

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**SANDIANE CARLA KREFTA**

**INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO NA DURABILIDADE DE PAINÉIS  
COMPENSADOS DE USO EXTERIOR**

**LAGES – SC  
2022**

**SANDIANE CARLA KREFTA**

**INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO NA DURABILIDADE DE PAINÉIS  
COMPENSADOS DE USO EXTERIOR**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Bayestorff da Cunha.  
Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Martha Andreia Brand.

**LAGES – SC  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Krefta, Sandiane Carla

Influência do revestimento na durabilidade de painéis  
compensados de uso exterior / Sandiane Carla Krefta. -- 2022.  
60 p.

Orientador: Alexsandro Bayestorff da Cunha

Coorientadora: Martha Andreia Brand

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2022.

1. Painéis laminados. 2. Fôrmas de concreto. 3. Características  
pós reusos. 4. Propriedades tecnológicas. 5. Construção civil. I. da  
Cunha, Alexsandro Bayestorff. II. Brand, Martha Andreia. III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Florestal. IV. Título.

**SANDIANE CARLA KREFTA**

**INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO NA DURABILIDADE DE PAINÉIS  
COMPENSADOS DE USO EXTERIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

**Banca Examinadora**

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup> Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Magnos Alan Vivian  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Karina Soares Modes  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Suplente: \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Rosilani Trianoski  
Universidade Federal do Paraná – UFPR

**Lages, 09 de dezembro de 2021**

*Aos meus pais, Albino e Janete e à minha irmã  
Sandra, por sempre acreditarem em mim!*

Dedico...

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me sustentar em todos momentos e guiar meus passos até aqui.

Aos meus pais, Albino e Janete por todo apoio e amor para que eu conseguisse alcançar meus sonhos, e serem exemplos de bondade! Amo vocês

À minha irmã Sandra por me incentivar e sempre estar ao meu lado, você é o farol da minha vida! Te amo.

Ao professor Alexsandro Bayestorff da Cunha por toda orientação, dedicação, empolgação e aprendizado repassado, meu muito obrigada!

Aos meus amigos Matheus, Naiara, Ariane, Naiara, Douglas e Gabriela que estão comigo em cada realização, vocês são incríveis!

À Universidade do Estado de Santa Catarina e ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal pelo amparo durante o período do Mestrado.

À FAPESC pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos.

A todos que de forma direta ou indireta ajudaram a tornar possível mais esta conquista.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

Os painéis compensados são amplamente utilizados na construção civil como fôrmas para concreto, sendo produzidos, em sua maior parte, por lâminas de *Pinus* spp e adesivo a base de resina fenol formaldeído, o qual confere resistência a umidade. No entanto, após diversos reusos, as fôrmas perdem as suas características originais de rigidez resistência, devido as intempéries e ao contato permanente com a água da composição do concreto, além de aderir a massa de concreto produzindo mudanças no acabamento da superfície da estrutura. O objetivo do estudo foi avaliar a influência dos revestimentos nas características e propriedades de painéis compensados não-estruturais de uso exterior de *Pinus* spp., utilizados como fôrma de concreto, ao longo de vinte reusos e após a exposição a condições adversas de radiação, precipitação e condensação. Foram utilizados 20 painéis comerciais com 18 mm de espessura, os quais foram cortados em 4 menores devido as dimensões da prensa do laboratório, originando 80. Cada grupo de 16 painéis foi revestido separadamente com óleo, resina melamínica, filme melamínico e tego filme, sendo os 16 restantes, atuando como testemunha. O plano experimental foi dividido em dois, de acordo com a análise realizada. Na análise qualitativa, foram utilizados 10 tratamentos, caracterizados pelos cinco revestimentos e pela aplicação de desmoldante a cada reuso. Em cada tratamento, foram produzidas 3 caixas com 4 laterais e um fundo, nas quais foram depositados concreto a cada cinco dias, finalizando o processo em 20 reusos. A avaliação desta etapa foi feita por meio de notas, que variaram de 0 (Inutilizado) a 5 (Muito bom), conforme as características das superfícies da fôrma (painel) e do concreto após cada reuso. Na análise qualitativa, foram retirados corpos de prova de cada revestimento, os quais foram submetidos a 10, 30 e 50 ciclos de radiação, precipitação e condensação em câmara de envelhecimento acelerado, de acordo com os procedimentos descritos na ASTM G154 (2006). Após a finalização dos ciclos, foi realizada a determinação da densidade, do teor de umidade, da resistência e rigidez a flexão estática, e da resistência ao cisalhamento na linha de cola. Como resultados, verificou-se que as propriedades físicas e mecânicas dos painéis fôrma atenderam os parâmetros de referência, independentemente do período de exposição as condições ambientais adversas, assim, o número de reusos foi definido em função da qualidade da superfície dos painéis fôrma e do concreto ao longo dos ciclos de uso. Para a formação de concreto que não permite imperfeições na superfície, observou-se que os painéis fôrma sem revestimento podem ser utilizados 11 vezes sem desmoldante (s/d) e 14 com desmoldante (c/d); com óleo, 15 s/d e c/d; com resina melamínica, 8 s/d e 15 c/d; com filme melamínico, 6 s/d e 14 c/d; e com tego filme, 11 s/d e 15 c/d. Os melhores revestimentos observados no estudo foram com óleo vegetal (s/d e c/d), resina melamínica (c/d) e tego filme (c/d), para usos que não permitem imperfeições nas superfícies; todavia, para usos com imperfeições, os painéis sem revestimento (c/d), revestidos com óleo (s/d e c/d) e resina melamínica (s/d e c/d) se destacaram. Sendo assim, o melhor tratamento foi o óleo vegetal, suprimindo as necessidades e se destacando entre os demais.

**Palavras-chave:** Painéis laminados, fôrmas de concreto, características pós reusos, propriedades tecnológicas, vida útil dos painéis fôrma, construção civil.

## ABSTRACT

Plywood panels are widely used in civil construction as forms for concrete, being produced, for the most part, by sheets of *Pinus* spp and adhesive based on phenol formaldehyde resin, which provides resistance to moisture. However, after several reuses, the forms lose their original characteristics of stiffness and resistance, due to the weather and the permanent contact with the water of the concrete composition, in addition to adhering to the concrete mass, producing changes in the surface finish of the structure. The objective of the study was to evaluate the influence of coatings on the characteristics and properties of non-structural plywood panels for outdoor use of *Pinus* spp., used as concrete formwork, over twenty reuses and after exposure to adverse conditions of radiation, precipitation and condensation. 20 commercial panels with 18 mm thickness were used, which were cut into 4 smaller ones due to the dimensions of the laboratory press, resulting in 80. Each group of 16 panels was coated separately with oil, melamine resin, melamine film and teco film, with the remaining 16 acting as a control. The experimental plan was divided into two, according to the analysis performed. In the qualitative analysis, 10 treatments were used, characterized by the five coatings and the application of release agent for each reuse. In each treatment, 3 boxes were produced with 4 sides and a bottom, in which concrete was deposited every five days, ending the process in 20 reuses. The evaluation of this stage was made through grades, which ranged from 0 (Unusable) to 5 (Very good), according to the characteristics of the surfaces of the formwork (panel) and of the concrete after each reuse. In the qualitative analysis, specimens were removed from each coating, which were subjected to 10, 30 and 50 cycles of radiation, precipitation and condensation in an accelerated aging chamber, according to the procedures described in ASTM G154 (2006). After completion of the cycles, the determination of density, moisture content, strength and stiffness to static bending, and shear strength in the glue line was performed. As a result, it was found that the physical and mechanical properties of the formwork panels met the reference parameters, regardless of the period of exposure to adverse environmental conditions, thus, the number of reuses was defined as a function of the surface quality of the formwork panels and the concrete over the cycles of use. For the formation of concrete that does not allow surface imperfections, it was observed that the uncoated formwork panels can be used 11 times without mold release (s/d) and 14 times with release agent (c/d); with oil, 15 s/d and c/d; with melamine resin, 8 s/d and 15 s/d; with melamine film, 6 s/d and 14 c/d; and with teco film, 11 s/d and 15 c/d. The best coatings observed in the study were with vegetable oil (s/d and c/d), melamine resin (c/d) and teco film (c/d), for uses that do not allow for surface imperfections; however, for uses with imperfections, the uncoated (c/d), oil coated (s/d and c/d) and melamine resin (s/d and c/d) panels stood out. Thus, the best treatment was vegetable oil, supplying the needs and standing out among the others.

**Keywords:** Laminated panels, concrete formwork, post reuse characteristics, technological properties, service life of formwork panels, construction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Painéis compensados revestidos utilizados no estudo .....	18
Figura 2 - Fôrmas para concreto.....	21
Figura 3 - Câmara de intemperismo acelerado.....	24
Figura 4 - Superfícies dos painéis revestidos (óleo e filme melamínico) e do concreto ao longo do tempo de uso.....	29
Figura 5 - Superfícies dos painéis revestidos com óleo (com e sem desmoldante) e do concreto ao longo do tempo de uso. ....	34
Figura 6 - Variação média de densidade dos painéis após 10 ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).....	40
Figura 7 - Variação média de densidade dos painéis após 30 ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).....	40
Figura 8 - Variação média de densidade dos painéis após 50 ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).....	41
Figura 9 - Variação percentual média de densidade dos painéis após os ciclos.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Plano experimental da análise qualitativa.....	19
Tabela 2 – Plano experimental da análise quantitativa.....	20
Tabela 3 – Classes de qualidade para avaliação das superfícies das fôrmas. ....	22
Tabela 4 – Notas aplicadas aos painéis ao longo do tempo de uso. ....	28
Tabela 5 – Influência do desmoldante nos painéis ao longo do tempo de uso.....	33
Tabela 6 – Número de reusos recomendados para cada tipo de revestimento. ....	36
Tabela 8 – Valores médios de densidade dos painéis ao longo dos ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).....	38
Tabela 9 – Valores médios de teor de umidade dos painéis (%). ....	43
Tabela 11 – Valores médios de módulo de ruptura no sentido paralelo (MPa). ....	45
Tabela 12 – Valores médios de módulo de ruptura no sentido perpendicular (MPa). ...	46
Tabela 13 – Valores médios de módulo de elasticidade no sentido paralelo (MPa). ....	47
Tabela 14 – Valores médios de módulo de elasticidade no sentido perpendicular (MPa) .....	48
Tabela 15 – Valores médios de cisalhamento na linha de cola (MPa). ....	49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
2.1 MATÉRIA-PRIMA .....	17
2.2 APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO NOS PAINÉIS .....	18
2.3 PLANO EXPERIMENTAL .....	19
2.4 ANÁLISE QUALITATIVA .....	20
2.4.1 Descrição do procedimento .....	20
2.4.2 Avaliação das fôrmas .....	21
2.4.3 Análise dos dados .....	23
2.5 ANÁLISE QUANTITATIVA .....	23
2.5.1 Descrição do procedimento e determinação das propriedades tecnológicas .....	23
2.5.2 Análise dos dados .....	25
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
3.1 ANÁLISE QUALITATIVA .....	26
3.1.1 Influência do revestimento ao longo do tempo de uso dos painéis.....	26
3.1.2 Influência do desmoldante aplicado a cada ciclo de uso.....	31
3.1.3 Número de reusos de cada painel revestido .....	36
3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA .....	37
3.2.1 Propriedades físicas dos Painéis.....	37
3.2.2 Propriedades mecânicas dos Painéis .....	44
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de base florestal engloba atividades primárias como silvicultura, manejo e extração de florestas nativas e de reflorestamento; e secundárias como celulose e papel, carvão, energia, processamento mecânico e painéis (FONSECA *et al.*, 2011). O setor de painéis pode ser dividido em três grupos, em função da matéria-prima, a qual pode ser proveniente de lâminas, partículas e fibras (FISCHER e ZYLBERSZTAJN, 2012).

Os painéis de compensado laminado são produzidos a partir de finas lâminas de madeira, coladas em número ímpar de camadas, as quais são dispostas de forma cruzada uma sobre as outras, de forma a proporcionar maior estabilidade dimensional, rigidez e resistência mecânica (LIMA, 2011). De acordo com Iwakiri e Trianoski (2020), estes painéis produzidos no Brasil, podem ser classificados de forma geral como compensado de uso geral (GER), o qual é indicado para uso interno, comumente encontrado na indústria moveleira; compensado para forma de concreto (FOR), produzido com resina a prova d'água, permitindo uso exterior; empregado na construção civil; compensado decorativo (DEC): tem na superfície lâminas faqueadas com aspecto decorativo, resina intermediária, ou seja, indicada para locais com alta umidade relativa, e eventualmente em contato direto com água; utilizado para produção de móveis; compensado industrial, é produzido com resina a prova d'água, possibilitando amplas utilizações, entre elas, embalagens; compensado naval (NAV): para uso exterior, devido a resina ser à prova d'água e apresentar alta resistência mecânica; indicado para locais que possuam contato direto com água, como construção naval; compensado resinado (R), é confeccionado a partir da aplicação de resina na superfície, resistente a água; compensado plastificado (P), painel à prova d'água, com aplicação de filme sintético na superfície, como o tegofilme, agregando valor ao produtos e podendo ser utilizado para forma de concreto aparente; e compensado sarrafeado (SAR), possui miolo formado por sarrafos, indicado para uso interno, como a indústria moveleira;

O início da produção de painéis compensados no mundo ao longo da história, data de 1913, por sua vez, no Brasil, o começo da produção ocorreu em 1940 na região sul do país, utilizando principalmente a *Araucaria angustifolia*. Posteriormente, após a exploração descontrolada de florestas nativas, a produção de lâminas passou a ser proveniente de florestas plantadas de espécies como o *Pinus taeda* L. e o *Pinus elliotii* Engel., principalmente (PALMA *et al.*, 2017).

Dados registrados pela Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2019), mostram que os painéis compensados de *Pinus* spp tiveram um volume exportado de 2.465.504 m<sup>3</sup> no ano de 2020, o que representa, 20% a mais do ano anterior. Para lâminas das mesmas espécies, a Associação relata um volume de 183.942 m<sup>3</sup>, que é destinado principalmente para a Ásia.

O processo produtivo de compensados segue da mesma forma, desde os primeiros painéis produzidos, onde se destacam as etapas de cozimento das toras, laminação em torno rotativo, secagem das lâminas, aplicação do adesivo e prensagem, no entanto, com o passar dos anos, a tecnologia empregada avançou com equipamentos mais velozes e precisos, tendo como consequência, maior produção e maior qualidade do produto final.

As principais utilizações dos compensados são para fôrmas de concreto, piso de ônibus, carroceria de caminhões, embalagens, decoração, indústria moveleira e outras aplicações (IWAKIRI e TRIANOSKI, 2020).

Para a produção de fôrmas de concreto, são utilizados compensados laminados de uso exterior, que são caracterizados pelo uso de resinas a prova d'água, geralmente fenol-formaldeído, em função de estar em contato direto com a água presente no concreto ou por ação do intemperismo. Sendo assim, as etapas finais de processamento dos painéis, como emassamento, calibração e lixamento são de extrema importância, de modo a proporcionar superfícies lisas e sem defeitos, os quais poderiam ficar marcados no concreto (BALDWIN, 1995).

Para fôrma de concreto, além dos compensados *in natura*, o mercado, principalmente o internacional, têm buscado adquirir compensados revestidos com produtos líquidos ou com películas, de forma a aumentar o número de reusos, sem prejudicar a qualidade do concreto e a resistência mecânica dos painéis, principalmente em termos de linha de cola. Outra ação positiva que pode aumentar o número de reusos, é o emprego de desmoldantes nas fôrmas antes da sua utilização.

O uso de compensados revestidos e a aplicação de desmoldante, se justifica pelo alto custo das fôrmas, que representam de 25% a 40% da estrutura do empreendimento predial, e equivalem de 5% a 8% do custo total da obra. Estes percentuais, são embasados em fatores como o sistema de fôrmas adotados, o número de reaproveitamentos, a produtividade da mão-de-obra e o prazo de execução. Desta forma, torna-se importante o estudo de redução destes custos, o que passa pela utilização do painel compensado adequado, do revestimento utilizado e da aplicação de desmoldantes, que juntos, refletem em um número maior de reusos (ASSAHI, 2005).

Os revestimentos aplicados aos painéis têm por objetivo impedir o transporte de agentes para o interior do concreto, conservando a sua qualidade, porém, quando expostos às intempéries, podem sofrer modificações em suas características, comprometendo as propriedades (ALMEIDA e FERREIRA, 2006). Vale ressaltar, que além de agregar valor ao produto final, os revestimentos melhoram a estética da madeira usinada e proporcionam durabilidade aos produtos (PACE *et al.*, 2018).

Entre os produtos líquidos utilizados como revestimento, tem-se os óleos, que são compostos pela mistura de óleos de origem vegetal e mineral, sendo adicionado a essa mistura sequestrantes, bactericidas e fungicidas. De acordo com Menz Holz (2012), o tratamento com óleos tem sido aperfeiçoado ao longo dos anos, com a utilização de girassol, linhaça, canola e soja. Dentre eles, estudo realizado por Zablonsky *et al.* (2017), aponta o uso do óleo de soja como uma alternativa para o aumento da estabilidade dimensional e redução da taxa de absorção de umidade para madeira de *Pinus* spp.

Por sua vez, a resina melamínica é fabricada com o intuito de fornecer revestimentos resistentes, podendo ser a base de água ou solvente, trazendo inúmeros benefícios como melhor retenção da cor, resistência a água, ao desgaste e ao risco. Além disso, o uso da resina melamínica apresenta boa relação ao custo benefício (CARVALHO *et al.*, 2012; CARNEIRO, 2017). Barros Filho (2009) indica a resina melamínica para aplicações que requerem alta resistência a umidade, como em usos estruturais.

Já como revestimentos plastificados, tem-se o tegofilme e o filme melamínico. De acordo com Iwakiri e Trianoski (2020), o tegofilme é um produto fabricado a partir da celulose, impregnado com resina fenol formaldeído; ainda, segundo Iwakiri *et al.* (2012), o tegofilme é produzido com gramatura entre 120 a 220 g.m<sup>-2</sup>, sendo impregnado por meio de pressão e calor. Para Sanches (2012), os melhores parâmetros a serem utilizados para a fabricação de compensado revestido com tegofilme são gramatura do filme fenólico de 210 g.m<sup>-2</sup>, temperatura de 130°C, pressão específica de 16 kgf.cm<sup>-2</sup>, e tempo de prensagem de 6 minutos. Diante disso, estudos realizados por Sanches e Iwakiri (2013), mostram que quanto maior a gramatura do tegofilme, maior é a resistência. Segundo Araujo e Fortes (2009), o compensado revestido com tegofilme, além de ser indicado para uso externo, também pode ser utilizado para fôrmas de concreto, uma vez que proporciona maiores quantidades de reusos.

Já o filme melamínico, é caracterizado por ser um painel com revestimento melamínico termofundido à baixa pressão, podendo ser impregnado em um ou ambos os lados dos painéis, resultando em resistência superficial à abrasão, impacto e fungos

manchadores. Vale ressaltar que até o momento, poucos trabalhos foram realizados com filme melamínico, mesmo sendo amplamente empregado no mercado, o que pode ser constatado por meio de catálogos de vendas (SOUZA e BARATA, 2011).

Independente da aplicação ou não do revestimento, os painéis utilizados como fôrmas de concreto devem apresentar características específicas como rigidez, estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica à ruptura, não reatividade química, baixa aderência ao concreto, estabilidade e baixa absorção de água (NBR 15696, ABNT 2009).

A avaliação das características das fôrmas de concreto produzidas com painéis laminados, pode ser realizada por diversas formas, como por meio de ensaios físicos (NBR 9484, 2011 e NBR 9485, 2011) e mecânicos (NBR 9533, 2012 e NBR 12466, 2012). No entanto, para avaliação após o uso e reusos dos painéis destinados a fôrmas, não há procedimentos normalizados, somente descrições desenvolvidas por pesquisadores que produziram fôrmas em escala reduzida, as quais foram preenchidas com concreto, desmoldadas e reutilizadas por várias vezes, como Sanches (2012) que avaliou o processo de revestimento de painéis com tegofilme, Mol *et al.* (2018), que estudaram a viabilidade da utilização de fôrmas de polipropileno em comparação a fôrmas de madeira e Chize *et al.* (2019) que realizaram pesquisas com fôrmas revestidas com polietileno de baixa densidade.

Para avaliação de materiais expostos a condições de radiação solar e precipitação, pode ser utilizada a ASTM G154 (2006); de forma mais específica, os procedimentos descritos no ciclo sete que é destinado a produtos madeiráveis naturais ou revestidos. A principal vantagem da utilização desse método é o tempo, pois o mesmo ocorre de forma mais rápida em relação a exposição ao ambiente, resultando na análise do comportamento de materiais ao longo do tempo, de forma rápida e eficiente (YILDIZ *et al.*, 2013).

A avaliação final dos produtos expostos aos ciclos da câmara pode ser realizada por análises colorimétricas se o objetivo for analisar a superfície em termos de qualidade estética, ou por ensaios de resistência e rigidez que podem fornecer dados sobre o efeito da degradação física (temperatura e água). Além disso, o conhecimento sobre as propriedades físicas, como densidade e teor de umidade é essencial em função das suas influências nas demais propriedades (DIAS *et al.*, 2005).

Estudos acerca dessas propriedades, atrelados com fatores como resistência a degradação, seja essa biológica ou abiótica, custo e processamento, permitem a

recomendação do uso adequado, como utilização para peças estruturais, usos internos ou externos, móveis, painéis e embalagens (ARAUJO, 2007).

Inúmeros estudos baseados na norma ASTM G154 (2006) e no emprego câmara de intemperismo acelerado tem sido realizados, como por exemplo o trabalho de Pace *et al.* (2018), que ao analisar a ação do intemperismo no acabamento superficial e coloração da madeira de espécies florestais (*Corymbia citriodora* e *Khaya ivorensis*), utilizaram a câmara de intemperismo acelerado para a simulação de condições reais as quais estariam submetidas, para em seguida, realizarem análises colorimétricas por meio de espectrofotômetro, chegando à conclusão que o processo de intemperismo gerou alterações nas madeiras analisadas.

Entretanto, características físicas e mecânicas também são avaliadas, devido a modificações que sofrem quando expostas a condições adversas, como demonstrado por Ferle (2018), onde ao determinar análises mecânicas de painéis MDF e OSB antes e após a exposição à câmara de intemperismo acelerado, encontrou resultados que mostram que ambos painéis apresentaram perdas em suas propriedades, havendo redução do módulo de elasticidade após o envelhecimento acelerado, sendo decorrente do amolecimento da resina e varrições da umidade e temperatura, gerados pela câmara.

Assim, apesar do setor de painéis compensados se destacar no setor de base florestal em termos de volume produzido e exportado, e de apresentarem um alto grau tecnológico nas empresas de grande porte, observa-se a falta de estudos que avaliem o produto durante e após a sua utilização. A importância da avaliação mencionada pode fornecer informações valiosas como a qualidade do produto após a exposição a água e a radiação solar, o que tem como consequência o estabelecimento do número de reutilizações possíveis e a busca por maneiras de se aumentar a vida útil.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do estudo foi avaliar a influência dos revestimentos nas características e propriedades de painéis compensados não-estruturais de uso exterior de *Pinus* spp., utilizados como fôrma de concreto, ao longo de vinte reusos e após a exposição a condições adversas de radiação, precipitação e condensação.



## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### Avaliação qualitativa

- Elaborar critérios e estabelecer classes de qualidade, a partir das características da superfície dos painéis, para determinação do número de reusos possíveis para cada revestimento;
- Avaliar a influência do desmoldante na qualidade superficial dos painéis;
- Avaliar as superfícies dos painéis após cada uso, por meio das classes de qualidade, até a finalização dos vinte reusos propostos.

### Avaliação quantitativa

- Determinar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis após exposição a condições ambientais adversas em uma câmara de intemperismo acelerado.

### Avaliação geral

- Determinar o número mínimo de reusos dos painéis, de forma a não haver prejuízo das superfícies, e conseqüentemente do concreto produzido, e das propriedades tecnológicas;
- Verificar a necessidade do uso de desmoldante nos painéis após cada uso;
- Determinar o melhor revestimento para painéis compensados utilizados como fôrma de concreto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATÉRIA-PRIMA

Para realização do estudo, foram utilizados 20 painéis compensados laminados de *Pinus* spp., fornecidos pela Empresa G13 Madeiras Ltda, de Presidente Getúlio, Santa Catarina. Os painéis, com dimensões de 2440,0 x 1220,0 x 18,0 mm, formados por 9 lâminas de 2,1 mm e adesivo a base de fenol formaldeído, foram classificados como qualidade “A” pelos critérios da Associação Brasileira das Indústria da Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2002), em função de não apresentarem nós, miolo oco, juntas abertas, trincas, emendas na capa, manchas azuis, superposição e remendos superiores ao estabelecido.

Como revestimentos, foram utilizados óleo, resina melamínica, filme melamínico e *tego filme*. O óleo, segundo a Empresa G13, fornecedora da matéria-prima, era composto por parafina, óleo de soja reutilizado de bares e restaurantes, cera de carnaúba e aditivos como sais de cálcio, bactericidas livre de formol e fungicida isento de metais metálicos; apresentava densidade de 0,981 Kg/L, pH de 9,76 e viscosidade de 6”22.

A resina melamínica usada na produção de painéis de madeira, de acordo com Lessmann (2008), é resultante da condensação de aminas com aldeídos, como é o caso do formaldeído. Além disso, possuem grupos carbonílicos que reagem com os grupos amino, como ocorre na uréia, passando a pertencer ao grupo dos polímeros termofixos.

O revestimento denominado de *tego filme* é formado a base de resina fenólica, sendo produzidos com gramatura entre 120 e 200 g.m<sup>-2</sup>, sendo resistentes, conforme ficha técnica dos produtos da Coveright (2011), a penetração da umidade e todos os tipos de agentes diluídos como ácidos, álcalis e solventes; e aplicados com calor e pressão.

O revestimento filme melamínico ou laminado plástico, é um revestimento confeccionado a partir de folhas de celulose, prensado com resina a altas pressões, geralmente com espessuras entre 0,8 a 1,2 mm (STEEL FRAME, 2019).

Além dos revestimentos aplicados nas superfícies dos painéis por meio do pincelamento, foi utilizado desmoldante Desmol da Vedacit, o qual era composto por óleo mineral emulsionado, diluído em água. Este produto foi aplicado antes de cada uso, proporcionando uma fina camada oleosa entre o concreto e a fôrma (painel), de forma a dificultar a aderência entre as duas superfícies.

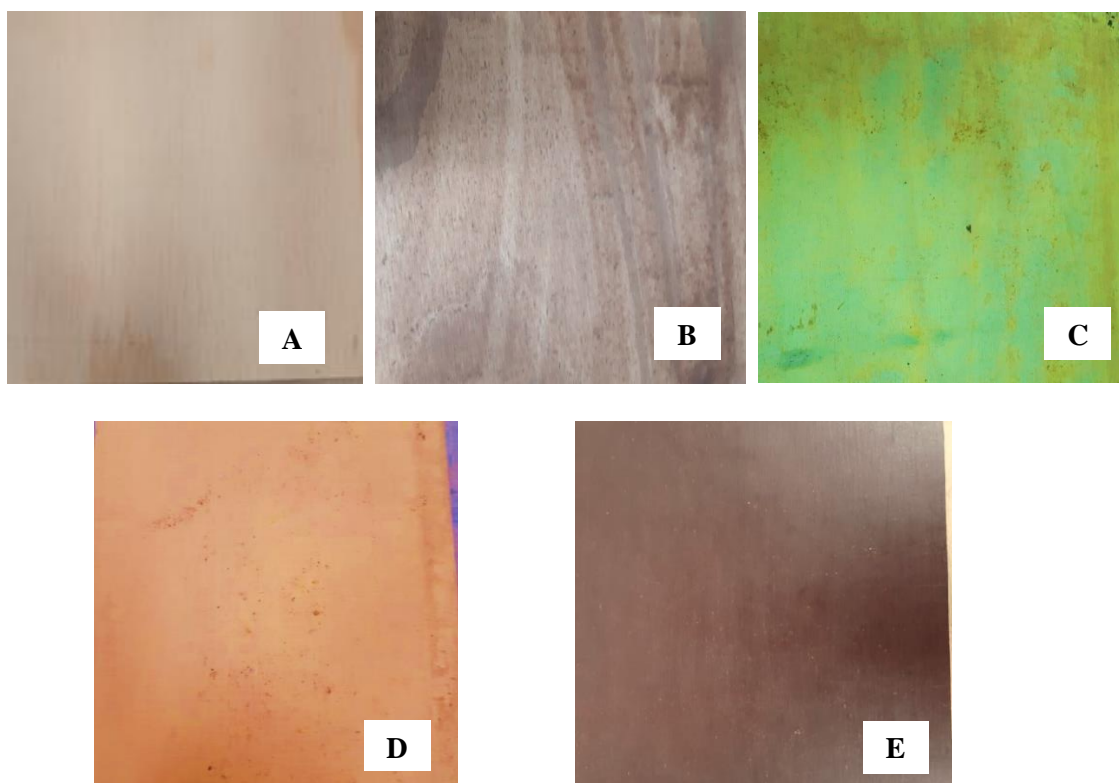
De acordo com Assali e Loh (2011), a utilização de desmoldante nas fôrmas, faz-se necessária a fim de garantir uma fácil desforma, impedindo, assim, sua adesão ao concreto moldado, apesar da relevância, ainda é um objeto pouco estudado.

## 2.2 APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO NOS PAINÉIS

Dos 20 painéis enviados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira II do CAV/UDESC, 16 estavam sem revestimento e 4 estavam revestidos com *tego filme* (Figura 1). Em função das dimensões dos pratos da prensa e da mais fácil trabalhabilidade, cada um dos painéis foi cortado em 4 menores, com área de 500 x 500 mm, totalizando 80 amostras, sendo 64 sem revestimento e 16 revestidos.

Os 64 painéis sem revestimento foram divididos em 4 grupos, sendo 16 denominados como “natural”, 16 revestidos com óleo, 16 com resina melamínica e 16 com filme melamínico (Figura 1), conforme procedimentos recomendados pelas empresas fornecedoras das matérias-primas.

Figura 1 - Painéis compensados revestidos utilizados no estudo. (A) natural, sem revestimento; (B) com óleo vegetal; (C) resina melamínica; (D) filme melamínico e (E) tegofilme.



Os diferentes revestimentos foram aplicados da seguinte forma:

- Óleo: aplicação manual com auxílio de um pincel até a obtenção da gramatura de  $200 \text{ g.m}^{-2}$  em linha simples. Secagem a temperatura ambiente durante 24 horas.
- Resina melamínica: realização de uma mistura simples com agitação contínua por 10 minutos de 85% de resina, 10% de farinha de trigo, 5% de cloreto de amônia e 10 g de pó xadrez amarelo que tem a função de corante. A aplicação também foi realizada de forma manual até obtenção de gramatura de  $150 \text{ g.m}^{-2}$  em linha simples. A cura da resina melamínica foi feita em prensa hidráulica, sob temperatura de  $120^{\circ}\text{C}$  e pressão de  $4 \text{ kgf.cm}^{-2}$  por 5 minutos.
- Filme melamínico: aplicação direta sobre as superfícies dos painéis, sendo a consolidação realizada em uma prensa hidráulica sob temperatura de  $125^{\circ}\text{C}$  e pressão de  $12 \text{ kgf.m}^{-2}$  por 7 minutos.

## 2.3 PLANO EXPERIMENTAL

O estudo foi dividido em duas análises, sendo a primeira qualitativa, onde foram avaliadas as características das superfícies dos painéis e do concreto após uso e reusos; e a segunda, quantitativa, onde foram realizados ensaios físicos e mecânicos após a exposição dos painéis a ciclos de radiação, precipitação e condensação.

Na Tabela 1 estão descritos os tratamentos avaliados na análise qualitativa, os quais foram caracterizados por 5 tipos de painéis, sendo um sem revestimento e 4 revestidos; e sem / com aplicação de desmoldante. Desta forma, nesta análise foram utilizados 10 tratamentos com 3 repetições.

Tabela 1 – Plano experimental da análise qualitativa.

Descrição do revestimento (tratamento)	Desmoldante	
Sem revestimento	não	sim
Óleo vegetal	não	sim
Resina melamínica	não	sim
Filme melamínico	não	sim
<i>Tego filme</i>	não	sim

Na análise quantitativa, Tabela 2, os tratamentos foram caracterizados pelos 5 tipos de painéis e por 4 períodos de exposição em câmara de intemperismo acelerado: 1) testemunha, painéis climatizados em ambiente com temperatura constante de 20°C e umidade relativa de 65%, até massa constante; 2) exposição dos painéis a 10 ciclos repetidos de 8 horas de radiação ultravioleta a temperatura de 60±3°C, 0,25 horas de precipitação a temperatura ambiente e 3,45 horas de condensação a temperatura de 50±3°C; 3) exposição dos painéis a 30 e 50 ciclos nas mesmas condições. O ciclo 7 da norma ASTM G154 (2006) utilizado em cada sequência é específico para ensaios em revestimento em madeira. Nesta análise, foram utilizados 20 tratamentos com 10 repetições cada.

Tabela 2 – Plano experimental da análise quantitativa.

<b>Superfície do painel</b>	<b>0 ciclos</b>	<b>10 ciclos</b>	<b>30 ciclos</b>	<b>50 ciclos</b>
Sem revestimento	T1	T6	T11	T16
Óleo vegetal	T2	T7	T12	T17
Resina melamínica	T3	T8	T13	T18
Filme melamínico	T4	T9	T14	T19
<i>Tego filme</i>	T5	T10	T15	T20

## 2.4 ANÁLISE QUALITATIVA

### 2.4.1 Descrição do procedimento

A análise qualitativa foi realizada a partir de 4 painéis de 500 X 500 mm de cada tipo de revestimento, os quais foram seccionados em peças menores de 95 X 65 X 65 mm. Cada conjunto de 5 peças foi utilizado como fôrma (repetição) (Figura 2A), a qual foi montada com auxílio de tiras de borracha, sendo preenchida com concreto até metade da sua altura (Figura 2B). A composição do concreto foi feita na proporção de uma parte de cimento Portland para uma parte de areia grossa, e 3600 ml de água. Nos tratamentos que foi utilizado desmoldante, o produto era pincelado nas superfícies internas, momentos antes do preenchimento com concreto.

A fôrma permanecia com o concreto durante cinco dias; após este período, realizava-se o desmolde (Figura 2C), e o registro fotográfico das 5 superfícies que ficaram em contato com o concreto (4 laterais e 1 fundo), a aplicação de desmoldante nos

tratamentos que faziam o uso, e o novo preenchimento com concreto. Este procedimento foi repetido por 20 vezes em cada fôrma.







Figura 2 - Fôrmas para concreto. (A) composição das fôrmas de concreto; (B) fôrmas de concreto durante ensaio; (C) fôrmas de concreto após desmolde.



#### 2.4.2 Avaliação das fôrmas

Durante o período de execução da análise qualitativa, aproximadamente 100 dias, foram realizadas reuniões com trabalhadores ligados a construção civil (Engenheiros Civis, mestres de obra, encarregados de obras), os quais auxiliaram, na elaboração dos critérios para estabelecimento das classes de qualidade a partir das características das superfícies internas das fôrmas. Assim, com base nos relatos obtidos, definiu-se as classes de qualidade, notas estas atribuídas por dois avaliadores, as quais estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Classes de qualidade para avaliação das superfícies das fôrmas.

<b>Classe</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Características de referência</b>	
5	Muito bom	Cimento impregnado no revestimento em até 10% das superfícies.	
4	Bom	Cimento impregnado entre 10 e 20% das superfícies.	
3	Regular	Cimento impregnado entre 20 e 50% das superfícies	
2	Ruim	Cimento impregnado entre 50 e 70% das superfícies	
1	Muito ruim	Cimento impregnado acima de 80% das superfícies	
0	Inutilizado	Revestimento removido, gerando problemas no produto final como farpas ou revestimentos presos no cimento, além de resultar em fissuras e buracos.	

Com base nestas classes os materiais com notas de entre 5 e 3 foram classificados como sem imperfeições no concreto, já aqueles com notas entre 1 e 2,9 foram classificados como materiais com imperfeições.

### 2.4.3 Análise dos dados

O delineamento experimental da análise qualitativa foi bi-fatorial, com 5 fatores caracterizados pelos revestimentos e dois níveis pela utilização ou não do desmoldante.

As notas aplicadas após cada uso da fôrma foram submetidas a análises preliminares para verificar a possibilidade do uso da estatística paramétrica. Para tanto, foi verificado a ocorrência de *outliers* por meio de representação gráfica *box-plot*, avaliado a normalidade dos dados por Shapiro Wilk e Kolmogorov – Smirnov, e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene.

Com os pressupostos atendidos, foi aplicada a Análise da Variância e quando necessário, o Teste de Tukey a 95% de probabilidade de acerto. Os pacotes estatísticos utilizados foram o Microsoft EXCEL® e o SISVAR.

## 2.5 ANÁLISE QUANTITATIVA

### 2.5.1 Descrição do procedimento e determinação das propriedades tecnológicas

A análise quantitativa foi realizada nos painéis restantes de 500 X 500 mm de cada tipo de revestimento. De cada conjunto de 12 painéis por revestimento, foram cortados 40 corpos de prova com dimensões de 150 X 75 X 18 mm, divididos em 20 paralelos e 20 perpendiculares.

De cada grupo de 40 corpos de prova por revestimento, foram retirados 10 para aplicação de cada ciclo, sendo 5 paralelos e 5 perpendiculares. Como foram utilizados 4 tipos de revestimento mais a testemunha em cada ciclo, foram ensaiados 40 corpos de prova, sendo que destes, somente 30 foram climatizados e posteriormente colocados na câmara de intemperismo acelerado (Modelo BASS / UUV/ Spray) para exposição às condições descritas na ASTM G154 (2006) (Figura 3). Os outros 10, que fizeram parte do conjunto testemunha, foram mantidos em câmara climática com temperatura de  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $65\pm 2^{\circ}\text{C}$  até peso constante.



Figura 3 - Câmara de intemperismo acelerado. (A) Alocação dos corpos de prova, (B) 1ª fase – radiação, (C) 2ª fase – precipitação, (D) 3ª fase – condensação.



Cada corpo de prova foi medido em comprimento, largura e espessura com auxílio de paquímetros e micrômetros, e pesado em balança analítica antes da exposição as variáveis na câmara de intemperismo acelerado, de forma a determinar a densidade pela norma NBR 9485 (ABNT, 2011).

Após a finalização de cada período de exposição (0, 10, 30 e 50 ciclos), os corpos de prova foram remedidos e repesados para a determinação da nova densidade. Posteriormente, foram determinados os módulos de ruptura e elasticidade na flexão estática nos corpos de prova com base nas recomendações da norma NBR 9533 (ABNT, 2012); para tanto, foi necessário a adaptação da velocidade de aplicação da carga devido as dimensões dos corpos de prova não estarem de acordo com o descrito na norma. Esta adaptação foi necessária devido as dimensões da câmara de intemperismo acelerado. Para a obtenção da velocidade ideal, foram realizados diversos ensaios testes com corpos de prova dimensionados pela norma e pelo presente estudo, levando em consideração o

tempo de quebra do corpo-de-prova, de forma a ficar no tempo limite de 1 minuto, não havendo interferências expressivas nos resultados.

Com o término do ensaio de flexão estática, os corpos de prova foram cortados nas dimensões de 150 X 25 X 18 mm, a partir das bordas, de maneira a evitar a parte central rompida no ensaio anterior. Desta forma, foi realizado o ensaio de cisalhamento na linha de cola, conforme procedimento descrito na norma NBR 12466 (ABNT, 2012). Cabe salientar que nesta análise, não foram aplicados pré-tratamentos.

### 2.5.2 Análise dos dados

O delineamento experimental da análise quantitativa foi multifatorial com 5 fatores caracterizados pelos revestimentos e 4 níveis pelos ciclos. Os valores encontrados em cada uma das propriedades físicas e mecânicas dos painéis compensados foram submetidos a análises preliminares para verificar a possibilidade do uso da estatística paramétrica. Para tanto, foi verificado a ocorrência de *outliers* por meio de representação gráfica *box-plot*, avaliado a normalidade dos dados por Shapiro-Wilk (dados < 30) e Kolmogorov-Smirnov (dados > 30) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene.

Com os pressupostos atendidos, foi aplicada a Análise da Variância e quando necessário, o Teste de Tukey a 95% de probabilidade de acerto. Os pacotes estatísticos utilizados foram o Microsoft EXCEL® e o SISVAR.

Além da análise estatística convencional, todos os valores médios foram comparados com os parâmetros definidos pela Associação Brasileira das Indústrias de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2002).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISE QUALITATIVA

##### 3.1.1 Influência do revestimento ao longo do tempo de uso dos painéis

Na Tabela 4 e na Figura 4, que apresentam as notas aplicadas aos painéis após ciclos de uso como fôrma de concreto e as superfícies dos painéis e do concreto do melhor (óleo vegetal) e do pior (filme melamínico) tratamento, respectivamente, observa-se comportamento semelhante entre os diferentes revestimentos até 7 usos (30 dias), sendo que todos apresentaram reduções equivalentes nas notas.

Entretanto, a partir do 8º uso (40 dias), os painéis revestidos com filme melamínico começaram a apresentar características superficiais diferenciadas dos demais revestimentos, nas quais se destacaram o incrustamento com concreto e o arrancamento de fibras de madeira. No que tange a superfície do concreto produzido neste tratamento, observou-se uma maior aspereza e a presença de buracos, nos quais o material foi arrancado durante a retirada da fôrma. Estas imperfeições observadas nos painéis com filme melamínico, também foram observadas nos sem revestimento, mas em proporções reduzidas, tanto que os painéis deste tratamento também foram semelhantes estatisticamente aos demais painéis que apresentaram notas superiores.

Aos 55 dias de análise (11 ciclos), os painéis revestidos com filme melamínico sofreram uma redução ainda mais expressiva, devido as impressões deixadas pelo painel na superfície do concreto, bem como, retenções de água na forma e aparecimento de manchas nos painéis, as quais foram causadas por fungos. Esta redução na nota, foi acompanhada pelos painéis com resina melamínica. Já os painéis sem revestimento, praticamente mantiveram a nota do oitavo ciclo e se equipararam aos demais (óleo e *tego filme*), que foram superiores e equivalentes estatisticamente.

Com 70 dias de uso (14 ciclos), os painéis com todos os revestimentos, reduziram ainda mais as suas notas, no entanto, os painéis com óleo se mantiveram superiores com nota média de 3, seguidos dos painéis com resina melamínica e *tego filme*; enquanto os painéis com filme melamínico apresentaram o pior comportamento, com nota abaixo de 1, o que inviabiliza o uso do painel a partir deste período.

Para os painéis revestidos com filme melamínico, a exposição a 75 dias de uso (15 ciclos), tiveram como consequência a obtenção da nota zero, que foi devido ao

descolamento do revestimento, que torna o painel mais absorvente a água e interfere no acabamento final do concreto, impossibilitando sua utilização como concreto aparente, devido a necessidade da realização de procedimentos para a melhoria de sua qualidade, como pintura, aplicação de gesso e/ou lixamento do material.

Diante da redução das notas, e consequentemente da qualidade dos painéis compensados; aos 85 dias, houve homogeneização das notas, com exceção dos painéis com filme melamínico, que, em função de ter a nota zerada nos ciclos anteriores (75), não foram mais utilizados. Ao final deste período (85 dias), mais dois revestimentos apresentaram notas abaixo de 1, sem revestimento e *tego filme*.

Segundo Peres (2013), as fôrmas de concreto plastificadas, como é o caso do filme melamínico e *tego filme*, apresentam maior resistência à abrasão e maior reaproveitamento, cerca de 20 vezes, desde que observadas às recomendações de utilização e manuseio do fabricante, o que se difere do presente estudo, sendo valores superiores ao encontrado, obtendo notas zeradas a partir do 15 uso para Filme melaninico e para o *tego filme* a partir do 20 uso. Ainda de acordo com o autor, a desvantagem desse revestimento é o alto custo quando comparado aos demais.

Ao final de todo o período de análise (100 dias, 20 ciclos de uso), somente os painéis revestidos com óleo apresentaram nota igual / superior a 1, a qual permite o uso como fôrma de concreto, mesmo com a necessidade da realização de operações de correção nas superfícies. A alta durabilidade das fôrmas revestidas com óleo vegetal, pode ser atribuída ao fato de se tratar de uma substância insolúvel em água, contribuindo para a redução de absorção de umidade, aumento da densidade e da estabilidade dimensional do material (Dubey *et al.*, 2012). Aliado a isso, a homogeneidade das fôrmas ao longo do tempo também proporcionou a qualidade final do compensado revestido com óleo, mantendo a qualidade tanto do compensado como do concreto.

Outro fator a ser analisado, é que assim como o óleo, a resina melamínica também teve resultado estatisticamente igual ao óleo ao final dos 100 dias de análise, isso porque sua composição e viscosidade são semelhantes, o que facilita a absorção e impregnação no compensado.










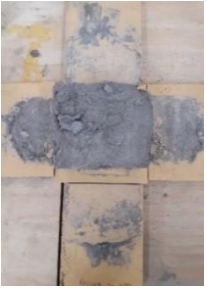






Tabela 4 – Notas aplicadas aos painéis sem desmoldante ao longo do tempo de uso.

Tratamento								
	5 (1 uso)	30 (6 usos)	40 (8 usos)	55 (11 usos)	70 (14 usos)	75 (15 usos)	85 (17 usos)	100 (20 usos)
Sem revestimento	5,0 A a	4,0 A ab	3,0 AB b	3,0 A b	1,0 BC c	1,0 B c	1,0 A c	0,0 B c
Óleo vegetal	5,0 A a	5,0 A ab	4,0 A abc	4,0 A bc	3,0 A c	3,0 A c	2,0 A d	1,0 A d
Resina melamínica	5,0 A a	4,0 A a	4,0 A a	3,0 AB b	2,0 B bc	2,0 B bc	1,0 A c	1,0 A d
Filme melamínico	5,0 A a	4,0 A a	3,0 B b	2,0 B bc	1,0 C c	0,0 C d	0,0 B d	0,0 B d
<i>Tego filme</i>	5,0 A a	4,0 A b	4,0 A b	3,0 A bc	2,0 B c	2,0 B c	1,0 A d	0,0 B d
Média	5,0	3,6	3,6	3,0	1,8	1,6	1,0	0,4

Legenda: No estudo, foram utilizados 20 ciclos de uso dos painéis como fôrma de concreto; cada ciclo de uso teve duração de 5 dias cada, totalizando 100 dias; para fins de apresentação na tabela, foram considerados somente o intervalo de dias em que houve diferença estatística. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Figura 4 - Superfícies dos painéis revestidos (óleo e filme melamínico) ao longo do tempo de uso.

**Tratamento**

	5 (1 uso)	30 (6 usos)	40 (8 usos)	55 (11 usos)	70 (14 usos)	75 (15 usos)	85 (17 usos)	100 (20 usos)
Óleo vegetal								
Filme melamínico								

Na mesma Tabela 4 e Figura 4, também pode ser observado, a redução das notas ao longo dos ciclos de uso para um mesmo revestimento, onde todos começaram com a nota máxima (5), a qual foi equivalente até 10 ciclos para os painéis com óleo e com resina melamínica, até 7 ciclos para os painéis sem revestimento e com filme melamínico, e até 5 ciclos para os painéis com *tego filme*.

Outro ponto a ser destacado, é a redução expressiva das notas dos painéis com filme melamínico a partir do 8 ciclo (40 dias), com nota de 3. Com 14 ciclos, estes painéis apresentaram nota abaixo de 1, a qual não é recomendada para uso, e já a partir do 15º ciclo, nota zero. Entre os cinco revestimentos, os painéis com aplicação de óleo na superfície foram os que se apresentaram com redução proporcional ao tempo de uso, sem quedas expressivas das notas até o 16º uso; este comportamento também foi verificado para painéis sem revestimento e com resina melamínica, com redução mais severa já 14º uso e no 11º uso, respectivamente.

A redução da nota média de 5 para 4 com o passar dos ciclos de uso dentro de um mesmo revestimento se deve a impregnação do cimento nos painéis em uma proporção reduzida (10 a 20%); esta situação foi observada nos primeiros 6 ciclos para 4 tratamentos (s/r, r/rm, r/fm e r/tf), no entanto, 2 tratamentos, mantiveram a nota 4 até 8 ciclos (r/rm e r/tf). Verifica-se também que o tratamento com óleo vegetal, teve a nota média reduzida para 4 somente com 8 ciclos.

Trabalhos desenvolvidos por León-Martínez et al. (2016) indicam que os óleos vegetais apresentam bom desempenho como desmoldante em função de sua grande afinidade dos ésteres de glicerol por superfícies na qual estão em contato, bem como boas interações intermoleculares.

A impregnação do cimento nos painéis de forma leve se deve pela capilaridade, fenômeno que ocorre quando as moléculas do líquido do concreto são atraídas pelas moléculas presentes nos poros das fôrmas, causando interações intermoleculares e a incrustação de cimento nas paredes das fôrmas, além disso, a distância em que o concreto é lançado também interfere, sendo indicado que o mesmo seja lançado o mais próximo de sua posição final, a fim de evitar esse problema (MARVILA et al., 2017 e CIOTTA e MACHADO, 2018).

A obtenção da nota 3, que é devido a maior proporção de cimento impregnado (20 a 50%), foi observado em 8 ciclos somente para os painéis sem revestimento e revestidos com filme melamínico; nota que se manteve até 11 ciclos para os primeiros painéis mencionados. Esta nota (3), para painéis revestidos com resina melamínica e *tego filme*

foi obtida em 11 ciclos de uso, enquanto que para óleo vegetal somente em 14 usos. A incrustação do cimento de forma mais intensa pode ser atribuída ao acúmulo de concreto, podendo ser originado pela distância em que o mesmo fora lançado, bem como pela capilaridade, como já citada anteriormente.

### 3.1.2 Influência do desmoldante aplicado a cada ciclo de uso

Na Tabela 5 e na Figura 5, observa-se que a aplicação do desmoldante não influenciou na qualidade superficial dos painéis e do concreto até 13 ciclos de uso (65 dias) para os painéis sem revestimento e com óleo, até 10 ciclos (50 dias) para painéis com resina melamínica e *tego filme*, e até 7 reusos (35 dias) para painéis com filme melamínico, o qual teve a qualidade prejudicada ao longo dos ciclos de uso, independente da aplicação ou não do desmoldante.

Esse fato pode ter sido originado pela falta de remoção adequada do desmoldante entre os reusos, uma vez que quando não removidos adequadamente, podem gerar descolamento do revestimento devido à falta de ancoragem do concreto à superfície, valendo salientar que devido à dificuldade de realização desse procedimento, isso não ocorre na maioria das obras, acarretando em problemas futuros (ASSALI, 2012).

Ao mesmo tempo, constata-se que com 70 dias (14 ciclos), o desmoldante apresentou notas significativamente superiores em todos os tratamentos avaliados, e que a partir deste tempo (70 dias), não se verificou um comportamento padrão entre os revestimentos e o uso do desmoldante.

Em termos de número de usos dos painéis como fôrma de concreto, denota-se que a aplicação de desmoldante a cada novo reuso promoveu mais 15 dias (55 para 70 dias, 3 ciclos) para os painéis sem revestimento na classe superior (sem imperfeições no concreto) e mais 15 dias (85 para 100 dias, 3 ciclos) na classe inferior (com imperfeições no concreto). Para o revestimento que apresentou reduções nas notas de forma mais expressiva, filme melamínico, o desmoldante promoveu mais 30 dias (40 para 70 dias, 6 ciclos) na classe superior e 5 dias (70 para 75 dias, 1 ciclo) na inferior.

Vale destacar, que ao realizar estudo sobre o uso de desmoldante convencional em fôrmas para concreto, Assali (2012), expõe que para fôrmas de madeira resinada e compensado comum, o desmoldante é aplicado com maior facilidade e sem escorrimento, já para fôrmas plastificadas, como o caso do filme melamínico e *tego filme*, esse produto



















pode gerar problemas tanto no concreto como no revestimento, o que explica o descolamento do revestimento mesmo diante da aplicação do produto.

Tabela 5 – Influência do desmoldante nos painéis ao longo do tempo de uso.

<b>Revestimento</b>	<b>Tratamento</b>	<b>5</b> (1 uso)	<b>30</b> (6 usos)	<b>40</b> (8 usos)	<b>55</b> (11 usos)	<b>70</b> (14 usos)	<b>75</b> (15 usos)	<b>85</b> (17 usos)	<b>100</b> (20 usos)
Sem revestimento	SD (T1)	5,0 A	4,0 A	3,3 A	3,0 A	1,3 A	1,3A	0,7 A	0,3 A
	CD (T6)	5,0 A	4,7 A	4,0 A	3,7 A	3,3 B	2,3 A	1,3 A	1,0 A
Óleo vegetal	SD (T2)	5,0 A	4,6 A	4,0 A	3,7 A	3,0 B	3,0 CA	1,7 B	1,0 B
	CD (T7)	5,0 A	5,0 A	4,7 A	4,7 A	4,3 A	3,3 A	3,3 A	2,7 A
Resina melamínica	SD (T3)	5,0 A	4,0 A	4,0 A	2,7 B	2,0 B	2,0 A	1,3 A	1,0 A
	CD (T8)	5,0 A	4,7 A	4,3 A	4,0 A	3,7 A	3,0 A	2,0 A	1,3 A
Filme melamínico	SD (T4)	5,0 A	4,3 A	2,7 B	1,7 B	0,7 B	0,0 B	0,0 A	0,0 A
	CD (T9)	5,0 A	4,7 A	4,7 A	4,0 A	3,3 A	2,3 A	0,0 A	0,0 A
<i>Tego filme</i>	SD (T5)	5,0 A	4,0 A	4,0 A	3,0 B	2,0 B	1,7 B	0,7 A	0,0 A
	CD (T10)	5,0 A	5,0 A	4,7 A	4,7 A	4,3 A	3,3 A	1,7 A	0,7 A

















Legenda: SD: sem desmoldante; CD: com desmoldante; T: tratamento; Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, dentro de um mesmo revestimento, não diferem estatisticamente para um mesmo ciclo de uso pelo Teste de Tukey (<0,05).

Figura 5 - Superfícies dos painéis revestidos com óleo vegetal e filme melamínico (com e sem desmoldante) ao longo do tempo de uso.

Tratamento	5 (1 uso)	30 (6 usos)	40 (8 usos)	55 (11 usos)	70 (14 usos)	75 (15 usos)	85 (17 usos)	100 (20 usos)
Óleo Vegetal sem desmoldante								
Óleo Vegetal com desmoldante								

---

**Tratamento**

	<b>5</b> (1 uso)	<b>30</b> (6 usos)	<b>40</b> (8 usos)	<b>55</b> (11 usos)	<b>70</b> (14 usos)	<b>75</b> (15 usos)	<b>85</b> (17 usos)	<b>100</b> (20 usos)
Filme melamínico - sem desmoldante								
Filme melamínico - com desmoldante								

---

### 3.1.3 Número de reusos de cada painel revestido

Ao observar a Tabela 6 que apresenta o número de reusos recomendados para cada tipo de revestimento, constata-se que a aplicação do desmoldante não influenciou na quantidade de reusos para os painéis revestidos com óleo vegetal, os quais tanto para análise sem imperfeições como para com imperfeições na superfície do painel, totalizaram o mesmo número de usos, 15 e 20, respectivamente. Para o tratamento com resina melamínica, o número de reusos também não diferiram na classe inferior (com imperfeições no concreto).

Para os demais revestimentos levando-se em consideração a superfície do painel sem imperfeições constataram-se que a aplicação de desmoldante garantiu até 03 reusos para painéis sem revestimento, 04 reusos para *tego filme*, 07 para resina melamínica e 08 para filme melamínico. Quando avaliados os resultados com imperfeições no concreto o emprego do desmoldante influenciou no aumento de 02 reusos para *tego filme*, 04 para filme melamínico e 05 sem revestimento.

Tabela 6 – Número de reusos recomendados para cada tipo de revestimento.

Tratamento	Desmoldante	Sem imperfeições no concreto	Com imperfeições no concreto
		(notas entre 5 e 3)	(notas entre 1 e 2,9)
Sem revestimento	S/S	11	15
	C/D	14	20
Óleo vegetal	S/S	15	20
	C/D	15	20
Resina melamínica	S/S	8	20
	C/D	15	20
Filme melamínico	S/S	6	11
	C/D	14	15
<i>Tego filme</i>	S/S	11	15
	C/D	15	17

Legenda: SD: sem desmoldante; CD: com desmoldante;

Valores distintos foram encontrados por Guimarães *et al.* (2016), os quais citam que para *tego filme*, podem ser feitas 18 reutilizações, deixando a superfície do concreto

lisa. No presente estudo, verificou-se nestes painéis, descolamento do revestimento e impressões deixadas no cimento após o desmolde.

Dentre os tratamentos, nota-se que o maior valor de reutilizações obtido foi igual a 15 para concreto sem imperfeições, correspondendo aos painéis revestidos com resina melamínica e *tego filme* com desmoldante, e com óleo vegetal com e sem desmoldante. Para concreto com imperfeições, o máximo de reusos foi igual a 20 para painéis sem revestimento com desmoldante, painéis revestidos com óleo vegetal e com resina melamínica, independente da aplicação ou não do desmoldante para os dois últimos citados.

Ao analisar a influência de reutilização de OSB (*Oriented Strand Board*) e fôrmas de compensado marinho na estética da superfície do concreto, Courad et al. (2012) observaram modificação na qualidade da superfície após 80 reutilizações das fôrmas de compensado. Além disso, de acordo com os autores o uso de óleo desmoldante não apresentou influência no total de reutilizações.

## 3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

### 3.2.1 Propriedades físicas dos painéis

Na Tabela 7 estão representados os valores da análise fatorial para as propriedades físicas dos painéis, onde pode ser observado que para valores abaixo de 0,05 ou seja, 95%, não demonstram efeito significativo para cada variável analisada. Portanto, a mesma demonstra que entre as variáveis físicas, apenas teor de umidade foi influenciada pelo fator ciclo, havendo interação entre revestimento x ciclo, fato que será discutido ao longo do trabalho de forma isolada, respondendo as possíveis causas desse resultado.

Tabela 7. Valores de probabilidade dos fatores para os ensaios físicos nos painéis.

Propriedade	Fator		
	Revestimento (R)	Ciclo (C)	Interação R * C
Densidade	0,0000	0,4944	0,5276
Teor de umidade	0,0000	0,0000	0,0000

A Tabela 8 apresenta os valores médios de densidade para os painéis ao longo dos 50 ciclos (25 dias) de exposição a condições de radiação, precipitação e condensação, onde pode ser observado equivalência dos valores entre os tratamentos, tanto entre revestimentos, quanto dentro de um mesmo revestimento para diferentes condições de exposição (ciclos). A ausência de diferença significativa entre os tratamentos é um ponto positivo para a avaliação das demais propriedades, tendo em vista que esta variável interfere no comportamento dos painéis quando submetidos a ensaios mecânicos.

Tabela 7 – Valores médios de densidade dos painéis ao longo dos ciclos (kg.m<sup>-3</sup>)

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	(T1) 571 Aa <sub>(2,74)</sub>	(T1) 558 Aa <sub>(3,26)</sub>	(T1) 568 Ba <sub>(3,66)</sub>	(T1) 570 Aa <sub>(4,01)</sub>
Óleo vegetal	(T2) 594 Aa <sub>(4,37)</sub>	(T2) 583 Aa <sub>(2,75)</sub>	(T2) 585 Aa <sub>(3,56)</sub>	(T2) 589 Aa <sub>(4,16)</sub>
Resina melamínica	(T3) 580 Aa <sub>(6,00)</sub>	(T3) 568 Aa <sub>(3,02)</sub>	(T3) 582 Aa <sub>(4,65)</sub>	(T3) 584 Aa <sub>(2,75)</sub>
Filme melamínico	(T4) 596 Aa <sub>(3,26)</sub>	(T4) 568 Aa <sub>(2,53)</sub>	(T4) 590 Aa <sub>(4,31)</sub>	(T4) 591 Aa <sub>(5,75)</sub>
<i>Tego filme</i>	(T5) 576 Aa <sub>(3,60)</sub>	(T5) 561 Aa <sub>(4,03)</sub>	(T5) 565 Ba <sub>(5,28)</sub>	(T5) 572 Aa <sub>(3,75)</sub>
Média	583	568	577	581

Legenda: Trat. e T: tratamento; s/r: sem revestimento; r/o: revestimento com óleo; r/rm: revestimento com resina melamínica; r/fm: revestimento com filme melamínico; r/tf: revestimento com *tego filme*; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Para fins de classificação de acordo com a ABIMCI (2012), os painéis de todos os tratamentos ficaram dentro do intervalo proposto pela Associação, que é entre 522 e 596 kg.m<sup>-3</sup> para painéis compensados de *Pinus* spp.

Os altos valores médios de densidade dos painéis, próximos ao limite superior estabelecido pela Associação, são decorrente da qualidade das toras utilizadas para a laminação, dos procedimentos adequados utilizados na produção e na classificação que é feita na empresa, tendo em vista que são painéis destinados à exportação, os quais são utilizados para fôrmas de concreto na construção civil e na produção de embalagens como caixas para usos diversos.

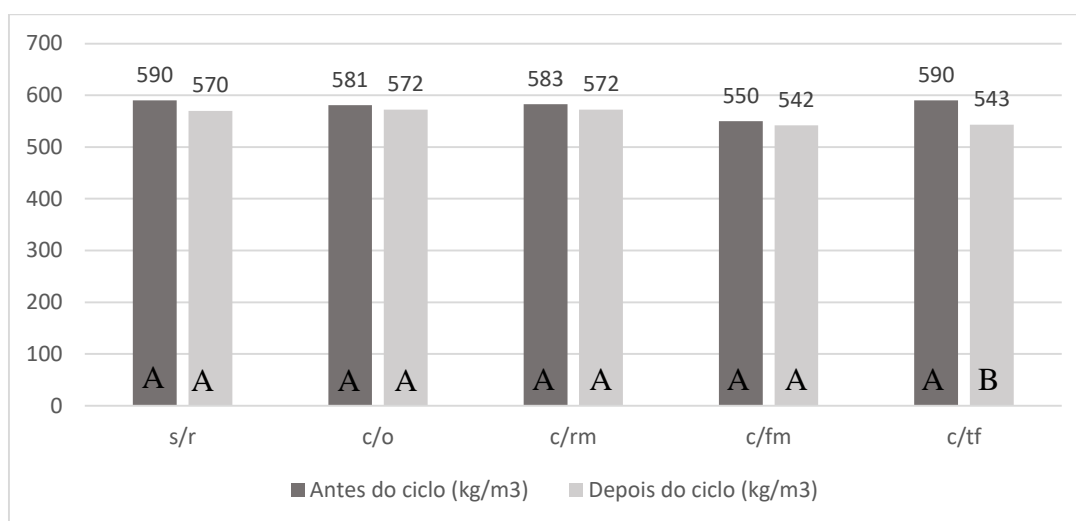
Vários estudos relatam sobre a densidade de compensados comerciais de *Pinus* spp produzidos com lâminas e painéis com espessura similar, entre eles, têm-se o estudo da ABIMCI (2002) com 18 empresas brasileiras, que encontrou densidade média de 559 kg.m<sup>-3</sup> e o de Cunha *et al.* (2005) com 8 empresas da região sul do Paraná e norte de Santa Catarina, onde os valores médios variaram entre 521 e 592 kg.m<sup>-3</sup>.

A equivalência dos valores de densidade entre os painéis produzidos nos tratamentos sem aplicação de ciclos de intemperismo, mesmo com diferentes revestimentos é decorrente da gramatura adequada quando foram utilizados componentes líquidos (óleo, resina melamínica e adesivo para a aplicação do filme melamínico e do *tego filme*) e do acondicionamento em câmara climática após a aplicação, o que uniformizou a umidade e consequentemente a densidade; já para painéis com filme melamínico e *tego filme*, teve-se também a aplicação da fina película, que também não interferiu na variável, mesmo sendo uma superfície adicional na superfície no painel. Nos demais ciclos (10, 30 e 50), a equivalência entre os tratamentos foi mantida para revestimentos dentro de um mesmo tempo de exposição (ciclos), o que reflete o comportamento semelhante da variável para todos os painéis.

Para densidade ao longo do tempo de exposição (ciclos), não foi verificada diferença estatística significativa, entretanto, cabe salientar que não foram utilizados os mesmos corpos de prova nas avaliações de 0, 10, 30 e 50 ciclos. O real comportamento da densidade ao longo dos ciclos pode ser observado nas Figuras 6,7 e 8 que apresentam em um mesmo corpo de prova a densidade antes da colocação dos corpos de prova na câmara e após a sua retirada em cada uma das etapas do estudo.

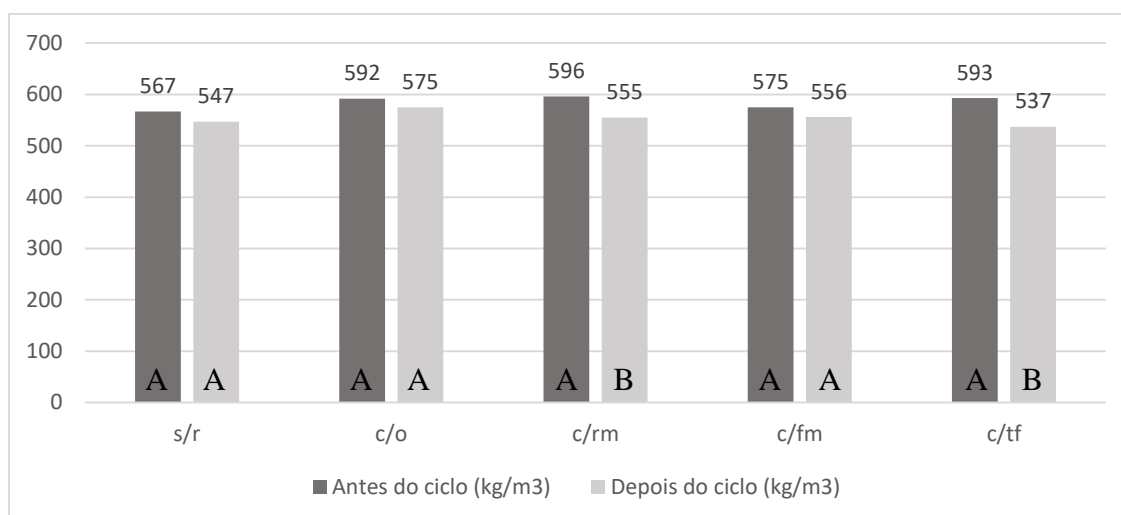


Figura 6 - Variação média de densidade dos painéis após 10 ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).



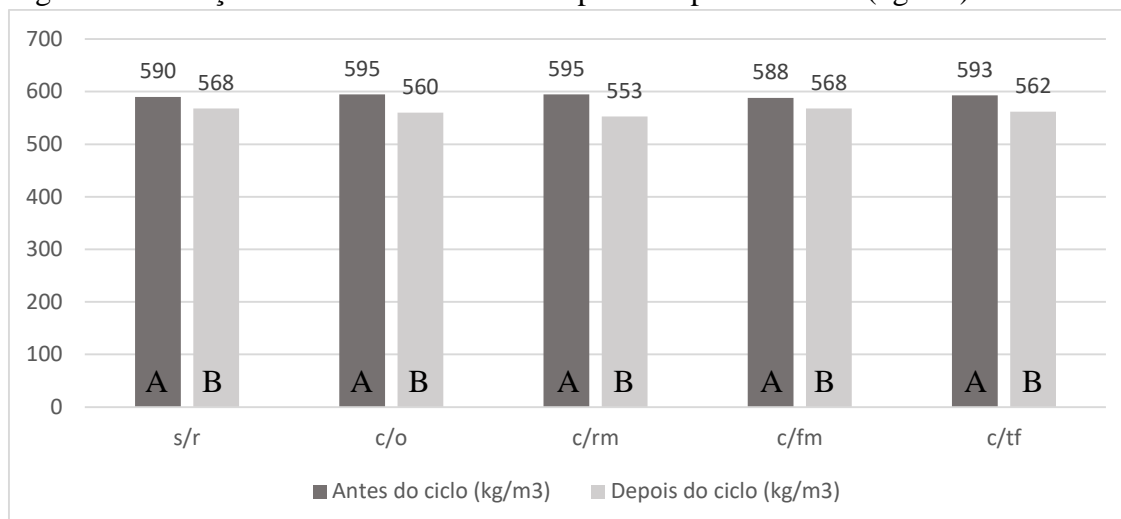
Legenda: S/r: sem revestimento; c/o: revestimento com óleo; c/rm: revestimento com resina melamínica, c/fm: revestimento com filme melamínico; c/tf: revestimento com *tego filme*. Médias com letra maiúscula dentro de um mesmo revestimento não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $<0,05$ ).

Figura 7 - Variação média de densidade dos painéis após 30 ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).



Legenda: S/r: sem revestimento; c/o: revestimento com óleo; c/rm: revestimento com resina melamínica, c/fm: revestimento com filme melamínico; c/tf: revestimento com *tego filme*. Médias com letra maiúscula dentro de um mesmo revestimento não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $<0,05$ ).

Figura 8 - Variação média de densidade dos painéis após 50 ciclos ( $\text{kg.m}^{-3}$ ).



Legenda: S/r: sem revestimento; c/o: revestimento com óleo; c/rm: revestimento com resina melamínica; c/fm: revestimento com filme melamínico; c/tf: revestimento com *tego filme*. Médias com letra maiúscula dentro de um mesmo revestimento não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $<0,05$ ).

Observa-se nas Figuras 6, 7 e 8, uma tendência de redução da densidade após a exposição aos ciclos na câmara de intemperismo acelerado, no entanto, após 10 ciclos, somente os painéis revestidos com *tego filme* foram estatisticamente diferentes do que quando colocados na câmara, com variação de densidade de  $590 \text{ kg.m}^{-3}$  para  $543 \text{ kg.m}^{-3}$ . Aos 30 ciclos, os painéis revestidos com resina melamínica, também tiveram alteração significativa na propriedade,  $596 \text{ kg.m}^{-3}$  para  $555 \text{ kg.m}^{-3}$ . Ao final dos 50 ciclos, todos os painéis apresentaram valores médios de densidade diferentes do que no início do processo.

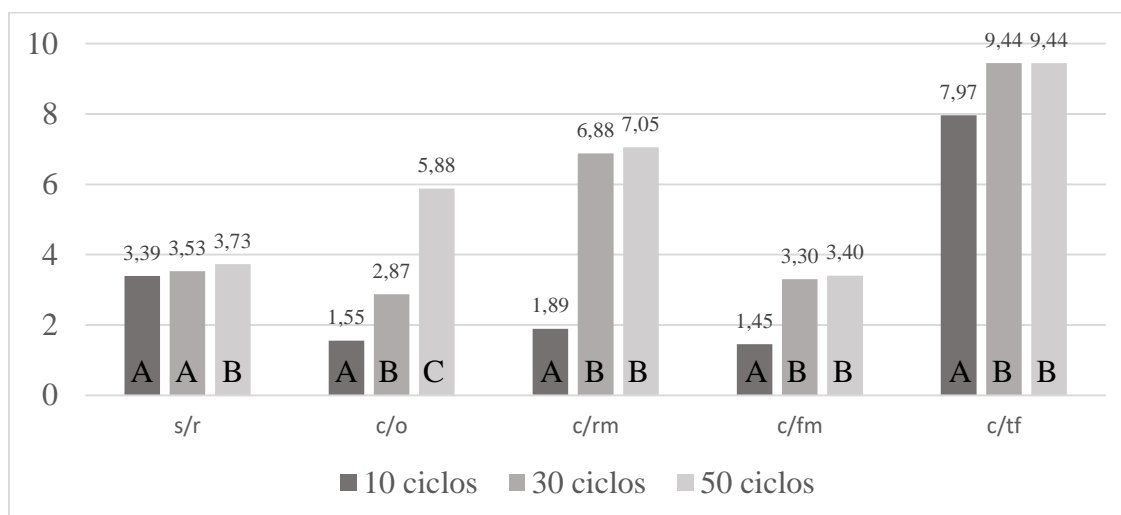
A redução nos valores de densidade pode ser atribuída ao extenso tempo de radiação (4 horas em cada ciclo) estabelecido pelo procedimento descrito na norma, o qual simula uma condição real. Esta condição pode ter promovido a redução do teor de umidade dos painéis com o passar dos ciclos, e consequentemente perda de peso do material. Aliado a perda de umidade, González (2016) em estudo com madeira submetidas a câmara de intemperismo, observou via espectroscopia no infravermelho médio, que com o passar dos ciclos, ocorre degradação drástica da lignina e da carbonila, enquanto que a celulose se mantém praticamente inalterada.

Somado as questões supracitadas de perda de umidade e alteração na composição química, os painéis revestidos podem também sofrer degradação fotoquímica, que é gerada pela radiação ultravioleta, que além de comprometer o aspecto geral, pode influenciar na degradação rápida dos extrativos em pontos próximos da superfície, e consequentemente da densidade (Chang *et al.*, 1982; Ayadi *et al.*, 2003; González *et al.*,

2010; Santos *et al.*, 2016). No entanto, esta situação no presente estudo foi verificada de forma mais severa nos painéis revestidos com *tego filme* (10 ciclos) e na sequência com resina melamínica (30 ciclos).

A Figura 9, apresenta a redução percentual de densidade ao longo dos três tempos analisados (10, 30 e 50 ciclos) dentro de cada revestimento, onde pode ser observado situações diversas, tendo em vista que os painéis que tiveram densidade reduzida com mais intensidade foram os revestidos com *tego filme*, com 7,97% no primeiro intervalo e 9,44% no segundo, a qual se manteve para 50 ciclos, seguido dos painéis com resina melamínica com redução mais expressiva com 30 ciclos (6,88%) e com óleo aos 50 ciclos (5,88%).

Figura 9 - Variação percentual média de densidade dos painéis após os ciclos.



Legenda: S/r: sem revestimento; c/o: revestimento com óleo; c/rm: revestimento com resina melamínica; c/fm: revestimento com filme melamínico; c/tf: revestimento com *tego filme*. Médias com letra maiúscula dentro de um mesmo revestimento não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $<0,05$ ).

Os valores médios para teor de umidade de cada revestimento e número de ciclos de exposição estão apresentados na Tabela 9, na qual verifica-se a ausência de diferença significativa entre os revestimentos, independentemente do número de ciclos aplicados. Já para tempo exposição (ciclos) dentro de um mesmo revestimento, observa-se redução média expressiva de 40% do teor de umidade com aplicação de 10 ciclos (5 dias) de radiação, precipitação e condensação, entretanto, nos ciclos seguintes de 30 e 50, a variável aumentou em percentual médio de 25%.

Tabela 8 – Valores médios de teor de umidade dos painéis (%).

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	<sup>(T1)</sup> 10,26 Aa <sub>(3,14)</sub>	<sup>(T1)</sup> 6,53 Ac <sub>(11,49)</sub>	<sup>(T1)</sup> 7,57 Ab <sub>(5,07)</sub>	<sup>(T1)</sup> 7,66 Ab <sub>(6,11)</sub>
Óleo vegetal	<sup>(T2)</sup> 10,23 Aa <sub>(2,44)</sub>	<sup>(T2)</sup> 6,04 Ac <sub>(9,86)</sub>	<sup>(T2)</sup> 7,98 Ab <sub>(8,68)</sub>	<sup>(T2)</sup> 7,88 Ab <sub>(4,88)</sub>
Resina melamínica	<sup>(T3)</sup> 10,59 Aa <sub>(1,61)</sub>	<sup>(T3)</sup> 6,32 Ac <sub>(6,17)</sub>	<sup>(T3)</sup> 7,81 Ab <sub>(7,70)</sub>	<sup>(T3)</sup> 7,73 Ab <sub>(5,69)</sub>
Filme melamínico	<sup>(T4)</sup> 10,13 Aa <sub>(2,76)</sub>	<sup>(T4)</sup> 5,78 Ac <sub>(13,04)</sub>	<sup>(T4)</sup> 7,74 Ab <sub>(5,28)</sub>	<sup>(T4)</sup> 7,56 Ab <sub>(6,05)</sub>
<i>Tego filme</i>	<sup>(T5)</sup> 10,04 Aa <sub>(3,72)</sub>	<sup>(T5)</sup> 6,00 Ac <sub>(8,13)</sub>	<sup>(T5)</sup> 7,34 Ab <sub>(6,87)</sub>	<sup>(T5)</sup> 7,45 Ab <sub>(5,23)</sub>
Média	10,25	6,13	7,68	7,66

Legenda: Trat. e T: tratamento; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Independentemente do revestimento e do tempo de exposição as condições da câmara, os painéis de todos os tratamentos atenderam ao teor máximo de teor de umidade recomendados pelo catálogo técnico do Programa Nacional da Qualidade da Madeira (PNQM) da ABIMCI (2009), que é de 18%.

Da mesma forma, observa-se que o teor de umidade encontrado para os painéis testemunha (0 ciclos) não foi equivalente ao da câmara climática, onde os corpos de prova ficaram armazenados antes de serem submetidos aos ensaios mecânicos. Nesta câmara, a temperatura era de 20°C e a umidade relativa de 65%, o que proporciona uma umidade de equilíbrio de 12%. Esta diferença pode ser atribuída às alterações na madeira durante o aquecimento das toras no pátio das empresas e durante a secagem das lâminas sob altas temperaturas, e também a incorporação de adesivo o que torna os painéis menos higroscópicos.

A diferença da umidade de equilíbrio da câmara climática e de painéis de *Pinus* spp é recorrente em diversos estudos como em Palma *et al.* (2017) que obteve 10,59%, Silva *et al.* (2012), 11,46% e Matos *et al.* (2019), 10,90%.

A redução do teor de umidade causada pelos longos tempos de câmara, segundo Boonstra e Tjeerdsma (2006), está relacionada com a menor acessibilidade da água na madeira. Para Akyildiz e Ates (2008) a menor acessibilidade da água resulta da diminuição de grupos OH<sup>-</sup> e clivagem das cadeias glicosídicas, ocasionada pela despolimerização dos seus componentes, especialmente as hemiceluloses. Percebe-se

assim, que a presença de revestimento torna complexa a relação entre a umidade e a madeira durante o processo de envelhecimento acelerado, uma vez que primeiramente ocorreu a redução do teor de umidade e posteriormente seu aumento.

Esta redução dos valores de teor de umidade observada até o ciclo 10 (5 dias) e o aumento nos ciclos posteriores pode ser justificada pela exposição do material na câmara que assim como na variável densidade gerou a redução do teor de umidade, resultado este decorrente do calor produzido pelas lâmpadas UVA. Além disso, quanto maior o período que o material permaneceu na câmara mais ciclos de aspersão este ficou exposto. Desta forma, assim como os revestimentos dificultam a entrada de água em função de seu poder impermeabilizante também, dificultam sua saída quando impregnada na célula do compensado, resultando no posterior aumento do teor de umidade.

### 3.2.2 Propriedades mecânicas dos painéis

Na Tabela 10 estão representados os valores da análise fatorial para as propriedades mecânicas dos painéis, onde pode ser observado que para valores abaixo de 0,05 ou seja, 95%, demonstram efeito significativo para cada variável analisada.

Os resultados demonstram que entre as variáveis mecânicas, todas sofreram influência dos fatores revestimento e ciclo, demonstrando que ambos influenciaram nos resultados ao longo do trabalho.

Tabela 10 - Valores de probabilidade dos fatores para os ensaios mecânicos nos painéis.

Propriedade	Fator		
	Revestimento (R)	Ciclo (C)	Interação R * C
MOR paralelo à flexão	0,044	0,047	0,2480
MOR perpendicular - à flexão	0,038	0,004	0,5358
MOE paralelo à flexão	0,004	0,048	0,2383
MOE perpendicular - à flexão	0,025	0,000	0,1302
Cisalhamento na linha de cola	0,000	0,042	0,0599

Legenda: MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade.

Na Tabela 11, que apresenta os valores de módulo de ruptura (MOR) na flexão estática no sentido paralelo a aplicação da carga, juntamente com a densidade e teor de umidade médio de cada corpo de prova, denota-se que entre os revestimentos, dentro de cada ciclo, existe equivalência estatística; mas dentro de um mesmo revestimento, para diferentes períodos de uso (ciclo), observa-se comportamentos diferenciados, onde os tratamentos com painéis sem revestimento, revestidos com óleo e filme melamínico não foram afetados pelo número de ciclos aplicados; os tratamentos com filme melamínico apresentaram um incremento no MOR na exposição de 30 ciclos a qual se manteve até 50; e para tratamento com *tego filme*, aumento da variável com 10 ciclos e redução nos ciclos posteriores.

Tabela 9 – Valores médios de módulo de ruptura no sentido paralelo (MPa).

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	<sup>(T1)</sup> 43,98 Aa <sub>(26,86)</sub> (571; 10,26)	<sup>(T1)</sup> 50,06 Aa <sub>(23,08)</sub> (558; 6,53)	<sup>(T1)</sup> 44,39Aa <sub>(20,04)</sub> (568; 7,57)	<sup>(T1)</sup> 45,08 Aa <sub>(16,23)</sub> (570; 7,66)
Óleo vegetal	<sup>(T2)</sup> 51,01Aa <sub>(12,32)</sub> (594; 10,23)	<sup>(T2)</sup> 40,54 Aa <sub>(18,33)</sub> (583; 6,04)	<sup>(T2)</sup> 40,45Aa <sub>(26,86)</sub> (585; 7,98)	<sup>(T2)</sup> 44,77 Aa <sub>(22,85)</sub> (589; 7,88)
Resina melamínica	<sup>(T3)</sup> 39,24Ab <sub>(16,73)</sub> (580; 10,59)	<sup>(T3)</sup> 39,09 Ab <sub>(25,82)</sub> (568; 6,32)	<sup>(T3)</sup> 55,96Aa <sub>(26,86)</sub> (582; 7,81)	<sup>(T3)</sup> 44,57Aab <sub>(19,39)</sub> (584; 7,73)
Filme melamínico	<sup>(T4)</sup> 47,64Aa <sub>(15,66)</sub> (596; 10,13)	<sup>(T4)</sup> 45,46 Aa <sub>(25,64)</sub> (568; 5,78)	<sup>(T4)</sup> 49,24Aa <sub>(26,86)</sub> (590; 7,74)	<sup>(T4)</sup> 47,20 Aa <sub>(23,51)</sub> (591; 7,56)
<i>Tego filme</i>	<sup>(T5)</sup> 36,68Ab <sub>(9,95)</sub> (576; 10,04)	<sup>(T5)</sup> 50,09 Aa <sub>(18,23)</sub> (561; 6,00)	<sup>(T5)</sup> 40,56Ab <sub>(26,86)</sub> (565; 7,34)	<sup>(T5)</sup> 38,42 Ab <sub>(24,40)</sub> (572; 7,45)
Média	43,71	45,05	46,12	44,00

Legenda: Trat. e T: tratamento; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); valores entre parênteses: densidade (kg.m<sup>-3</sup>) e teor de umidade (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Já para MOR a flexão estática no sentido perpendicular, Tabela 12, os valores médios demonstram que entre os diferentes revestimentos até 10 ciclos de uso, os valores médios foram iguais estatisticamente; mas ao se expor os painéis por 30 ciclos, os tratamentos sem revestimento e revestidos com resina melamínica apresentaram valores médios de rigidez menos expressivos, situação que não se repetiu para 50 ciclos. Para ciclo, dentro um mesmo revestimento, o tempo de aplicação (0, 10, 30 e 50 ciclos) das

condições de radiação, precipitação e condensação não afetou significativamente o MOR perpendicular, com exceção dos painéis sem revestimento, que tiveram valores oscilando positivamente até 10 ciclos, negativamente para 30 ciclos e retorno do aumento para 50 ciclos, ou seja, sem um comportamento padrão, fato explicado pela heterogeneidade da madeira.

Tabela 10 – Valores médios de módulo de ruptura no sentido perpendicular (MPa).

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	<sup>(T1)</sup> 45,18 Ab <sub>(11,10)</sub> (571; 10,26)	<sup>(T1)</sup> 51,89Aab <sub>(20,55)</sub> (558; 6,53)	<sup>(T1)</sup> 43,47 Bb <sub>(15,63)</sub> (568; 7,57)	<sup>(T1)</sup> 55,28 Aa <sub>(15,69)</sub> (570; 7,66)
Óleo vegetal	<sup>(T2)</sup> 44,84 Aa <sub>(11,24)</sub> (594; 10,23)	<sup>(T2)</sup> 52,89 Aa <sub>(23,52)</sub> (583; 6,04)	<sup>(T2)</sup> 48,40 ABA <sub>(8,44)</sub> (585; 7,98)	<sup>(T2)</sup> 47,79Aa <sub>(18,71)</sub> (589; 7,88)
Resina melamínica	<sup>(T3)</sup> 50,60 Aa <sub>(14,33)</sub> (580; 10,59)	<sup>(T3)</sup> 39,64Aa <sub>(17,69)</sub> (568; 6,32)	<sup>(T3)</sup> 43,36 Ba <sub>(10,54)</sub> (582; 7,81)	<sup>(T3)</sup> 46,63Aa <sub>(19,07)</sub> (584; 7,73)
Filme melamínico	<sup>(T4)</sup> 51,37 Aa <sub>(13,30)</sub> (596; 10,13)	<sup>(T4)</sup> 52,39 Aa <sub>(24,77)</sub> (568; 5,78)	<sup>(T4)</sup> 57,58 Aa <sub>(10,92)</sub> (590; 7,74)	<sup>(T4)</sup> 55,30Aa <sub>(14,53)</sub> (591; 7,56)
Tego filme	<sup>(T5)</sup> 47,35 Aa <sub>(12,15)</sub> (576; 10,04)	<sup>(T5)</sup> 41,98 Aa <sub>(20,71)</sub> (561; 6,00)	<sup>(T5)</sup> 47,09 Ba <sub>(24,68)</sub> (565; 7,34)	<sup>(T5)</sup> 43,08Aa <sub>(15,62)</sub> (572; 7,45)
Média	47,87	47,76	48,00	51,62

Legenda: Trat. e T: tratamento; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); valores entre parênteses: densidade (kg.m<sup>-3</sup>) e teor de umidade (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Ao se comparar, os valores de MOR das Tabelas 11 e 12 com os parâmetros da ABIMCI (2002), verifica-se que a maioria ficou bem acima do limite mínimo, que é de 27,3 MPa para o sentido paralelo e de 18,0 MPa para perpendicular, demonstrando que, mesmo que tenha ocorrido redução / aumento dos valores entre os revestimentos ou ao longo do tempo de exposição, as condições adversas da câmara de intemperismo não afetaram o módulo de ruptura a flexão estática.

Os painéis testemunha, representados pelos tratamentos “0 ciclos”, apresentaram valores médios de MOR paralelo e perpendicular inferiores aos de Almeida *et al.* (2013), os quais encontraram 56,92 MPa e 30,40 MPa, respectivamente, para compensados de *Pinus* sp., também com 18mm de espessura, mas composto por 13 lâminas; mas

superiores aos painéis de *Pinus* spp. de Bortoletto (2010) com 40 MPa no sentido paralelo e 36 MPa no perpendicular, aos mencionados no catálogo da ABIMICI (2002) a partir do estudo com 18 empresas, 34,7 MPa e 30,0 MPa, aos painéis comerciais estudados por Cunha *et al.* (2017) com 31,35 MPa e 25,03 MPa, e aos painéis laboratoriais de Cunha *et al.* (2010), com 42,68 MPa e 31,04 MPa.

Para módulo de elasticidade (MOE) paralelo, Tabela 13, observa-se que entre os revestimentos dentro do mesmo ciclo de tempo, somente os painéis “testemunha” (0 ciclos) e em 30 ciclos apresentaram diferença significativa, onde na primeira situação, o painel revestido com filme melamínico mostrou-se superior, com 7743 MPa de rigidez, e o revestido com *tego filme* inferior, com 6415 MPa, já os demais apresentaram comportamento intermediário e equivalente aos dois valores médios extremos. Para 30 ciclos, os painéis com filme melamínico continuaram a apresentar valor médio superior (6713 MPa), mas juntamente com os painéis com *tego filme*, os sem revestimento e os com óleo apresentaram resistência reduzida (5998 MPa, 6031 MPa e 6174 MPa). Outro ponto a ser destacado na Tabela 13, é o fato dos ciclos de radiação, precipitação e condensação não terem interferido na variável módulo de elasticidade, tendo em vista que os valores médios foram estatisticamente semelhantes.

Tabela 11 – Valores médios de módulo de elasticidade no sentido paralelo (MPa).

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	<sup>(T1)</sup> 6781ABa <sub>(14,35)</sub> (571; 10,26)	<sup>(T1)</sup> 6584Aa <sub>(16,19)</sub> (558; 6,53)	<sup>(T1)</sup> 6031Ba <sub>(22,77)</sub> (568; 7,57)	<sup>(T1)</sup> 6856Aa <sub>(11,84)</sub> (570; 7,66)
Óleo vegetal	<sup>(T2)</sup> 6837ABa <sub>(13,52)</sub> (594; 10,23)	<sup>(T2)</sup> 6604 Aa <sub>(22,12)</sub> (583; 6,04)	<sup>(T2)</sup> 6174Ba <sub>(16,46)</sub> (585; 7,98)	<sup>(T2)</sup> 6297Aa <sub>(13,50)</sub> (589; 7,88)
Resina melamínica	<sup>(T3)</sup> 6725ABa <sub>(12,35)</sub> (580; 10,59)	<sup>(T3)</sup> 6599Aa <sub>(20,25)</sub> (568; 6,32)	<sup>(T3)</sup> 6443ABa <sub>(20,51)</sub> (582; 7,81)	<sup>(T3)</sup> 6733Aa <sub>(13,63)</sub> (584; 7,73)
Filme melamínico	<sup>(T4)</sup> 7743 Aa <sub>(10,02)</sub> (596; 10,13)	<sup>(T4)</sup> 6688Aa <sub>(8,25)</sub> (568; 5,78)	<sup>(T4)</sup> 6713 Aa <sub>(22,81)</sub> (590; 7,74)	<sup>(T4)</sup> 6427Aa <sub>(15,67)</sub> (591; 7,56)
<i>Tego filme</i>	<sup>(T5)</sup> 6415 Ba <sub>(17,94)</sub> (576; 10,04)	<sup>(T5)</sup> 6495 Aa <sub>(20,11)</sub> (561; 6,00)	<sup>(T5)</sup> 5998 Ba <sub>(23,91)</sub> (565; 7,34)	<sup>(T5)</sup> 6487Aa <sub>(4,16)</sub> (572; 7,45)
Média	6900	6594	6272	6560

Legenda: Trat. e T: tratamento; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); valores entre parênteses: densidade (kg.m<sup>-3</sup>) e teor de umidade (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).



Para MOE perpendicular entre revestimentos, dentro de um mesmo ciclo, Tabela 14, verifica-se equivalência dos valores médios de rigidez em 0 ciclos (“testemunha”) e superioridade dos painéis revestidos com filme melamínico nas demais situações (10, 30 e 50 ciclos), os quais foram estatisticamente semelhantes aos painéis sem revestimento e com *tego filme*. Já para baixos valores médios, pode-se citar os painéis revestidos com resina melamínica com 3867 MPa no ciclo 10, 3180 MPa no ciclo 30, e os painéis com óleo no ciclo 50 com 3991 MPa. Na influência dos ciclos dentro de um mesmo revestimento, não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 12 – Valores médios de módulo de elasticidade no sentido perpendicular (MPa)

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	<sup>(T1)</sup> 4321Ab <sub>(2,94)</sub> (571; 10,26)	<sup>(T1)</sup> 4460ABb <sub>(7,26)</sub> (558; 6,53)	<sup>(T1)</sup> 3357ABc <sub>(16,03)</sub> (568; 7,57)	<sup>(T1)</sup> 4838ABa <sub>(8,22)</sub> (570; 7,66)
Óleo vegetal	<sup>(T2)</sup> 3854Aa <sub>(12,71)</sub> (594; 10,23)	<sup>(T2)</sup> 4788ABb <sub>(18,97)</sub> (583; 6,04)	<sup>(T2)</sup> 3671 ABa <sub>(6,49)</sub> (585; 7,98)	<sup>(T2)</sup> 3991 Ba <sub>(18,51)</sub> (589; 7,88)
Resina melamínica	<sup>(T3)</sup> 4485 Aa <sub>(16,15)</sub> (580; 10,59)	<sup>(T3)</sup> 3867 Ba <sub>(31,71)</sub> (568; 6,32)	<sup>(T3)</sup> 3180Ba <sub>(20,40)</sub> (582; 7,81)	<sup>(T3)</sup> 4124ABa <sub>(16,77)</sub> (584; 7,73)
Filme melamínico	<sup>(T4)</sup> 4674 Aa <sub>(17,32)</sub> (596; 10,13)	<sup>(T4)</sup> 5743 Aa <sub>(14,77)</sub> (568; 5,78)	<sup>(T4)</sup> 4543Aa <sub>(19,30)</sub> (590; 7,74)	<sup>(T4)</sup> 5090Aa <sub>(16,51)</sub> (591; 7,56)
<i>Tego filme</i>	<sup>(T5)</sup> 4295 Aa <sub>(18,74)</sub> (576; 10,04)	<sup>(T5)</sup> 4147ABa <sub>(21,60)</sub> (561; 6,00)	<sup>(T5)</sup> 3690 ABa <sub>(24,13)</sub> (565; 7,34)	<sup>(T5)</sup> 4503 ABa <sub>(14,58)</sub> (572; 7,45)
Média	4325,8	4601	3688,2	4619,2

Legenda: Trat. e T: tratamento; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); valores entre parênteses: densidade (kg.m<sup>-3</sup>) e teor de umidade (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Assim como para MOR, os resultados de MOE também foram comparados com ABIMCI (2002), a qual estabelece valores mínimos de rigidez de 5970 MPa para o sentido paralelo e 2807 MPa para perpendicular. Com base nestes parâmetros, observa-se que os painéis de todos os tratamentos, independente do revestimento e no tempo de exposição as condições ambientais adversas, atendem os critérios da Associação.

Comparando-se os resultados de módulo de elasticidade a 0 ciclos (“testemunha”) com outros estudos, observa-se superioridade em relação a Bortoletto e

Garcia (2004), que ao analisarem flexão estática paralela de compensados de *Pinus* sp. de 18 mm, encontraram valor médio de 5.932 MPa, e a Iwakiri *et al.* (2011) com 5800,5 MPa; no entanto, inferioridade em relação a Almeida *et al.* (2013), que ao avaliarem o MOE de painéis de *Pinus* sp., encontraram 8.454 MPa, valor que pode ser justificado pela densidade do material, bem como pela espécie que fora utilizada, propriedades as quais estão interligadas com a rigidez.

Na Tabela 15, que apresenta os resultados de cisalhamento na linha de cola, percebe-se entre os revestimentos dentro de cada ciclo, equivalência estatística para a “testemunha” (0 ciclos) com média de 1,97 MPa e para 30 ciclos com 2,08 MPa. Para os demais ciclos (10 e 50), os maiores valores de tensão foram encontrados nos painéis revestidos com óleo. Em contrapartida, dentro de um mesmo revestimento ao longo dos ciclos, observou-se resistência equivalente nos painéis sem revestimento, revestidos com óleo e com *tego filme*, entretanto variações nos painéis com resina e filme melamínico, nos quais a resistência dos painéis nos ciclos 0 e 30 mostraram-se superiores aos ciclos 10 e 50.

Tabela 13 – Valores médios de cisalhamento na linha de cola (MPa).

Trat.	Número de ciclos			
	0	10	30	50
Sem revestimento	<sup>(T1)</sup> 1,70 Aa <sub>(14,69)</sub> (571; 10,26)	<sup>(T1)</sup> 1,36 Ba <sub>(18,98)</sub> (558; 6,53)	<sup>(T1)</sup> 1,74 Aa <sub>(9,47)</sub> (568; 7,57)	<sup>(T1)</sup> 1,70ABa <sub>(24,77)</sub> (570; 7,66)
Óleo vegetal	<sup>(T2)</sup> 1,98 Aa <sub>(24,37)</sub> (594; 10,23)	<sup>(T2)</sup> 1,62 Aa <sub>(22,20)</sub> (583; 6,04)	<sup>(T2)</sup> 2,06ABa <sub>(15,83)</sub> (585; 7,98)	<sup>(T2)</sup> 2,00 Aa <sub>(23,34)</sub> (589; 7,88)
Resina melamínica	<sup>(T3)</sup> 1,87Aa <sub>(23,53)</sub> (580; 10,59)	<sup>(T3)</sup> 1,41 Bb <sub>(23,98)</sub> (568; 6,32)	<sup>(T3)</sup> 1,99Ba <sub>(20,93)</sub> (582; 7,81)	<sup>(T3)</sup> 1,41 Bb <sub>(9,75)</sub> (584; 7,73)
Filme melamínico	<sup>(T4)</sup> 2,37 Aa <sub>(15,74)</sub> (596; 10,13)	<sup>(T4)</sup> 1,38 Bb <sub>(16,14)</sub> (568; 5,78)	<sup>(T4)</sup> 2,50Ba <sub>(17,11)</sub> (590; 7,74)	<sup>(T4)</sup> 1,43 Bb <sub>(17,98)</sub> (591; 7,56)
<i>Tego filme</i>	<sup>(T5)</sup> 1,92 Aa <sub>(21,62)</sub> (576; 10,04)	<sup>(T5)</sup> 1,52 Ba <sub>(15,34)</sub> (561; 6,00)	<sup>(T5)</sup> 1,93Aa <sub>(16,24)</sub> (565; 7,34)	<sup>(T5)</sup> 1,75ABa <sub>(19,26)</sub> (572; 7,45)
Média	1,97	1,46	2,04	1,66

Legenda: Trat. e T: tratamento; valores subscritos e entre parênteses: coeficiente de variação (%); valores entre parênteses: densidade (kg.m<sup>-3</sup>) e teor de umidade (%); médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si para revestimento dentro de um mesmo ciclo (intervalo de tempo); médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para intervalo de tempo, dentro de um mesmo revestimento; ambos pelo Teste de Tukey (<0,05).

Vale ressaltar ainda que os valores determinados no presente trabalho estão dentro das recomendações de acordo com catálogo técnico da ABIMCI (2002), o qual apresenta valores de cisalhamento na linha de cola de 1,7 a 3,7 MPa.

Ao comparar os resultados obtidos com os dados de Iwakiri *et al.* (2002), nota-se que os mesmos se aproximam ao mínimo encontrado pelo autor para a espécie *Pinus taeda* L., onde o valor encontrado pelos mesmos variou de 1,88 a 2,81 MPa.

Segundinho *et al.* (2015) ao avaliar o cisalhamento na linha de cola para *Pinus oocarpa* observaram para variável em questão a média de 2,92 MPa, valor maior que os encontrados na presente pesquisa. O valor médio do cisalhamento na linha de cola está muito próximo ao encontrado no estudo de Lopes *et al* (2013) com compensado de *Pinus taeda* com 1,54 MPa.

## 4 CONCLUSÃO

### \* Avaliação qualitativa:

O tempo de exposição ao longo dos períodos de radiação, precipitação e condensação influenciou na qualidade da superfície dos painéis compensados e do concreto. Até 35 dias (7 reusos), a redução da qualidade foi equivalente entre os revestimentos, no entanto, a partir de 40 dias (8 reusos), os painéis revestidos com filme melamínico apresentaram drásticas reduções na qualidade (notas), diferenciando-se dos demais, principalmente com 70 dias (14 reusos) e posteriormente em 85 dias (17 reusos), enquanto que os painéis revestidos com óleo, mantiveram a qualidade até 75 dias de exposição (15 reusos). Os demais revestimentos (sem revestimento, com resina melamínica e com teco filme) apresentaram comportamento intermediário.

O emprego de desmoldante nos compensados a cada uso/reuso melhorou significativamente, de modo geral, a qualidade da superfície dos painéis e do concreto a partir do 10º reuso (50 dias) para painéis revestidos com resina melamínica, filme melamínico e teco filme, e a partir do 14º reuso (70 dias) para painéis sem revestimento e revestidos com óleo.

Os revestimentos que proporcionaram maior número de reusos foi com óleo, independente da aplicação do desmoldante, com 15 para usos que não permitam imperfeições no concreto e 20 para usos que permitam imperfeições, as quais podem ser eliminadas / reduzidas com correções apropriadas. Na sequência, os painéis revestidos com resina melamínica e teco filme, ambos com desmoldante, apresentaram bom número de reusos, tanto sem imperfeições do concreto (15), quanto com imperfeições, 20 e 17, respectivamente.

### \* Avaliação quantitativa:

Os valores médios de densidade entre os corpos de prova utilizados para os ensaios mecânicos não diferiram estatisticamente, tanto entre revestimentos, quanto ao longo do tempo (ciclos). No entanto, utilizando-se mesmos corpos de prova antes e após a aplicação dos ciclos, evidenciou redução expressiva nos valores médios de densidade para os painéis com teco filme já em 10 ciclos, para painéis com resina melamínica em 30 ciclos e para todos os demais em 50 ciclos.

No teor de umidade dos corpos de prova, observou-se comportamento equivalente entre os revestimentos e redução significativa ao longo dos ciclos para um mesmo revestimento, fato que foi observado já aos 10 ciclos com queda percentual

média de 10,25% para 6,13%. Para os demais ciclos, ao invés de haver continuidade na redução, o teor de umidade aumentou de forma expressiva.

Na avaliação das propriedades mecânicas, não foi observado um padrão de variação nos valores encontrados, nem entre revestimentos e nem ao longo do tempo de exposição as condições adversas, no entanto, independentemente da situação em que a análise foi feita (ciclo), os painéis de todos os tratamentos atenderam aos parâmetros recomendados pela Associação Brasileira de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2002), ou seja, os revestimentos aplicados e o tempo de exposição as variáveis de radiação, precipitação e condensação não afetaram negativamente os painéis em termos de resistência e rigidez, ao ponto de não poderem ser utilizados comercialmente.

#### \* Avaliação geral

Como as propriedades físicas e mecânicas dos painéis atenderam os parâmetros de referência, o número de reusos foi definido em função da qualidade da superfície dos painéis e do concreto, onde, concluiu-se que os diferentes revestimentos podem ser utilizados em:

- (i) sem revestimento, 11 vezes sem desmoldante (s/d) e 14 vezes com desmoldante (c/d); (ii) com óleo, 15 s/d e c/d; (iii) resina melamínica, 8 s/d e 15 c/d; (iv) filme melamínico, 6 s/d e 14 c/d; (v) tego filme, 11 s/d e 15 c/d; para usos que não permitam imperfeições.

- (i) sem revestimento, 15 s/d e 20 vezes; (ii) com óleo, 20 s/d e c/d; (iii) resina melamínica, 20 s/d e c/d; (iv) filme melamínico, 11 s/d e 15 c/d; (v) tego filme, 15 s/d e 17 c/d; para usos que permitam imperfeições.

O uso do desmoldante a cada reuso dos painéis como fôrma para concreto aumentou o número de reusos, com exceção dos painéis revestido com óleo, onde o comportamento foi equivalente sem a aplicação do revestimento.

Os melhores revestimentos observados no estudo foram com óleo vegetal (s/d e c/d), resina melamínica (c/d) e tego filme (c/d), para usos que não permitem imperfeições nas superfícies; todavia, para usos com imperfeições, os painéis sem revestimento (c/d), revestidos com óleo (s/d e c/d) e resina melamínica (s/d e c/d) se destacaram. Desta forma, a escolha do desmoldante deve levar em conta o preço do produto e do processo de aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM G 154: **Standard practice for operating fluorescent light apparatus for uv exposure of nonmetallic materials**. Philadelphia: ASTM, 2006. 4p.

AKYILDIZ, M. H.; ATES, S. Effect of heat treatment on equilibrium moisture content (EMC) of some wood species in turkey. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 4, n. 6, p.660-665, 2008.

ALMEIDA, T. H.; ALMEIDA, D. H.; FERRO, F. S.; VARANDA, L. D.; CAMPOS, C. I.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Avaliação da qualidade na produção industrial de compensados por meio de testes de flexão e de cisalhamento. **Madeira: arquitetura e engenharia**, v. 12, n. 31, p. 45-50, 2013.

ALMEIDA, A. E.; FERREIRA, O. P. Poliuretana derivada de óleos vegetais exposta ao intemperismo artificial. **Polímeros**, v. 16, n. 3, p. 252-256, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282006000300017>

ARAÚJO, C. R. S.; FORTES, A. S. **Emprego de fôrmas de madeira em estrutura de concreto**. Salvador: UCSal - Universidade Católica do Salvador, 2009.

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Embrapa Acre-Artigo**, v. 37, n. 03, p. 399-416, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v37i3.9937>

ASSAHI, P. N. Sistema de fôrma para estrutura de concreto. In: Simpósio sobre estruturas de concreto, 2005, **Anais...** 2005, v.5, 23p.

ASSALI, M. P.; LOH, K. Viabilidade do emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para aplicação de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 07-23, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400002>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Catálogo técnico de compensados de pinus**. Curitiba: ABIMIC, 2002. 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT): NBR ISO 12466-1 - Compensado – Determinação da qualidade de colagem - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2012. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT): NBR: 9533 Compensado – Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, ABNT, 2012. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT): NBR: 9484 Compensado – Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, ABNT, 2011. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT): NBR: 9485 Compensado – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, ABNT, 2011. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT): NBR: 15696 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro, ABNT, 2009. 27p.

AYADI, N.; LEJEUNE, F.; CHARRIER, F.; CHARRIER, B.; MERLIN, A. Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. **Holz als Roh und Werkstoff**, v. 61, n. 3, p. 221-226, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0389-2>

BALDWIN, R. F. **Plywood and veneer-based products: manufacturing practices**. San Francisco: M. Freeman, 1995. 388 p.

BARROS FILHO, B. M. **Painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas uréia formaldeído e melamina formaldeído**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

BOONSTRA, M.; ACKER, J.; TJEERDSMA, B.; KEGEL, E. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. **Annal of Forest Science**, v. 64, n.7, p. 679-690, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1051/forest:2007048>

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, v. 28, p. 563-570, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000400010>

CARNEIRO, T. L. A. **Influência da mescla de resinas uréia formaldeído e difenilmetano 4,4'- diisocianato (MDI) nas propriedades mecânicas e emissão de formaldeído de painéis de madeira aglomerada**. 2017. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba. 2017.

CARVALHO, L.; MAGALHÃES, F.; FERRA, J. Formaldehyde emissions from wood-based panels-Testing methods and industrial perspectives. **Formaldehyde: chemistry, applications and role in polymerization**, p. 1-45, 2012.

CHANG, S.-T.; HON, D. N. S.; FEIST, W. C. Photodegradation and photoprotection os wood surfaces. **Wood and fiber**, v. 14, n. 2, p. 104-107. 1982.

CHIZE, L. P.; SILVA, L. J. A.; BAÊTA, A. P.; SILVA, F. Fôrmas: Utilização e reutilização de fôrmas revestidas com polietileno de baixa densidade (PEDB – Sacolas plásticas. **Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental**. p. 52-60, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.4891919126>

CIOTTA, P. H.; JUNIOR, F. R. S. M. A importância do controle de qualidade e rastreabilidade do concreto armado usinado in loco. *Revista Tecnológica / ISSN 2358-9221*, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 1 - 18, 2018.

COURARD, L.; GOFFINET, C.; MIGEOTTE, N. Influence of the reuse of OSB and marine plywood formworks on concrete surface aesthetics. **Mater Struct**, v.45, p.1331–1343, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-012-9835-0>

COVERIGHT SURFACES. Coveright® - Phenolic Surface Films – Technical data and services. 04/07 E EUR 31. 2011.

DA CUNHA, A. B., STÜPP, Â. M., ANTUNES, R., & BRAND, M. A. Produção de painéis compensados com resina fenólica e melamínica sem formaldeído. **FLORESTA**, v. 46, n. 4, p. 553-560, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i4.41628>

CUNHA, Alexsandro Bayestorff da; MATOS, Jorge Luis Monteiro de. Rigidez e resistência de vigas estruturais de madeira laminada colada e com perfil I compostas por diferentes adesivos. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 345-356, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981857>.

DIAS, F.M. **Aplicação da resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Ciência Engenharia dos Materiais. São Carlos, 178 f, 2005.

DUBEY, M., K; PANG, S.; WALKER, J. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. don wood with oil heat-treatment. **Holzforschung**, v. 66, n. 1, p. 49, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1515/HF.2011.117>





LEÓN-MARTÍNEZ, F. M.; ABAD-ZARATE, E. F.; LAGUNEZ-RIVERA, L. Laboratory and field performance of biodegradable release agents for hydraulic concrete. **Mater Struct**, v. 49, p. 2731-2748, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-015-0681-8>.

LESSMANN, V. E. **Estudo da reação de cura de resinas uréia-formol por espectrometria de ressonância magnética nuclear**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LIMA, J. C. M.; VIEIRA, R. Y. M.; OLIVEIRA, M. R. Estudo da viabilidade do uso do sistema de fôrmas deslizantes em comparação com o sistema fôrmas convencionais. **VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 25, n. 1, p. 95-110, 2015.

LOPES, M. C.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M.; TANOBE, V. O. A.; CHINASSO, C. A. F.; ROSSO, S. Resistência da linha de cola de painéis de *Pinus taeda* ... colados lateralmente com diferentes adesivos. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 613-619, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400011>

MARVILA, M.T., AZEVEDO, A.R.G., ALEXANDRE, J., ZANELATO, E.B., AZEREDO, N.G., SIMONASSI, N.T., MONTEIRO, S.N. Correlation between the properties of structural clay blocks obtained by destructive tests and Ultrasonic Pulse Tests. **Journal of Building Engineering**, v.26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100869>

MATOS, A. C; GUIMARÃES, J. B.; BORGES, C.C.; MATOS, L. C.; FERREIRA, J. C.; MENDES, L. M. Influência de diferentes composições de lâminas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* (Schiede ex Schltdl) para produção de compensados multilaminados. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 124, p. 799-810, 2019. DOI: [doi.org/10.18671/scifor.v47n124.21](https://doi.org/10.18671/scifor.v47n124.21).

MENZ HOLZ. **Catálogo [online]**. 2012. Disponível em: [http://www.pletscherzaun.ch/menz/pdf/katalog\\_menzholz.pdf](http://www.pletscherzaun.ch/menz/pdf/katalog_menzholz.pdf). Acesso em: 20 de setembro de 2021.

MOL, A. S.; MAIA, B. F. A.; VIDIGAL, B. D.; JUNIO, H. G. S. Sustentabilidade na construção civil: estudo da viabilidade da utilização de fôrmas de polipropileno em comparação a fôrmas de madeira. **Atena Editora**. 2018, p.388-416. DOI: <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.95618051228>

PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; NASCIMENTO, A. M.; LATORRACA, J. V. F.; JÚNIOR, A. F. D. A ação do intemperismo interfere no acabamento superficial e na coloração da madeira de espécies florestais. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2442>

PALMA, H. A. L.; MADRUGA, M. V.; BALLARIN, A. W. Painéis compensados mistos de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (vell.) Sf blake) e *Pinus taeda*. **Anais... II Congresso Latinoamericano de Estructuras de Madera**. 2017. 8p.

PERES, P. O. **Um estudo comparativo sobre os sistemas de fôrmas: mesa voadora x convencional**. 2013. 74f. Projeto de final de curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

SANCHES, F. G. **Avaliação dos parâmetros do processo de revestimento de painéis compensados com filme fenólico para uso como fôrmas de concreto**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANCHES, F. G.; IWAKIRI, S. Influência dos parâmetros do ciclo de prensagem na qualidade do revestimento de painéis compensados plastificados. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 564-575, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.038>

SEGUNDINHO, P. G. A.; CALIL, C.; GOMES, F.; REGAZZI, A. Resistência de linhas de cola para madeiras de reflorestamento. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina**, v. 36, n. 1, p. 107-116, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.2015v36n1p107>

SILVA, B. C. D., VIEIRA, M. C., OLIVEIRA, G. D. L., GONÇALVES, F. G., RODRIGUES, N. D., LELIS, R. C. C., & IWAKIRI, S. Qualidade de compensados fabricados com adesivos à base de tanino-formaldeído de *Pinus oocarpa* e fenol-formaldeído. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 511-519, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4322/floram.2012.057>

SOUSA, C. S. M.; BARATA, T. Q. F. **Materiais derivados de madeira**. 2011. 37 p. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5406754/mod\\_resource/content/1/AULA%2013\\_AUT%202518\\_PRODUTOS%20DERIVADOS%20DE%20MADEIRA%20%2820-1%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5406754/mod_resource/content/1/AULA%2013_AUT%202518_PRODUTOS%20DERIVADOS%20DE%20MADEIRA%20%2820-1%29.pdf)> Acesso em: 05 de agosto de 2021.

STEELFRAME. **Laminado melamínico.** 2019. 2 p. Disponível em: <<https://www.portalsteelframe.com.br/biblioteca/laminado-melaminico/>> Acesso em: 05 de agosto de 2021.

ZABLONSKY, K. M.; BONDUELLE, G. M.; TRIANOSKI, R. Efeito do Tratamento Térmico com Óleo de Soja na Madeira de Pinus. **Floresta e Ambiente.** v. 24, p. 1-10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.023115>

YILDIZ, S.; TOMAK, E. D.; YILDIZ, U. C.; USTAOMER, D. Effect of artificial weathering on the properties of heat treated wood. **Polymer degradation and stability**, v. 98, n. 8, p. 1419-1427, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.05.004>