

ANÁLISE DA TENDÊNCIA PELO MÉTODO QUANTITATIVO DE SÉRIES TEMPORAIS DOS PREÇOS DEFLACIONADOS DE MADEIRA LAMINADA COLADA E SUAS MATÉRIAS PRIMAS ¹

ANALYSIS OF DEFLATED PRICES AND ITS TREND OF GLULAM AND ITS MAIN RAW MATERIALS BY THE QUANTITATIVE TIME SERIES METHOD

Ernesto Augusto GARBE^{2,3,5}; Jorge Luis Monteiro de MATOS³; Delcio PEREIRA³; José Guilherme PRATA²; Humberto ÂNGELO⁴; Romano TIMOFEICZYK JUNIOR²; José Eduardo Flores RIVERA³

RESUMO - A madeira é um dos principais materiais de construção do homem e, conseqüentemente, existe uma forte demanda por madeiras com propriedades uniformes e economicamente viáveis, tais como a Madeira Laminada Colada - MLC, em áreas de constante crescimento, assim como na construção civil e na indústria moveleira. No entanto, apesar da sua ampla cobertura florestal, suficiente para sustentar as necessidades do mercado de suprimentos da matéria prima da MLC, o Brasil ainda possui um mercado praticamente inexistente para este tipo de material. Diante disso, este estudo tem o objetivo de avaliar os preços praticados no mercado da MLC, assim também como os das suas principais matérias primas no Brasil, para assim desenvolver tendências que possam ajudar a determinar a viabilidade do mercado da MLC no país. Foram determinados os preços das matérias primas mais relevantes, *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*, os preços dos produtos com base em informações de bibliografias, *benchmarking* e validados em contatos com os produtores. Dessa maneira foi aplicada uma metodologia de deflacionamento que permitiu desenvolver tendências e previsões da evolução desses preços nos próximos anos. Os resultados obtidos identificaram que a Madeira Laminada Colada de pínus e de eucalipto está em leve tendência de crescimento e ao mesmo tempo o custo de matéria prima em tendência em decréscimo, o que pode ser fator de competitividade para os produtores.

Palavras-chave: vigas laminadas; *Pinus taeda*; *Eucalyptus grandis*; deflacionamento; madeira serrada.

ABSTRACT - Wood is one of the main building materials of man and, consequently, there is a strong demand for wood with uniform and economically viable properties, such as glulam, in areas of constant growth such as construction and wood furniture industry. However, despite its large forest cover, sufficient to support the needs of glulam's raw material supply market, Brazil still has a virtually non-existent market for this type of material. Therefore, this study aims to evaluate the prices practiced in the glulam market, as well as those of its main raw materials in Brazil, in order to develop trends that can help determine the viability of the glulam market in the country. The prices of the most relevant raw materials, *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* were determined, as well as the prices of the products based on bibliographic information, *benchmarking*, and validated in contact with producers, and thus a deflation methodology was applied, which allowed the development of trends and forecasts of the evolution of these prices in the coming years. The results obtained identified that the glued laminated wood of pine and eucalyptus is in a slight tendency of growth and at the same time, the cost of raw material in a decreasing tendency, which can be competitiveness factor for the producers.

Keywords: laminated beams; *Pinus taeda*; *Eucalyptus grandis*; deflation; lumber.

¹Recebido para análise em 20.08.2019. Aceito para publicação em 21.11.2019.

²Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, UFPR - CIFLOMA, Engenharia Florestal, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil.

³Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ensino do Planalto Norte, UDESC - CEPLAN, Departamento de Tecnologia Industrial, Rua Luiz Fernando Hastreiter, nº 180, Centenário, 89290-000, São Bento do Sul, SC, Brasil.

⁴Universidade de Brasília - Pós-Graduação em Ciências Florestais, Campus Universitário Darcy Ribeiro, s/n. CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil

⁵Autor para correspondência: Ernesto Augusto Garbe - ernestoaugustogarbe@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma ampla cobertura florestal, a qual vem sendo gradativamente aumentada devido às eficientes técnicas silviculturais e de manejo, tendo resultado no aumento da produtividade de madeira a partir das florestas de rápido crescimento, capaz de suprir as necessidades da indústria de base florestal, nos seus mais variados segmentos, entre os quais sobressaem a indústria de móveis e da construção civil.

Um dos setores que mais tende a crescer é o de madeiras compostas a partir de pequenos elementos. A Madeira Laminada Colada - MLC possui um mercado enorme que praticamente não existe no Brasil, apesar da necessidade de madeira com propriedades uniformes, exigida pela indústria moveleira, bem como as características técnicas, econômicas e estéticas necessárias à construção civil.

A madeira é sempre apresentada como um dos mais importantes materiais de construção utilizados pelo homem. A escassez de espécies tradicionais, a crescente preocupação pela conservação dos recursos florestais e os elevados custos finais dos materiais de construção, intensificou a busca de madeiras alternativas, que tivessem assegurado o seu suprimento, a qualidade e o nível dos preços. Estes elementos, associados à redução da pressão sobre as florestas nativas, fizeram das madeiras de reflorestamento a resposta ideal para a demanda de madeiras para o uso em construção civil, especialmente em estruturas. A Madeira Laminada Colada tem se mostrado como alternativa promissora para um melhor aproveitamento dos recursos florestais brasileiros. Seu comportamento mecânico, manutenção dos padrões de estética da madeira serrada e possibilidade de obtenção de formas diferenciadas, com dimensões praticamente ilimitadas, sugere que este material seja mais bem explorado por arquitetos, engenheiros e pesquisadores nacionais (Calil Neto, 2011).

O conhecimento deste mercado e do mercado de suprimentos de matérias primas e espécies de madeira utilizadas torna-se então, uma importante ferramenta para avaliação da viabilidade deste tipo de empreendimento, gerando com isso maior valor econômico ao setor. Além disso, o conhecimento dos preços evita uma desvalorização dos produtos e a maximização da competitividade e dos resultados dos produtores.

O objetivo principal do presente estudo é avaliar os preços praticados no mercado da MLC, assim também como os das suas principais matérias primas no Brasil, para assim desenvolver tendências que possam ajudar a determinar a viabilidade do mercado da MLC no Brasil.

Foram utilizados dados de mercados de produtos finais e de suprimentos, e assim, foi possível determinar a evolução e previsão dos preços. Foi determinado o preço da MLC, transformado em R\$/m³ de produto acabado, foram listadas as espécies de madeira utilizadas pelos produtores do Brasil; foram avaliados os preços médios praticados para as madeiras mais utilizadas, com base em informações de bibliografias, *benchmarking* e contatos com fabricantes. Os preços foram deflacionados e com base nestes, feita linha de tendência em método quantitativo de séries temporais. Verificou-se a evolução de preços favoráveis às indústrias de Madeira Laminada Colada.

1.1 Madeira Laminada Colada

As estruturas de madeira possuem qualidades excelentes sob muitos aspectos. Vantagens construtivas como rapidez e facilidade de montagem devido ao baixo peso próprio de cada componente, beleza arquitetônica, baixo custo, alto grau de industrialização, além de ser o sistema construtivo menos agressivo ao meio ambiente são alguns exemplos de benefícios que este tipo de estrutura pode propiciar (Calil Neto, 2011).

Para Stamato (1998), o enfraquecimento das seções de madeira maciça devido à existência de defeitos naturais do crescimento da árvore levou ao surgimento de produtos derivados de lâminas de madeira. A Madeira Laminada Colada - MLC é o produto resultante da colagem de lâminas de madeira, com suas fibras orientadas paralelamente ao eixo longitudinal da peça (Moody e Liu, 1999).

A grande vantagem da MLC é a possibilidade da utilização de lamelas de melhor qualidade nas regiões de alta solicitação e lamelas de qualidade inferior nas regiões de menor solicitação. Para Azambuja (2006) esta característica possibilita a fabricação de elementos estruturais com qualidade e confiabilidade superior à da madeira sã, pois as lâminas de menores dimensões permitem uma classificação mais precisa com relação a

seus defeitos, como nós e medulas, ocorrendo o descarte das peças de qualidade insatisfatória.

Embora seja um dos mais antigos produtos resultantes da colagem de lâminas, a MLC ainda não é um material plenamente empregado nas construções brasileiras, resultado da pequena tradição no seu uso, elevados custos e reduzido número de empresas envolvidas em sua fabricação (Calil Neto, 2011).

No entanto, há um grande mercado a ser explorado no Brasil. Também se pode dizer que em termos de suprimentos de madeira, temos em nosso país, toda disponibilidade e produtividade florestal necessária. O desenvolvimento deste produto se dará com a qualificação do produto e matérias primas às especificações internacionais, bem como com a difusão do conhecimento do produto na sociedade. Para que haja a difusão do conhecimento entre as pessoas é necessário que se tenha mais empresas produzindo este tipo de material e, portanto, haja mais localidades que disponibilizem Madeira Laminada Colada no Brasil (Olga, 2015).

1.2 Exemplos de Estruturas de Madeira Laminada Colada

A seguir serão apresentados três exemplos relevantes de aplicações da Madeira Laminada Colada em grandes estruturas, que hoje em dia recebem a visita de milhares de pessoas.

1.2.1 Parque de Exposições de Brasília

A logística desta obra teve grande influência inclusive no projeto arquitetônico. A curvatura e o comprimento de cada parte da estrutura tiveram que ser projetados de tal forma que coubessem em um caminhão, sem atingir a altura limite de nenhum viaduto existente no percurso da fábrica, próxima a Porto Alegre, até a cidade de Brasília, como se pode observar na Figura 1 (Mello, 2007).

A estrutura do galpão do Parque de Exposições de Brasília (Figura 1) foi feita de arcos de MLC, com vão livre total de 48 metros, porém, para viabilizar o transporte da fábrica até o canteiro de obras, os arcos foram fabricados em duas partes de 26 metros de comprimento.



Figura 1. Vigas do Parque de Exposições de Brasília. A) Transporte; B) Montagem.

Figure 1. Beams of the Brasilia Exhibition Park. A) Transportation; B) Mounting.

1.2.2 Richmond Olympic Oval

Construído para as Olimpíadas de Inverno de 2010, este projeto é um marco para a arquitetura de Vancouver, Canadá (Figura 2).



Figura 2. Richmond Olympic Oval. A) Vista Externa; B) Vista Interna.

Figure 2. Richmond Olympic Oval. A) External view; B) Internal View.

A estrutura é composta por arcos de Madeira Laminada Colada com 100 metros de vão livre, intercalados por uma série de painéis de madeira que produzem um visual ondulado (Architects Newspaper, 2015). A escolha da madeira para a composição estrutural desta edificação levou em consideração os costumes locais, a abundância da matéria prima na região, as qualidades estéticas e de conforto ambiental, mas principalmente optou-se pela madeira devido aos benefícios ambientais referentes ao sequestro de carbono, contribuindo assim para a amenização do efeito estufa. Na Figura 2 são apresentadas uma vista aérea e uma visão interna do ginásio construído para as olimpíadas de inverno de Vancouver.

1.2.3 Aeroporto de Oslo (Noruega)

O aeroporto Gardermoen (Figura 3), inaugurado em 1995, é o principal terminal aeroportuário de Oslo, com 140 mil metros quadrados é a maior estrutura de madeira laminada do mundo.

Com aproximadamente 33.000 metros quadrados a estrutura de cobertura deste ginásio possui um dos maiores vãos livres em madeira da América do Norte. A forma oval é uma referência à ave símbolo da cidade, a garça (Architects Newspaper, 2015).

Além da madeira, outros materiais como concreto armado e treliças espaciais de aço também foram utilizados, aproveitando as melhores características de cada um. Este é um exemplo bem-sucedido de edifício sustentável, com uma construção otimizada que aproveita ao máximo a penetração de luz natural. O aeroporto produz o seu próprio calor e eletricidade (Casado e John, 2010).

Na Figura 3 é possível observar a aplicação de diferentes materiais na construção deste aeroporto (Casado e John, 2010).

1.2.4 Shopping Iguatemi - Fortaleza - Ceará

Atualmente, segundo divulgação da empresa Carpinteria (2014), a maior estrutura MLC do Brasil é a praça de alimentação do Shopping Iguatemi de Fortaleza - CE (Figura 4), construída em 2014. O projeto e cálculo de estruturas foram realizados pela empresa brasileira Carpinteria Estruturas de Madeira em parceria com a empresa italiana Moretti Interholz.



Figura 3. Maior Construção de Madeira Laminada do Mundo, Aeroporto de Oslo, Noruega.

Figure 3. Largest Laminated Timber Construction in the World, Oslo Airport, Norway.



Figura 4. Shopping Iguatemi de Fortaleza - CE, considerada a maior obra em MLC do Brasil.

Figure 4. Shopping Iguatemi of Fortaleza - CE, considered largest work in Glulam in Brazil.

1.3 Matéria Prima

São incontáveis as espécies de madeiras que podem ser utilizadas na fabricação da MLC, porém as características relativas a cada uma serão determinantes no desempenho do produto final. Lara Palma e Ballarin (2003) afirmam que no Brasil a utilização de pinus de reflorestamento tem sido crescente nos últimos anos, representando 35% da madeira serrada produzida no país.

Para Calil Junior (2002) o uso estrutural da madeira de reflorestamento é visto de forma positiva, como uma alternativa às espécies tropicais ameaçadas, pois apresentam bom desempenho, baixo custo e pequeno impacto ambiental.

Um das espécies de alto crescimento é o *Eucalyptus grandis*, amplamente utilizado no Brasil na produção de formas de concreto, carpintaria, estruturas de telhados, pallets e alguns tipos de móveis, bem como Madeira Laminada Colada (Calil Neto, 2011). Entre outras qualidades, a madeira adulta apresenta maior densidade, sendo este um dos fatores de maior importância para a fabricação de elementos de MLC com qualidade e eficiência estrutural.

Além do pinus, outra madeira de reflorestamento tem recebido atenção no Brasil, o eucalipto. Este tem sido alvo de estudos que objetivam a aplicação deste gênero na fabricação da MLC (Sales, 1991).

Para o serviço de informações de mercados do International Tropical Timber Organization - ITTO (2017), os preços praticados no Brasil, para madeira de pinus serrado seco ao ar é de US\$ 159,00 por metro cúbico e para o pinus seco em estufa é US\$ 179,00 dólares americanos. Já para o eucalipto serrado seco ao ar, o valor é de US\$ 219,00 dólares americanos por metro cúbico.

1.4 Preços Praticados para Produtos de Madeira Laminada Colada

Furtado (2014), estudando custos de produção, obteve o custo para a produção de 1m³ de MLC de Paricá de R\$ 1.676,96, e baseado em seus estudos de mercado, considerou o preço de venda do m³ de MLC de eucalipto ou pinus de R\$ 4.000,00/m³. Já para Leite et al. (2018), o preço praticado em madeira laminada colada de pinus e eucaliptos varia entre R\$ 5.500,00 e R\$ 6.000,00 por metro cúbico, considerando-se duas empresas

estudadas. Estes valores foram considerados para produção, não sendo considerados frete de entrega e instalação.

Produtores de Madeira Laminada Colada, para fins de construção civil, praticaram em 2015 preços que variam entre R\$ 3.854,00 e R\$ 4.368,00 para elementos considerados de tamanho padrão, com 11,5 metros de comprimento, sem curvatura. Projetos especiais, podem atingir até o dobro do valor de projetos padrão, principalmente pelo fato de que o custo de produção e transporte é aumentado (Furtado, 2014).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preços para Matéria Prima Madeira

Foram determinados os preços das madeiras mais relevantes para o presente estudo. Este levantamento foi com base em informações de bibliografias, *benchmarking* na internet e contatos com os produtores, contendo os produtos e seu respectivo preço, transformado em R\$/m³ de produto acabado. Os valores levantados neste item do estudo foram para madeira seca ao ar, bem como para madeira seca em estufa.

Foram escolhidas as espécies de madeira e insumos que possuem maior relevância em termos de utilização em indústrias de Madeira Laminada Colada no Brasil.

Os estudos de revisões de bibliografias, bem como contatos com indústrias produtoras de Madeira Laminada Colada evidenciaram como principais espécies empregadas nesta produção as espécies de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*.

2.2 Preços de MLC

Foram determinados os preços dos produtos com base em informações de bibliografias, *benchmarking* e validados em contatos com os produtores. Os valores levantados neste item do estudo foram para madeira seca ao ar, bem como para madeira seca em estufa, tanto para pinus quanto para o eucalipto estudado. Foi coletada uma série histórica de 10 anos para as madeiras. Estes preços foram denominados preços nominais e posteriormente foram deflacionados e denominados preços reais. Os preços coletados foram provenientes de empresas do sul e sudeste do Brasil.

2.3 Deflacionamento dos Preços

Após identificados os preços nominais dos últimos 10 anos, tanto das matérias primas, quanto da Madeira Laminada Colada, foi aplicada a metodologia de deflacionamento proposta por Mendes e Padilha Junior (2007), ou seja, foi descontada a inflação acumulada no período analisado. Para o deflacionamento foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA.

Na sequência foi realizada uma análise gráfica comparativa entre os preços nominais e os preços reais, eliminando a ilusão monetária que, segundo Mendes e Padilha Junior (2007), afetaria as análises posteriores em relação a esses preços.

Para verificação do comportamento dos preços dos produtos e matérias primas, foram elaborados gráficos de preços no período de 2010 a 2019. Para a análise das tendências foi utilizado o método de Gujarati (2000), aplicado por Angelo et al. (2001) e Brasil (2002), na qual a tendência linear de uma variável pode ser ajustada pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO na forma funcional semilogarítmica, conforme a equação $\ln P = \beta_0 + \beta_p T$, em que: P = preço do produto no ano; T = variável tendência em ano; β_0 e β_p = parâmetros a serem estimados. Os coeficientes β_p e β_q medem a variação relativa constante para uma dada variação absoluta no valor do regressor T (BRASIL, 2002). Neste estudo, os coeficientes β_0 e β_p foram considerados significativos para o nível de significância de 95%.

Para as previsões foi utilizado o método quantitativo de séries temporais, que para Mendes e Padilha Junior (2007), segue o pressuposto básico que os fatores que criaram os padrões da atividade no passado e presente continuarão a fazê-lo, com certa precisão no futuro. Para tanto, foram considerados os desvios padrão das séries históricas de preços reais e dimensionado os limites inferior e superior da tendência linear. Considerou-se que as previsões estão contidas entre estes limites, ou seja, os valores de preços futuros, tanto de madeira serrada quanto de Madeira Laminada

Colada, podem ser determinados desta forma. Essas previsões foram demonstradas na forma gráfica.

2.4 Previsão de Preços Futuros

Para as previsões de preços futuros foi utilizado o método quantitativo de séries temporais, que para Mendes e Padilha Junior (2007), segue o pressuposto básico que os fatores que criaram os padrões da atividade no passado e presente continuarão a fazê-lo, com certa precisão no futuro. Para tanto, foram considerados os desvios padrão das séries históricas de preços reais e dimensionado os limites inferior e superior da tendência linear. Considerou-se que as previsões estão contidas entre estes limites, ou seja, os valores de preços futuros, tanto de madeira serrada quanto de Madeira Laminada Colada, podem ser determinados desta forma. Essas previsões foram demonstradas na forma gráfica.

Graficamente em forma de linhas de tendência foram determinados os limites superior e inferior e ajustadas as equações das retas. Para preços do produto final de Madeira Laminada Colada os preços do limite superior são considerados uma tendência otimista para a indústria e o limite inferior uma tendência pessimista. Para as matérias primas foi considerado da mesma forma os limites superior e inferior, porém de maneira contrária, em termos de otimismo, por se tratar de custos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Custos de Matérias Primas e Insumos

Para madeira de pinus serrada seca em estufa (*Kiln Dried* - KD) os dados de preços estão demonstrados no gráfico da Figura 5. Os preços dos anos de 2010 a 2019 estão em valores nominais, ou seja, valores fornecidos nos relatórios do ITTO (2017) da época que foram coletados. Também são expostos dados de preços reais, ou seja, deflacionados conforme o IPCA dos anos subsequentes. Foi ajustada uma linha de tendência referente aos preços reais identificados.

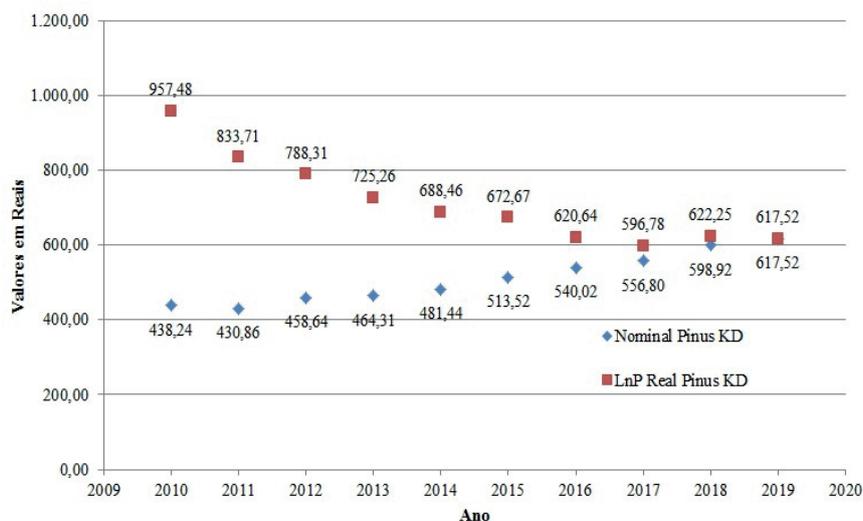


Figura 5. Preços nominais e reais para pinus serrado seco.

Figure 5. Nominal and real prices for dry sawn Pine.

Estes valores condizem com dados de preços praticados por produtores de madeira próximo à região estudada, conforme confirmado com o comitê de especialistas. Os preços coletados foram referentes aos anos de 2010 a 2019, totalizando-se um histórico de 10 anos, período ao qual se verifica em termos de preços nominais uma evolução crescente. No entanto, ao se deflacionar os preços, estimando-se preços reais, verifica-se uma tendência de baixa nos preços de madeira serrada de pinus seca em estufa (Figura 5).

Verificou-se a necessidade de ajuste dos valores de eucaliptos, pois os dados do ITTO (2017)

possuem somente madeira de eucalipto serrada seca ao ar. A secagem em estufa torna-se indispensável vistos os requisitos de qualidade para a colagem. Aos valores de eucalipto seco ao ar, ajustou-se conforme informações de produtores de madeira laminada colada, o custo de R\$ 150,00 por metro cúbico para a secagem em estufa do eucalipto. O gráfico da Figura 6 revela os valores nominais dos preços de eucalipto seco em estufa, bem como os valores deflacionados conforme IPCA em números reais. Ainda é demonstrada uma linha de tendência dos valores reais.

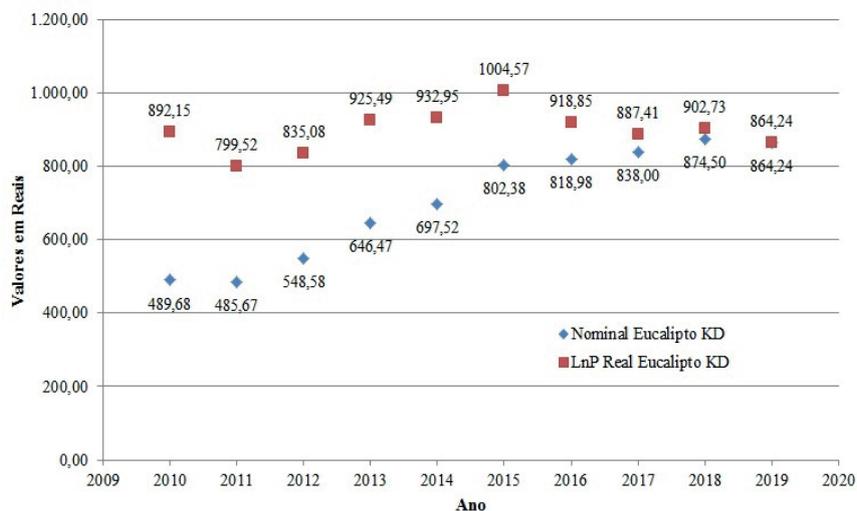


Figura 6. Preços nominais e reais para eucalipto serrado seco.

Figure 6. Nominal and real prices for dry sawn *Eucalyptus*.

Estes valores condizem com dados de preços praticados por produtores de madeira próximo à região estudada, conforme confirmado com o comitê de especialistas. Os preços coletados foram referentes aos anos de 2010 a 2019, totalizando-se um histórico de 10 anos, período ao qual verifica-se em termos de preços nominais uma evolução crescente. No entanto, ao se deflacionar os preços, estimando-se preços reais, verifica-se uma tendência de estabilidade ou leve alta de preços de madeira serrada de eucalipto seco em estufa (Figura 6). Em ambos os modelos para madeira serrada foram testados os coeficientes angular e linear do segundo teste-T de significância a 95%.

A substituição da madeira de pinus por eucalipto em alguns produtos de maior valor agregado pode ter afetado os preços, verificando-se uma elevação destes entre os anos de 2011 a 2015, e posteriormente um equilíbrio por volta dos R\$ 900,00.

Utilizando-se do método dos MQO na forma funcional semilogarítmica, a Figura 7 demonstra as previsões do ajuste linear, bem como os limites superior e inferior considerados ajustando-se a equação da reta com os desvios padrão acima e abaixo determinados pelo método quantitativo de séries temporais, proposto por Mendes e Padilha Junior (2007). Para a madeira serrada de pinus, o desvio padrão identificado e utilizado na confecção do gráfico da Figura 7 foi de R\$ 128,92 e o coeficiente de variação respectivo de 20%.

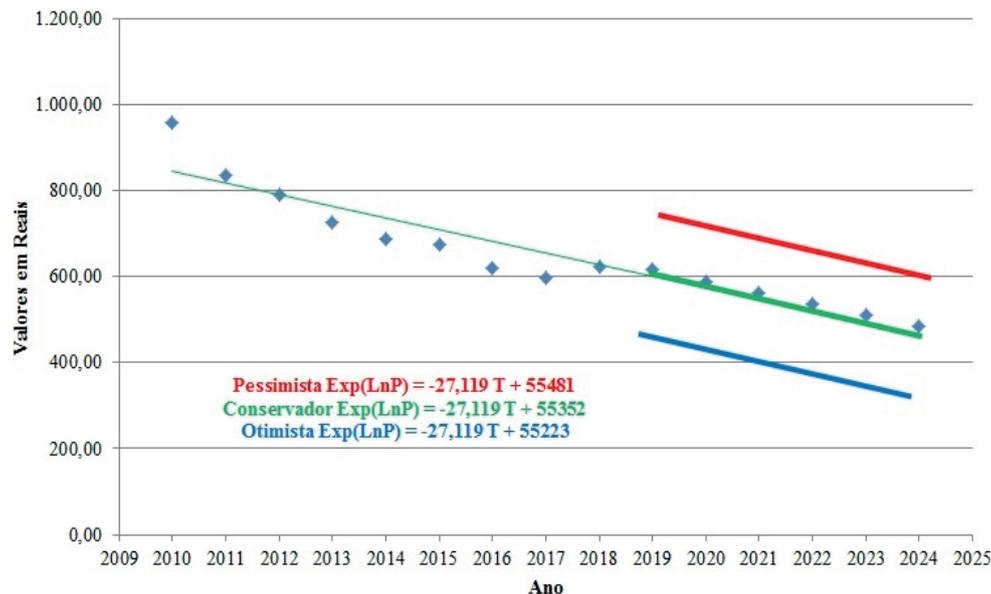


Figura 7. Preços reais para pinus serrado seco e previsões.

Figure 7. Real prices for dry sawn pine and forecasts.

A Figura 7 deixa explícitas as equações de retas das previsões de preços para madeira serrada de pinus seca em estufa. Foram realizadas três previsões, sendo que considerando-se o estudo presente, a madeira serrada é uma matéria prima, e ao considerar um valor maior o resultado da empresa produtora é piorado e por isso esta previsão na forma de ajuste linear é considerada pessimista. O contrário também pode ser considerado, uma vez que o valor é reduzido em seu desvio padrão, o resultado empresarial é melhorado, e, portanto, a precisão pode ser considerada otimista. Ambos os ajustes lineares estão explícitos em forma de equação de reta no gráfico. Os

ajustes podem ser utilizados para predizerem valores futuros da madeira de pinus serrada.

Da mesma forma que para o pinus, foi utilizado o método dos MQO na forma funcional semilogarítmica. A Figura 8 demonstra as previsões do ajuste linear, bem como os limites superior e inferior considerados ajustando-se a equação da reta com os desvios padrão acima e abaixo determinados pelo método quantitativo de séries temporais, proposto por Mendes e Padilha Junior (2007). Para a madeira serrada de eucalipto, o desvio padrão identificado e utilizado na confecção do gráfico da Figura 8 foi de R\$ 61,58 e o coeficiente de variação respectivo de 7%.

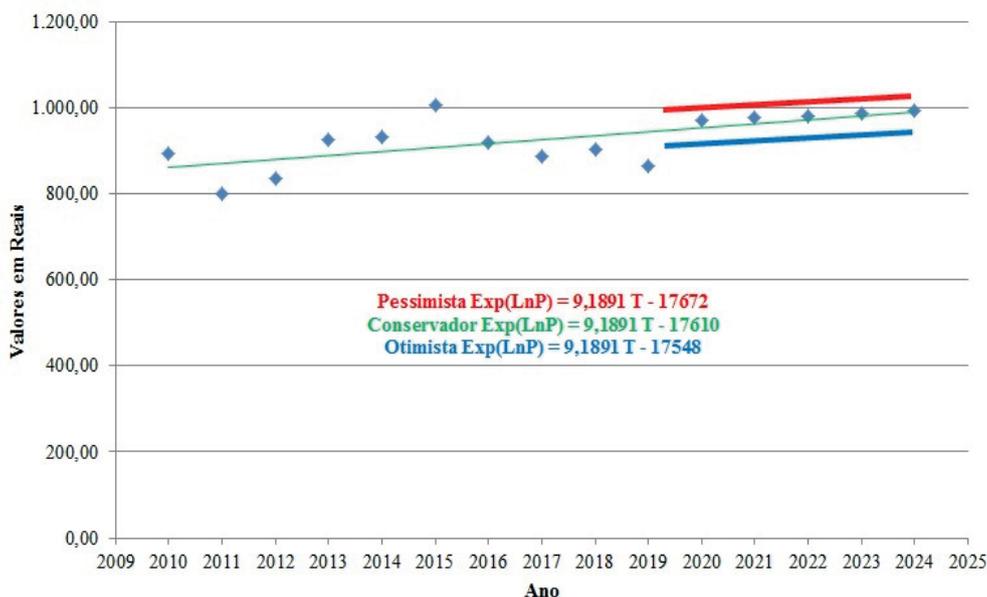


Figura 8. Preços reais para eucalipto serrado seco e previsões.

Figure 8. Real prices for dry sawn *Eucalyptus* and forecasts.

A Figura 8 evidencia as equações de retas das previsões de preços para madeira serrada de eucaliptos seca em estufa. Foram realizadas três previsões, sendo que considerando-se o estudo presente, a madeira serrada é uma matéria prima, e ao considerar um valor maior o resultado da empresa produtora é diminuído e por isso esta previsão na forma de ajuste linear é considerada pessimista. O contrário também pode ser considerado, uma vez que o valor é reduzido em seu desvio padrão, o resultado empresarial é melhorado, e, portanto,

a precisão pode ser considerada otimista. Ambos os ajustes lineares estão explícitos em forma de equação de reta no gráfico. Os ajustes podem ser utilizados para prever valores futuros da madeira de eucalipto serrada.

As equações de retas para os cenários otimistas, conservador e pessimista, bem como os valores de previsão para os anos de 2020 a 2024 para madeira de pinus serrada seca em estufa estão detalhados na Tabela 1, conforme ajustes propostos pelo método dos MQO na forma funcional semilogarítmica.

Tabela 1. Previsão de preços reais para pinus serrado seco em modelos otimista, conservador e pessimista, para os anos de 2020 a 2024.

Table 1. Real prices forecast for dry sawn pine in optimistic, conservative and pessimistic models, for the years 2020 to 2024.

Previsão (R\$)	Madeira serrada seca <i>Pinus</i>		
	Otimista -Desvio Padrão	Conservador $Exp(LnP) = -27,119 T + 55352$	Pessimista +Desvio Padrão
Anos			
2020	R\$ 458,65	R\$ 587,57	R\$ 716,50
2021	R\$ 431,28	R\$ 560,20	R\$ 689,13
2022	R\$ 405,18	R\$ 534,11	R\$ 663,03
2023	R\$ 380,31	R\$ 509,23	R\$ 638,15
2024	R\$ 356,59	R\$ 485,51	R\$ 614,43

A partir das equações de previsão descritas nos três modelos, foram estimados os preços para a madeira serrada de pinus. A Tabela 1 considerou como sendo o pior cenário aquele que possui maiores valores de preços da matéria prima ao projeto de uma fábrica de Madeira Laminada Colada e por isso denominado pessimista. Verificam-se preços reais decrescentes, o que pode ser considerado ponto positivo ao projeto, visto que é previsto diminuição nos custos de matérias primas. Porém, para os

produtores de madeira serrada pode ser considerado fator de diminuição de competitividade.

A mesma diminuição de preços é percebida na madeira de eucalipto. As equações de retas para os cenários otimista, conservador e pessimista, bem como os valores de previsão para os anos de 2020 a 2024 para madeira de eucalipto serrada seca em estufa estão detalhados na Tabela 2, conforme ajustes propostos pelo método dos MQO na forma funcional semilogarítmica.

Tabela 2. Previsão de preços reais para eucalipto serrado seco em modelos otimista, conservador e pessimista, para os anos de 2020 a 2024.

Table 2. Forecast of Real Prices for Dry Sawn *Eucalyptus* in Optimistic, Conservative and Pessimistic Models, for the years 2020 to 2024.

Previsão (R\$)	Madeira serrada seca Eucalipto		
	Otimista	Conservador	Pessimista
Anos	-Desvio Padrão	Exp(LnP) = 9,1891 T -17610	+Desvio Padrão
2020	R\$ 908,42	R\$ 970,00	R\$ 1.031,58
2021	R\$ 914,01	R\$ 975,59	R\$ 1.037,17
2022	R\$ 919,64	R\$ 981,22	R\$ 1.042,81
2023	R\$ 925,32	R\$ 986,90	R\$ 1.048,48
2024	R\$ 931,03	R\$ 992,61	R\$ 1.054,19

Todas as previsões, visto que são baseadas na tendência conservadora, podem ser consideradas em declínio, já que na equação de retas o coeficiente angular é negativo. Pode-se observar também que ao compararmos os preços de madeiras de pinus e eucalipto, fica evidente que este último possui maiores valores em reais. O preço em média é 40% menor na madeira de pinus ao comparar à madeira de eucalipto, ao considerar o cenário pessimista.

3.2 Preços de MLC

Todos os produtores de MLC no Brasil possuem como produtos principais estruturas para a construção civil, os quais são empregados para residências, galpões, ginásio de esportes, entre outros. O comprimento dos elementos

estruturais é variado, podendo alcançar 30 metros de comprimento. Os produtos possuem o sistema de união das lamelas do tipo *finger-joint*, o qual garante melhores resultados. O tamanho total dos elementos estruturais, produzidos atualmente no Brasil, atingem até 30 metros de comprimento, sendo a seção transversais com dimensões de até 30cm x 117cm.

Em contato com produtores de Madeira Laminada Colada, para fins de construção civil, estes afirmaram que os preços praticados em 2015 variam entre R\$ 3.854,00 e R\$ 4.368,00 para elementos considerados de tamanho padrão, com 11,5 metros de comprimento, sem curvatura. Projetos especiais, podem atingir até o dobro do valor de projetos padrão, principalmente pelo fato de que o custo de produção e transporte é aumentado. Estes valores coincidem com o valor apontado por Furtado (2014).

Grande dificuldade na obtenção de preços de Madeira Laminada Colada foi identificado, visto que não houveram estudos anteriores sobre o assunto. Para tanto foram levantados diversos valores em momentos distintos nas revisões de bibliografias publicadas. Também foram identificados valores de preços com produtores de Madeira Laminada Colada. Alguns preços foram obtidos com base em dados fornecidos pelos diretores destas empresas e

outros preços, mais recente, foram obtidos de projetos recentemente realizados por tais empresas.

Todos os dados coletados foram compilados e em seguida realizado ajuste de médias e compilados em valores nominais na forma de um gráfico exibido na Figura 9. Da mesma forma que para as madeiras serradas, foi utilizado o método quantitativo de séries temporais para a determinação de preços reais deflacionados pelo IPCA.

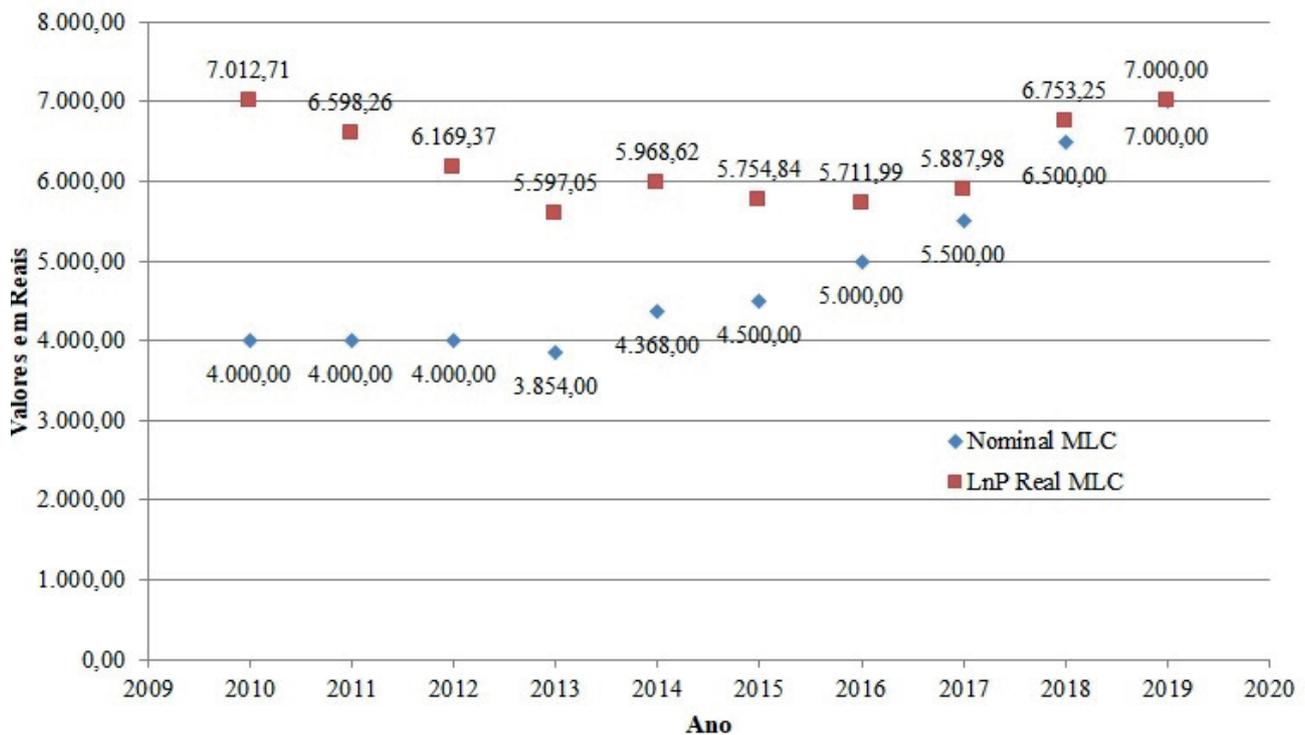


Figura 9. Preços nominais e reais para Madeira Laminada Colada.

Figure 9. Nominal and real prices for glued laminated beams.

Ainda que os preços nominais demonstrem um incremento alto de valores, para os preços reais revela-se com o ajuste linear uma leve taxa de crescimento de preços para Madeira Laminada Colada.

A Figura 10 demonstra as previsões do ajuste linear no modelo de preços reais, bem como

os limites superior e inferior considerados ajustando-se a equação da reta com os desvios padrão acima e abaixo determinados. Para a Madeira Laminada Colada, o desvio padrão identificado e utilizado na confecção do gráfico da Figura 10 foi de R\$ 460,18 e o coeficiente de variação respectivo de 7%.

GARBE E. A. et al. Tendência de preços da Madeira Laminada Colada e suas matérias primas

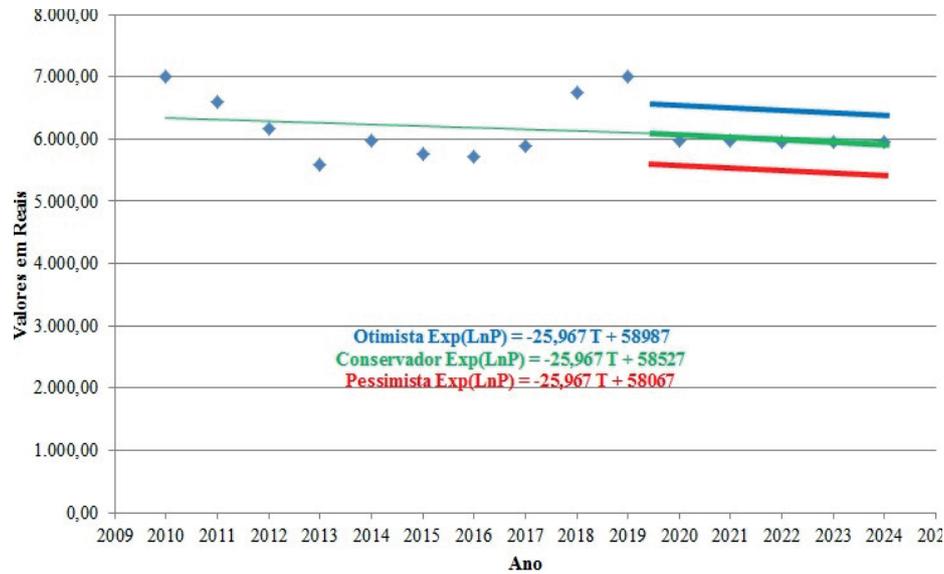


Figura 10. Preços reais para Madeira Laminada Colada e previsões.

Figure 10. Real prices for glued laminated beams and forecasts.

A Figura 10 deixa explícitas as equações de retas das previsões de preços para madeira laminada colada. Foram realizadas três previsões, sendo que se considerando o estudo presente, a Madeira Laminada Colada é o produto responsável pela receita da empresa, e ao considerar um valor menor o resultado da empresa produtora é piorado e por isso esta previsão na forma de ajuste linear é considerada pessimista. O contrário também pode ser considerado, uma vez que o valor é aumentado em seu desvio padrão, o resultado empresarial é melhorado,

e, portanto, a precisão pode ser considerada otimista. Ambos os ajustes lineares estão explícitos em forma de equação de reta no gráfico. Os ajustes podem ser utilizados para prever os valores futuros da Madeira Laminada Colada.

As equações de retas para os cenários otimistas, conservador e pessimista, bem como os valores de previsão para os anos de 2020 a 2024 para Madeira Laminada Colada estão detalhados na Tabela 3, conforme ajustes propostos pelo método dos MQO na forma funcional semilogarítmica.

Tabela 3. Previsão de preços reais para Madeira Laminada Colada em modelos otimista, conservador e pessimista, para os anos de 2020 a 2024.

Table 3. Real price forecast for Glued Laminated Beams in optimistic, conservative and pessimistic models, for the years 2020 to 2024.

Previsão (R\$)	Madeira Laminada Colada		
	Otimista +Desvio Padrão	Conservador $\text{Exp(LnP)} = -25,967 T + 58527$	Pessimista -Desvio Padrão
Anos			
2020	R\$ 6.426,59	R\$ 5.966,41	R\$ 5.506,22
2021	R\$ 6.424,20	R\$ 5.964,02	R\$ 5.503,84
2022	R\$ 6.421,82	R\$ 5.961,63	R\$ 5.501,45
2023	R\$ 6.419,43	R\$ 5.959,25	R\$ 5.499,07
2024	R\$ 6.417,05	R\$ 5.956,87	R\$ 5.496,68

Todas as previsões, tanto otimista quanto pessimista, visto que estão baseadas na tendência conservadora, podem ser consideradas em crescimento, já que na equação de retas o coeficiente angular é positivo.

Tanto para madeiras quanto para MLC os valores de F de significação demonstraram significância para as previsões, sendo os coeficientes angular e linear ajustados significativos em 95% no teste T.

Preços reais de eucalipto estão em tendência de alta e para o pínus tendência de baixa, o que pode ser explicado economicamente por haver a substituição da madeira serrada de pínus por madeira de eucalipto em produtos de maior valor agregado, segundo empresários do ramo e validado pelo comitê de especialistas.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho é possível apresentar as conclusões:

- Preços reais de madeira serrada de pínus estão em tendência de baixa, o que afeta positivamente os resultados industriais do cenário estudado, podendo ser um fator que aumenta a competitividade da indústria de MLC no Brasil.

- Pode-se dizer que o preço do pínus serrado é inferior ao preço praticado para o eucalipto serrado, isso inclusive é um fator que torna o pínus mais competitivo ao se tratar de produtos de MLC que não consideram diferenças de preços ao alterar o tipo de madeira.

- O deflacionamento dos preços, tanto para MLC quanto para as matérias primas, revela melhores dados, sendo possível dar tendência à previsão.

- Os preços reais de Madeira Laminada Colada - MLC podem ser considerados estáveis ou levemente em ascensão e algumas empresas consideram o mesmo valor, tanto para pínus quanto para eucalipto, não fazendo diferenciação quanto aos ganhos de qualidade oferecidos por madeiras de maior resistência mecânica.

- Ainda que sejam poucas as indústrias produtoras de MLC no Brasil, a tendência para a estabilidade de preços reais de produtos e a tendência de diminuição dos preços reais de matérias primas podem ser fatores que trarão competitividade e facilitarão a entrada de novos fabricantes.

- Este estudo revelou diversas situações anteriormente não conhecidas com relação aos preços de Madeira Laminada Colada e para desenvolver maior conhecimento sobre o tema e entender sobre como tornar competitivo este mercado, sugerem-se estudos com relação a investimentos em indústrias, custos, e avaliação de viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELO, H.; BRASIL, A.A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. **Revista Acta Amazônica**, v. 31, n.2, p. 237-248, abr./jun., 2001.

ARCHITECTS NEWSPAPER. Game city. Disponível em: <<http://archpaper.com/news/articles.asp?id=4229>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

AZAMBUJA, M.A. **Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

BRASIL, A.A. **As exportações de painéis de madeira**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CALIL JUNIOR, C. O potencial da utilização do *Pinus* na construção civil. **Téchne**, v. 10, n. 60, p. 44-48, 2002.

CALIL NETO, C. **Madeira Laminada Colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado Interunidades) - Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

CARPINTERIA. Disponível em: <<http://www.carpinteria.com.br>>. Acesso em: 15 out. 2014.

CASADO, M.; JOHN, V.M. As dez obras sustentáveis mais emblemáticas do mundo. **PINIweb** 2010. Disponível em: <www.piniweb.com.br/construcao/sustentabilidade/as-dez-obras-mais-sustentaveis-do-mundo-184801-1.asp>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FURTADO, F.R.C. **Análise de viabilidade econômica ambiental para uso da espécie Paricá em vigas laminadas coladas**. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages).

GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. 3 ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846 p.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION - ITTO. **Tropical Timber Market Report**. Yokohama: International Tropical Timber Organization. Disponível em: <<https://itto-d2.r-cms.jp/files/user/mis/MIS1-15%20Aug%202015.pdf>>. (Volume 19 Number 15, 1st – 15th August 2015). Acesso em: 23 mar. 2017.

LARA PALMA, H.A.; BALLARIN, A.W. Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 13-22, 2003.

LEITE, T.M.; SANTOS, P.A.F.M.; VALLE, I.M.R. O uso da madeira laminada colada no Brasil: panorama e desafios. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318684521_O_USO_DA_MADEIRA_LAMINADA_COLADA_NO_BRASIL_PANORAMA_E_DESAFIOS>. Acesso em: 03 set. 2018.

MELLO, R.L. **Projetar em madeira: uma nova abordagem**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

MENDES, J.T.G.; PADILHA JUNIOR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 384p.

MOODY, R.C.; LIU, J.Y. Glued Structural Members. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY (Org.). **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. cap. 11, p. 1 - 24.

OLGA, H. Podcast 177 – Helio Olga: A madeira em busca de um modelo de negócios. Disponível em: <<http://www.riobravo.com.br/podcast/podcast177.mp3>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

SALES, A. **Características de resistência mecânica de algumas espécies de eucalipto do estado de São Paulo**. 1991. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

STAMATO, G.C. **Resistência ao embutimento da madeira compensada**. 1998. 137 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.