

Pricilla Antônia Maurício Sozo

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus patula* NA
CONFECCÃO DE LÂMINAS E PRODUÇÃO DE CHAPAS DE
MADEIRA COMPENSADA**

Curitiba

2017

Pricilla Antônia Maurício Sozo

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus patula* NA
CONFECCÃO DE LÂMINAS E PRODUÇÃO DE CHAPAS DE
MADEIRA COMPENSADA**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof. Dra. Karina Soares Modes

Curitibanos

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Sozo, Pricilla Antônia Maurício

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus patula* NA
CONFECÇÃO DE LÂMINAS E PRODUÇÃO DE CHAPAS DE MADEIRA
COMPENSADA / Pricilla Antônia Maurício Sozo ; orientadora,
Karina Soares Modes, 2017.

43 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2017.

Inclui referências.

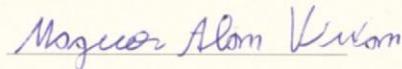
1. Engenharia Florestal. 2. Laminação. 3. Conífera. 4.
Rendimento. 5. Compensado. I. Soares Modes, Karina . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Florestal. III. Título.

Pricilla Antônia Maurício Sozo

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus patula* NA
CONFECCÃO DE LÂMINAS E PRODUÇÃO DE CHAPAS DE MADEIRA
COMPENSADA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal e aprovado em sua forma final pela banca examinadora.

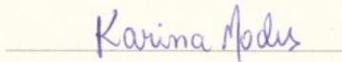
Curitiba, 01 de dezembro de 2017.



Prof. Dr. Magnos Alan Vivian

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Dra. Karina Soares Modes

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Magnos Alan Vivian

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me segurado nas horas mais difíceis, pelas pessoas que colocou em meu caminho nesse período e, principalmente, por ter me permitido chegar aqui e acreditar que o melhor ainda está por vir.

Aos meus pais, Clodomir e Ironita, e meu irmão, Willian, por todo incentivo e apoio e por terem sido os pilares que me mantiveram em pé durante esses anos, fazendo com que acreditasse que o sacrifício valeria a pena.

Ao meu namorado Evanio, pelo apoio, carinho e paciência durante todo esse período.

A todos os meus familiares e amigos, por me incentivarem no alcance dos meus objetivos.

Aos amigos Rhayana e Rafael, por serem peças chave nessa caminhada, pelas vezes que foram minha família longe de casa, por nunca me abandonarem nas dificuldades pelas quais passamos e por auxiliar em todas as etapas desse estudo.

À professora Karina Soares Modes, por todo auxílio, confiança e dedicação, pelos conhecimentos repassados e por acreditar no meu potencial.

Aos proprietários da Madeireira Samistraro, Adair, Luciane, Clemir e Tatiana, por me permitirem a realização de estudos na empresa e pelos inúmeros favores durante a graduação, principalmente no deslocamento. Também ao Lauri (in memoriam), pelas vezes em que me auxiliou e incentivou.

A todos os meus professores, desde o jardim de infância até à graduação, pelo conhecimento repassado, pelo incentivo e sabedoria.

Ao professor Alexandro Bayestorff da Cunha, da Universidade do Estado de Santa Catarina, por ceder o espaço da universidade e pelo auxílio na realização desse estudo.

Ao senhor Evandro Luiz Cozer, diretor regional da FRP Florestal, pela doação da madeira utilizada nesse trabalho.

Aos colegas Ana Paula, Gustavo e Leonardo, pela colaboração na confecção dos painéis compensados. Também ao Vinícius, da Universidade Federal do Estado de Santa Catarina, pelo auxílio no processo de prensagem dos painéis.

À empresa Madeireira Rodrigues, pela doação da resina utilizada na confecção dos painéis.

Às pessoas que disseram que eu não conseguiria e que me tentaram me desmotivar, por me fazerem ver que temos uma força inimaginável, capaz de nos impulsionar a dar a volta por cima e caminhar de cabeça erguida.

Minha gratidão e reconhecimento.

Todos fazem parte dessa conquista! Muito obrigada!

RESUMO

Com os incentivos fiscais fornecidos pelo governo na década de 60, o cultivo de florestas plantadas passou a ganhar força e, no caso do gênero *Pinus*, os plantios concentraram-se inicialmente nas regiões Sul e Sudeste, onde eram cultivadas as espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, sendo até hoje as espécies do gênero mais utilizadas no país, embora já existam estudos que avaliam a viabilidade da utilização de outras espécies, como forma de diversificar as fontes de matéria prima disponíveis. Nesse trabalho, objetivou-se avaliar o rendimento em laminação de toras de *Pinus patula* Schltl. & Cham, bem como determinar as perdas em cada etapa do processo, além de confeccionar painéis compensados diferenciados com relação a composição e gramatura do adesivo fenol formaldeído. Para a laminação, foram utilizadas 7 toras da espécie, que foram submetidas o aquecimento prévio em vapor saturado direto por 12 horas. Para cálculos das perdas em cada etapa da laminação, as toras tiveram a circunferência das extremidades aferida antes e após o descascamento, arredondamento e na forma de rolo resto. Das toras foram produzidas lâminas com largura padrão de 0,90 m e espessura de 1,5 mm, que tiveram o volume mensurado a cada três lâminas produzidas. Foram selecionadas lâminas livres de defeitos aparentes para a confecção de painéis compensados produzidos com resina fenólica, sob três composições de cola e duas gramaturas, num total de seis tratamentos. O rendimento efetivo da laminação foi de 44%, sendo que a perda em rolo resto foi responsável pela maior redução no rendimento, com participação de 24%, seguida da perda em arredondamento (18%) e da perda em descascamento (14%). O reduzido diâmetro das toras avaliadas (27 cm, ainda com casca), as características do equipamento de laminação e o excessivo tempo de cozimento são fatores que podem ter contribuído para o baixo rendimento registrado. Durante o esquadrejamento dos painéis para a confecção de corpos de prova para avaliação das propriedades físico-mecânicas, foi observada a delaminação da linha de cola mais interna, o que denota a ausência dos fenômenos de colagem, o que pode ser atribuído ao teor de umidade incompatível das lâminas de madeira na ocasião da confecção dos painéis, inviabilizando a execução dos ensaios, com exceção do teste de flexão estática paralela e perpendicular à grã, que foi conduzido nos corpos de prova que apresentaram uma maior integridade estrutural. Os painéis dos tratamentos com ausência de extensor na composição da batida de cola apresentaram resultados inferiores de resistência e rigidez no ensaio realizado. Já o tratamento que apresentou valores superiores tanto de MOE como MOR foi o tratamento composto por partes iguais de água e extensor sob a menor gramatura. Embora as condições de manufatura dos painéis tenham inviabilizado a execução dos ensaios de caracterização físico-mecânica completa nos painéis produzidos, os resultados para o ensaio de flexão estática, bem como para rendimento na laminação, indicam o potencial elevado da espécie para produção de lâminas e de chapas de madeira compensada.

Palavras-chave: Laminação, Conífera, Rendimento, Compensados.

ABSTRACT

With the fiscal incentives provided by the government in the 1960's, planted forest cultivation began to gain strength and, in the case of the *Pinus* genus, plantations were initially concentrated in the South and Southeast regions, where *Pinus elliotti* and *Pinus taeda*, are, until this date, the most widely used species in the country, even though there are already studies that evaluate the feasibility of using other species as a way to diversify the available sources of raw material. The objective of this work was to evaluate the yield of *Pinus patula* logs in lamination, as well as to determine the losses in each step of the process, and also making compensated panels differentiated by its composition and weight of the adhesive phenol formaldehyde. For the lamination, 7 logs of the species were used, which were submitted to previous heating in direct saturated steam for 12 hours. For calculations of losses at each step of the lamination, the logs had the circumference gauged before and after peeling, rounding and in the form of roll rest. From the logs were produced veneer with standard width of 0.90 m and thickness of 1.5 mm. The veneer had the volume measured on each three produced. Veneer with no apparent defects were selected for the production of plywood panels produced with phenolic resin, under three glue compositions and two weights, for a total of six treatments. The effective yield of rotary guillotine was 44%, and the remaining roll loss was responsible for the largest reduction in yield, with a share of 24%, followed by loss in rounding (18%) and loss in peeling (14%). The reduced diameter of the evaluated logs (27 cm), the characteristics of the rolling equipment and the excessive cooking time are factors that may have contributed to the low registered yield. During the sizing of the panels for the preparation of test specimens to evaluate the physical-mechanical properties, the delamination of the innermost bondline was observed, which denotes the absence of the bonding phenomena, which can be attributed to the incompatible moisture content of the veneers at the time of confection the panels, rendering the tests impossible, with the exception of the test of static bending, parallel and perpendicular to the grain, which was conducted on the specimens that presented a higher structural integrity. The panels of the extensor-absence treatments in the glue beat composition showed lower strength and stiffness results in the assay performed. On the other hand, the treatment that presented higher values of both MOE and MOR was the treatment composed of equal parts of water and extender under the lowest weight. Considering the manufacturing conditions of the panels, a representativeness of the panels to be eliminated. Even so, the results for the static bending test, as well as the results for the yield, indicate the potential of species for the productions of veneer sheets and plywood. Although the manufacturing conditions of the panels have been successful in carrying out the complete physical-mechanical characterization tests on the panels produced, the results for the static bending test as well as for lamination yield indicate the high potential of the species for the production of veneers and plywoods.

Keywords: Lamination, Conifer, Yield, Plywood.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

FAEP – Federação da Agricultura do Estado do Paraná

HB – Hardboard

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

MDF – *Medium density fiberboard*

MDP – *Medium density particleboard*

MOE – Módulo de elasticidade

MOR – Módulo de ruptura

PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	A ESPÉCIE <i>Pinus patula</i> SCHLTDL. & CHAM.	13
2.2	PRODUÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA	16
2.3	PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA	17
2.4	FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DOS PAINÉIS COMPENSADOS	18
2.4.1	Fatores relacionados à madeira	18
2.4.2	Fatores relacionados ao processo de produção.....	19
2.4.2.1	<i>Teor de umidade das lâminas</i>	19
2.4.2.2	<i>Composição do adesivo</i>	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	SELEÇÃO DO MATERIAL	22
3.2	PROCESSO DE LAMINAÇÃO	22
3.3	DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO	24
3.4	CONFECÇÃO DOS PAINÉIS COMPENSADOS.....	25
3.5	RESISTÊNCIA E RIGIDEZ AO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO.....	31
4.2	AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS COMPENSADOS	33
5	CONCLUSÕES	38
6	RECOMENDAÇÕES	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira compensada, apesar das particularidades que envolvem seu processo de manufatura em relação aos painéis de madeira reconstituída, tal como o maior custo de produção no que se refere à mão de obra e qualidade da matéria-prima, ainda são materiais que vêm tendo sua demanda ampliada. Dessa forma, as perspectivas para tal segmento são positivas, embora existam ameaças ao mercado de chapas de compensado, devido ao surgimento de novos painéis no mercado (VIDAL; HORA, 2014).

Segundo informações da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), este tipo de painel teve um aumento de produção na ordem de 3,8% em 2016 e atingiu 2,7 milhões de m³, ocupando a 3ª posição dentre os painéis de madeira produzidos. A primeira posição desse ranking é ocupada pelos painéis de fibras, com 4,3 milhões de m³, seguido dos painéis de partículas, com 3,0 milhões de m³ produzidos, embora juntos tenham sofrido em 2016 um recuo de 2,4% na produção.

No Brasil, os painéis de madeira compensada têm uso consolidado na construção civil, compondo estrutura de pisos, tapumes, bandejas de proteção, fôrmas de concreto, entre outros. O compensado se destaca por apresentar alta estabilidade dimensional, por ser resistente e relativamente leve e fácil de manusear, características que viabilizam suas diversas aplicações na construção civil e na indústria moveleira (IWAKIRI, 2005).

É crescente a utilização de compensados produzidos a partir de madeiras de coníferas, uma vez que ocorreram aumentos significativos no preço das madeiras tropicais e também na exigência por certificação, restringindo a utilização de madeira ilegal proveniente de desmatamento (ITTO, 2013 apud VIDAL; HORA, 2014).

Com a grande diversidade de espécies arbóreas existentes no mundo e, principalmente no Brasil, há também uma enorme gama de madeiras que, devido às suas diferentes características, podem ser utilizadas para diversos fins. Nesse sentido, é de extrema importância conhecer as propriedades das diferentes espécies e de seus derivados, de forma a otimizar o uso daquelas que possuem melhores características para determinados produtos ou serviços (SCHULTZ, 2008).

Nesse contexto, dentre as principais espécies utilizadas na laminação estão as madeiras de *P. taeda* L. e *P. elliotti* Engelm., em função da boa qualidade do fuste, que apresenta baixa conicidade e tortuosidade, além de uma densidade que permite a laminação das toras com facilidade. Tais características, aliadas aos fatores inerentes ao processo, permitem que sejam obtidos rendimentos relativamente altos na laminação.

Para a produção de painéis compensados, Iwakiri et al. (2001) destacam ainda que a viabilidade da madeira deve ser avaliada considerando-se o comportamento da mesma na colagem, principalmente com relação à resistência da linha de cola, sendo essa característica diretamente relacionada com a sua densidade, uma vez que tal parâmetro influencia na porosidade e permeabilidade do lenho. Além disso, o adesivo deve possuir características adequadas ao material que será prensado, já que a formulação da batida de cola e a gramatura são parâmetros que influenciam diretamente na qualidade da colagem e no custo de produção do painel compensado (BALDWIN, 1995; SELLERS, 1993 apud IWAKIRI et al., 2013).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente (2008 apud IWAKIRI et al., 2012), houve uma crescente demanda pelas madeiras de *P. taeda* e *P. elliotti* nas últimas décadas, devido ao consumo cada vez maior por parte das indústrias de madeira sólida e também reconstituída. No Brasil, espécies tropicais do gênero *Pinus* surgem como alternativas para a produção de painéis compensados, entre as quais destaca-se o *P. patula*, uma vez que há necessidade de conhecer espécies de características diferenciadas, principalmente, comparando-se às mais utilizadas para essa finalidade (IWAKIRI et al., 2012).

A madeira de *P. patula* é considerada leve, possui baixa durabilidade natural, é de fácil trabalhabilidade e secagem, assim como tem fácil impregnação (AGROSOFT, 2000 apud MELCHIORETTO; ELEOTÉRIO, 2003). Embora seja uma espécie do segundo gênero *Pinus* mais cultivado no Brasil, há pouco conhecimento sobre as potencialidades produtivas de *P. patula*, sendo necessários estudos que contribuam para a avaliação de parâmetros relativos à sua madeira e, por consequência, forneçam resultados que permitam inferir sobre os melhores usos a que tal madeira pode ser destinada.

Nesse sentido, a importância da investigação da viabilidade técnica de utilização da espécie *P. patula* na confecção de lâminas e painéis compensados visa gerar subsídios para sua futura utilização em escala comercial, com vistas a aumentar as fontes de matéria-prima qualificada para o referido segmento da indústria madeireira, além de maior geração de valor econômico ao setor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de utilização da madeira de *P. patula* na produção de lâminas e de painéis compensados.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar o rendimento na laminação de madeira da espécie, bem como as perdas resultantes do processo de laminação;

Determinar a influência da composição e da gramatura de cola na produção de compensados colados com resina fenol formaldeído;

Avaliar a influência das condições de manufatura nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis compensados produzidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

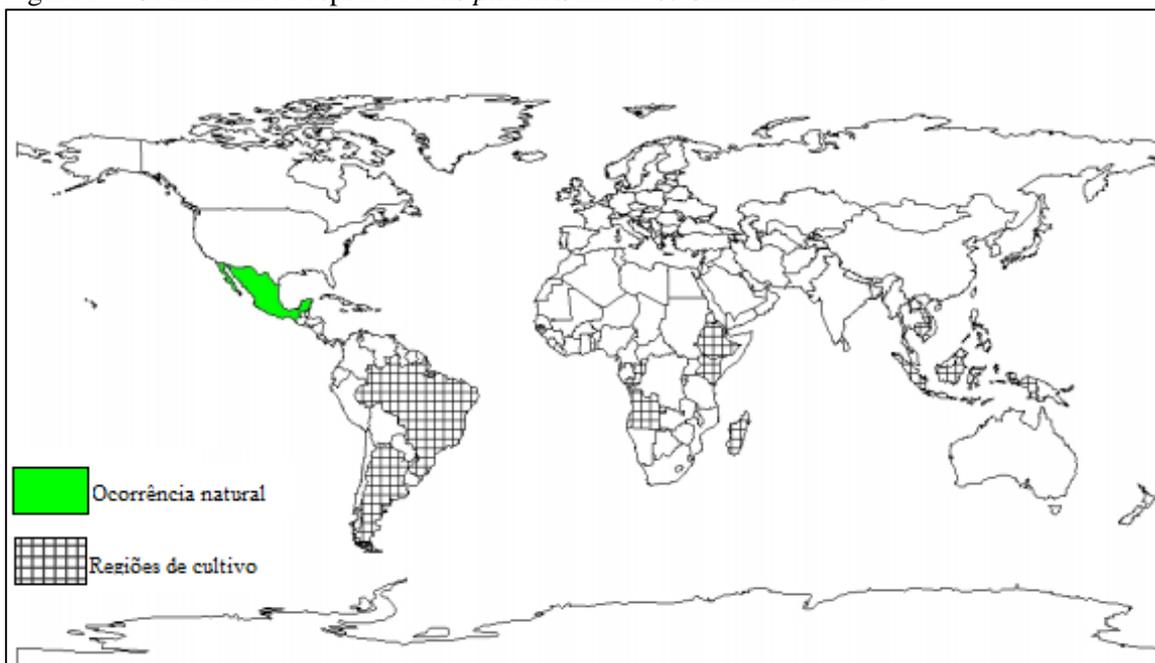
2.1 A ESPÉCIE *Pinus patula* SCHLTDL. & CHAM.

Em 2016, a área de florestas plantadas compreendia 7,84 milhões de hectares, sendo que desta 1,6 milhões correspondem a plantios de *Pinus*. Embora tenham perdido espaço para reflorestamentos de *Eucalyptus*, os plantios de *Pinus* ainda têm se mantido constante na região Sul do país (IBÁ, 2017).

A espécie *P. patula* é pertencente ao subgênero *Oocarpae*, que compreende também as espécies *P. radiata*, *P. muricata*, *P. greggii*, *P. pringlei* e *P. oocarpa* (WORMALD, 1975 apud TAVARES, 2017).

De acordo com Gillespie (1982), a espécie tem sua ocorrência natural em alguns estados do México, especificamente na região conhecida como Sierra Madre Oriental, podendo se dispersar em uma faixa entre as latitudes 13° e 24° N e longitudes 85° 100° W. De acordo com Orwa et al. (2009), a biologia da espécie exige, para seu bom desenvolvimento, altitudes entre 1000 e 3000 metros, temperaturas médias anuais entre 10 e 28°C e precipitação média anual entre 1000 e 2000 milímetros. Mesmo tendo uma faixa restrita de ocorrência natural, a espécie vem sendo plantada desde 1940 em outros países, tanto nos trópicos quanto nas zonas temperadas, como demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Ocorrência da espécie *Pinus patula* Schldtl. & Cham. no mundo.



Fonte: Orwa et al. (2009).

Segundo Perry (1991 apud NUNES, 2008), as árvores de *P. patula* possuem copa arredondada, aberta, sendo que a altura pode alcançar até 30 metros e o diâmetro varia de 50 a 90 centímetros. A casca possui coloração marrom-avermelhado e o número de acículas varia entre 3 e 4. Além disso, as acículas são a principal característica que permite a identificação da espécie, uma vez que as mesmas possuem coloração verde-pálida, são finas e pendentes, diferentemente das espécies mais conhecidas do gênero (PINUSLETTER, 2009). Tais características podem ser observadas na figura 2.

Figura 2 – *Pinus patula* Schltl. & Cham. Aspecto de árvore de *P. patula* (A); Acículas pendentes da árvore (B); Aspecto da casca de coloração marrom-avermelhado (C).



Fonte: A autora.

A madeira de *P. patula* é considerada leve, de baixa durabilidade natural, fácil trabalhabilidade, secagem e impregnação. Seu albúrnio possui coloração que varia de branco a amarelado claro, enquanto o cerne é rosado e, frequentemente, indistinguível. Os anéis de crescimento são bem marcados, de coloração marrom. Além disso, a madeira possui grande quantidade de nós e baixa produção de resina, apresentando textura ligeiramente grossa e irregular, com grã reta (AGROSOFT, 2000 apud MELCHIORETTO; ELEOTÉRIO, 2003).

Com relação à utilização, a madeira dessa espécie é indicada para a produção de madeira serrada, peças de móveis, painéis compensados e aglomerados. Como possui baixo teor de resina, pode também ser empregada como matéria prima na produção de polpa celulósica (MELCHIORETTO; ELEOTÉRIO, 2003). Tais usos são permitidos devido ao fato de a madeira possuir uma densidade de aproximadamente 0,4 g/cm³, semelhante ao *P. elliotti* (PINUSLETTER, 2009).

Pereira (2014) encontrou um valor de 0,320 g/cm³ para a densidade básica da madeira desta espécie aos 8 anos de idade, e Moura et al. (1991) encontraram, para árvores com 12 anos, um valor de densidade básica de 0,399 g/cm³.

A espécie *P. patula*, de acordo com Gillespie (1982), é provavelmente uma das que possui maior crescimento entre as espécies tropicais do gênero. A média de incremento anual encontrado na literatura varia muito, dependendo da qualidade do sítio e do manejo utilizado. Porém, de forma geral, as características da espécie a classificam como sendo de alto rendimento industrial. No Brasil, a espécie possui produtividade maior que *P. taeda* em locais mais elevados, como a Serra da Mantiqueira, o Sudeste de Minas Gerais, Nordeste de São Paulo e Oeste de Santa Catarina, além da região serrana do Rio Grande do Sul (PINUSLETTER, 2009).

Devido ao uso intensivo das espécies de *Pinus* mais plantadas no país, que são o *P. taeda* e *P. elliotti*, principalmente para celulose e produção de painéis de madeira, tem-se gerado no Brasil um déficit de madeira com características adequadas à laminação (TAVARES, 2017), tornando-se cada vez mais necessários estudos que avaliem o potencial de espécies alternativas para tal fim.

Segundo Liebsch et al. (2016), além de todas as características já descritas, o *P. patula* possui um fator extra que poderá incentivar um aumento no cultivo da espécie no Brasil. Várias empresas do setor florestal têm se deparado com uma praga causadora de grandes danos e, principalmente, de difícil controle, que é o macaco-prego (*Sapajusa nigrurus*). O dano é causado pelo hábito que o primata tem de descascar as copas das árvores para consumir a seiva, causando a perda de qualidade da madeira, quebra das copas e até mesmo mortalidade das árvores. O descascamento pelo anelamento é um comportamento comum dos animais, porém, principalmente em áreas de cultivo de *Pinus*, esse hábito passou de eventual para intensivo em algumas regiões do sul do Brasil, onde estão concentradas grandes áreas de *P. taeda*. Em 2014, os danos comprometeram a produção de tais culturas em 20,5% das áreas produtivas no Brasil. De acordo com o estudo desenvolvido pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP, 2013), plantios de *P. patula* não sofreram ataques de macaco-prego em seus experimentos, fator que pode impulsionar o interesse pelo crescimento da área produtiva no país, como espécie mitigadora dos ataques registrados até então.

2.2 PRODUÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA

A laminação, embora seja utilizada até hoje, surgiu há muito tempo. A primeira lâmina que se tem registro foi produzida no Antigo Egito, aproximadamente no ano 3000 a. C., e consistia em pequenas peças de madeira, provenientes de espécies valiosas, utilizadas na produção de itens de mobiliário de luxo, pertencentes a reis e príncipes. Mas somente entre os séculos XIV e XVI é que os trabalhos com madeira, que incluíam a laminação, ganharam destaque, devido ao período da Renascença, na Idade Média (ALBUQUERQUE, 1995).

No início, as lâminas eram produzidas com a utilização de serras circulares, que posteriormente foram substituídas pelas serras fita (KOLLMANN et al., 1975 apud VIEIRA et al., 2012). Com o surgimento do torno desfolhador surgiu então a indústria do compensado, uma vez que, com esse equipamento, a produção encontrou sustentabilidade econômica, principalmente por permitir produção em larga escala.

No início, as toras possuíam, na maioria dos casos, 2 metros de comprimento, e a laminação se dava em uma velocidade de 4 a 5 m/min (ALBUQUERQUE, 1995). Atualmente, para toras com diâmetro entre 30 e 40 cm, a velocidade de laminação fica entre 4 e 45 m/min (JINLUN, 2017), o que demonstra os resultados dos avanços e da tecnologia empregada no sistema produtivo do setor.

As lâminas de madeira são definidas por Iwakiri (2005) como um material produzido pelo corte, através de uma faca específica, em peças com espessura que varia de 0,1 a 6,35 mm e que, para serem consideradas de boa qualidade, devem apresentar uniformidade na espessura, serem de superfície lisa e sem manchas, bem como o fendilhamento das fibras deve ser ausente.

De acordo com Tavares (2017), existem três fatores que podem influenciar a produção de lâminas, sendo eles o teor de umidade no momento da laminação, a permeabilidade da madeira e a temperatura de cozimento das toras. Tais fatores possuem direta relação com o processo de cozimento, que é realizado com o objetivo de aumentar a plasticidade da madeira, facilitando o processo de laminação, principalmente para a obtenção de lâminas de maior espessura e na laminação de madeiras com alta densidade (BEDNARCZUK, 2015).

Fatores como a temperatura e o tempo de aquecimento são definidos de acordo com o diâmetro das toras, sendo que quanto maior a densidade e o diâmetro da madeira, maior o tempo e a temperatura necessária para que o aquecimento seja efetivo (SUCHSLAND; JANKOWSKY, 1978 apud TAVARES, 2017).

A laminação propriamente dita é feita em um equipamento denominado torno laminador, no qual as toras são posicionadas, centralizadas e, posteriormente, aciona-se o equipamento, que fará com que a tora gire contra a faca, que promove o corte da madeira em lâminas. Devido ao formato cônico das toras, nas primeiras rotações ainda não se obtêm lâminas inteiras, porém, a madeira torneada até o arredondamento das toras é transportada para um picador e, em alguns casos, é utilizada como combustível de caldeiras (SANCHES, 2012).

A laminação, portanto, inicia efetivamente após o arredondamento das toras. Quando essas atingem um diâmetro que não permita a laminação, o equipamento é parado e o rolo resto é direcionado à produção de energia, juntamente com os refilos do processo, que têm quantidade influenciada pelas características das toras (MARTARELLO, 2013).

Após a laminação, as peças obtidas são direcionadas à guilhotina por meio de uma esteira, para o seccionamento das mesmas de acordo com os padrões desejados. Depois de definidas as dimensões das lâminas, as mesmas são conduzidas à secagem, sendo essa uma etapa crítica no processo de produção de painéis compensados, uma vez que o teor de umidade influenciará no processo de colagem do painel (PINTO, 2011).

2.3 PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA

Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2009), o compensado é um painel de madeira composto por lâminas de madeira, geralmente em quantidade ímpar, sobrepostas e cruzadas entre si, sendo estas unidas por adesivos e resinas, através de processos que envolvem pressão e calor.

De acordo com Thoemen et al. (2010), a necessidade de um número ímpar de lâminas se dá pelo fato de que a madeira é um material anisotrópico, ou seja, possui diferentes propriedades em seus três sentidos. A sobreposição das lâminas é realizada considerando-se que o direcionamento ortogonal de uma lâmina restringirá a movimentação tangencial das camadas, resultando em valores de retratibilidade similares nas duas direções do plano da chapa, conferindo à mesma alta estabilidade dimensional, além de proporcionar uniformidade das propriedades mecânicas (BORTOLETTO JÚNIOR; GARCIA, 2004).

A qualidade da chapa é um aspecto que pode variar de acordo com as lâminas utilizadas para sua produção, onde são considerados, por exemplo, incidência de defeitos, número de emendas, coloração, entre outros fatores (ABIMCI, 2009).

Com relação ao uso, a ABIMCI (2007) classifica as chapas em classe 1 (condição seca), que são painéis destinados à utilização em locais protegidos da ação da água, e colados com resinas com base em ureia-formaldeído; classe 2 (condição úmida), para painéis destinados à utilização em locais úmidos ou de alta umidade relativa por curtos períodos de tempo, utilizando-se normalmente fenol-formaldeído na fabricação; e classe 3 (condições externas), para painéis destinados à utilização em locais úmidos ou de alta umidade relativa, com capacidade para resistir às intempéries por longos períodos de tempo, fabricados com a utilização de resina fenol-formaldeído.

No Brasil, a fabricação de compensados iniciou há cerca de 80 anos, sendo inicialmente utilizada como matéria-prima a madeira de araucária, oriunda principalmente da Região Sul do Brasil, mais especificamente do Paraná. Em 1960, a produção transferiu-se para a Região Amazônica, onde se passou a utilizar madeira de folhosas nativas. Porém, a partir de 1990, as plantações de espécies do gênero *Pinus* das Regiões Sul e Sudeste tornaram-se as principais fontes de matéria-prima para a fabricação de compensados (VIEIRA et al., 2012).

Atualmente, o Brasil produz compensado tropical, de madeira proveniente de florestas nativas nas Regiões Norte e Centro-Oeste, e compensado de *Pinus*, proveniente de madeira das florestas plantadas das Regiões Sul e Sudeste (VIEIRA et al., 2012).

2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DOS PAINÉIS COMPENSADOS

2.4.1 Fatores relacionados à madeira

As influências das propriedades anatômicas da madeira estão relacionadas à estrutura celular, determinada pelas dimensões, disposição e frequência das cavidades celulares que interferem na porosidade e permeabilidade da mesma. Tais características anatômicas é que determinam a forma como o adesivo irá se movimentar pelo interior do lenho, sendo as características dos anéis de crescimento (lenhos inicial e tardio), cerne e alburno, lenho de reação, grã e porosidade os principais fatores de influência (IWAKIRI, 2005).

Hsu (1997) resume que, para que seja possível a utilização na produção de compensados, a madeira deve ter como características uma baixa densidade, baixo teor de umidade e extrativos, transição gradual dos anéis de crescimento e baixa conicidade nas toras. Madeiras que possuem maior densidade possuem uma menor porosidade, o que influencia diretamente na penetrabilidade do adesivo no processo de formação da liga adesiva

(IWAKIRI et al., 2012). Segundo Iwakiri (2005), quanto mais porosa a madeira, maior a penetração do adesivo na estrutura lenhosa, o que pode resultar numa linha de cola “faminta”. Os extrativos, por sua vez, são elementos presentes no lúmen, constituídos de materiais orgânicos como graxas, óleos, gorduras, taninos, carboidratos, ácidos, gomas e resinas. Esta composição complexa pode influenciar diretamente na qualidade da colagem dos painéis (IWAKIRI, 2005).

Hsu (1997) afirma que quando os extrativos que compõem a madeira são voláteis, os painéis ficam propensos a formarem bolhas ao final do ciclo de prensagem, causando a delaminação dos mesmos. Além disso, espécies que possuem altos teores de extrativos podem apresentar uma baixa colagem do adesivo, além de esta ser de menor durabilidade. Marra (1992) explica que a influência negativa no processo de colagem se dá pelo fato de que os extrativos reduzem a higroscopicidade e a permeabilidade da madeira, portanto, durante a secagem, os extrativos podem migrar para a superfície da lâmina, criando uma barreira que dificulta a penetração da resina.

Além dos fatores já citados, a presença de nós altera a qualidade dos painéis, pois reduz as propriedades físicas e mecânicas da madeira. De acordo com Kretschmann (2010), a influência da presença de nós se dá pelo fato de que as fibras ao redor dos mesmos sofrem distorções, causando alteração na disposição da grã, além de ocorrer descontinuidade das fibras.

2.4.2 Fatores relacionados ao processo de produção

2.4.2.1 Teor de umidade das lâminas

Como já mencionado, a secagem das lâminas é um processo extremamente importante para a produção de compensados, assim como acontece na maior parte dos processos onde ocorre a industrialização de madeiras. Para os compensados, os requisitos relacionados ao teor de umidade variam de acordo com o tipo de painel que será produzido, além do tipo de resina que será utilizada na colagem. Para isso, é necessário um controle rigoroso do teor de umidade das lâminas para a produção de compensados (SHULTZ, 2008).

A prensagem será, portanto, influenciada pelo teor de umidade das lâminas. Quando prensadas lâminas com altos teores de umidade, a colagem do painel será prejudicada pela formação de bolhas de vapor na linha de cola, que poderá resultar na delaminação do painel. Porém, teores de umidade extremamente baixos também podem influenciar negativamente na

colagem, principalmente com relação aos baixos valores na porcentagem de falha na madeira (INTERAMNENSE, 1998).

2.4.2.2 Composição do adesivo

O adesivo é um componente fundamental na manufatura de produtos reconstituídos de madeira, uma vez que é o responsável pela ligação entre as peças e pela transferência de tensões geradas na linha de cola durante a utilização (IWAKIRI et al., 2000).

De acordo com Thoemen et al. (2010), a intenção do desenvolvimento de adesivos é obter a mais alta reatividade possível, considerando também a estabilidade do mesmo durante seu armazenamento, a vida útil da cola e os parâmetros existentes no processo. A reatividade do adesivo será determinada de acordo com diversos fatores, que vão desde o tipo de adesivo e sua composição, até à temperatura na qual ocorrerá a prensagem e as propriedades das superfícies da madeira. Com relação às características físico-químicas do adesivo, são considerados como fatores de importância o tempo de formação de gel, o teor de substâncias sólidas e a viscosidade.

Iwakiri (2005) afirma que a importância da velocidade com que um adesivo se converte de líquido para sólido, ou seja, o tempo de formação de gel, está relacionada à vida útil do adesivo. Já o teor de sólidos está ligado à solidificação da resina, uma vez que o mesmo é definido pela quantidade de sólidos que a resina possui, sendo esse fator de extrema importância na formação da linha de cola.

A viscosidade é definida como a resistência ao fluxo livre entre as camadas da matéria, que se manifesta através do escoamento. Dessa forma, adesivos com alta viscosidade terão difícil espalhamento, menor penetração na estrutura capilar da madeira e também indicarão que o mesmo está armazenado por um maior período de tempo (IWAKIRI, 2005). Portanto, para que ocorra melhor penetração e adsorção pela madeira, o ideal é que o adesivo esteja em condição de baixa viscosidade (STELLA, 2009).

Iwakiri (2005) cita como constituintes básicos na formulação de adesivos a base de fenol-formaldeído, além da própria resina, a presença de casca de coco, como material de enchimento, extensor e água. O extensor, por sua vez, é um material adicionado com a função de reduzir o custo final do adesivo, auxiliar no controle da viscosidade e nas funções de espalhamento e cura do adesivo (MARRA, 1992; SELLERS, 1985).

No Brasil, as indústrias utilizam, na maioria dos casos, a farinha de trigo como material extensor (IWAKIRI et al., 2000). Estudos como o desenvolvido por Ribeiro (2008)

buscam avaliar a utilização de produtos alternativos, como as farinhas de mandioca, de babaçu e de aveia, principalmente pelo fato de que a farinha de trigo tem grande demanda no setor alimentício, o que pode vir a prejudicar o fornecimento deste material para indústrias de compensados.

De acordo com o Boletim Técnico da Alba Química (1990 apud IWAKIRI et al., 2000), a quantidade dos extensores na composição da cola pode variar de 25 a 125 partes por peso de sólidos de resina. A composição do adesivo, tanto relacionada aos seus componentes quanto às proporções dos mesmos, está diretamente relacionada à resistência da linha de cola dos painéis produzidos (MARRA, 1992). Com maiores proporções de resina, em partes por peso de adesivo, a qualidade da ligação adesiva será superior. Ao contrário, com maior quantidade proporcional de extensor, tem-se qualidade inferior na ligação do adesivo. Dessa forma, há necessidade de uma otimização da relação custo-benefício, de acordo com os requisitos técnicos e a qualidade dos compensados, adequados ao uso a que se destinam (SELLERS, 1985).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 SELEÇÃO DO MATERIAL

Para a realização deste estudo foram utilizadas 7 toras da espécie *P. patula*, provenientes de desbaste de povoamento com 15 anos de idade, pertencente à empresa FRP Florestal, com sede no município de Ponte Alta do Norte - SC. O processo de laminação ocorreu em torno laminador com garras, nas instalações da empresa Madeireira Samistraro Ltda. Foram laminadas toras da 1ª e 2ª porção das árvores, com comprimento de 2,4 m e diâmetro médio de 27,0 cm, com amplitude de 20,8 a 32,7 cm. A laminação, classificação e secagem das lâminas foram conduzidas de acordo com os procedimentos usuais utilizados pela empresa onde se deu o processamento do material.

3.2 PROCESSO DE LAMINAÇÃO

Primeiramente, as toras foram identificadas e, ainda com casca, passaram por aferição da circunferência das extremidades e de seu comprimento, com a utilização de trena. Após esse procedimento, as toras foram submetidas ao aquecimento em vapor saturado direto, que consistiu no empilhamento das toras sob lonas, utilizadas para retenção de vapor saturado produzido pela caldeira e conduzido por tubos de PVC localizados transversalmente à base da pilha (Figura 3). As toras permaneceram em aquecimento por aproximadamente 12 horas, tempo padrão utilizado pela empresa no cozimento das espécies utilizadas na laminação. Passado o período de aquecimento, as mesmas foram descascadas manualmente com auxílio de machado e, novamente, aferiu-se a circunferência nas duas extremidades.

Figura 3 – Aquecimento de toras por meio de vapor saturado.



Fonte: A autora.

A laminação das toras se deu em torno desfolhador com garras, no qual foram produzidas lâminas com comprimento de 2,30 metros e espessura de 1,5 mm. O torno foi ajustado com ângulo de faca de 91° , rotação do motor de 1200 rpm e pressão do contra-rola de 5 MPa. No processo de laminação, as toras foram submetidas ao desenrolamento até que adquirissem formato cilíndrico, etapa na qual se fez nova mensuração da circunferência nas extremidades da tora. Na sequência, foi conduzido o desenrolamento contínuo da tora até a capacidade permitida pelas garras do torno, gerando como resíduo do processo o rolo resto que, da mesma forma, teve quantificada a circunferência.

Durante o desenrolamento contínuo, as lâminas foram transportadas por esteiras até a guilhotina rotativa para o seccionamento, na largura padrão de 0,90 m. A classificação e enfardamento das lâminas foram realizados de forma automatizada.

Finalizado o processo de laminação, a cada três lâminas produzidas foram mensuradas a largura e comprimento, com a utilização de trena, além da espessura em seis pontos distintos ao longo das bordas das lâminas, com a utilização de um paquímetro digital. Posteriormente, as lâminas foram conduzidas à secagem, que foi realizada por meio da exposição das mesmas ao ar sob cobertura até a etapa de manufatura dos painéis.

Na figura 4 constam as etapas do processo de avaliação do rendimento.

Figura 4 – Etapas do processo de avaliação do rendimento em laminação. Toras após o processo de aquecimento (a), Toras após o desenrolamento até a forma cilíndrica (b), rolo resto obtido ao fim da laminação (c), mensuração das dimensões das lâminas (d).



Fonte: A autora.

3.3 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO

O volume das toras, considerando a presença e ausência de casca, bem como os volumes após arredondamento das mesmas e também do rolo resto, resultante do processo de laminação, foram calculados considerando a equação 1. Para auxiliar no cálculo do rendimento em laminação, foi mensurado também o volume total de lâminas inteiras e segregadas obtidas de cada tora (Equação 2) e a perda em arredondamento (Equação 3). A partir desses dados foi possível determinar a percentagem de participação das perdas na redução do rendimento, considerando o volume da tora com casca como referência. Já o rendimento quantitativo total de lâminas do fardo foi calculado pela equação 4. Para avaliação do ajuste do torno laminador com relação à uniformidade da espessura, foi calculado o coeficiente de variação entre os valores encontrados. Também foi calculado o fator de conicidade das toras (Equação 5) a partir do volume das mesmas, antes e após o arredondamento (Equação 1).

$$V = \frac{\pi \times d^2}{40000} \times L \quad (1)$$

Em que: V = Volume da tora (m³); d = Diâmetro médio (cm); L = Comprimento da tora (m).

$$V = C \times L \times E \quad (2)$$

Em que: V = Volume do fardo (m³); C = Comprimento da lâmina (m); L = Largura da lâmina (m); E = Média da espessura da lâmina (m).

$$Pa = \text{Volume da tora} - \text{Volume do cilindro} \quad (3)$$

Em que: Pa = Perda no arredondamento (m³); Volume da tora = Volume da tora com casca (m³); Volume do cilindro (m³) = Volume da tora arredondada (m³).

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Volume de lâminas (m}^3\text{)}}{\text{Volume da tora com casca (m}^3\text{)}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Fator de conicidade} = \frac{D_2}{D_1} \quad (5)$$

Em que: D₁ = Diâmetro médio da ponta fina; D₂ = Diâmetro médio da ponta grossa.

3.4 CONFECÇÃO DOS PAINÉIS COMPENSADOS

Para a confecção dos painéis compensados as lâminas passaram pelo processo de secagem ao ar, portanto, sem controle das condições de umidade e temperatura, sendo esse o procedimento utilizado em maior escala na empresa onde ocorreu a laminação. O teor de umidade foi monitorado com medidor de eletrodo de agulhas, fabricado pela empresa Digisystem, modelo DUL 9009. Quando as lâminas atingiram teor de umidade inferior a 5%, as mesmas foram empacotadas e armazenadas em sacos plásticos, de forma que não absorvessem umidade do ar, até que se procedesse à confecção dos painéis.

Do total de lâminas obtidas, foram selecionadas aquelas de melhor qualidade visual para a confecção dos painéis compensados, que foi conduzida no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), situada no município de Lages – SC. Cada painel foi composto por 9 lâminas de 1,5 mm de espessura e dimensões de 50 cm x 50 cm.

A fim de promover a uniformização na composição estrutural dos painéis, todas as lâminas selecionadas foram pesadas em balança semi-analítica e agrupadas por classes de massa, a fim de direcionar as lâminas de maior massa para compor a capa dos painéis e as de menor massa no miolo, tendo em vista que as lâminas localizadas na capa e contracapa dos painéis são as maiores responsáveis pela performance dos mesmos quanto à resistência e rigidez. Na tabela 1 consta o esquema de distribuição das lâminas, em classes por amplitude de massa, e o modelo de seleção das 9 lâminas utilizadas na composição de um dos painéis confeccionados.

Tabela 1 – Distribuição das lâminas, de acordo com a sua massa, na composição de um dos painéis.

Classe	Massa (g)	Painel	
		Lâmina	Classe
A	140 - 150	1	I
B	151 - 160	2	G
C	161 - 170	3	E
D	171 - 180	4	C
E	181 - 190	5	A
F	191 - 200	6	D
G	201 - 210	7	F
H	211 - 220	8	G
I	221 - 230	9	H
J	> 230	-	-

Fonte: A autora.

Foram confeccionados 3 painéis para cada um dos 6 tratamentos, que se diferenciaram quanto à gramatura e composição da batida de cola (Tabela 2), num total de 18 painéis. A composição da cola consistiu em partes distintas de resina fenol formaldeído, água e extensor (farinha de trigo). A resina fenólica foi obtida por meio de doação da empresa Madeireira Rodrigues, localizada na cidade de Correia Pinto – SC. A mistura dos componentes foi homogeneizada em uma bateadeira industrial por um tempo de 15 minutos e espalhada em linha simples manualmente sobre a superfície das lâminas com a utilização de espátula e pincel.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados na confecção dos painéis compensados.

Tratamento	Composição (partes por peso)			Gramatura (g/m ²)*
	Resina	Água	Extensor	
T1	100	12	0	140
T2	100	12	12	140
T3	100	12	24	140
T4	100	12	0	160
T5	100	12	12	160
T6	100	12	24	160

* em linha simples

Fonte: A autora.

Após a transferência do adesivo, os painéis foram conduzidos para cura da resina em prensa aquecida, a uma pressão de 14 kgf/cm², durante 15 minutos, em temperatura de 140°C. Quando finalizada a prensagem, os painéis apresentaram espessura média de 10,0 mm. Na figura 5 consta a representação das etapas envolvidas na confecção dos painéis de madeira compensada.

Depois de confeccionados, os painéis tiveram uma das superfícies demarcadas (Figura 6) para extração dos corpos de prova, que seriam utilizados na condução dos ensaios físico-mecânicos, segundo dimensão, número de repetições e procedimentos definidos pelo conjunto de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para painéis compensados. Tais demarcações foram feitas de forma a distribuir ao longo do painel os corpos de prova dos diferentes ensaios e facilitar o esquadreamento dos mesmos.

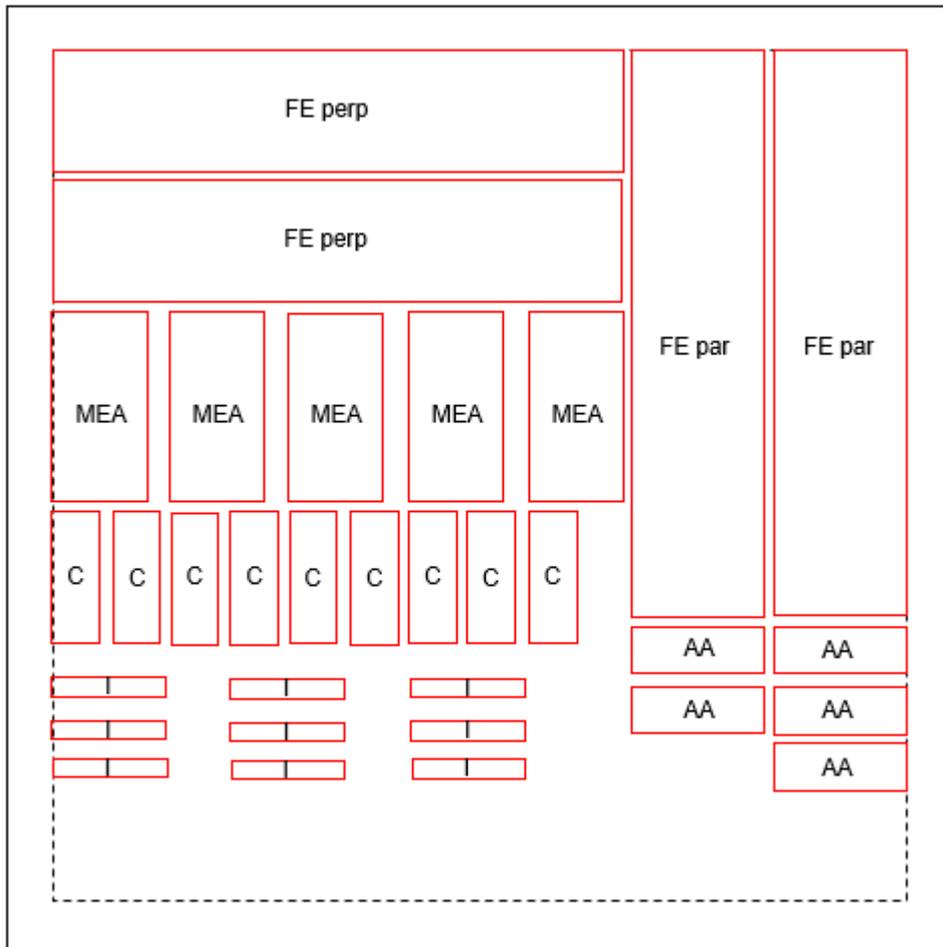
Figura 5 – Confeção dos painéis compensados. Lâminas para montagem dos painéis (A); Mistura do adesivo em bateadeira industrial (B); Pesagem da lâmina com adesivo, de acordo com a gramatura (C); Distribuição do adesivo, em linha de cola simples (D); Prensa utilizada na confecção dos painéis (E); Monitor da prensa a quente, com dados de temperatura, pressão e tempo de prensagem (F).



Fonte: A autora.

Durante o esquadrejamento dos painéis para a confecção de corpos de prova, foi observado a delaminação da linha de cola mais interna, o que pode ser atribuído ao teor de umidade incompatível das lâminas de madeira na ocasião da confecção dos painéis, inviabilizando a execução dos ensaios, com exceção do teste de flexão estática paralela e perpendicular à grã, que foi conduzido nos corpos de prova que apresentaram uma maior integridade estrutural, visto que o fato ocorreu com maior intensidade na ocasião da extração dos corpos de prova de menor dimensão. Como forma de evitar maiores problemas com os corpos de prova, o procedimento que visava a climatização dos mesmos, de acordo com o exposto na norma NBR 9489:2011 (ABNT) foi dispensado.

Figura 6 – Distribuição dos corpos de prova na área do painel.



Fonte: A autora.

FE perp – Flexão estática, no sentido perpendicular às fibras;

FE par – Flexão estática, no sentido paralelo às fibras;

MEA – Massa específica aparente;

C – Cisalhamento;

AA – Absorção de água;

I – Inchamento.

3.5 RESISTÊNCIA E RIGIDEZ AO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA

Este ensaio mecânico foi conduzido de acordo com a norma ABNT NBR 9533:2012. Foram avaliados corpos de prova de dimensão 28,7 cm x 7,5 cm (comprimento x largura), com esforços incididos no sentido paralelo e perpendicular às fibras das lâminas das capas, num total de 2 corpos de prova para cada ensaio por painel produzido. O teste foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos com capacidade de carga de 30 ton, localizada no Laboratório de Recursos Florestais da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

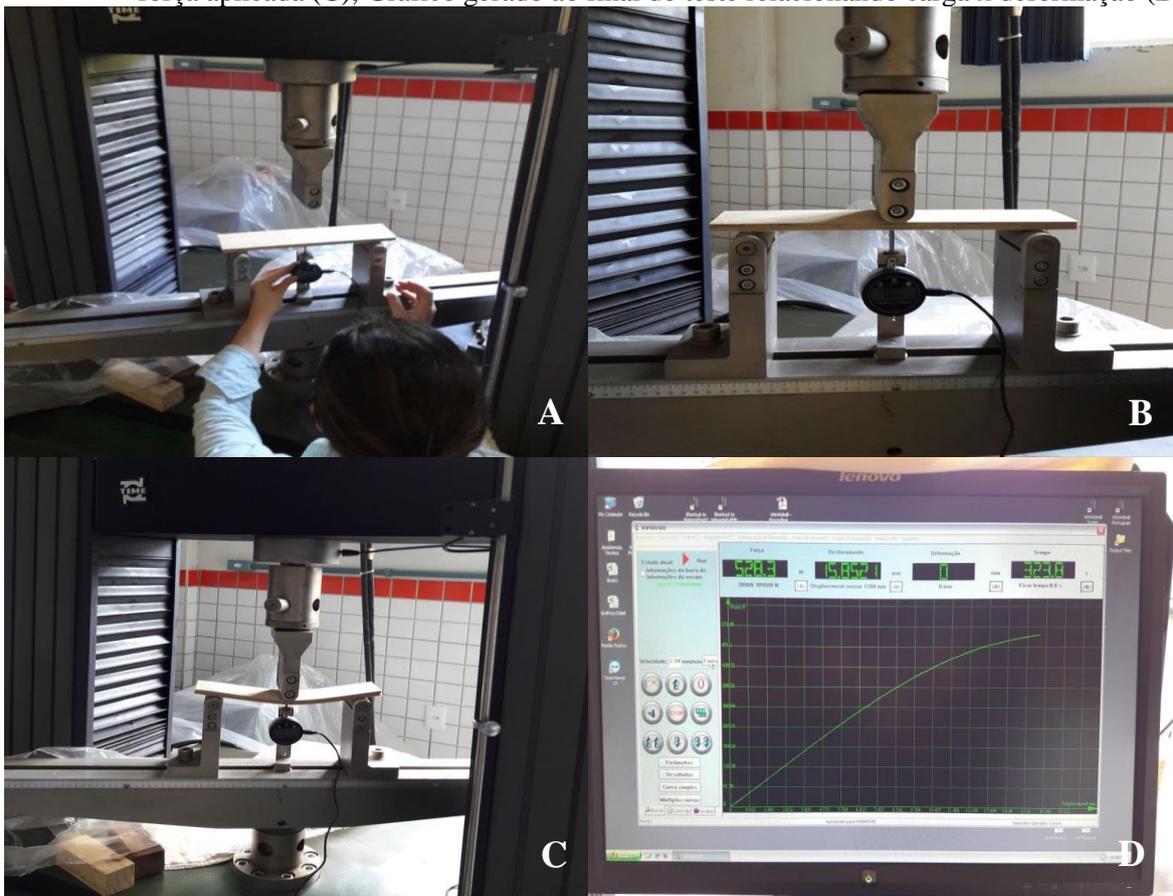
Previamente à execução do ensaio foi definida a velocidade de carregamento (Equação 6). O valor do vão entre os apoios foi calculado de acordo com a referida norma de ensaio, que estabelece que o mesmo seja de 25 vezes a espessura nominal do corpo de prova.

$$V = \frac{k \times L^2}{6 \times e} \quad (6)$$

Em que: V = Velocidade de carregamento (mm/s); k = taxa de deformação da fibra, igual a 0,00005 (mm); L = Vão (mm); e = Espessura do corpo de prova (mm).

Determinou-se assim que o vão utilizado no ensaio seria de 237,5 mm e a velocidade de carregamento seria de 2,94 mm/m. Na figura 7 constam as etapas da realização do ensaio.

Figura 7 – Realização do ensaio de resistência à flexão estática. Ajuste do corpo de prova na máquina de ensaios (A); Corpo de prova durante o ensaio (B); Corpo de prova com deformação pela força aplicada (C); Gráfico gerado ao final do teste relacionando carga x deformação (D).



Fonte: A autora.

Para cada corpo de prova analisado, foram registrados os valores do módulo de elasticidade (MOE), determinado automaticamente pelo software da máquina de ensaios, e a

carga máxima suportada, para posterior determinação do módulo ou tensão de ruptura (MOR), por meio da equação 7.

$$T_r = \frac{3 \times F_{m\acute{a}x} \times L}{2 \times l \times e^2} \quad (7)$$

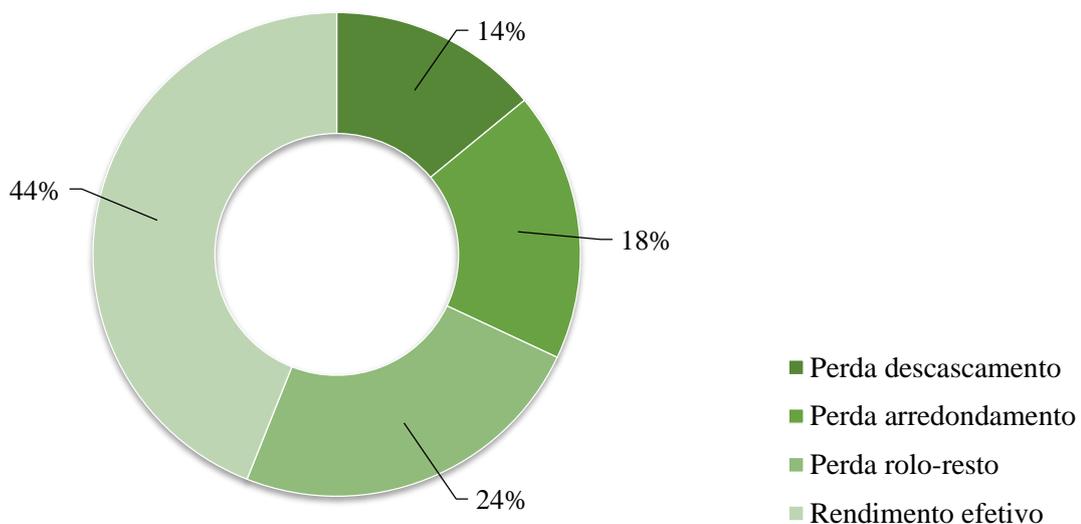
Em que: T_r = Tensão de ruptura ou módulo de ruptura (Mpa); $F_{m\acute{a}x}$ = Carga de ruptura (N);
 L , l , e = Vão, largura e espessura do corpo de prova, respectivamente (mm)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO

Na figura 8 consta a porcentagem de rendimento efetivo na laminação e as perdas no descascamento, arredondamento e no resíduo do processo (rolo resto).

Figura 8 – Porcentagens do rendimento efetivo da laminação.



Fonte: A autora.

O coeficiente de variação médio (CV) para as espessuras foi de 2,4%. Esse valor é inferior ao encontrado por Modes et al. (2014) na laminação de *Schizolobium amazonicum* em torno tracionado (3,27%) e Bortoletto Júnior (2008), ao laminar *P. merkusii* em torno de garras (6%), indicando assim uma boa regulagem do torno utilizado no presente estudo.

O rendimento médio efetivo na laminação de toras de *P. patula* com diâmetro médio de 27,0 cm foi de 44%, sendo que a maior perda média no processo se deu pelo resíduo do processo, ou seja, o rolo resto (24%), seguido da perda no arredondamento (18%) e do descascamento (14%). A porcentagem de rendimento efetivo é próxima a registrada por Bonduelle et al. (2006) (48%) ao avaliar a laminação de toras de *Pinus* spp., com diâmetro médio de 29 cm, portanto, pouco superior ao do presente estudo. Segundo os referidos autores, o rendimento em laminação de toras com maiores diâmetros é maior em relação às toras com menor diâmetro, devido ao maior aproveitamento da faixa diamétrica da parte externa da tora até o rolo resto, uma vez que o diâmetro do rolo resto é função do tipo de equipamento (torno de fuso).

A perda relativa ao rolo resto foi alta e diferente dos resultados encontrados na literatura com torno laminador de mesmas características tais como Almeida et al. (2014) (15,11%) com a madeira do híbrido *P. elliotti* var. *elliotti* × *P. caribaea* var. *hondurensis* e Bortoletto Júnior (2008) com a laminação de *P. merkusii* (7,1%). De modo geral, a maioria das indústrias trabalha com um diâmetro médio do rolo resto de 10 cm (BONDUELLE et al., 2006) e o diâmetro médio do rolo resto foi de aproximadamente 13 cm no presente estudo.

A maior perda em rolo resto observada no presente estudo, além de ser atribuída ao tipo de equipamento utilizado (torno de garras), foi influenciada pelo acondicionamento conferido às toras. Como já descrito, estas foram submetidas a aquecimento de acordo com os padrões utilizados na empresa, que lamina toras de *P. taeda* e *P. elliotti*, com idade mínima de 22 anos, idade que a madeira passa então a apresentar melhores propriedades físicas e mecânicas. Dessa forma, durante o processo de laminação foi possível observar que as toras de *P. patula* passaram por um cozimento excessivo para a idade (15 anos) e as características que possuía.

Enquanto a tora era rotacionada e comprimida pelo contra-rolo, foi possível observar o escorrimento de água, o que indica um alto teor de umidade da madeira na ocasião da laminação. Esse fato pode acarretar no rompimento das células, já que parte da água livre é forçada a sair da madeira pela alta velocidade e compressão durante o corte, causando o fendilhamento e superfície irregular das lâminas (HASELEIN; PAULESKI, 2004). Portanto, o amolecimento excessivo da madeira levou à perda de resistência, o que implicou na decisão do operador de finalizar a laminação com rolo-resto de maiores diâmetros, a fim de evitar que os mesmos quebrassem enquanto eram rotacionados. O amolecimento excessivo também pode ser justificado pela densidade da madeira. Padilha (2016) encontrou, para toras provenientes do mesmo local que as utilizadas no presente estudo, densidade básica de 0,35 g/cm³, valor relativamente baixo se comparado a outras espécies do gênero *Pinus*.

A perda no descascamento foi muito semelhante a registrada por Bortoletto Júnior (2008) que obteve perdas da ordem de 13,5%. No presente estudo a perda no descascamento foi responsável pela menor participação das perdas no processo (14%). Segundo Almeida et al. (2014), na medida em que a casca obviamente não pode ser convertida em lâminas de madeira, o baixo rendimento de laminação da madeira do híbrido calculado com a casca inclusa é de importância secundária. Porém, no presente estudo optou-se por considerar a perda em descascamento, assim como nos estudos realizados por Santos et al. (2015) e Bortoletto Junior e Belini (2002). A perda em descascamento reflete o teor de casca das espécies, sendo tal informação relevante para as indústrias, principalmente para as que

utilizam a casca como biomassa para caldeira. Os percentuais de casca, bem como sua composição que varia entre espécies, inferem sobre a decisão em utilizar os resíduos incluindo ou não a casca, uma vez que os diferentes resíduos influenciarão diretamente no poder de geração de calor e no modelo de caldeira a ser utilizado pela empresa (BRAND et al., 2017).

As perdas em arredondamento são superiores nos casos em que o diâmetro médio da ponta grossa é muito superior ao diâmetro médio da ponta fina, ou seja, quando as toras são mais cônicas. A conicidade das toras, expressa pelo fator de forma, influi significativamente no rendimento em lâminas verdes, ou seja, quanto mais cilíndrica a tora, maior o aproveitamento (BONDUELLE et al., 2006). O fator de conicidade médio para as toras laminadas, de 0,90, pode ter contribuído para o bom rendimento encontrado na laminação, levando em consideração a menor perda em madeira no processo de arredondamento (18%). Quando relacionada ao fator de forma, foi possível observar que as toras que obtiveram maior fator de forma foram as que apresentaram maiores perdas no arredondamento, podendo-se concluir, portanto, que a conicidade das toras foi o fator de maior influência no processo. Bonduelle et al. (2006), na avaliação da laminação de *Pinus* spp. em diferentes indústrias do estado do Paraná, também encontraram um fator de conicidade médio de 0,90, bem próximo ao cilindro perfeito, representado pelo fator de forma igual a 1, o que implica em rendimentos superiores.

4.2 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS COMPENSADOS

Dos 72 corpos de prova obtidos, sendo esse número correspondente ao total para o ensaio de resistência à flexão estática nos sentidos perpendicular e paralelo às fibras, apenas 55 foram analisados (Tabela 3), já que 16 tiveram a colagem demasiadamente prejudicada inviabilizando a aplicação do teste, como demonstrado na Figura 9. Observa-se que os tratamentos com ausência de extensor nas duas gramaturas avaliadas (T1 e T4) foram os que apresentaram uma maior perda em material para avaliação. Esse fato pode ser atribuído à maior quantidade de água na composição do adesivo, aliado ao elevado teor de umidade das lâminas, que demandaria proporcionalmente um maior tempo de prensagem para que a linha de cola mais interna pudesse aquecer-se num tempo adequado para a evaporação do solvente, efetivando-se a cura da resina. O fenômeno ocorreu com maior ênfase para a batida de cola aplicada sob maior gramatura (160 g/m²), culminando na formação de bolhas de vapor

durante a prensagem, devido ao tempo insuficiente para o vapor migrar para as bordas do painel, especialmente pela linha de cola mais interna.

Tabela 3 – Número de corpos de prova avaliados por tratamento.

Tratamento	Número de corpos de prova
T1	9
T2	11
T3	10
T4	5
T5	10
T6	10
TOTAL	55

Fonte: A autora.

Figura 9 – Visualização dos corpos de prova com e sem delaminação.



Fonte: A autora.

De acordo com Schultz (2008), para compensados, as exigências quanto ao teor de umidade das lâminas variam de acordo com o painel e o tipo de resina utilizada na colagem. A autora descreve que o perfeito controle do teor de umidade é de extrema importância, uma vez que altos teores de umidade causam a formação de bolhas de vapor durante a prensagem, que implicam em colagens ineficientes dos painéis.

Como descrito anteriormente, o processo de secagem das lâminas utilizadas na fabricação dos compensados não contava com um controle rigoroso das condições de temperatura e umidade. Após a secagem, a verificação do teor de umidade indicava níveis inferiores a 5%. No entanto, até que se procedesse à produção dos painéis propriamente dita, é

possível que tenha ocorrido troca de umidade com o ambiente, elevando o teor de umidade das lâminas.

Dessa forma o resultado, expresso na má qualidade da colagem dos corpos de prova na linha de cola mais interna dos painéis, pode ser indício de que o teor de umidade das lâminas, possivelmente, estava acima do exigido para a colagem com adesivo à base de resina fenol-formaldeído que, de acordo com o Programa Nacional da Qualidade da Madeira (PNQM, 2004), publicado pela Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI), deve ser inferior a 8% e 12%, para lâminas de capa e miolo, respectivamente.

De acordo com Iwakiri (2005), os extensores possuem diversas finalidades, tais como a redução do custo do adesivo, auxiliar na maior viscosidade da cola e evitar a penetração excessiva do adesivo na madeira, prejudicando assim a qualidade da colagem. A viscosidade, por sua vez, afeta fortemente a umidade, o fluxo, a penetração e, em particular, a transferência do adesivo para a superfície oposta quando a pressão é aplicada nas lâminas (KRETSCHMANN, 2010). Portanto, considerando a função que o extensor desempenha na composição do adesivo, aliado à influência da viscosidade, é possível também inferir que a ausência de extensor contribuiu para que a viscosidade do adesivo fosse reduzida nos tratamentos em que a cola era composta apenas por água e resina, resultando em uma absorção excessiva na linha de cola, o que pode ter prejudicado a colagem das lâminas, nos tratamentos que apresentaram maior número de corpos de prova com delaminação total, sendo estes T1 e T4.

Os resultados médios obtidos para o módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), para cada tratamento, no ensaio de flexão estática com carga aplicada no sentido paralelo e perpendicular às lâminas da capa, são apresentados na Tabela 4

A menor média, para MOR e para MOE, foi apresentada pelo tratamento T4 (sem extensor na composição da cola e gramatura de 160 g/m²), tanto nos resultados de ensaio no sentido paralelo como perpendicular à grã das lâminas da capa dos painéis. Dessa forma, a ausência de extensor e maior gramatura podem ter influenciado na formação de uma linha de cola frágil, com reflexos na baixa qualidade dos painéis no que se refere à resistência e rigidez, em virtude de que este tratamento, conforme já relatado, contou com maior quantidade de água na sua composição, o que pode implicar em uma absorção excessiva do adesivo pela madeira, além de favorecer maior geração de vapor na linha de cola mais interna, justificando a delaminação.

Tabela 4 – Valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) paralelo e perpendicular dos painéis compensados de *P. patula*.

Tratamento	Paralelo		Perpendicular	
	MOE	MOR	MOE	MOR
MPa				
T1	2900,91	24,56	2791,85	24,42
T2	3216,83	28,72	2535,28	28,70
T3	2898,89	32,34	3645,31	32,34
T4	2797,34	23,00	913,33	9,76
T5	3333,98	26,68	1875,97	20,95
T6	3827,49	35,47	2341,13	28,22
Média	3162,57	28,46	2350,48	24,06

Fonte: A autora.

T1: 100 partes de resina, 12 partes de água, 0 partes de extensor, em gramatura de 140 g/m²; T2: 100 partes de resina, 12 partes de água, 12 partes de extensor, em gramatura de 140 g/m²; T3: 100 partes de resina, 12 partes de água, 24 partes de extensor, em gramatura de 140 g/m²; T4: 100 partes de resina, 12 partes de água, 0 partes de extensor, em gramatura de 160 g/m²; T5: 100 partes de resina, 12 partes de água, 12 partes de extensor, em gramatura de 160 g/m²; T6: 100 partes de resina, 12 partes de água, 24 partes de extensor, em gramatura de 160 g/m².

Com relação aos valores médios de MOR e MOE para cada sentido, perpendicular e paralelo, observam-se valores mais elevados no sentido paralelo às fibras, concordando com a literatura. De acordo com Suchsland (1972 apud PALMA, 1994), isso acontece principalmente em compensados confeccionados com poucas camadas de lâminas, pois nestes existe, proporcionalmente em sua composição, um maior número de lâminas com grã paralela ao comprimento do corpo de prova avaliado, cuja característica atribuí uma maior resistência e rigidez nesse sentido. Já segundo Keinert (1984 apud PALMA, 1994) quanto maior o número de camadas no painel, maior é a equalização da resistência e da rigidez nas duas direções, devido a melhor distribuição de cargas através do compensado (KEINERT, 1984 apud PALMA, 1994).

De maneira geral, o tratamento T2 (adesivo com 12 partes de água e 12 partes de extensor, em gramatura de 140 g/m²) foi o que apresentou melhor resultado, visto que os valores de resistência e rigidez, para ambos os sentidos da grã, foram semelhantes, o que indica uma melhor distribuição das cargas no painel, como citado anteriormente. Já no sentido paralelo às fibras, o tratamento de melhor performance foi o T6 (adesivo com 12 partes de água e 24 partes de extensor em uma gramatura de 160 g/m²). Para o sentido perpendicular, destacaram-se os painéis do tratamento de mesma composição, porém com gramatura de 140 g/m² (T3).

De acordo com Almeida (2009), os extensores são responsáveis pela ligação entre as superfícies da madeira e pela transferência das tensões geradas na linha de cola, o que justifica os melhores resultados encontrados os tratamentos com a presença deste constituinte. Porém, Selbo (1975 apud ALMEIDA, 2009) ressalta que a utilização de maiores quantidades de extensor deve ser restrita a painéis aos quais não serão impostas condições que exijam alta resistência à umidade, já que o extensor reduz a resistência da linha de cola em condições úmidas. Portanto, é recomendado atentar-se à utilização que será dada ao painel, de forma que suas propriedades não reduzam sua durabilidade ou inviabilizem seu uso.

Na Tabela 5 consta um comparativo dos resultados médios de resistência e rigidez registrados no presente estudo e os valores médios, máximos e mínimos estabelecidos pelo Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM) da Associação Brasileira das Indústrias de Madeira processada mecanicamente (ABIMCI), para painéis compensados de *Pinus* com espessura de 12 mm, colados com resina fenólica.

Tabela 5 – Comparativo dos resultados do presente estudo com o Catálogo Técnico do PNQM.

Sentido	Presente estudo	PNQM		
		Mínimo	Médio	Máximo
MPa				
MOR (perpendicular)	32,34	20,58	32,05	45,27
MOE (perpendicular)	3645,32	1762,90	2590,96	4047,22
MOR (paralelo)	35,47	27,38	45,36	63,58
MOE (paralelo)	3827,49	3100,72	5139,78	7063,29

Fonte: A autora.

Esse comparativo permite avaliar que, embora tenham ocorrido problemas na manufatura dos painéis compensados, as propriedades relativas à resistência e rigidez à flexão estática pelos mesmos está dentro dos valores mínimos estipulados pelo PNQM, especialmente no sentido perpendicular. Porém, por se tratar de painéis que apresentaram variados graus de delaminação da linha de cola mais interna, deve-se considerar de que não são representativos da qualidade apresentada pela madeira de *P. patula* na manufatura de painéis compensados em relação as diferentes composições de cola avaliadas.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados no presente estudo, é possível concluir que:

O rendimento médio na laminação de toras de *P. patula* com diâmetro médio de 27,0 cm foi de 44,0%. A perda em rolo resto foi a maior responsável pela redução no rendimento em lâminas, com 24%, seguida da perda em arredondamento (18%) e da perda no descascamento (14%);

Embora procedente de desbaste e, portanto, de qualidade inferior, o rendimento registrado para as toras de *P. patula* avaliadas demonstra sua viabilidade técnica na produção de lâminas;

São necessários estudos a fim de definir o tempo ótimo de cozimento de toras da espécie, considerando a amplitude de diâmetro avaliada, a fim de verificar possíveis ganhos em rendimento;

Os tratamentos que apresentaram os piores resultados, tanto na colagem dos painéis, quanto nos resultados de MOR e MOE foram T1 (adesivo sem extensor, em gramatura de 140 g/m²) e T4 (adesivo sem extensor, em gramatura de 160 g/m²). Os fatores que possivelmente influenciaram a qualidade da colagem foram a ausência de extensor nesses tratamentos, e a umidade das lâminas na ocasião na prensagem;

Os tratamentos com maior número de corpos de prova delaminados foram os confeccionados com maior gramatura (160 g/m²). Porém, por ausência de análise estatística, não é possível inferir que a gramatura exerceu influência nesse resultado;

O tratamento que apresentou os melhores resultados de MOR e MOE foi o T2 (adesivo com 12 partes de extensor, em gramatura de 140 g/m²), considerando a distribuição equilibradas cargas na área do painel.

6 RECOMENDAÇÕES

Uma vez que ocorreu a delaminação dos painéis compensados produzidos, recomenda-se a execução de estudo com a mesma espécie reproduzindo os tratamentos com proporção diferenciada de extensor e gramatura, para que possa ser conduzida a caracterização completa dos painéis produzidos e a obtenção de resultados verdadeiramente representativos da influência das condições de manufatura e potencial da espécie.

Além disso, estudos que investiguem as propriedades químicas e anatômicas da espécie são importantes, principalmente pela carência de informações disponíveis na literatura e pelo potencial que a espécie possui de ser comercialmente utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. Laminação: da madeira dos sarcófagos à moderna indústria. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 5, n. 29, p. 38-40, 1996.

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo ureia-formaldeído e doa compensados de pinus e paricá**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

ALMEIDA, N. F.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; MENDES, R. F. Produção e avaliação da qualidade de um híbrido de *Pinus elliotti* var. *elliotti* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 261-268, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Catálogo Técnico de Painéis de Compensado Tropical**. Curitiba, 2007. 4 p.

_____. **Estudo Setorial 2009 Ano Base 2008**. Curitiba: ABIMCI, 2009. 43 p.

_____. **Programa Nacional Da Qualidade Da Madeira Tropical e Pinus**. Curitiba: ABIMCI, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9533**: Compensado – Determinação da resistência à flexão extática. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

BEDNARCZUK, E. **Produção de lâminas e painel compensado multilaminado com madeira de *Hovenia dulcis* Thunberg (Uva-do-Japão)**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2015.

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, M. D. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus* spp. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 120, n. 2, p. 35-41, 2006.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 95-103, 2008.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; BELINI, U. L. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de Guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2002.

BORTOLETTO JUNIOR, G; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 563-270, 2004.

BRAND, M. A.; COSTA, V. J.; DURIGON, A. et al. **Determinação das propriedades energéticas de resíduos de madeira em diferentes períodos de armazenamento**. S.d. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br/wps/wcm/connect/304a87b4-66c9-4dbc-9494-b4e6896c4328/numero3.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=304a87b4-66c9-4dbc-9494-b4e6896c4328>>. Acesso em: 12 jul 2017.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ – FAEP. **Um primata complicado**. S.d. Disponível em: <<http://www.sistemafaeP.org.br/um-primata-complicado.html>>. Acesso em: 05 out. 2017.

GILLESPIE, A. J. R. *Pinus patula* Schiede and Deppe. **Patula pine**. New Orleans: Forest Service, 1992. 5 p.

HASELEIN, C. R.; PAULESKI, D. T. **Caderno Didático da Disciplina de Tecnologia da Madeira II: Parte I – Adesivos, Lâminas e Compensados**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2004. 80 p.

HSU, W. E. Wood quality requirements for panel products. **Timber Management Toward Wood Quality and End-Product Value**, Portland, p. 1-7, 1997.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório Ibá 2017**. São Paulo: IBÁ, 2016. 77 p.

INTERAMNENSE, M. T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensado**. 1998. 81 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; TRIANOSKI, R. et al. Produção de painéis compensados fenólicos com lâminas de madeira de *Sequoia sempervirens*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 264-70, 2013.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. et al. Utilização de extensores alternativos na produção de compensados multilaminados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 77-83, 2000.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; FERREIRA, E. S. et al. Produção de painéis compensados estruturais com diferentes composições de lâminas de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 569-276, 2012.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G. et al. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.

JINLUN MACHINERY BRASIL. **Torno laminador de toras 10 pés**. S.d. Disponível em: <<http://www.jinlunmachinery.com.br/produtos/torno-laminador-de-toras-de-10-pes-sem-fuso.html>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

KRETSCHMANN, D. E. Mechanical Properties of Wood. In: Madison, W. **Wood as an engineering material**. Rev. Wood handbook: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 46 p.

LIEBSCH, D.; OLIVEIRA, E. B.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; MIKICH, S. B. **Inventário e aplicativo computacional para avaliação de danos causados por macaco-prego em plantios de pinus**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. 8p. (Comunicado técnico, 384).

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.

MARTARELLO, L. P. **Controle de custos em empresa de laminação da madeira**. 2013. 25 f. Monografia (Especialização em Gestão Florestal) – Departamento de Economia Rural, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J. R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliotti* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 18, 2003, Blumenau. **Anais...** Blumenau: FURB, 2003. 5 p.

MODES, K. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; SANTOS, L. M.; VIVIAN, M. A. Rendimento em laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* em torno desfolhador do tipo tracionado. **Ciência da Madeira**, v. 5, n. 2, p. 151-157, 2014.

MOURA, V. G.; PARCA, M. L. S.; SILVA, M. A. Variação da densidade da madeira espécies e procedências de Pinus Centro-Americanos em três locais na região dos Cerrados. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 29-44, 1991.

NUNES, J. D. **Bandeamento cromossômico e conteúdo de DNA em espécies tropicais de Pinus**. 2008. 53 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2008.

ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R.; JAMNADASS, R.; SIMONS, A. **Agroforestry database: a tree reference and selection guide version 4.0**. 2009. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Pinus_patula.PDF>. Acesso em: 05 out. 2017.

PADILHA, E. M. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de Pinus patula Schlttdl. & Cham**. 2016. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 2016.

PALMA, H. A. L. **Determinação de parâmetros elástico e de resistência e a influência da madeira nas propriedades de compensados de Pinus elliotti Engelm. e Pinus taeda L.** 1994. 167 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1994.

PEREIRA, G. F. **Comparação das propriedades físicas de painéis de madeira aglomerada de Pinus patula e Pinus sp. de origem industrial**. 2014. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 2014.

PINTO, J. A. **Análise da viabilidade do uso da madeira de “Cryptomeria japonica” para laminação e produção de painéis compensado**. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

PINUSLETTER. Os *Pinus* no Brasil: *Pinus patula*. **Grau Celsius**, Porto Alegre, n. 15, 2009. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/Pinus_15.html>. Acesso em: 05 out. 2017.

- RIBEIRO, T. S. **Produção de painéis compensados de *Pinus taeda* com resina ureia-formaldeído utilizando diferentes extensores.** 2008. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2008.
- SANCHES, F. **Avaliação dos parâmetros do processo de revestimento e painéis compensados com filme fenólico para uso como fôrmas de concreto.** 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
- SANTOS, A. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MARTINS, E. H.; LIMA, J. V.; PROTASIO, T. P. Rendimento efetivo em laminação de madeira de *Pinus oocarpa* cultivada no estado de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1662-1670, 2015.
- SELLERS JR., T. **Plywood and adhesive technology.** New York: Marcel Dekker, 1985. 661 p.
- SCHULTZ, A. C. P. **Avaliação da colagem e da variação de umidade na produção de painéis de madeira compensada com mistura de espécies.** 2008. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.
- STELLA, J. C. **A influência de variáveis do ciclo de prensagem e gramatura de cola nas propriedades mecânicas de compensados de paricá (*Schizolobium amazonicum*).** 2009. 51 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.
- TAVARES, E. L. **Madeira de *Pinus patula* e de *Pinus taeda* para laminação e produção de painéis multilaminados.** 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, 2017.
- THOEMEN, H.; IRLE, M.; SERNEK, M. Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists. In: THOEMEN, H; IRLE, M; SERNEK, M. **Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists.** Cost Office: Londres, 2010.
- VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 323-384, 2014.
- VIEIRA, M. C.; BRITO, E. O.; GONÇALVES, F. G. Evolução Econômica do Painel Compensado no Brasil e no Mundo. **Floresta e Meio Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 277-285, 2012.