

**CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS MADEIRAS DE *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis*
E *Platanus x acerifolia* QUANDO SUBMETIDAS AO VERGAMENTO**

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE WOOD OF *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis*
AND *Platanus x acerifolia* WHEN SUBMITTED TO BENDING

Darci Alberto Gatto¹ Clovis Roberto Haselein² Elio José Santini² José Newton Cardoso Marchiori³
Miguel Antão Durlo² Leandro Calegari⁴ Diego Martins Stangerlin⁵

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de investigar as características do vergamento da madeira de *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. (plátano), *Luehea divaricata* Mart. et Zucc (açoita-cavalo) e *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch (nogueira-pecã) procedentes de florestas não-manejadas para esse fim, das regiões da Depressão Central e Encosta Superior do Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram abatidas cinco árvores adultas representativas de cada espécie, por região de estudo, totalizando trinta árvores. De cada árvore abatida, retirou-se uma tora de 2,50 m de comprimento (partindo da base), que foram transportadas para serraria e desdobradas. De cada tora, retirou-se uma prancha central de 8 cm de espessura, da qual foram confeccionados corpos-de-prova para ensaios de vergamento. Os corpos-de-prova foram condicionados em câmara climatizada até um teor de umidade de aproximadamente 14%. Os corpos-de-prova foram cozidos em água fervente por 35 minutos e vergados em raios de 16 e 21 cm. Para a qualificação dos defeitos de vergamento, foi seguida a metodologia descrita por Vorreiter (1958). Os principais resultados indicam que a madeira de noqueira-pecã verga melhor que as demais espécies, independentemente do raio testado. Aparentemente, a porosidade em anel, característica da espécie, contribuiu para o resultado. Já as madeiras de açoita-cavalo e plátano, com porosidade difusa e com grande proporção de parênquima, apresentaram uma grande quantidade de peças defeituosas.

Palavras-chaves: vergamento; tecnologia da madeira; qualidade da madeira.

ABSTRACT

This work was conducted with the purpose of investigating bending characteristics of the wood of *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd., *Luehea divaricata* Mart. et Zucc and *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. Such species were collected from non-managed forests located in Depressão Central and Encosta Superior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brazil. Five representative adult trees from each species per studied area were cut down, corresponding to a total of thirty trees. From the trunk, a 2.5 m long log was taken and, afterwards, transported to a sawmill for processing. A central 8 cm thick plank was sawn, from which samples for bending were manufactured. The samples were conditioned in standard room to a moisture content of approximately 14%. Then, the samples were placed in boiling water during 35 minutes and bended in rays of 16 and 21cm. For the qualification of the bending defects, the methodology presented by Vorreiter (1958) was used. Results showed that the wood of *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch had the best bending characteristics when compared to the other two species, independently of the ray bending tested. It seems that the ring porosity, characteristic of the *Carya illinoensis* wood, contributed to the result. On the other hand, the wood of *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. and *Luehea divaricata* Mart. et Zucc, with diffuse porosity and larger parenchyma proportion, presented more defective pieces.

Keywords: bending; wood quality; wood technology.

1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Caixa Postal 354, CEP 96019-900 Pelotas (RS). darcigatto@yahoo.com
2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). clovis.haselein@smail.ufsm.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).
4. Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa (MG). leandrocalegari@yahoo.com.br
5. Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). diego_stangerlin@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A técnica de flexionamento de peças de madeira remonta à antigüidade. Possivelmente começou com a confecção de cestos de varas e posteriormente com a construção de barcos. Entretanto, como a madeira é elástica, as peças flexionadas mantinham a forma conferida, apenas enquanto eram obrigadas a isso por forças externas. Além disso, era impossível, na antigüidade, flexionar peças espessas e mesmo finas a pequenos raios. Dessa forma, madeiras naturalmente tortuosas eram especialmente procuradas por torneadores, escultores, fabricantes de carrocerias e, sobretudo, por fabricantes de pequenas embarcações. Na Europa, segundo Grosser (1980), esse tipo de peça, especialmente de carvalho (*Quercus* spp.), foi muito procurado durante séculos para a construção naval.

Um processo substancial, também de conhecimento muito antigo, foi tornar a madeira mais flexível pelo tratamento por fogo. A madeira, quando ainda úmida, era tornada mais flexível quando aquecida, tendo o operador muito cuidado em mantê-la sempre em movimento para evitar desuniformidade no aquecimento, ou mesmo para evitar que a peça viesse a queimar, o que não era muito raro. No Brasil, os imigrantes italianos utilizaram esse procedimento para vergar madeira utilizada na produção de barris, em que era envelhecido e acondicionado o vinho.

Com o advento de máquinas para serrar, houve uma tendência de se abandonar a técnica de flexionamento, construindo-se, de preferência, peças curvas por meio de serras. Se, por um lado, isso pode garantir peças bem formadas, por outro, essa técnica provocou uma drástica redução da resistência e uma grande formação de resíduos ocasionando grande perda de madeira.

A madeira seca ao ar, sem um tratamento prévio, pode ser flexionada somente dentro de determinados limites, variáveis de espécie para espécie. Isso pode ser atribuído à pequena dilatação de ruptura da madeira quando sujeita a esforços de tração. Com o flexionamento, processa-se um alongamento do lado convexo ou de tração (quando este não estiver protegido devidamente), ao passo que, do lado côncavo ou de compressão, pode-se observar um encurtamento. Nas margens superior e inferior das peças em flexionamento, as deformações são máximas e vão diminuindo em direção ao centro, no qual existe uma região que não sofre nenhuma tensão e, portanto, nenhuma deformação, denominada de linha neutra (BODIG e JAYNE, 1982). Ao se flexionar uma peça não-tratada previamente, a linha neutra fica levemente deslocada do centro em direção do lado de tração, pois a madeira é mais resistente a esse tipo de sollicitação. Como as dilatações admissíveis pela madeira até a ruptura são bem inferiores que as admissíveis na contração, para uma mesma tensão, a ruptura se dá primeiramente no lado de tração (KOLLMANN e CÔTE, 1968).

Com a plasticização da madeira pelo cozimento em água quente, vapor, ou outro processo, ela se torna mais flexível, isso é, sua capacidade de alongamento (no lado de tração) e de contração (no lado de compressão) são aumentados consideravelmente. O aumento da capacidade de contração é superior ao aumento da capacidade de dilatação, de forma que a linha neutra se desloca ainda mais para o lado de tração. Quanto menor o raio de vergamento (r) em relação à espessura da peça (s), tanto maiores são as dilatações e contrações nas regiões de tração e compressão respectivamente. Quando essas deformações ultrapassam as deformações admissíveis (e_z) para as diversas espécies, a peça se rompe.

As deformações admissíveis (e_z) são obtidas por experimentação, vergando-se peças de espessura fixa a raios de vergamento cada vez menores. A deformação admissível é encontrada quando, no máximo, 5% das peças se rompem.

Kollmann (1951) propôs para um flexionamento sem problemas a seguinte condição:

$$\left(\frac{s}{2r}\right) * 100 \leq e_z$$

Em que: e_z = dilatação de ruptura; s = espessura da peça; r = raio de curvatura, medido do centro do pivô até a metade da espessura da peça de madeira (corpo-de-prova), conhecida como linha neutra.

Para madeira de *Fagus* sp., por exemplo, quando não-tratada e seca ao ar, a deformação de ruptura (e_z) varia de 0,75 a 1,0%, o que resulta numa relação s/r entre 1/67 até 1/50. Depois da vaporização ou cozimento, a madeira se torna mais plástica e as deformações permitidas aumentam para 2 a 5% resultando

numa relação s/r ao redor de 1/33 até 1/25. Isto é, se relação s/r for de 1/33, isso significa que a cada cm de espessura da peça a ser vergada, o raio mínimo para a madeira não se romper será de 33 cm. Caso a peça, por exemplo, tenha 2 cm de espessura o raio mínimo de vergamento será de 66 cm.

Vorreiter (1958) estudou diversas espécies e denominou a deformação de ruptura (e_z) de coeficiente de flexionamento (dado pela relação s/r em porcentagem), admitindo rupturas de no máximo até 5% das peças de madeira. O aumento desse coeficiente indica que a espécie se adapta ao vergamento.

Para muitas finalidades, a flexibilidade da madeira, mesmo quando plasticizada em água quente, vapor, produtos químicos etc., não é suficiente, já que, para pequenos raios, as dilatações de ruptura na face de tração são ultrapassadas, e a peça se rompe. Na tentativa de resolver esse problema, o alemão M. Thonet desenvolveu o método que consiste em flexionar-se a madeira, presa em suas extremidades e com o auxílio de uma cinta de flexão, ajustada na face de tração, o que impede as dilatações nesta região. Com isso, a linha neutra é transferida mais para o lado convexo, de modo que na peça em flexionamento sejam exercidas, preponderantemente, forças de compressão e as dilatações sejam mínimas. Dessa forma, em razão da maior compressibilidade natural da madeira, ela pode ser flexionada a raios menores sem grandes problemas, já que o coeficiente de flexionamento para as diversas espécies aumenta (VORREITER, 1958).

Também é possível dobrar madeira sem amolecer ou plasticizar por tratamentos. Porém, a estabilidade do produto final pode não ser tão permanente quanto dos tratamentos nos quais são utilizados métodos de amolecimento e plasticização.

No vergamento de madeiras, devem-se observar a espécie, qualidade da madeira (ausência de defeitos) e fatores dependentes do processo como: pré-tratamento (plasticização), raio de curvatura e metodologia utilizada (teor de umidade da madeira, temperatura e tempo de plasticização).

Quando da seleção de madeira para vergar, a primeira consideração a ser observada é a espécie. Nesse primeiro passo, devem-se considerar os objetivos estéticos do desenhista, as limitações de curvatura dentro da espécie, e as propriedades de resistência do objeto depois de concluído. A falta de conhecimento das características de vergamento das diferentes espécies pode levar os engenheiros a recomendar madeiras para vergar em raio que estão bem fora dos limites de tensão (tração e compressão) para a qual podem ser sujeitadas tais madeiras.

Para o vergamento, segundo Clark (1965), as madeiras comumente usadas são as espécies européias, carvalho (*Quercus robur* L.), faia (*Fagus sylvatica* L.) e *Fraxinus* sp., que podem ser vergadas em raios relativamente pequenos, depois de tratamento de plasticização.

Apesar de bastante antiga e utilizada por muito tempo na Europa, a técnica de vergamento é pouca reconhecida nas Américas. Na América do Sul, apenas uma empresa a utiliza em escala industrial. Localizada no Rio Grande do Sul, a empresa Thonart utilizou por muitas décadas, para a confecção de móveis, a madeira de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. et Zucc), vindo a testar outras espécies em consequência da escassez desta.

Na atualidade, a empresa também emprega como matéria-prima para móveis vergados, a madeira de *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. (plátano). Essa espécie chegou ao Brasil com a colonização italiana, adaptou-se bem às condições climáticas do estado do RS, em especial nas regiões Serrana e Planalto. No entanto, ainda é cultivada em pequenos povoamentos.

Por outro lado, tem-se no Rio Grande do Sul o maior pomar da América Latina de noqueira-pecã, sendo *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koche a principal espécie plantada. Até o momento, as árvores se destinam exclusivamente para a produção de nozes comestíveis e, no final, com a perda de produtividade, são derrubadas e sua madeira utilizada como lenha.

Apesar da pouca literatura encontrada no Brasil sobre a madeira de noqueira-pecã, acredita-se que, por suas características macroscópicas e pela aceitação da madeira em seu país de origem, poderia ter uma utilização mais nobre que seu simples uso para energia. Por exemplo, a madeira de espécies similares é importada por algumas empresas brasileiras para a confecção de produtos especiais. Um desses possíveis usos é para a fabricação de móveis vergados. Caso seja possível tal uso, pode-se antever que as receitas obtidas pelos agricultores, que cultivam essa espécie, serão maiores.

É evidente, portanto, que há falta de definição tecnológica das características de vergamento das três espécies, *Luehea divaricata* Mart. et Zucc, *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koche, *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd., o que impede indicações de práticas de manejo florestal com vistas à produção industrial que, com este trabalho, se busca solucionar.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é investigar as características tecnológicas das madeiras de *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. (plátano), *Luehea divaricata* Mart. et Zucc (açoita-cavalo) e *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch (nogueira-pecã) quando submetidas ao vergamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A região da Depressão Central (Figura 1) constitui uma área sem grandes variações altimétricas, em que as maiores cotas se situam ao redor de 200 m, onde dominam as amplas e alongadas formas de topos convexos ou planos cujas encostas caem suavemente em direção aos vales, com aprofundamento médio em torno dos 40 m (HERRMANN e ROSA, 1990). A vegetação desta região classifica-se em Floresta Estacional Decidual.

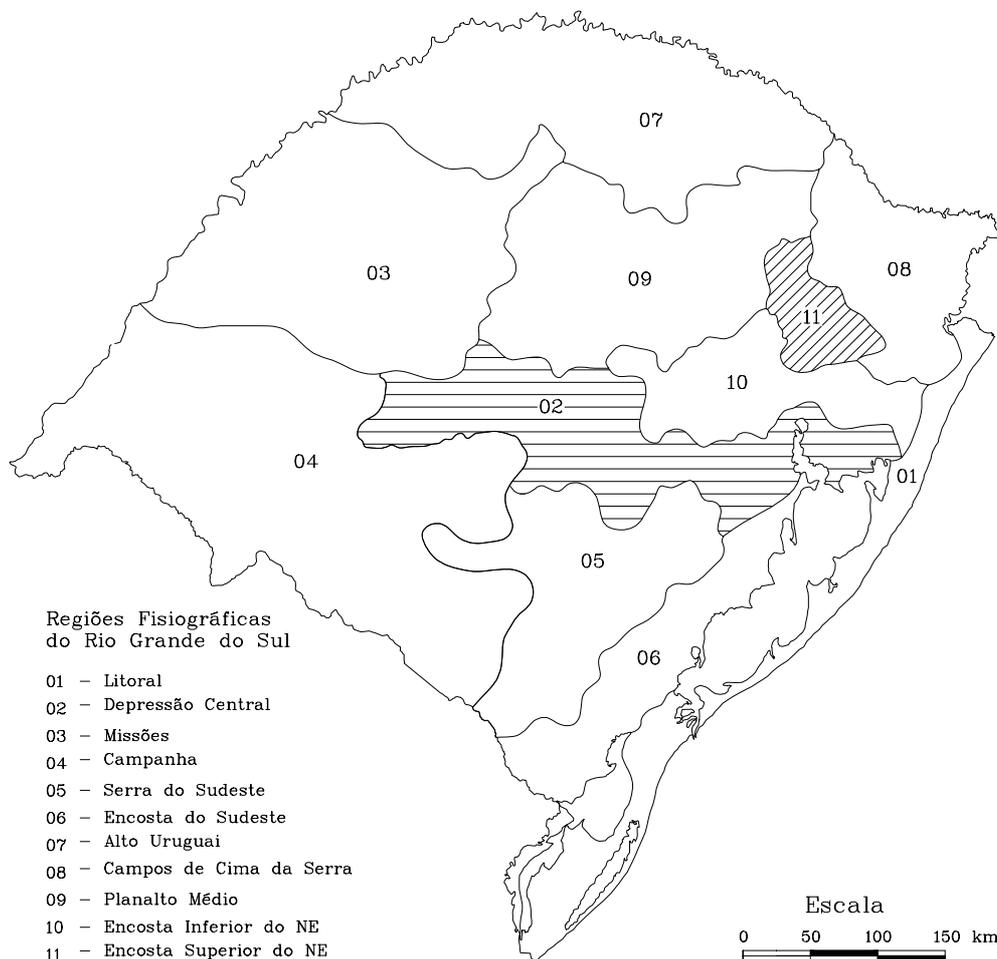


FIGURA 1: Regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul, salientado (hachurada) as áreas de coleta do material.

FIGURE 1: Physiographic regions of Rio Grande do Sul; the areas of material collection are highlighted.

A Encosta Superior do Nordeste está situada entre a Encosta Inferior do Nordeste e os Campos de Cima da Serra. Sua área perfaz um total de 7.683 km². O relevo é muito montanhoso, de formação geológica basáltica. A região é recortada profundamente por rios que formam vales, com altitudes de até 800 metros nos limites com o Planalto (FORTES, 1956). A vegetação dessa região se classifica em Floresta Ombrófila

Mista.

Coleta do material

Para o estudo do vergamento das madeiras de açoita-cavalo, plátano e noqueira-pecã, foram eleitas cinco árvores adultas para cada espécie, sem defeitos no fuste, com DAP superior a 30 cm, localizadas em duas regiões fisiográficas do estado do Rio Grande do Sul, de forma a contemplar as principais variações de solo e clima do Estado. O primeiro ponto de coleta está localizado na Depressão Central e o segundo na Encosta Superior do Nordeste (Figura 1).

O material foi selecionado pela extração ao acaso, conforme norma COPANT (1971) e ASTM D5536-94 (1995). Para açoita-cavalo, o abate ocorreu em floresta nativa (processo de licenciamento pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente); já para as espécies de noqueira-pecã e plátano, em plantios comerciais. Das árvores cortadas, mediram-se o diâmetro cruzado, a altura de inserção do primeiro galho vivo, a altura total e comercial das árvores. A primeira tora de 2,50 m de comprimento foi coletada e transportada para a serraria.

Preparação dos corpos-de-prova

Na serraria, as toras foram desdobradas e retirando-se um pranchão central de 8 cm de espessura (Figura 2). Os pranchões foram transportados para o laboratório onde foram confeccionados corpos-de-prova.

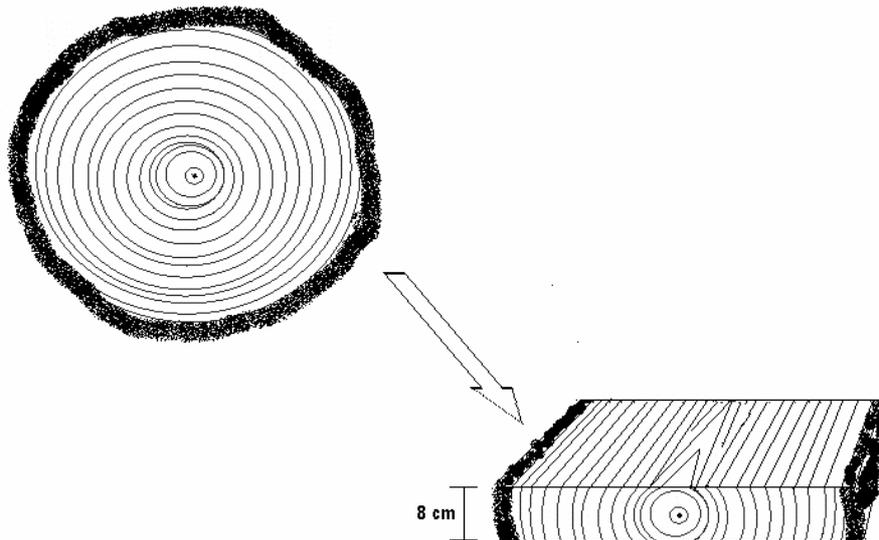


FIGURA 2: Esquema de retirada do pranchão central da tora.

FIGURE 2: Sketch of plank cutting from log.

Para os testes de vergamento a 21 e 16 cm de raio, foram confeccionados, respectivamente, corpos-de-prova de 2,5 x 2,5 x 72 cm e 2,5 x 2,5 x 58 cm, anotando-se as posições de retirada: próximo à casca (lenho adulto) ou próximo à medula (lenho juvenil). Os cortes longitudinais foram realizados com serra circular. Os corpos-de-prova foram condicionados em câmara climatizada (20°C de temperatura, 65% umidade relativa) do Laboratório de Produtos Florestais, até atingirem umidade de equilíbrio em torno de 14% (base seca).

Ensaio preliminares

Para a eleição do tempo de cozimento, foi executado um pré-teste, plasticizando-se todos os corpos-de-prova em cinco tempos de cozimento (10, 20, 30, 40 e 60 minutos) em água fervente. Os corpos-de-prova foram vergados em molde circular, com um raio de 21 cm. A literatura (KOLLMANN, 1951; VORREITER, 1958) informa que quanto maior o tempo de cozimento, até certos limites, melhor será a plasticização da madeira, pois mais plástica a lignina se torna. No entanto, outros elementos da madeira, como a celulose, podem se tornar plásticos em tempos mais curtos. Assim, foi verificada a incidência de defeitos, após 40 e 60 minutos de cozimento. Provavelmente, os defeitos deveram-se à maior penetração de água no interior da

célula (célula cheia), especialmente na periferia do corpo-de-prova, causando o rompimento celular durante o vergamento. Por outro lado, em consequência da pouca plasticização da madeira, os tempos 10 e 20 minutos sofreram grande incidência de defeitos. Dessa forma, escolheu-se o tempo de 35 minutos para plasticização da madeira, pois os tempos testados de 30 e 40 minutos foram os que apresentaram menor incidência de defeitos nas três espécies pesquisadas.

Ensaio de vergamento

Escolheram-se dois raios de vergamento a fim de atender à indústria. Assim, os corpos-de-prova, foram sorteados, cozidos e testados em dois raios de vergamento: 16 e 21 cm.

Para a realização dos ensaios, foi utilizada máquina de ensaios especialmente desenvolvida para essa finalidade (Figura 3), com base em modelos descritos por Kollmann (1951) e Vorreiter (1958). Cada corpo-de-prova era colocado na máquina de ensaios, de maneira que a face tangencial do lado do cerne ficasse no lado interno do raio. Assim, a madeira sofreu pressão tangencial às fibras por meio do cilindro e foi vergada manualmente pelo deslocamento da alavanca para a direita. No lado interno do raio, a madeira sofre tensão de compressão e no lado externo, a madeira sofre tensão de tração. Dessa forma, a peça ganhou forma de acordo com o molde de vergamento; já a cinta de flexão foi mantida pressionando-se a madeira ao molde até a retirada da peça da máquina após o resfriamento da madeira.

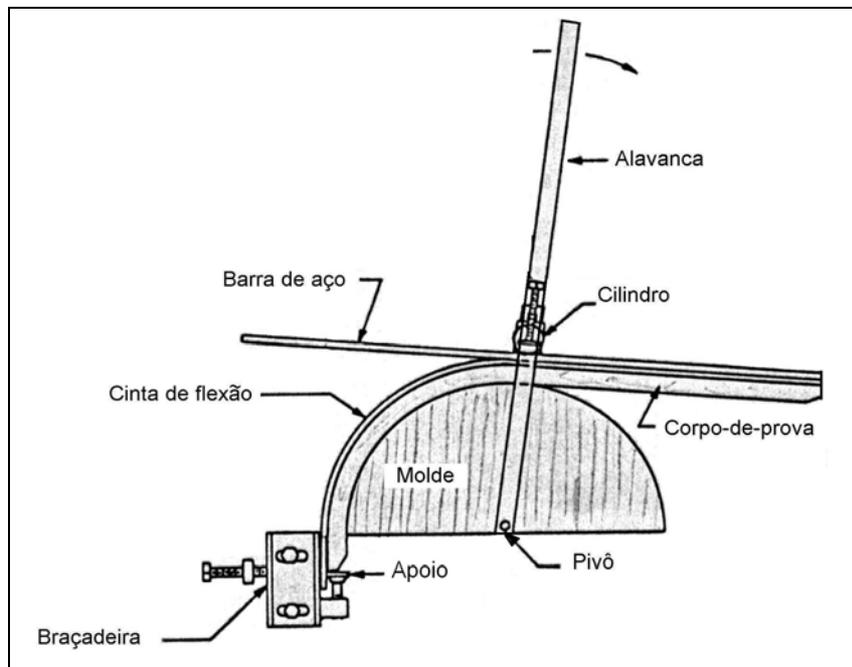


FIGURA 3: Máquina de ensaios confeccionada para o vergamento, segundo modelos descritos por Kollmann (1951) e Vorreiter (1958), modificado.

FIGURE 3: Bending testing machine, according to the models described by Kollmann (1951) and Vorreiter (1958), modified.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualificação do vergamento foi feita visualmente, segundo Vorreiter (1958), observando-se a ausência ou presença de defeitos. Independentemente da espécie e procedência do material, os defeitos mais freqüentemente observados foram fendas transversais, estilhaço e ruptura perpendicular. Na Figura 4, encontram-se ilustrados alguns dos defeitos observados.

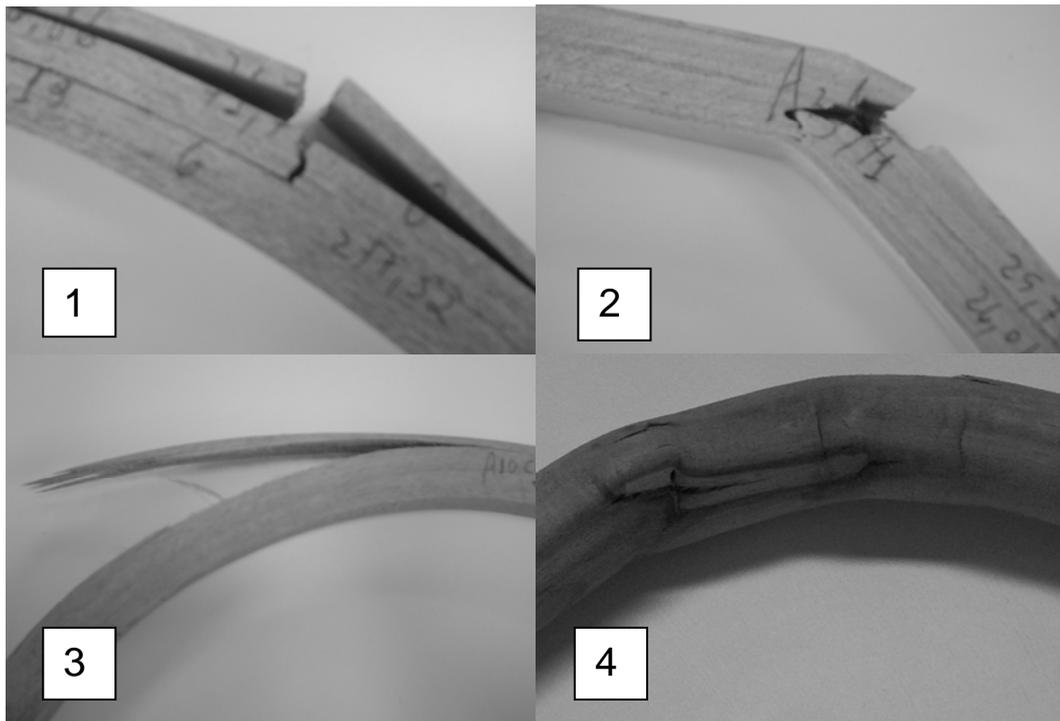


FIGURA 4: Defeitos típicos do vergamento (1. fendas transversais; 2. ruptura perpendicular; 3. estilhaço; 4. esmagamento).

FIGURE 4: Typical bending defects (1. traverse splits; 2. perpendicular rupture; 3. splinter; 4. crushing).

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, observam-se os resultados quali-quantitativos do vergamento da madeira das espécies, segregadas por tipo de lenho, raio de vergamento e regiões em estudo. No vergamento, os corpos-de-prova, em alguns casos, apresentaram mais de um tipo de defeito, motivo pelo qual a soma dos defeitos é superior ao número de corpos-de-prova testados.

Raio de 21 cm – Região da Depressão Central

A Tabela 1 reporta os dados de qualificação do vergamento para a madeira, provinda da Depressão Central, vergada a um raio de 21 cm.

TABELA 1: Resultados do ensaio de vergamento ao raio de 21 cm. Região da Depressão Central.

TABLE 1: Results of the bending with the ray of 21 cm. Wood collected at the Depressão Central region.

Espécie	Lenho	Número de amostras	Defeitos							
			s/d	a	b	c	d	e	f	g
Açoita-cavalo	adulto	10	1	-	-	-	3	7	3	-
	juvenil	10	2	-	-	-	4	5	2	-
Nogueira-pecã	adulto	10	7	-	-	-	-	3	-	-
	juvenil	10	7	-	-	-	-	3	-	-
Plátano	adulto	10	1	-	-	-	1	7	2	-
	juvenil	10	1	-	-	-	-	7	3	-
Total		60	19	-	-	-	8	32	10	-

Em que: s/d = ausência de defeitos; a = esmagamento; b = dobra transversal; c = cisalhamento longitudinal; d = fendas transversais; e = estilhaço; f = ruptura perpendicular; g = fendas de secagem.

Na madeira provinda dessa região, foram constatados apenas três tipos de defeitos: fendas transversais, estilhaço e ruptura perpendicular. A madeira de açoita-cavalo apresentou uma grande percentagem (85%) de peças com defeito. O principal defeito encontrado foi o estilhaço, presente sobretudo no lenho adulto. Isso se deve à forma de desdobro da madeira que, mesmo tentando desconsiderar a conicidade, faz com que a grã seja mais inclinada na parte periférica do tronco.

A madeira de nogueira-pecã apresentou uma menor incidência numérica e tipológica de defeitos, observando-se apenas o estilhaço. A madeira vergada de lenho juvenil e adulto teve o mesmo comportamento.

A madeira de plátano apresentou comportamento semelhante à madeira de açoita-cavalo, com pequeno número de peças com defeito. O principal defeito observado foi o estilhaço.

Considerando as três espécies conjuntamente, apenas 32% das peças oriundas da região da Depressão Central, não apresentaram defeitos. Não houve diferenças qualitativas quanto ao tipo de lenho testado no vergamento.

Raio de 21 cm – Região da Encosta Superior do Nordeste

A Tabela 2 apresenta os dados de qualificação do vergamento para a madeira provinda da Encosta Superior do Nordeste, vergada ao raio de 21 cm.

TABELA 2: Resultados do ensaio de vergamento ao raio de 21 cm. Região da Encosta Superior do Nordeste.
TABLE 2: Results of the bending with the ray of 21 cm. Wood collected at the Encosta Superior do Nordeste region.

Espécie	Lenho	Número de amostras	Defeitos							
			s/d	a	b	c	d	e	F	g
Açoita-cavalo	adulto	10	1	-	-	-	4	8	-	-
	juvenil	8	5	-	-	-	-	3	-	-
Nogueira-pecã	adulto	10	10	-	-	-	-	-	-	-
	juvenil	10	10	-	-	-	-	-	-	-
Plátano	adulto	10	3	-	-	-	2	6	-	-
	juvenil	10	2	-	-	-	4	8	-	-
Total		58	31	-	-	-	10	25	-	-

Em que: s/d = ausência de defeitos; a = esmagamento; b = dobra transversal; c = cisalhamento longitudinal; d = fendas transversais; e = estilhaço; f = ruptura perpendicular; g = fendas de secagem.

Na madeira provinda dessa região, foram constatados apenas fendas transversais e estilhaço. No vergamento da madeira de açoita-cavalo, foi observado um grande número de peças com defeito. As peças de madeira juvenil apresentaram uma menor incidência de defeitos, provavelmente, em consequência da menor inclinação da grã. A madeira de nogueira-pecã vergou sem apresentar qualquer defeito. Por outro lado, a madeira de plátano apresentou fendas transversais e estilhaços na maioria dos corpos-de-prova. Observa-se também uma possível maior incidência de defeitos no lenho juvenil para a madeira de plátano.

Assim, também, da Tabela 2, depreende-se que 53% das peças testadas não apresentaram defeitos e 43% das peças apresentaram estilhaço.

Raio de 16 cm – Região da Depressão Central

A Tabela 3 reporta os resultados do vergamento para a madeira provinda da Região da Depressão Central, ao raio de 16 cm. Os defeitos apresentados pela madeira dessa região, foram praticamente os mesmos verificados para o vergamento ao raio de 21 cm. Entretanto, o número de defeitos foi superior ao verificado no vergamento ao raio de 21 cm.

A madeira de açoita-cavalo apresentou apenas uma peça sem defeito. As demais apresentaram fendas transversais, estilhaços e ruptura perpendicular, com um grande grupo de peças com mais de um defeito. Já a madeira de nogueira-pecã apresentou a menor incidência de defeitos. A madeira juvenil foi a que teve melhor comportamento.

Nos testes de vergamento, a madeira de plátano não apresentou peças sem defeitos.

Apenas 22% das peças das três espécies de madeira dessa região fisiográfica, testadas ao raio de 16 cm, apresentaram ausência de defeitos.

TABELA 3: Resultados do ensaio de vergamento ao raio de 16 cm. Região da Depressão Central.

TABLE 3: Results of the bending with the ray of 16 cm. Wood collected at the Depressão Central region.

Espécie	Lenho	Número de amostras	Defeitos							
			s/d	a	b	c	d	e	f	g
Açoita-cavalo	adulto	10	-	-	-	-	5	9	3	-
	juvenil	10	1	1	-	-	5	9	2	-
Nogueira-pecã	adulto	10	5	-	-	-	1	5	-	-
	juvenil	10	7	-	-	-	-	3	-	-
Plátano	adulto	10	-	-	-	-	2	8	2	-
	juvenil	10	-	-	-	-	3	7	2	-
Total		60	13	1	-	-	16	41	9	

Em que: s/d = ausência de defeitos; a = esmagamento; b = dobra transversal; c = cisalhamento longitudinal; d = fendas transversais; e = estilhaço; f = ruptura perpendicular; g = fendas de secagem.

Raio de 16 cm – Região da Encosta Superior do Nordeste

A Tabela 4 mostra os resultados do vergamento para a madeira provida da Encosta Superior do Nordeste, ao raio de 16 cm. A madeira de açoita-cavalo apresentou apenas três corpos-de-prova sem defeitos. Os demais apresentaram defeitos do tipo esmagamento, fendas transversais, estilhaços e ruptura perpendicular, com um grande grupo de peças com mais de um defeito. Já a madeira de nogueira-pecã apresentou apenas dois corpos-de-prova com defeito, do tipo estilhaço, na madeira adulta. Todos os corpos-de-prova da madeira de plátano apresentaram defeitos.

TABELA 4: Resultados do ensaio de vergamento ao raio de 16 cm. Região da Encosta Superior do Nordeste.

TABLE 4: Results of the bending with the ray of 16 cm. Wood collected at the Encosta Superior do Nordeste region.

Espécie	Lenho	Número de amostras	Defeitos							
			s/d	a	b	c	d	e	f	g
Açoita-cavalo	adulto	10	-	1	-	-	4	10	-	-
	juvenil	10	3	-	-	-	2	5	-	-
Nogueira-pecã	adulto	10	8	-	-	-	-	2	-	-
	juvenil	10	10	-	-	-	-	-	-	-
Plátano	adulto	10	-	-	-	-	4	10	-	-
	juvenil	10	-	-	-	-	6	5	1	-
Total		60	21	1	-	-	16	32	1	-

Em que: s/d = ausência de defeitos; a = esmagamento; b = dobra transversal; c = cisalhamento longitudinal; d = fendas transversais; e = estilhaço; f = ruptura perpendicular; g = fendas de secagem.

Apenas 35% das peças ensaiadas não apresentaram defeitos. Parece haver tendência de ocorrer menor quantidade de defeitos nas peças do lenho juvenil.

De maneira geral, as Tabelas 1, 2, 3 e 4 demonstram que a madeira das espécies provenientes da região da Encosta Superior do Nordeste se comportaram melhor ao vergamento. Essa diferença pode estar relacionada à melhor qualidade da madeira obtida nessa região.

Não há muita diferença qualitativa quando se considera a maturidade do lenho ensaiado. Ao contrário do indicado pela literatura (KOLLMANN, 1951; BIBLIS, 1990; MCALISTER e POWERS Jr., 1992), o lenho juvenil, em muitos casos, até apresentou melhor vergamento que o lenho adulto (caso da madeira de açoita-cavalo e da nogueira-pecã).

A madeira de nogueira-pecã, quando comparada com as outras duas espécies, independentemente da procedência e do raio de vergamento, foi a que melhor se comportou. Nos raios de 21 e 16 cm, respectivamente, 85% e 75% das peças testadas não apresentaram defeito. Ensaída ao raio de 21 cm, a nogueira-pecã provida da Encosta Superior do Nordeste não apresentou defeitos. Esses percentuais são similares ou até superiores aos encontrados por Davis (1962), com nogueiras procedentes de florestas

americanas (78%). Deve-se ressaltar que Davis utilizou raio de 53,3 cm (dobro do maior raio testado), sem pressão longitudinal e/ou cinta de flexão. Por outro lado, o melhor comportamento da madeira de nogueira-pecã ao vergamento, quando comparado com as demais espécies, pode ser explicado, especialmente, pela porosidade em anel, que diminui a tensão de vergamento (KOLLMANN, 1951; VORREITER, 1958).

Da mesma forma, Davis (1962), estudando material vergado de 25 espécies, observou que as quatro melhores madeiras tinham porosidade em anel e oito das dez espécies com porosidade em anel, estavam entre as 12 melhores das 25 espécies estudadas.

Para comparação, o mesmo autor classificou a madeira de *Platanus occidentalis*, uma madeira de anatomia semelhante ao *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. como a 23ª espécie americana em uma série de 25 espécies testadas, em ordem de qualidade indicada ao vergamento, com apenas 19% das peças testadas livres de defeitos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos, para as espécies açoita-cavalo, nogueira-pecã e plátano, pode-se concluir que:

Os defeitos encontrados nas peças de madeira ensaiadas ao raio de 16 cm foram similares, mas em número bem superior, quando comparados ao raio de 21 cm;

O número de anéis de crescimento não afetou a qualidade do vergamento; já o ângulo de inclinação da grã, em relação ao eixo das peças, foi o responsável pelo surgimento do principal defeito o estilhaço;

De maneira genérica, a madeira das espécies provenientes da região da Encosta Superior do Nordeste comportou-se melhor ao vergamento do que as da região da Depressão Central. Essa diferença demonstra a melhor qualidade do material obtido nessa região para o vergamento;

Em comparação com as demais espécies, a madeira de nogueira-pecã apresentou os melhores resultados para os raios de vergamento utilizados, aparentemente influenciado pela presença de porosidade em anel. As madeiras de açoita-cavalo e plátano, com porosidade difusa e com grande proporção de parênquima, apresentaram uma grande quantidade de peças defeituosas, necessitando de mais estudos para que possam ser usadas para a produção de peças vergadas.

Diante desses resultados, recomenda-se:

Comparar o vergamento no sentido radial com os resultados obtidos neste estudo (sentido tangencial) em relação às características anatômicas e de qualidade da madeira;

Aplicar o método de vergamento de célula cheia para as espécies utilizadas neste estudo e comparar os resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard methods of testing small clear specimens of timber**: ASTM D 143 – 94. Philadelphia, PA: 1995.

_____. **Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties**: ASTM D5536-94. Philadelphia, PA: 1995.

BIBLIS, E. J. Properties and grade yield of lumber from a 27-year-old slash pine plantation. **Forest Products Journal**, Madison, v. 40, n. 3, p. 21-24, 1990.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982. 712 p.

CLARK, W. **Veneering and Wood Bending in the Furniture Industry**. London: Pergamon Press, 1965. 120 p.

COPANT, Comision Panamericana de Normas Técnicas. **Selección y colección de maderas**, COPANT 30:1- 001, 1971.

DAVIS. E. M. **Machining and related characteristics of United States hardwoods**. Washington: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE. 1962. p. 39-42.(Technical Bulletin, 1267).

FORTES, A. B. **Aspectos fitogeográficos, demográficos e econômicos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Globo, 1956.

GROSSER, D. **Defeitos da madeira**. Curitiba: FUPEF, 1980. 63 p. (Serie Técnica, n. 2).

HERRMANN, M. L. de P.; ROSA, R. de O. Relevô. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p. 55-84.

KOLLMANN, F. **Technologie des holzes und der holzerkstoffe**. Erter Band. Berlin : Springer, 1951. 1050 p.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTE, W. A. **Principles of wood science and technology**. vol. I. Solid Wood. New York : Springer-Verlag, 1968. 592 p.

McALISTER, H.; POWERS Jr., H. R. Physical and mechanical properties of half-sib families of rust-resistant loblolly and slash pine. **Forest Products Journal**, Madison, v. 42, n. 11/12, p. 15-20, 1992.

VORREITER, L. **Holztechnologischeshandbuch**. Band II. Wien: Georg Fromme, 1958. 646 p.