

# Complementaridade: Arquitetura, Engenharia e Construção

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)

# **Complementaridade: Arquitetura, Engenharia e Construção**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C737	Complementaridade [recurso eletrônico]: arquitetura, engenharia e construção / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-41-3 DOI 10.22533/at.ed.413182609  1. Arquitetura. 2. Construção civil. 3. Engenharia. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Título.  CDD 728
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Esta edição de Complementaridade Arquitetura, Engenharia e Construção foi elaborada visando proporcionar aos seus leitores acesso a diferentes estudos que enfatizam a importância da adoção de práticas construtivas e de gestão adequadas na área de Arquitetura, Engenharia e Construção que proporcionem melhoria na qualidade de vida das pessoas, maior eficiência no uso dos recursos naturais e menor impacto ambiental.

Neste contexto, o conforto ambiental das construções, em especial o conforto térmico, é assunto de diferentes estudos, por estar diretamente ligado com a qualidade de vida das pessoas. A importância da utilização de materiais e técnicas construtivas que possibilitem um adequado conforto ambiental nas edificações é destacada nos estudos aqui apresentados possibilitando a todos os leitores uma visão mais abrangente acerca do tema.

Também merece destaque nesta edição as ações voltadas para o desenvolvimento de técnicas que visem um crescimento sustentável, em especial às relacionadas com a gestão dos resíduos da construção civil. A indústria da construção civil é considerada o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos, em especial os resíduos sólidos. O reuso de materiais tem sido cada vez mais explorado pelos pesquisadores devido ao potencial de contribuição na preservação do meio ambiente. Nesta edição são apresentados estudos acerca dos compósitos de cimento-madeira a partir do reaproveitamento dos resíduos de madeira resultantes das atividades do setor de construção civil.

Por fim, são apresentados estudos relacionados com a gestão organizacional, gestão de projetos, as responsabilidades dos profissionais envolvidos na construção civil, bem como sobre a implementação do *Building Information Modeling* (BIM), enfatizando a necessidade de busca constante do segmento de Arquitetura, Engenharia e Construção por melhores resultados em termos de qualidade, custo e tempo de execução.

Com base nestes estudos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos nos diversos temas que envolvem a área de Arquitetura, Engenharia e Construção.

Boa leitura.

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TRANSFORMAÇÃO DA FACHADA NA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS VERTICAIS EM VITÓRIA-ES E SUA RELAÇÃO COM O CONFORTO AMBIENTAL	
<i>Ricardo Nacari Maioli</i>	
<i>Maria Cláudia de Souza Lemos Soares Brandão Barros</i>	
<i>Joana D arc Pereira de Barros</i>	
<i>Isabela Finochi Fernandes Moça</i>	
<i>Igor Mattioli Coninck</i>	
<i>Érica Coelho Pagel</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
AVALIAÇÃO DA SENSAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DO USUÁRIO DE UMA HABITAÇÃO FAIXA 1 DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA NA CIDADE DE PELOTAS-RS: ESTUDO DE CASO DO RESIDENCIAL JARDINS DO OBELISCO	
<i>Jones Vieira Pinto</i>	
<i>Antônio Cesar Silveira Baptista da Silva</i>	
<i>Nirce Saffer Medvedovski</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO NA SAÚDE DOS IDOSOS: ESTUDO DE CASO EM UNIDADES HABITACIONAIS DO RESIDENCIAL AGRESTE – ARAPIRACA-AL	
<i>Esteffany Rafaelly Santos Rodrigues</i>	
<i>Maria Jailza da Silva</i>	
<i>Nathália Kariany de Souza</i>	
<i>Ricardo Victor Rodrigues Barbosa</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>43</b>
INFLUENCIA DA DETERIORIZAÇÃO DAS TELHAS PELA AÇÃO DAS INTEMPÉRIES NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO	
<i>Kellen Melo Dorileo Louzich</i>	
<i>Emeli Lalesca da Guarda</i>	
<i>Ivan Júlio Apolônio Callejas</i>	
<i>Luciane Cleonice Durante</i>	
<i>Karyna Andrade Carvalho Rosseti</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>56</b>
A PRESERVAÇÃO DA ESTRUTURA EM ARGASSA ARMADA DO CRISTO REDENTOR: DIAGNÓSTICO	
<i>Maria Cristina Ventura</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>73</b>
ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS DE MADEIRA, PROVENIENTES DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO, UTILIZANDO O GESSO COMO AGLOMERANTE	
<i>Tháisa Mariana Santiago Rocha</i>	
<i>Leonardo Fagundes Rosemback Miranda</i>	
<i>Carlos Frederico Alice Parchen</i>	
<i>Lara Biancato Ruhnke</i>	
<i>Paolo Pires de Lima</i>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>87</b>
INFLUÊNCIA DE ADITIVOS ACELERADORES DE PEGA NAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO DE COMPÓSITOS DE CIMENTO E RESÍDUOS DE MADEIRA DE CONSTRUÇÃO	
<i>Tháisa Mariana Santiago Rocha</i>	
<i>Leonardo Fagundes Rosembach Miranda</i>	
<i>Carlos Frederico Alice Parchen</i>	
<i>Paolo Pires de Lima</i>	
<i>Lara Biancato Ruhnke</i>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>101</b>
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONAIS DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
<i>Felipe Teixeira</i>	
<i>Alfredo Iarozinski Neto</i>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>111</b>
GESTÃO DE RISCOS E RISCOS DE GESTÃO EM PROJETOS INDUSTRIAIS: ESTUDOS DE CASO	
<i>Tássia Farssura Lima da Silva</i>	
<i>Silvio Burratino Melhado</i>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>124</b>
INTEGRAÇÃO DO BIM NO CURRÍCULO DO CURSO DE EDIFICAÇÕES	
<i>Josyanne Pinto Giesta</i>	
<i>Gilda Lucia Bakker Batista de Menezes</i>	
<i>Alfredo Costa Neto</i>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>134</b>
ANÁLISE DE JURISPRUDÊNCIAS RELACIONADAS À CONSTRUÇÃO CIVIL <sup>1</sup>	
<i>Marcelo Fabiano Costella</i>	
<i>Cláudio Alcides Jacoski</i>	
<i>Nicael William Martini</i>	
<i>Vilmar Roque Pereira</i>	
<i>Monike de Medeiros Costella</i>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>134</b>

## ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS DE MADEIRA, PROVENIENTES DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO, UTILIZANDO O GESSO COMO AGLOMERANTE

### **Tháisa Mariana Santiago Rocha**

Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC)  
Curitiba – PR

### **Leonardo Fagundes Roseback Miranda**

Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC)  
Curitiba – PR

### **Carlos Frederico Alice Parchen**

Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC)  
Curitiba – PR

### **Lara Biancato Ruhnke**

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – PR

### **Paolo Pires de Lima**

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – PR

**RESUMO:** Com a intensificação das atividades da indústria da construção civil e o aumento dos resíduos gerados por este setor, tem-se verificado a necessidade de ações voltadas para o desenvolvimento de técnicas que visem um crescimento sustentável. Os compósitos de madeira surgem como alternativa para o reaproveitamento dos resíduos de madeira

resultante das atividades deste setor. Seguindo esta tendência, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho físico e mecânico de compósitos dosados com resíduos de construção e demolição (RCD) de madeira. Os resíduos foram coletados em canteiros de obras, moídos, tratados e secos. As partículas de madeira foram caracterizadas através dos ensaios de composição granulométrica e massa unitária, e foram utilizadas nas condições: saturada e não saturada. Para os compósitos, foi utilizado o gesso de pega lenta, e adotados três diferentes relações gesso:madeira. A relação água:gesso foi fixada em 0,70. Foram realizados ensaios de tempo de pega, densidade de massa fresca, e moldados corpos de prova prismáticos para a realização dos ensaios de mecânicos aos 28 dias. Com os resultados obtidos, foi possível verificar que as resistências mecânicas foram superiores para a madeira na condição não saturada, e que o teor de madeira utilizado é inversamente proporcional às resistências obtidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósito de madeira, resíduo de madeira, gesso, reciclagem.

**ABSTRACT:** The intensification of the activities of the Construction Industry has increased the need for actions aimed at the development of techniques to sustainable growth. The wood composites are an

alternative to the reuse of wood waste resulting from the activities of this sector. Following this trend, the objective of this work is to evaluate the physical and mechanical performance of composite composites with construction and demolition waste (CDW) of wood. The residues were collected from construction sites, treated and dried. The wood particles were characterized by the grain size distribution and unit weight, in saturated and unsaturated conditions. It was used slow set time gypsum and adopted three different gypsum:wood ratios. The water:gypsum ratio was defined at 0,70. Setting time and fresh density tests were performed and prismatic specimens were molded for conducting mechanical tests at 28 days. With the results, we found that the mechanical strength were superior to wood in the unsaturated condition, and the wood content used is inversely proportional to the resistance obtained.

**KEYWORDS:** Wood composite, wood waste, plaster, recycling.

## 1 | INTRODUÇÃO

A madeira é um material natural que possui um ciclo na natureza, podendo ser degradada e reduzida aos elementos que a originaram, sendo assim, um material renovável e sustentável (KLOCK *et al.* 2005). Segundo Savastano Junior, Nolasco e Oliveira (1997), o emprego de fibras vegetais como reforço em matrizes cimentícias proporciona maior resistência ao impacto, causada por maior absorção de energia e possibilidade de trabalho no estágio pós-fissurado. Além disso, segundo Santos (2011), quanto maior a quantidade de madeira no compósito, menor será a densidade do produto que terá maior leveza, garantindo maior proteção térmica e acústica.

Para a realização das construções de obras verticalizadas, o consumo de madeira chega a 485mil m<sup>3</sup> anualmente, representando, aproximadamente, 80% da madeira consumida na indústria da construção civil (IPT, 2015). O uso de materiais reciclados ou reutilizados reduz a emissão de dióxido de carbono, pois evita o gasto de energia para extração e transformação, para o transporte e disposição final dos resíduos de novos materiais (GIAMA, 2015). Satisfazendo as necessidades da construção civil em busca de materiais que empregam menor quantidade de combustível em seu processo de produção e que minimizam o uso de recursos naturais, o gesso manifesta-se como um material com grande potencial de utilização, por possuir baixo consumo energético e grandes possibilidades de reciclagem, tornando viável sua utilização como material construtivo por um longo período de tempo, tendo em vista a quantidade de matéria-prima disponível (JOHN; CINCOTTO, 2007). Na construção civil o gesso é utilizado como pasta, em placas, blocos, painéis, entre outras aplicações, mas sua principal aplicação é em forma de pasta de revestimento de teto e paredes. Sua utilização está cada vez maior, pois sua pasta é vista pelas construtoras como um material alternativo de qualidade e de baixo custo (SCHMITZ; TAVARES, 2009). Painéis de gesso são muito utilizados na construção civil para vedação interna, porém têm a desvantagem de ter menor resistência mecânica e à umidade (BISSONNETTE; CLOUTIER; TITTELEIN,

2011).

Carvalho *et al.* (2008) verificaram que compósitos dosados com gesso e resíduos de polpa de celulose foram capazes de melhorar o desempenho mecânico dos compósitos, pois as fibras propiciaram uma maior absorção e retenção de água na matriz permitindo a formação de cristais maiores ao seu redor. Cherki, Remy e Khabbazi (2014) estudaram as propriedades térmicas de chapas de compósito cortiça-gesso e verificaram que a presença da cortiça é capaz de propiciar uma redução na condutividade térmica em até 3 vezes quando comparado com compósitos de referência.

O objetivo do trabalho é avaliar o desempenho físico e mecânico de compósitos de gesso-madeira com diferentes tipos de madeira (compensado, eucalipto e pinus) provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD).

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Materiais

O tipo de aglomerante utilizado foi o Gesso Universal de pega lenta 60. A água utilizada foi fornecida pela rede pública de distribuição.

#### 2.1.1 Partículas de madeira

Foram obtidos três tipos diferentes de madeira, sendo: compensado, eucalipto e pinus. Todas provenientes de resíduos da construção civil. A madeira de eucalipto foi obtida na cidade de Rio Negrinho – SC. As madeiras de compensado e pinus são provenientes de obras na cidade de Curitiba – PR.

Os resíduos de madeira foram coletados, separados, e moídos em um moinho de martelos portátil. Os resíduos de eucalipto foram descascados antes da moagem para evitar que o material fibroso provocasse o entupimento do moinho. Após a moagem (Figura 1), as partículas de madeira foram ensacadas e armazenadas em local protegido de intempéries.



Figura 1: Procedimento de moagem de resíduos

Fonte: Os autores (2018).

As partículas de cada tipo de madeira foram caracterizadas através dos ensaios de determinação da massa unitária - NBR NM 45 (ABNT, 2006), determinação da composição granulométrica - NBR NM 248 (ABNT, 2003), e teor de umidade – NBR 7190 (ABNT, 1997).

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os valores de massa unitária e teor de umidade, respectivamente. Na Figura 2 são apresentadas as composições granulométricas para cada tipo de madeira.

Madeira	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )
Compensado	173,83
Eucalipto	137,25
Pinus	207,72

Tabela 1: Resultados da massa unitária

Fonte: Os autores (2018).

Madeira	Teor de umidade (%)
Compensado	12,56%
Eucalipto	13,81%
Pinus	12,30%

Tabela 2: Resultados do teor de umidade

Fonte: Os autores (2018).

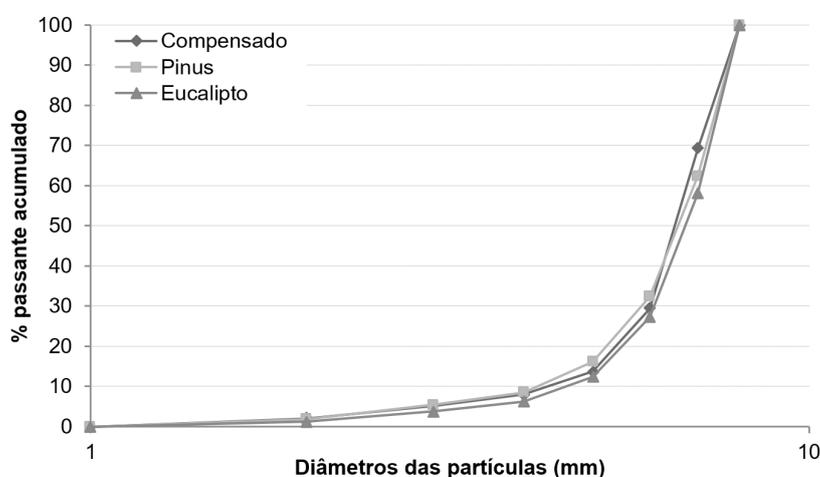


Figura 2: Distribuição granulométrica

Fonte: Os autores (2018).

## 2.2 Dosagens

### 2.2.1 Pré-tratamento das partículas de madeira

Foi adotado o pré-tratamento com água à temperatura ambiente, onde as partículas permaneceram submersas por um período de 48 horas e a proporção utilizada para madeira:água foi de 1:10.

## 2.2.2 Traço

O traço foi definido numa relação de 1:0,075 (gesso:madeira) em massa, o mesmo valor adotado por Matoski (2005), Latorraca (2000), Moslemi, Garcia e Hofstrand (1983) ao avaliarem a compatibilidade de compósitos de madeira com cimento, e outros dois traços (intermediário e pobre) foram utilizados no intuito de verificar a influência do teor de madeira no compósito. Na Tabela 3 é possível verificar os diferentes teores de madeira adotados.

Teor	Proporção (gesso:madeira)	Identificação
Rico	1:0,075	1,00
Intermediário	1:0,05625	0,75
Pobre	1:0,0375	0,50

Tabela 3: Teor de madeira

Fonte: Os autores (2018).

Foi fixada uma relação água:gesso de 0,70, e o consumo de aglomerante foi, também, fixado em 350g/dm<sup>3</sup>. As partículas de madeira foram utilizadas em duas condições:

- Saturado – Onde as partículas foram secas em estufa à 80°C e foram submersas (Figura 3) em água (proporção de madeira:água foi de 1:10) por 20 minutos antes da dosagem. A água foi escoada e o seu excesso retirado, para que então as partículas fossem adicionadas à mistura;



Figura 3: Procedimento de saturação da madeira

Fonte: Os autores (2018).

- Não Saturado – As partículas foram secas em estufa à 80°C e acrescentadas na mistura. Para esta condição, foi considerado um ajuste na quantidade de água para evitar que a água da mistura fosse absorvida pela madeira. Para isto, foi utilizada a equação (Equação 1) proposta por Simatupang *et al.*, (1978) *apud* Lima (2009):

$$\text{Quantidade de água} = R_{a/a} \times A + (0,30 - TU) \times M \quad (1)$$

Em que:

$R_{a/a}$  = Relação a:a (água:aglomerante);

A = Massa de aglomerante (gramas);

TU = Teor de umidade da partícula (%);

M = Massa das partículas (gramas).

Os traços utilizados para os compósitos de gesso-madeira estão apresentados na Tabela 4.

Madeira				Identificação
Tipo	Tratamento	Condição	Teor	
Compensado	AF 48h	Saturado	0,0750	GM COMP SAT 1,0
			0,0563	GM COMP SAT 0,75
			0,0375	GM COMP SAT 0,50
		Não-saturado	0,0750	GM COMP NSAT 1,0
			0,0563	GM COMP NSAT 0,75
			0,0375	GM COMP NSAT 0,50
Eucalipto	AF 48h	Saturado	0,0750	GM EUC SAT 1,0
			0,0563	GM EUC SAT 0,75
			0,0375	GM EUC SAT 0,50
		Não-saturado	0,0750	GM EUC NSAT 1,0
			0,0563	GM EUC NSAT 0,75
			0,0375	GM EUC NSAT 0,50
Pinus	AF 48h	Saturado	0,0750	GM PIN SAT 1,0
			0,0563	GM PIN SAT 0,75
			0,0375	GM PIN SAT 0,50
		Não-saturado	0,0750	GM PIN NSAT 1,0
			0,0563	GM PIN NSAT 0,75
			0,0375	GM PIN NSAT 0,50
-	-	-	-	GESSO REF

Tabela 4: Dosagem de materiais

Fonte: Os autores (2018).

### 2.2.3 Mistura

Foi realizada de acordo com a norma NBR 12128 (ABNT, 2017a). Adicionou-se primeiramente a água, realizou-se o polvilhamento da massa gesso (durante 1 min), foi mantida em repouso durante 2 min. Na sequência, a argamassadeira foi ligada e permaneceu em movimento durante 1 min. A mistura foi homogeneizada manualmente por 30s para então serem realizados os ensaios no estado fresco. Foi realizado, também, o estudo de dosagem englobando a moldagem de corpos de prova prismáticos (4 x 4 x 16 cm) e a verificação de suas propriedades no estado endurecido. Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas, e mantidos em câmara seca até a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, aos 28 dias.

## 2.3 Ensaaios

### 2.3.1 Estado fresco

Foram realizados os ensaios de determinação de tempo de pega NBR 12128 (ABNT, 2017a); e determinação de densidade fresca NBR 13278 (ABNT, 2005a).

### 2.3.2 Estado endurecido

Foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279 (ABNT, 2005b), e de densidade endurecida - NBR 13280 (ABNT, 2005c).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Estado Fresco

Na Tabela 5, é possível observar os resultados obtidos nos ensaios realizados no estado fresco.

Identificação	Densidade fresca (g/cm <sup>3</sup> )	Tempo de pega (h:min)	
		Início	Fim
GM COMP SAT 1,0	1,52	00:12	00:19
GM COMP SAT 0,75	1,50	00:06	00:17
GM COMP SAT 0,50	1,48	00:17	00:33
GM COMP NSAT 1,0	1,51	00:13	00:17
GM COMP NSAT 0,75	1,53	00:16	00:21
GM COMP NSAT 0,50	1,50	00:23	00:30
GM EUC SAT 1,0	1,49	00:27	00:36
GM EUC SAT 0,75	1,52	00:22	00:33

GM EUC SAT 0,50	1,53	00:15	00:29
GM EUC NSAT 1,0	1,50	00:15	00:19
GM EUC NSAT 0,75	1,52	00:25	00:30
GM EUC NSAT 0,50	1,53	00:20	00:27
GM PIN SAT 1,0	1,46	00:19	00:26
GM PIN SAT 0,75	1,49	00:13	00:23
GM PIN SAT 0,50	1,51	00:20	00:34
GM PIN NSAT 1,0	1,53	00:14	00:22
GM PIN NSAT 0,75	1,50	00:24	00:32
GM PIN NSAT 0,50	1,52	00:21	00:35
GESSO REF	1,67	00:18	00:52

Tabela 5: Resultados no estado fresco

Fonte: Os autores (2018).

A dosagem de referência (0% de madeira) apresentou o maior valor de densidade de massa fresca, indicando que a presença da madeira é capaz de tornar o material menos denso e, conseqüentemente, com maior leveza. Nos resultados de tempo de pega, verifica-se que os valores obtidos estão de acordo com a NBR 13207 (ABNT, 2017b).

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentados os comparativos entre as diferentes dosagens com relação à densidade fresca, ao início e ao fim de pega, respectivamente.

Com relação à análise da densidade de massa fresca (Figura 4), é possível verificar que apenas o eucalipto apresentou uma tendência clara e inversamente proporcional com relação à variação do teor de madeira no compósito. Esta tendência pode estar correlacionada com o fato de que as partículas de Eucalipto apresentaram, também, menor massa unitária e maior quantidade de partículas finas quando comparado aos outros tipos de madeira.

Para a madeira de compensado, na condição saturada a densidade de massa fresca apresentou um aumento diretamente proporcional à variação do teor de madeira, enquanto que na condição não saturada foi obtida uma densidade máxima para o teor de 0,75.

Na madeira de pinus, para a condição saturada a tendência apresentada é semelhante à madeira de Eucalipto, enquanto que para a condição não saturada foi obtida uma densidade mínima para o teor de 0,75.

Os pontos máximo e mínimo para o teor de 0,75 podem ter sido obtidos pelas diferentes absorções de água durante o procedimento de saturação, por se tratarem de diferentes tipos de madeira (compensado e pinus, respectivamente).

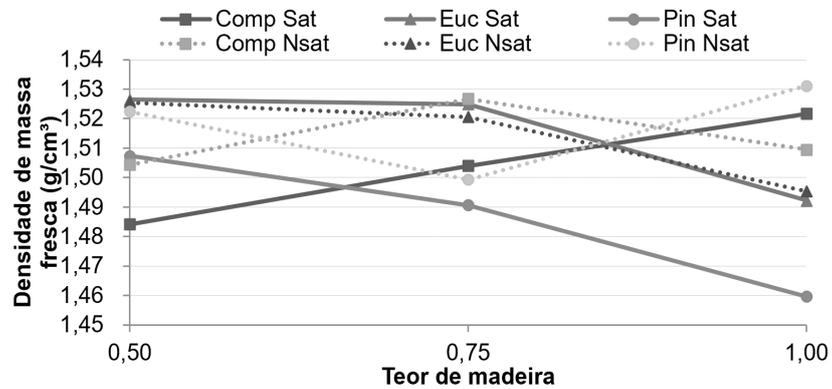


Figura 4: Comparativo da densidade de massa fresca para as diferentes dosagens

Fonte: Os autores (2018).

Na Figura 5 é realizada a análise do tempo de início de pega para as diferentes dosagens. É possível observar que, exceto para os teores de 1,0 para as madeiras de eucalipto e pinus, todas as dosagens apresentaram menor início de pega para a condição saturada. Acredita-se que a saturação da madeira seja capaz de liberar seus extrativos e acelerar o início do tempo de pega do compósito. Em compósitos de cimento-madeira, os extrativos presentes na madeira são capazes de inibir a pega com o cimento, neste estudo, ao utilizar o gesso como aglomerante, verificou-se que os extrativos são capazes de acelerar a pega.

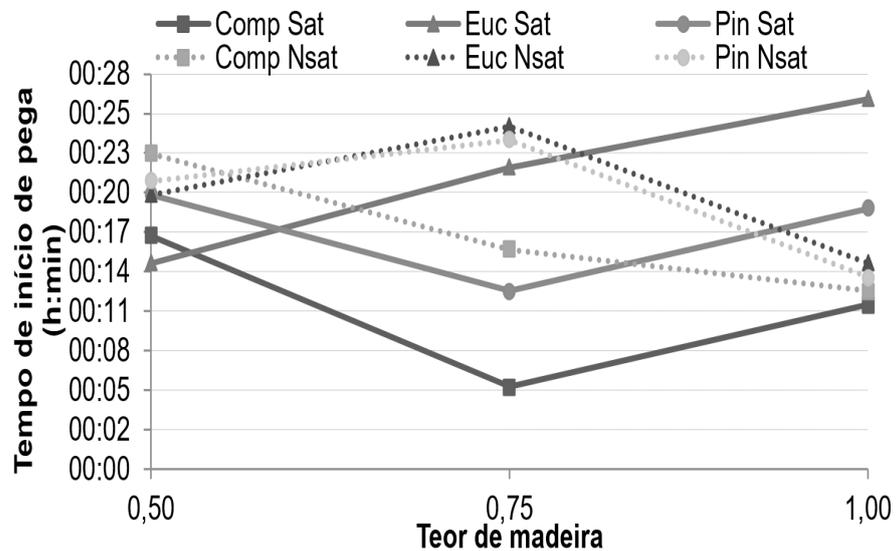


Figura 5: Comparativo do início de pega para as diferentes dosagens

Fonte: Os autores (2018).

Na Figura 6 é realizada a análise do tempo de fim de pega para as diferentes dosagens. É possível observar que, exceto para os teores de 0,75 para as madeiras de compensado e pinus, todas as dosagens apresentaram maior fim de pega para a condição saturada. Acredita-se que apesar da presença da madeira, o tempo de fim de pega do gesso (o gesso utilizado é de pega lenta - 60 min) não foi influenciado. Os maiores tempos de fim de pega foram obtidos para a madeira de eucalipto na condição

saturada, o que pode propiciar uma melhor trabalhabilidade para o compósito durante sua moldagem. De modo geral, verifica-se que dosagens com menores teores de madeira (0,50) apresentam maiores tempos de fim de pega com relação aos maiores teores (1,0).

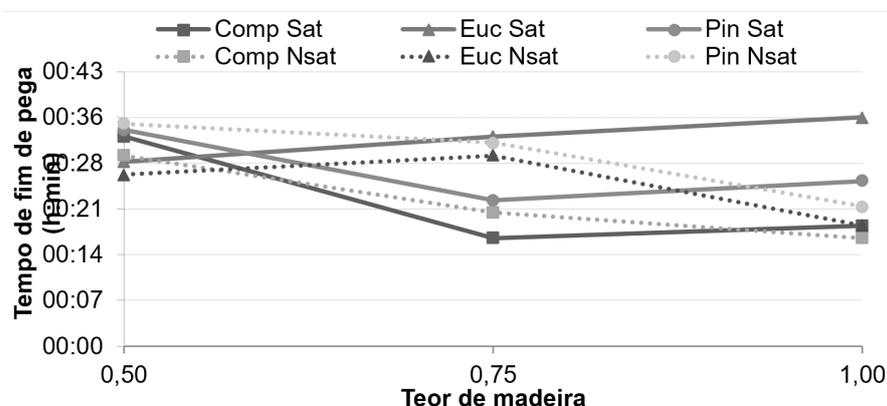


Figura 6: Comparativo do fim de pega para as diferentes dosagens

Fonte: Os autores (2018).

### 3.2 Estado Endurecido

Na Tabela 6, é possível observar os resultados obtidos nos ensaios realizados no estado endurecido.

Identificação	Idade (28 dias)		
	Resistência à tração (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Densidade endurecida (g/cm <sup>3</sup> )
GM COMP SAT 1,0	2,94	7,24	1,06
GM COMP SAT 0,75	3,85	9,80	1,14
GM COMP SAT 0,50	3,29	9,32	1,12
GM COMP NSAT 1,0	3,83	9,04	1,13
GM COMP NSAT 0,75	3,79	8,37	1,13
GM COMP NSAT 0,50	3,42	8,60	1,12
GM EUC SAT 1,0	3,85	7,64	1,08
GM EUC SAT 0,75	3,38	8,15	1,08
GM EUC SAT 0,50	3,94	10,04	1,15
GM EUC NSAT 1,0	4,26	8,25	1,15
GM EUC NSAT 0,75	3,61	8,78	1,15
GM EUC NSAT 0,50	3,48	8,91	1,13
GM PIN SAT 1,0	2,57	6,41	1,05
GM PIN SAT 0,75	3,72	8,44	1,11
GM PIN SAT 0,50	2,92	8,32	1,10
GM PIN NSAT 1,0	3,36	7,54	1,11
GM PIN NSAT 0,75	4,33	7,75	1,15
GM PIN NSAT 0,50	3,71	9,50	1,15
GESSO REF	3,99	9,68	1,24

Tabela 6: Resultados no estado endurecido

Fonte: Os autores (2018).

Nas Figuras 7, 8 e 9 são apresentados os comparativos entre as diferentes dosagens com relação à resistência à tração na flexão, à compressão, e à densidade endurecida, respectivamente.

Na Figura 7 são apresentados os resultados de resistência à tração na flexão, aos 28 dias. É possível observar que, exceto para o teor de 1,0 para a madeira de compensado, todas as dosagens apresentaram maior resistência à tração na flexão para a condição não saturada. Acredita-se que a saturação da madeira contribuiu para que exista uma maior quantidade de água no compósito propiciando a redução da resistência. Lima (2009) *apud* Hachimi e Campbell (1989) explica que, em compósitos de cimento-madeira, a retirada da água das partículas da madeira causa a retração das partículas, reduzindo a ligação da pasta de cimento com as partículas de madeira. Acredita-se que o mesmo pode ocorrer para os compósitos de gesso-madeira, onde foram obtidas as menores resistências para as dosagens com a madeira saturada.

De modo geral, verifica-se, também, que dosagens com menores teores de madeira (0,50) apresentam maiores resistências com relação aos maiores teores (1,0). A natureza das madeiras pode ser capaz de influenciar na quantidade de água absorvida, para as madeiras de compensado e pinus, o teor de 0,75 de madeira apresentou maior resistência, enquanto que para a madeira de Eucalipto o teor de 0,75 de madeira apresentou menor resistência.

A variação dos resultados apresentados na Figura 7 pode, inclusive, ter sido causada pela orientação/distribuição da madeira nos corpos de prova.

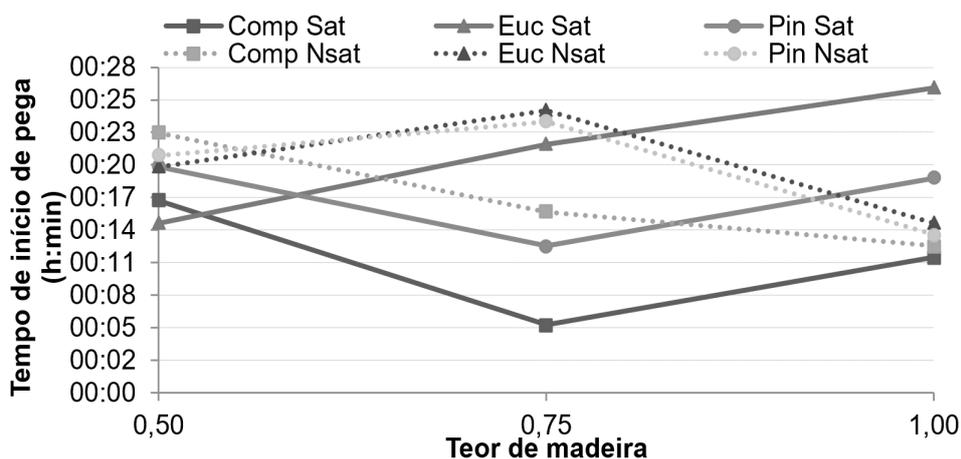


Figura 7: Comparativo da resistência à tração na flexão para as diferentes dosagens

Fonte: Os autores (2018).

Os resultados de resistência à compressão, aos 28 dias, são apresentados na Figura 8. É importante destacar que, de modo geral, dosagens com menores teores de madeira (0,50) apresentam maiores resistências com relação aos maiores teores (1,0). Os compósitos de gesso-madeira, de forma geral, apresentaram resistências à compressão inferiores ao resultado obtido para a pasta de gesso de referência,

evidenciando que as partículas de madeira podem atuar de maneira similar às fibras, proporcionando melhores resultados para as resistências à tração na flexão do que para as resistências à compressão.

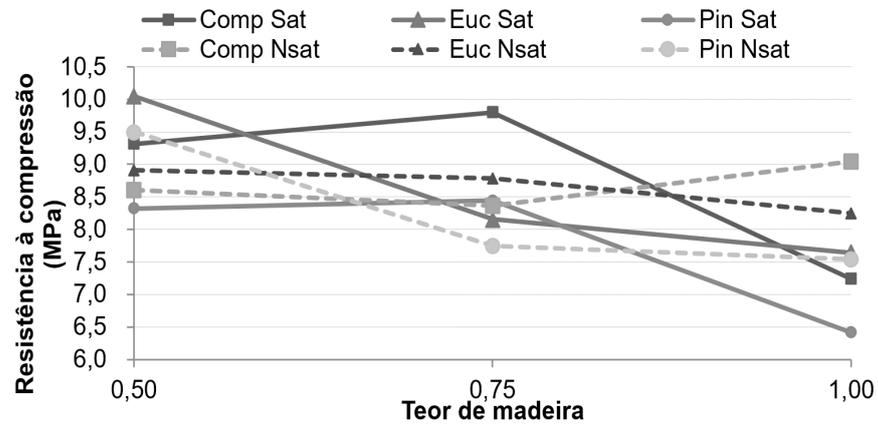


Figura 8: Comparativo da resistência à compressão para as diferentes dosagens

Fonte: Os autores (2018).

Na Figura 9, as densidades endurecidas, aos 28 dias, dos compósitos dosados são apresentadas. Para o teor de madeira de 1,0, os menores valores foram obtidos para as madeiras na condição saturada, já que a água absorvida pelas partículas de madeira, presente no compósito, evapora e aumenta a quantidade de vazios, diminuindo a densidade endurecida. Tendência que ocorre para os teores de 0,50 e 0,75, também.

O resultado para a pasta de gesso de referência foi o maior resultado obtido, o que corrobora com o resultado obtido na densidade de massa fresca.

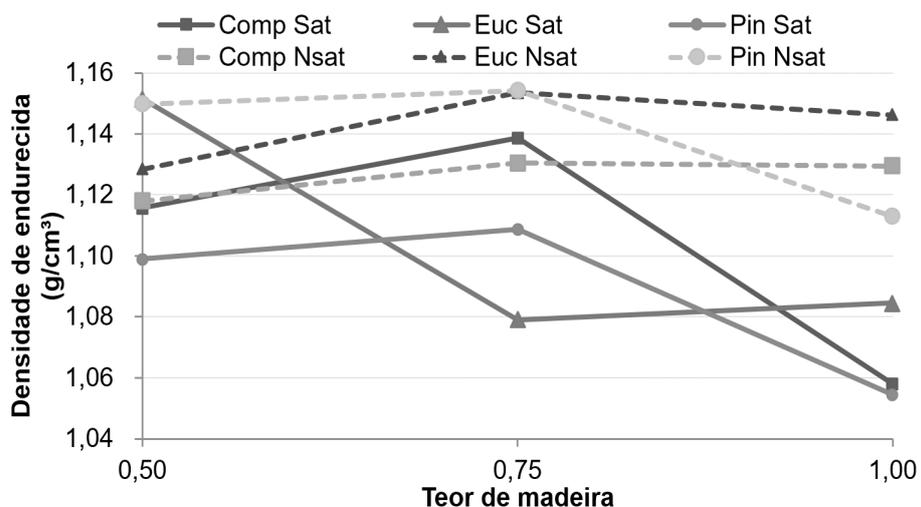


Figura 9: Comparativo da densidade endurecida para as diferentes dosagens

Fonte: Os autores (2018).

## 4 | CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos após a realização dos ensaios no estado fresco e endurecido foi possível constatar que:

- Ocorreu um menor tempo de início e maior tempo de fim de pega para madeiras na condição saturada;
- As dosagens apresentaram maior resistência à tração na flexão e à compressão para a condição não saturada;
- Os compósitos dosados com os menores teores de madeira (0,50) apresentaram maiores resistências mecânicas quando comparados com os maiores teores (1,0);
- Os resultados indicam que a inclusão do resíduo de madeira pode ter aumentado a resistência à tração na flexão nos corpos de prova.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, PPGECC/UFPR, pela infraestrutura de laboratórios fornecida à realização dos ensaios, assim como à Fundação Araucária e à CAPES pelo apoio financeiro através de bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7190**: Projetos de estrutura de madeira – especificação. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 12128**: Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 2017a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13207**: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 2017b.

\_\_\_\_\_. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005c.

BISSONNETTE, B.; CLOUTIER, A.; TITTELEIN, P. Design of a low-density wood-cement particleboard for interior wall finish. **Cement e Concrete Composites**. Journal ELSEVIER, 2011.

- CARVALHO, M. A.; CALIL JÚNIOR, C.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TUBINO, R.; CARVALHO, M. T. Microstructure and mechanical properties of gypsum composites reinforced with recycled cellulose pulp. **Materials Research**, v.11, n. 4, p391-397, 2008.
- CHERKI, A.; REMY, B.; KHABBAZI, A.; Experimental thermal properties characterization of insulating cork–gypsum composite. **Construction and Building Materials**. v. 54, p. 202–209, 2014.
- GIAMA, E. Assessment tools for the environmental evaluation of concrete, plaster and brick elements production. Department of Mechanical Engineer. Aristotle University. Greece. **Journal of Cleaner Production**. ELSEVIER, 2015.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SP (IPT). **Madeira para uso sustentável na construção civil**. Disponível em: <<http://www.ipt.br/publicacoes/3.htm>>. Acesso em: 10/11/2015.
- JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de construção civil**. In:\_\_\_\_\_.IBRACON, Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Nº1, G.C. Isaia, 2007.
- KLOCK, U; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDES, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira** 3º ed. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- LATORRACA, J. V. F. – **Eucalyptus spp. na produção de painéis de cimento-madeira**. 208f. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- LIMA, A. J. M. de. **Utilização de resíduo de Pinus spp e materiais cimentícios alternativos na produção de blocos para alvenaria estrutural**. 281f. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- MATOSKI, A. **Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira**. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- MOSLEMI A. A.; GARCIA, J.F.; HOFSTRAND, A.D. Effect of various treatments and additives on wood-portland cement water systems. **Wood and Fiber science**, v. 15, n.2, p. 164-176, 1983.
- SANTOS, L. A. C. **Painéis de madeira-cimento: composição, processo de produção, características e aplicações**. Curso de Engenharia Florestal. Campus Universitário de Gurupi. Universidade Federal do Tocantins, 2011.
- SAVASTANO JUNIOR, H.; NOLASCO, A.M.; OLIVEIRA, L. **Disponibilidade de resíduos de alguns tipos de fibra vegetal, no Brasil, para uso em componentes de construção**. Cali, 1997.
- SCHMITZ, I. B. T. A.; TAVARES, Y. V. P. **Estudo do desempenho da pasta de gesso com adição de seu resíduo como revestimento interno de parede**. Curitiba, 2009.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-41-3

