gesso por cimento Portland.

Na Figura 5 estão apresentados os valores médios dos resultados da resistência à compressão aos 7 e aos 28 dias.

Com relação à idade dos compósitos, foi verificada diferença significativa entre os 7 dias (3,83 MPa) e os 28 dias (5,79 MPa). Isto ocorre devido ao fato de que, como nos resultados de resistência à tração na flexão, os componentes dos aglomerantes, formam produtos de hidratação que contribuem para o ganho de resistência (Neville, 1997; Antunes, Oliveira & John, 1999).

Ao comparar o tipo de partícula presente nas composições – considerando as partículas de compensado (5,02 MPa), eucalipto (5,17 MPa) e pínus (4,23 MPa) – observou-se equivalência estatística apenas entre os compósitos produzidos com as partículas de compensado e de eucalipto. Este resultado indica que, assim como explicado anteriormente, a variabilidade no desempenho de diferentes tipos de fibras pode estar relacionada com sua estrutura e/ou composição química (Mezencevova *et al.*, 2012).

Considerando, ainda, o teor de substituição de gesso por cimento Portland realizado na composição – sendo 100-0 (4,96 MPa), 95-5 (4,91 MPa), 90-10 (4,90 MPa), 85-15 (4,65 MPa) e 80-20 (4,64 MPa) – foi verificada diferença significativa entre os três teores mínimos de substituição (100-0, 95-5 e 90-10) e entre os três teores máximos (90-10, 85-15 e 80-20). Conforme já comentado, quando o gesso foi misturado ao cimento Portland, o fator de compatibilidade das espécies foi alterado (Herrerál & Cloutier, 2008), contribuindo para a diminuição do desempenho mecânico.

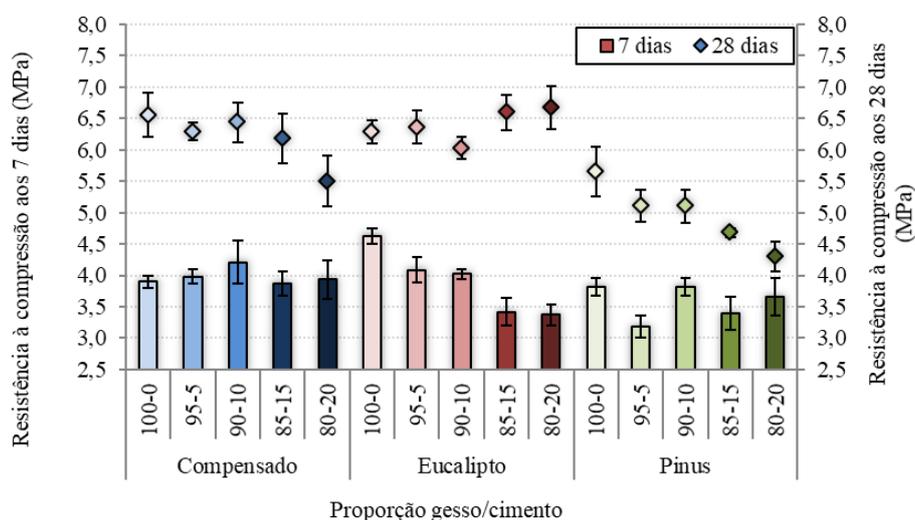


Figura 5 - Resistência à compressão, aos 7 dias, dos compósitos produzidos com partículas de compensado, eucalipto e pínus com diferentes teores de substituição de gesso por cimento Portland.

4. Considerações finais

A partir dos resultados obtidos com substituição de teores de gesso por cimento Portland em compósitos de madeira produzidos com RCD de compensado, eucalipto e pínus, foram identificados as seguintes conclusões:

Os resultados de tempo de fim de pega dos compósitos produzidos com os diferentes teores de substituição de gesso por cimento Portland diminuíram de acordo com o aumento do teor de cimento Portland na composição.

Foi observado que as partículas de eucalipto contribuíram para o aumento da resistência à tração na flexão apesar de suas fibras serem consideradas curtas. Além disso, o desempenho mecânico – resistência à tração na flexão e à compressão – foi prejudicado conforme foi realizado o aumento do teor de substituição do gesso por cimento Portland. Isto porque, na presença dos dois aglomerantes, o fator de compatibilidade das espécies utilizadas pode ter sido alterado.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Materiais e Estruturas (LAME/DCC) da Universidade Federal do Paraná pela disponibilização dos laboratórios e dos equipamentos necessários para o desenvolvimento deste estudo, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná. À Construtora Luibi pelo empréstimo do moinho de martelos. À Fundação Araucária e à CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

- Antunes, R.P.N.; Oliveira, C.T.A.; John, V.M. Trabalhabilidade em Obra. Consistência e Calor de Hidratação das Pastas de Gesso. *III Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas*. Vitória, p. 95-105. 1999.
- Associação Brasileira Da Indústria De Materiais De Construção (ABRAMAT). *Construção Civil Emprega 13 Milhões de Pessoas no País*. Brasília. 2016.
- Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC). *Perspectivas para o Setor de Agregados*. São Paulo. 2015.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR NM 45: Agregados - Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios. Rio de Janeiro. 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR NM 248: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7.190: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro. 1997.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12.128: Gesso para Construção Civil - Determinação das Propriedades Físicas da Pasta de Gesso. Rio de Janeiro. 2017.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 13.279: Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos - Determinação da Resistência à Tração na Flexão a à Compressão. Rio de Janeiro. 2005.
- Bentur, A. & Mindess, S. *Fiber Reinforced Cementitious Composites*. Taylor & Francis, New York. 2007.
- Camarini, G. & De Milito, J. A. Gypsum Hemihydrate–Cement Blends to Improve Renderings Durability. *Construction and Building Materials* v. 25(11), p. 4121-4125. 2011.
- Carvalho, R.C.A.; Silva, A.A.; Cavalcanti, G.L.; Miranda, L.F.R.; Silva, J.J.R. Análise da Gestão Racional de RCD em Canteiros de Obras da Região Metropolitana do Recife, RMR. *Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído*. Fortaleza: ANTAC. 2008.
- Cherki, A.; Remy, B.; Khabbazi, A.; Jannot, Y.; Baillis, D. Experimental Thermal Properties Characterization of Insulating Cork-Gypsum Composite. *Construction and Building Materials* v. 52(1), p. 202-209. 2014.
- Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). *Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas*. São Paulo. 2014.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002, Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos para a Gestão dos Resíduos da Construção Civil. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 136, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95-96.
- Defo, M.; Cloutier, A.; Riedl, B. Wood-Cement Compatibility of Some Eastern Canadian Woods by Isothermal Calorimetry. *Forest Products* v. 54(10), p. 49-56. 2004.
- Departamento da Indústria da Construção Civil (DECONCIC). *Cadeia Produtiva da Construção: Estimativas do Investimento em Obras, Do PIB e do Emprego*. São Paulo. 2015.
- Herreral, R.E. & Cloutier, A. Compatibility of Four Eastern Canadian Woods with Gypsum and Gypsum-Cement Binders by Isothermal Calorimetry. *Maderas. Ciencia y tecnologia* v. 10(3), p. 275-288. 2008.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). *Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil*. São Paulo. 2009.
- Jongvisuttisun, P.; Negrello, C.; Kurtis, K.E. Effect of Processing Variables on Efficiency of Eucalyptus Pulps for Internal Curing. *Cement and Concrete Composites* 37, p. 126–135. 2013.

- Lima, A.J.M. Utilização de Resíduo de Pinus Spp e Materiais Cimentícios Alternativos na Produção de Blocos para Alvenaria Estrutural, 281 f. *Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – Setor de Ciências Agrárias*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.
- Matoski, A. Utilização de Pó de Madeira com Granulometria Controlada na Produção de Painéis de Cimento-Madeira, 187 f. *Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – Setor de Ciências Agrárias*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.
- Matthews, E.; Bringezu, S.; Fischer-Kowalski, M.; Huttler, W.; Kleijn, R.; Moriguchi, Y.; Ottke, C.; Rodenburg, E.; Rogich, D.; Schandi, H.; Schutz, H.; Van Der Voet, E.; Weisz, H. The Weight of Nations - Material Outflows from Industrial Economies. *World Resources Institute*. 2000.
- Mezencevova, A.; Garas, V.; Nanko, H.; Kurtis, K. E. Influence of Thermomechanical Pulp Fiber Compositions on Internal Curing of Cementitious Materials. *Journal of Materials in Civil Engineering* 24, p. 970-975. 2012.
- Miller, D.P. & Moslemi, A.A. Wood-Cement Composites: Species and Heartwood-Sapwood Effects on Hydration and Tensile Strength. *Forest Products* v. 41(3), p. 9-14. 1991.
- Miranda, L.F.R.; Angulo, S.C.; Careli, É. D. A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986–2008. *Ambiente Construído* v. 9(1), p. 57–71. 2009.
- Morales-Conde, M.J.; Rodríguez-Liñán, C.; Pedreño-Rojas, M. A. Physical and Mechanical Properties of Wood-Gypsum Composites from Demolition Material in Rehabilitation Works. *Construction and Building Materials* 114, p. 6-14. 2016.
- Neville, A.M. *Propriedades do Concreto*. 2ª Ed, PINI, São Paulo. 1997.
- Pinto, N.A.; Akasaki, J.L.; Fioriti, C.F.; Bernabeu, J.P. Incorporação de Resíduos de Borracha de Pneus em Matriz de Gesso para Utilização na Construção Civil. *Engenharia Civil – UM* 53, p. 43-56. 2016.
- Rocha, T.M.S. Contribuição ao Desenvolvimento de Placas para Vedação Vertical Produzidas com Resíduo de Madeira de Construção, Utilizando Gesso e Cimento como Aglomerante, 204 f. *Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2017.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). *Utilização da Madeira Certificada na Construção Civil: um Diferencial*. 2014.
- Shackford, D.L. A Comparison of Pulping and Bleaching of Kraft Softwood and Eucalyptus Pulps. *36th International Pulp and Paper Congress and Exhibition*. São Paulo. 2003.
- Simatupang, M.H. Der Wasserbedarf bei der Herstellung Zementgebunder Holzspanplatten. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 27, p. 379-382. 1979.
- Swamy, R.N. Vegetable Fiber Reinforced Cement Composites – A False Dream or a Potential Reality?, In: *International Symposium on Vegetable Plants and their Fibres as Building Materials*, p. 3-9. 1990.
- Turgut, P. Cement Composites with Limestone Dust and Different Grades of Wood Sawdust. *Building and Environment* v. 42(11), p. 3801-3807. 2007.
- Youngquist, J.A. Wood Handbook-Wood as an Engineering Material: Wood-Based Composites and Panel Products. *Forest Products Laboratory*. 1999.
- Wu, N.; Hubbe, M.A.; Rojas, O. J.; Park, S. Permeation of Polyelectrolytes and other Solutes into the Pore Spaces of Water-Swollen Cellulose: A Review. *Bioresources* 4, p. 1222–1262. 2009.