

Estudo sobre as propriedades de duas espécies de madeiras utilizadas na construção civil

Joeli Aparecida Prim*
Angela Zamboni Piovesan**

Resumo

Os estudos sobre madeiras são, geralmente, direcionados ao uso destas em coberturas, sem grande tradição de uso na construção civil em obras de pequeno e médio porte; ao contrário do que acontece em países da América do Norte e Europa. Estudos relacionados às propriedades físicas da madeira são de grande importância para a recomendação de seu uso na construção civil. Visando ao uso de madeiras de reflorestamento em substituição às madeiras nobres, realizou-se um estudo da caracterização da estrutura anatômica por meio de um comparativo de espécies, a espécie de madeira nobre de angelim-pedra e de madeira de reflorestamento *Eucalyptus Grandis*. O artigo apresenta os resultados comparativos das espécies de madeira citadas, com a realização de ensaios de umidade, densidade básica e estabilidade dimensional. Também foram realizados ensaios para a determinação da resistência à compressão paralela e normal às fibras. Os ensaios realizados com as espécies de madeira de angelim-pedra e *Eucalyptus Grandis* seguiram as recomendações normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira, 1997. Observou-se que a espécie de madeira de reflorestamento de *Eucalyptus Grandis*, apesar de apresentar dados abaixo dos resultados obtidos com a espécie e angelim-pedra, está dentro dos limites considerados ótimos para a utilização em obras de construção civil, podendo, então, seu uso ser recomendado em substituição às espécies de madeiras de florestas nativas.

Palavras-chave: Madeiras. Propriedades físicas. Angelim-pedra. *Eucalyptus Grandis*.

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, a madeira é utilizada de diversas formas em usos temporários ou de forma definitiva. Produto de madeiras utilizado na construção tem variação desde peças com pouco ou nenhum processamento (madeira roliça), até peças com vários graus de beneficiamento, como: madeira serrada e beneficiada, lâminas, painéis de madeira e madeira tratada com produtos preservativos. Tal emprego vem se mantendo crescente, apesar dos conhecidos preconceitos inerentes à madeira, sempre relacionados à insuficiente divulgação das informações de projetos específicos.

A madeira tem valor incomparável com as demais fontes de matéria-prima, por ser uma fonte natural de recursos em que o homem é capaz de interferir na sua renovação. A utilização de madeiras de rápido crescimento traz um aspecto ecológico, pois reduz a pressão sobre as florestas nativas. Outra vantagem da madeira é a sua grande capacidade de isolamento térmica, proporcionando conforto às habitações construídas. Do ponto de vista econômico, a madeira é competitiva com outros materiais, em base de custos iniciais, apresentando vantagens quando seu custo é comparado a longo prazo (CALIL JUNIOR; DIAS, 1997).

O objetivo geral desta pesquisa é comparar as propriedades físicas e mecânicas de dois tipos de madeiras, *Eucalyptus Grandis* e angelim-pedra (*Hymenolobium paetrum*), utilizadas na fabricação de casas de madeira. Por meio de ensaios, avaliar a resistência à compressão paralela e normal

* joeliprim@yahoo.com.br

** angela.piovesan@unoesc.edu.br

às fibras (f_{c0m} , f_{c90m}) do *Eucalyptus Grandis* e angelim-pedra (*Hymenolobium paetrum*); determinar as propriedades físicas de umidade, densidade e estabilidade dimensional mediante testes de inchamento e comparar o comportamento das duas espécies de madeiras em diferentes condições de exposição.

2 MADEIRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conhecer as propriedades físicas e mecânicas das madeiras é de grande importância, pois podem influenciar no desempenho e resistência da madeira utilizada. As características da madeira são fortemente influenciadas por diversos fatores, como condições de temperatura, composição e umidade do solo (CALIL JUNIOR; LAHAR; BRAZOLIN, 2007).

A umidade tem grande efeito sobre as propriedades da madeira, com o aumento diminui a resistência, até ser atingido o ponto de saturação das fibras; acima desse ponto, a resistência se mantém constante (PFEIL, 1994).

A densidade é uma das propriedades físicas fundamentais na definição das melhores aplicações da madeira de diferentes espécies (CALIL JUNIOR; LAHAR; BRAZOLIN, 2007). É a relação entre a massa seca e o volume saturado. Está diretamente relacionada às características físicas e mecânicas da madeira, sendo também um dado importante para o cálculo de estruturas, pois durante os procedimentos de cálculo de uma edificação é necessário considerar o peso próprio da estrutura. Com o valor da densidade, pode-se determinar o peso da estrutura (MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2009).

A determinação da estabilidade dimensional ocorre por intermédio das propriedades de retração e inchamento. Sendo a madeira considerada como um material ortótropo, com direções preferenciais 1 – axial, 2 – radial e 3 – tangencial, deve-se determinar a retração tangencial, a retração radial, a retração axial, o inchamento tangencial, o inchamento radial e o inchamento axial, conforme NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

A retratibilidade é a redução das dimensões em uma peça de madeira pela saída da água de impregnação. É a propriedade da madeira de alterar suas dimensões e o volume quando seu teor de umidade varia entre o estado anidro e o estado de saturação (impregnação) dos tecidos celulósicos. A madeira sofre inchamento ou retração com o aumento ou a diminuição da umidade (VALDUGA, 2003; DAGOSTINI, 2006; CALIL JUNIOR; LAHAR; BRAZOLIN, 2007).

A diferença entre porcentagens de retração radial (R) e tangencial (T) é o fator responsável pelas trincas, rachaduras, empenamentos, encanoamentos, torcimentos e outros defeitos no processo de secagem. As espécies com baixa relação T/R e baixos valores absolutos de T e R, são as de melhor estabilidade dimensional (CALIL JUNIOR; LAHAR; BRAZOLIN, 2007).

Para esses autores, a resistência varia de acordo com três eixos principais. As propriedades de resistência são analisadas segundo duas direções: paralela e normal às fibras. As propriedades de resistência e rigidez na direção paralela às fibras são caracterizadas pelo índice "0", enquanto o índice "90" caracteriza as da direção normal. Esse índice indica o ângulo entre a direção e o esforço aplicado e a direção das fibras. A resistência à compressão apresenta três solicitações às quais se pode submeter à madeira: normal às fibras, paralela às fibras e inclinada às fibras.

Conforme Geocities (2009), o uso da madeira em estrutura de edificações, ainda que cercada de "preconceitos" em relação ao concreto armado e ao metal, mostra-se vantajosa, principalmente quanto aos seguintes fatores: economia; prazo de execução; conforto térmico; durabilidade e praticidade.

A madeira de *Eucalyptus Grandis* é uma das mais promissoras pelos seguintes motivos: possui a maior área plantada no Brasil; é uma espécie bastante conhecida, difundida e pesquisada; já apresenta uma disponibilidade imediata de florestas em idade de corte e é uma madeira leve, de

boa resistência mecânica, capaz de receber os mais variados tipos de atuações industriais (DEMARZO; DI MAURO, 2005). No que diz respeito ao preço, a madeira de eucalipto é cerca de R\$ 100,00 mais barata que a de angelim-pedra, por ser uma madeira de mais fácil aquisição e também devido à disponibilidade mais próxima de nossa região. Na construção de casas de madeira, essa diferença de valores pode ser significativa, por exemplo, em uma casa de 100 m², poderá ser de R\$ 10.000,00.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de materiais da Universidade do Oeste de Santa Catarina, de acordo com a norma NBR 7190:1997, anexo B, que determina os procedimentos e dimensões dos corpos de prova a serem utilizados nos testes. Para esses ensaios, foram utilizados os equipamentos disponíveis no laboratório de materiais.

As amostras das duas espécies foram adquiridas e doadas pela empresa Renovo Madeiras Ltda; o angelim-pedra no estado do Mato Grosso e o *Eucalyptus Grandis* em Coronel Freitas, no estado de Santa Catarina. Para a caracterização dos lotes, foram confeccionadas amostras de cada espécie, a cada ensaio a ser realizado, considerando que a Norma solicita a utilização mínima de 12 corpos de prova para que se tenha uma caracterização dos ensaios.

3.1 ENSAIO DE UMIDADE

Para o ensaio de umidade, foram considerados lotes homogêneos, de madeira das duas espécies pesquisadas. O teor de umidade determinado por esse método serve também para orientar a escolha de métodos preventivos para a preservação da madeira. Foram seguidas as prescrições do item B.5.3 da NBR 7190:1997, que se refere às dimensões dos corpos de prova. Devem ter seção transversal retangular, com dimensões nominais de 2 cm x 3 cm e comprimento, ao longo das fibras, de 5 cm. Para a realização da determinação da umidade, fez-se uso da Equação 1:

$$U (\%) = (m_i - m_s / m_s) \times 100 \quad (1)$$

3.2 ENSAIO DE DENSIDADE

As amostras dos corpos de prova foram confeccionadas conforme a Norma, sendo de forma prismática com seção transversal retangular de 2 cm x 3 cm de lado, e comprimento ao longo das fibras de 5 cm. Sem que houvesse uma distância radial entre os anéis de crescimento maior que 4 mm, com a seção transversal do corpo de prova abrangendo pelo menos cinco anéis de crescimento. A densidade básica foi calculada com a Equação 2 descrita pela Norma:

$$\rho_{bas} = m_s / V_{sat} \quad (2)$$

Foram consideradas 18 amostras das espécies de angelim-pedra e 18 amostras de *Eucalyptus Grandis*, para que houvesse o comparativo das duas espécies.

3.3 ENSAIO DE ESTABILIDADE DIMENSIONAL

Conforme a NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), a determinação do grau de estabilidade dimensional da madeira de um lote considerado homogêneo deve ser por meio das propriedades de retração e inchamento.

A variação volumétrica foi determinada em razão das dimensões do corpo de prova nos estados saturado e seco, dada pela Equação 3:

$$\Delta V = (V_{sat} - V_{seca} / V_{seca}) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

- $V_{sat} = L_{1,sat} \times L_{2,sat} \times L_{3,sat}$;
- $V_{seca} = L_{1,seca} \times L_{2,seca} \times L_{3,seca}$.

Os corpos de prova foram fabricados com o lado maior da seção transversal paralelo à direção radial.

3.3.1 Ensaio de retratibilidade

Para o ensaio de retratibilidade, utilizaram-se 18 amostras de cada espécie de madeira (angelim-pedra e *Eucalyptus Grandis*).

Para o cálculo da retração, foram utilizadas as Equações 4, 5 e 6:

$$\varepsilon_{r, 1} = (L1_{sat} - L1_{seca} / L1_{sat}) \times 100 \quad (4)$$

$$\varepsilon_{r, 2} = (L2_{sat} - L2_{seca} / L2_{sat}) \times 100 \quad (5)$$

$$\varepsilon_{r, 3} = (L3_{sat} - L3_{seca} / L3_{sat}) \times 100 \quad (6)$$

3.3.2 Ensaio de inchamento

Para o ensaio de inchamento, utilizaram-se 18 amostras de cada espécie de madeira (angelim-pedra e *Eucalyptus Grandis*). Para os resultados finais, utilizaram-se as Equações 7, 8 e 9:

$$\varepsilon_{i, 1} = (L1_{sat} - L1_{seca} / L1_{seca}) \times 100 \quad (7)$$

$$\varepsilon_{i, 2} = (L2_{sat} - L2_{seca} / L2_{seca}) \times 100 \quad (8)$$

$$\varepsilon_{i, 3} = (L3_{sat} - L3_{seca} / L3_{seca}) \times 100 \quad (9)$$

3.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Para os testes de resistência à compressão paralela às fibras ($f_{wc,0}$ ou $f_{c,0}$) a ser determinada em ensaios de compressão uniforme, com duração total de 3 a 8 minutos, de corpos de prova com seção transversal quadrada de 5 cm de lado e com comprimento de 15 cm. A NBR 7190:1997 recomenda que a resistência à compressão paralela às fibras ($f_{wc,0}$ ou $f_{c,0}$) seja dada pela máxima tensão e compressão que podem atuar em um corpo de prova com seção transversal quadrada de 5 cm de lado e 15 cm de comprimento, conforme a Equação 10:

$$f_{c0} = f_{c0'} \text{ Max} / A \quad (10)$$

3.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS

Para os testes de resistência à compressão normal às fibras ($f_{wc,90}$ ou $f_{c,90}$) a ser determinada em um ensaio de compressão uniforme, com duração total de 3 a 8 minutos, de corpos de prova com seção quadrada de 5 cm de lado e 10 cm de comprimento.

Os corpos de prova tinham forma prismática, com seção transversal quadrada de 5 cm de lado e altura, e na direção tangencial, de 10 cm, conforme determinação da NBR 7190:1997, sendo utilizadas 12 amostras de cada espécie para a confecção dos resultados, segundo determinação da Norma.

Para a obtenção da resistência à compressão normal às fibras ($f_{wc,90}$ ou f_{c90}), dada pela máxima tensão e compressão que pode atuar em um corpo de prova com seção transversal quadrada de 5 cm de lado e 10 de comprimento, considera-se a Equação 11:

$$f_{c90} = f_{c90'} \text{ Max} / A \quad (11)$$

4 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

A análise estatística dos resultados obtidos permitiu comparar as espécies de angelim-pedra e de *Eucalyptus Grandis* em relação à umidade, densidade básica, estabilidade dimensional e compressão paralela e normal às fibras. Dessa forma, foi possível o comparativo entre as duas espécies, com os dados bibliográficos, assim como a semelhança de comportamento das espécies analisadas em relação à umidade, densidade e estabilidade dimensional e compressão paralela e normal às fibras.

4.1 ENSAIO DE UMIDADE

A umidade encontrada no lote, considerando os fatores acima apresentados para a espécie de angelim-pedra foi de 15,98% e para a espécie de *Eucalyptus Grandis* foi de 16,58%. Portanto, segundo DAGOSTINI (2006), a madeira pode ser considerada seca com umidade característica de secagem ao ar livre.

4.2 ENSAIO DE DENSIDADE BÁSICA

Como os ensaios foram realizados com 18 amostras, (a NBR 7190:1997 recomenda 12), pode-se descartar resultados espúrios, fazendo uso do desvio padrão com a média para mais e para menos, obtendo assim resultados mais precisos. A densidade básica média encontrada no lote da espécie de angelim-pedra foi de 765,37 kg/m³ e para a espécie de *Eucalyptus Grandis* foi de 744,99 kg/m³.

Esses resultados, quando comparados aos dados bibliográficos, apresentam-se de duas formas: na espécie de *Eucalyptus Grandis* a densidade encontrada foi superior aos dados bibliográficos em média de 500 kg/m³ a 420 kg/m³; já para a espécie de angelim-pedra, o resultado encontrado ficou dentro do esperado, pois os dados bibliográficos apresentam em média uma densidade de 710 kg/m³ a 1210 kg/m³.

A densidade do *Eucalyptus Grandis* mostrou-se elevada se comparada aos dados bibliográficos. Isso pode ter ocorrido por não haver um controle adequado na retirada das amostras para a confecção dos corpos de prova utilizados nos ensaios. A madeira do eucalipto apresenta uma estrutura heterogênea e a densidade básica tem tendência de crescer da região próxima à medula para aquela próxima à casca.

4.3 ENSAIO DE ESTABILIDADE DIMENSIONAL

Para os ensaios de estabilidade dimensional, avaliaram-se dois tipos de ensaios, o ensaio de retração, em que a espécie está saturada e vai para a estufa, e o de inchamento, no qual a espécie está seca e é levada à saturação.

4.3.1 Ensaio de retratibilidade

Com as medições de todos os lados das amostras, os valores de retração tangencial e radial são consideravelmente superiores ao longitudinal, confirmando os resultados das bibliografias pesquisadas. Com os dados colhidos em laboratório, a partir do ensaio de secagem das amostras saturadas, foi realizada a média de retração de todos os lados, para que os resultados fossem mais aproximados. Adotou-se o procedimento de excluir o resultado maior e o menor de cada lote, já que foram realizados ensaios com 18 amostras; portanto, mais amostras que a caracterização mínima estabelecida pela NBR 7190:1997, que é de 12 corpos de prova, obtendo então a média final de retração axial, radial e tangencial, respectivamente.

Os dados obtidos podem ser conferidos no Gráfico 1, em que há um comparativo do comportamento das duas espécies.

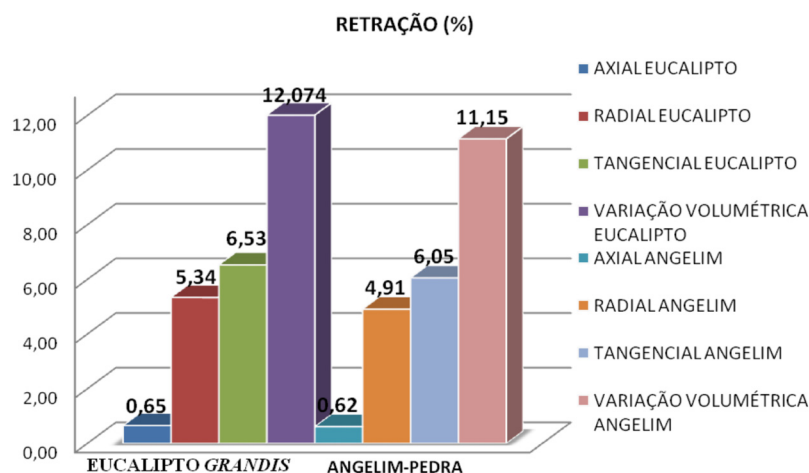


Gráfico 1: Comparativo da retratibilidade do *Eucalyptus Grandis* e angelim-pedra
Fonte: as autoras.

A relação T/R para a espécie de *Eucalyptus Grandis* foi de 1,22 e para a espécie de angelim-pedra foi de 1,23, apresentando resultados com valores baixos. Quando comparados com a bibliografia, que é de 1,6 para o angelim-pedra e de 1,5 a 2,3 para espécies de eucaliptos, também se apresentam bons.

4.3.2 Ensaio de inchamento

Para o estudo de inchamento, foram realizadas medições dos três lados nas duas espécies de madeira, respectivamente. Os corpos de prova foram submergidos em água destilada para evitar que a ação de sais interferisse no processo de absorção, mas não houve controle de temperatura da água, já que no laboratório não havia disponibilidade. Procedeu-se da mesma maneira que no ensaio anterior, para a obtenção dos dados finais. Esses dados podem ser verificados no Gráfico 2.

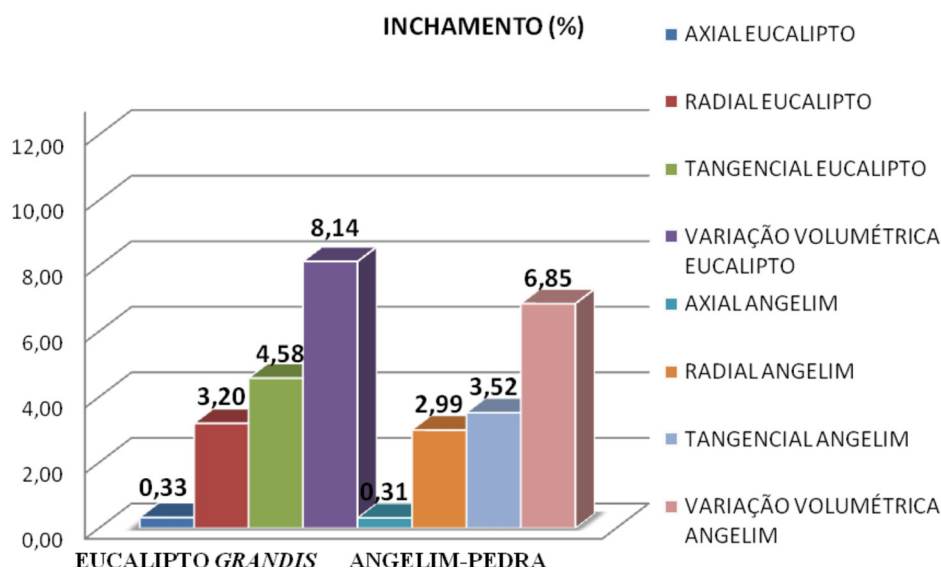


Gráfico 2: Comparativo do inchamento de *Eucalyptus Grandis* e angelim-pedra
Fonte: as autoras.

A relação T/R para a espécie de *Eucalyptus Grandis* foi de 1,43 e para a espécie de angelim-pedra foi de 1,18, apresentando resultados com valores baixos, demonstrando que as espécies não apresentarão trincas, rachaduras, empenamentos, encanoamentos, torcimentos e outros defeitos do processo de secagem.

4.4 ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Os resultados de resistência à compressão paralela às fibras, em média, foi de 47,2 MPa, para a espécie de angelim-pedra e de 33,1 MPa para a espécie de *Eucalyptus Grandis*.

Os resultados de resistência à compressão paralela às fibras, obtidos nos ensaios, aproximaram-se dos resultados das bibliografias, que são, em média, para a espécie de angelim-pedra, de 38 MPa a 52,3 MPa, e para a espécie de *Eucalyptus Grandis*, de 26,3 MPa a 42,1 MPa.

É importante lembrar que os ensaios foram realizados com amostras de 5 cm x 5 cm x 10 cm, divergindo dos valores estabelecidos pela Norma, que são de 5 cm x 5 cm x 15 cm; mas como comparativo são válidos, já que a seção transversal considerada para a obtenção dos resultados finais é a mesma de 5 cm x 5 cm.

4.5 ENSAIO DE COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS

Os resultados de resistência à compressão normal às fibras, em média, foi de 15,1 MPa para a espécie de angelim-pedra e de 8,3 MPa para a espécie de *Eucalyptus Grandis*.

Os resultados de resistência à compressão normal às fibras, obtidos nos ensaios, ficaram aproximados dos resultados das bibliografias, que são, em média, para a espécie de angelim-pedra, de 6,4 MPa a 11,3 MPa, e para a espécie de *Eucalyptus Grandis* de 9,8 MPa.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e em suas discussões, conclui-se, ao final deste trabalho, que: em relação à umidade, as espécies podem ser consideradas secas com umidade característica de secagem ao ar livre; quanto à densidade, a encontrada nos lotes foi superior a 650 kg/m^3 , as duas espécies são comercialmente aceitas; no que diz respeito à estabilidade dimensional, os resultados obtidos para a retratibilidade axial, radial e tangencial, assim como a variação volumétrica, ficaram dentro do esperado, demonstrando ter um ótimo comportamento em relação ao aparecimento de defeitos no processo de secagem; para a resistência à compressão paralela às fibras, os resultados, em média, foram de 47,2 MPa para a espécie de angelim-pedra e de 33,1 MPa para a espécie de *Eucalyptus Grandis*; e, em relação à compressão normal às fibras, os resultados de resistência à compressão normal às fibras, em média, para a espécie de angelim-pedra, foram de 15,1 MPa, e para a espécie de *Eucalyptus Grandis*, de 8,3 MPa.

A madeira do gênero eucalipto tem um grande potencial para a utilização na construção civil, apresentando-se como uma importante proposta para futuras construções em madeira, mas a sua correta utilização depende do conhecimento do material e de algumas recomendações, como o uso de peças sem defeitos e com procedência confirmada, para uma possível caracterização de suas propriedades.

Study about properties of two species of wood used in constructions

Abstract

Studies on wood are usually directed at the use of them in covering, with little tradition of use in constructions works in small and medium sided, as opposed to what happens in countries in North America and Europe. Studies related to the physical properties of wood are of great importance to the recommendation of its use in construction. Aiming at the use of wood from reforestation to replace the hardwood a study was made of the characterization of the anatomical structure through a comparison of species, using species of hardwood angelim-pedra and wood reforestation Eucalyptus Grandis. The report compared the timber species listed, with the testing of moisture, density and dimensional stability of the constituents of two main species used in the construction of the region. Were also performed for comparative compressive strength parallel and perpendicular to fibers. The tests with the species of wood angelim-pedra and Eucalyptus Grandis, followed the standart recommendations of the Associação Brasileira de Normas Técnicas (Brazilian Association of Technical Standards) and NBR 7190 – Design of Wood Structures, 1997. After the tests showed that the species of wood from reforestation of Eucalyptus Grandis, although present data below the results obtained with the kind of angelim-pedra, presented within the range considered optimal for use in construction work, thus, its use is recommended to replace the species of wood from native forests.

Keywords: Wood. Physical properties. Angelim-pedra. Eucalyptus Grandis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

CALIL JUNIOR, Carlito; DIAS, Antonio Alves. **Utilização da madeira em construções rurais**. 1997. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v1n1/071.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2009.

DAGOSTINI, Carlos Mauricio. **Estruturas de aço e madeira**. Engenharia Civil. Joaçaba: Ed. Unoesc, 2006. Material didático.

DEMARZO, Mauro Augusto; Di Mauro, Fabio João Paulo. Certificação de madeiras para uso industrial. **Revista Madeira Arquitetura e Engenharia**, ano 6, n. 17, set./dez. 2005.

DUARTE, Denise; GONÇALVES, Joana Carla Soares; MULFARTH, Roberta Kronka. **Mercado de madeira e a construção civil**. 2008. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2006/O_Mercado_de_Madeira_e_a_Construcao_Civil.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2009.

GEOCITIES. **Categoria madeiras**. Disponível em: <<http://br.geocities.com/casaspre/madvant.htm> - categoria madeiras>. Acesso em: 29 maio 2009.

PEREZ, Patrícia Lombardi; BACHA, Carlos José Caetano. **Comercialização e comportamento de preços da madeira serrada nos estados de São Paulo e Pará**. Esalq/Usp, Piracicaba. 2006. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/522.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

PFEIL, Walter. **Estruturas de madeira**. 5. ed. LCT – Livros Técnicos e Científicos. [S.l.]: Editora S.A., 1994.

VALDUGA, Laila. **Materiais de construção civil**. Engenharia Civil. Joaçaba: Ed. Unoesc, 2003. Material didático.

