

---

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS  
DA MADEIRA NA PENETRAÇÃO E ADESÃO  
DE ADESIVOS**

---

**CARLOS EDUARDO CAMARGO DE  
ALBUQUERQUE**  
**Mestre, Prof. Assistente, DPF - IF - UFRRJ**  
**JOÃO VICENTE DE FIGUEIREDO**  
**LATORRACA**  
**Mestre, Prof. Assistente, DPF - IF - UFRRJ**

**R E S U M O**

**E**ste trabalho trata da influência das características anatômicas da madeira sobre a penetração e adesão de adesivos. Neste contexto, deu-se enfoque a diversidade estrutural e anatômica da madeira e seus papéis na performance de uma ligação adesiva.

Palavras-chaves: aspectos anatômicos, adesão

**A B S T R A C T**

**ANATOMIC FEATURES' INFLUENCE IN  
PENETRATION AND ADHESION OF  
ADHESIVES**

This work with deal of some anatomic features' influence in penetration and adhesion of adhesives. In this context, was considered the wood structural and anatomic diversity and their role in bond performance.

Key words: anatomic features, adhesion

**I N T R O D U Ç Ã O**

A utilização da madeira pelo homem possui uma longa e interessante história, transcorrida numa evolução, nem sempre constante através dos tempos, acompanhando o desenvolvimento da civilização humana.

Nas antigas civilizações, destaca-se à do Antigo Egito, com suas sofisticadas peças de mobiliário e embarcações, manufaturados para reis e príncipes desde 3000 anos antes de Cristo (KOLLMANN et al., 1975).

Com a Revolução Industrial houve um grande avanço para o uso da madeira, em virtude do aparecimento das máquinas movidas a vapor, época em que surgiram as primeiras máquinas laminadoras por faqueamento, assim como o torno desfolhador, que impulsionaram destacadamente a laminação, que passou a ser, então, a base do surgimento da indústria de compensados (ALBUQUERQUE, 1995, 1999).

No século XX, houve o derradeiro impulso, e

durante a Segunda Guerra Mundial, por exemplo, já se destacava o uso da madeira com elevada tecnologia, destacando-se a indústria aeronáutica, na produção em larga escala da aeronave de ataque inglesa “De Havilland 98”, o “Mosquito”, que possuía estrutura inteiramente confeccionada em madeira. Notadamente, após a Segunda Guerra, o emprego da madeira foi ampliado e diversificado como em nenhuma outra época (ALBUQUERQUE, 1999). Surgiram, então, novas indústrias e novos produtos fundamentados no desenvolvimento tecnológico, com a automação das máquinas, sofisticados sistemas de programação automáticos, máquinas modulares, e linhas completas de máquinas automáticas de produção contínua (ALBUQUERQUE, 1995). Todavia, para a atual e futura evolução, tornou-se fundamental um conhecimento científico mais profundo da madeira. Desenvolveram-se inúmeras pesquisas e trabalhos científicos, e as áreas de estrutura a base de madeira, ultraestrutura celular, estrutura molecular dos constituintes químicos da parede celular, tem constantemente revitalizado o meio científico como, também, a indústria madeireira, permitindo um horizonte de novos e diversificados produtos originados da madeira. Tais produtos possuem alta qualidade, usos mais específicos e custos mais competitivos.

A ciência básica e tecnológica continuam em evolução, pois a base científica constitui uma fundamental ferramenta de consolidação do desenvolvimento industrial madeireiro. A perspectiva futura apresenta um amplo horizonte, em decorrência do emprego de novas espécies, assim como árvores desenvolvidas por engenharia genética, como já acontece nas principais indústrias do setor de papel e celulose. Segundo SJÖSTRÖM (1981), até então, eram conhecidas 520 espécies de coníferas e 30.000 espécies de folhosas, com cerca de 1200 espécies ocorrendo na América do Norte, enquanto que a maioria delas se encontra em habitats tropicais. Diante deste último dado, o Brasil se coloca numa situação privilegiada, já que a Amazônia, junto com a Mata Atlântica,

possuem a maior diversidade florestal do planeta, provavelmente, algumas espécies tecnológica e botanicamente ainda desconhecidas, enquanto que na Europa, ocorrem, naturalmente, apenas 10 espécies de coníferas e 51 espécies de folhosas (SJÖSTRÖM, 1981).

## **ASPECTOS ESTRUTURAI E ANATÔMICOS DA MADEIRA**

A madeira é um material heterogêneo, e sua diversidade anatômica e química é refletida em várias propriedades físicas, tais como: permeabilidade; comportamento quanto à capilaridade; condutividade térmica; e difusão da água de impregnação (SIAU, 1984).

A natureza lenhosa adquirida pelas plantas vasculares é considerada como uma organização arquitetônica bem estabelecida (TSOUMIS, 1991).

As células do xilema, podem ser classificadas como células do prosênquima e células do parênquima. Dependendo de suas funções, são classificadas como células condutoras, de sustentação, de armazenagem e de transformação. As do xilema contêm cavidades denominadas de pontuações (SJÖSTRÖM, 1981). As células parenquimatosas são elementos de estocagem de nutrientes, e devem permanecer vivas por um período de tempo maior do que as prosenquimatosas, as quais perdem seu protoplasma no mesmo período em que são formadas (KOLLMANN; CÔTÉ, 1984).

Considerando os diversos tipos de células do xilema, estas podem desempenhar diversas funções (Quadro 1), tais como: sustentação, condução, armazenagem e secreção (KLOCK; MUNIZ, 1998).

A madeira é, também, um material anisotrópico, com propriedades distintas nos seus três eixos ortotrópicos. Tais diferenças, assim como outras propriedades físicas da madeira, são resultado direto da estrutura da parede celular,

Quadro 1 - Principais funções exercidas pelos diversos tipos de células presentes em madeiras de coníferas e de folhosas (KLOCK; MUÑIZ, 1998)

Madeira/Função	Sustentação	Condução	Armazenagem	Secreção
<b>Coníferas</b>	Traqueídes do lenho do lenho tardio	Traqueídes do lenho Inicial e radiais	Parênquima radial e longitudinal	Células epiteliais* e canais resiníferos
<b>Folhosas</b>	Fibras libriformes e traqueídes	Vasos e Traqueídes vasculares	Parênquima radial e longitudinal	Células epiteliais* e canais resiníferos

\* Células epiteliais são células do parênquima axial especializadas na produção de resina, que delimitam os canais resiníferos, formando um epitélio. São mais curtas e hexagonais, contêm um núcleo grande e denso citoplasma enquanto vivas, em comparação com as células do parênquima axial normal (BURGER e RICHTER, 1991)

da orientação celular, do tipo de células presentes, sua distribuição, disposição e as relativas proporções na qual estas estão presentes. Em decorrência da anisotropia, a resistência da madeira quanto à tensão ao longo da grã, é várias vezes superior à do sentido transversal. Além disso, alterações dimensionais decorrentes da adição ou remoção da água na madeira corresponde a faixa de 10 a 15% no sentido radial, enquanto que no sentido longitudinal é de apenas 0,1%. Outrossim, a permeabilidade da madeira ao fluxo de líquidos é superior no sentido longitudinal em relação ao transversal (THOMAS, 1991).

### Influência das propriedades anatômicas na adesão

Segundo KOLLMANN et al. (1975), as propriedades da madeira possuem um nítido efeito nas ligas adesivas e, geralmente, as madeiras de folhosas apresentam mais dificuldades do que as coníferas.

As propriedades anatômicas da madeira possuem uma significativa influência na colagem de madeiras, a exemplo da variabilidade na densidade e porosidade que ocorre em: lenhos inicial e tardio, cerne e

alburno, e lenho juvenil e adulto. Outrossim, destaca-se a influência da instabilidade dimensional do lenho de reação, assim como o da direção da grã, em que a penetrabilidade se relaciona com a direção de corte (IWAKIRI, 1998).

Considerando as propriedades anatômicas da madeira, a relevância está voltada aos seus efeitos no movimento do adesivo para o interior da estrutura da madeira, ou seja, relativo à penetração (MARRA, 1992).

### Anéis de crescimento/lenho inicial e tardio

Uma das diferenças entre espécies resulta do padrão de crescimento de cada árvore. Durante a estação de crescimento, formam-se diferentes tipos e tamanhos de células, isto dependendo da demanda geneticamente conduzida, que sofre alterações ao longo do tempo. Então, são formados anéis de crescimento onde grandes células são formadas no lenho inicial, e células robustas no lenho tardio. Os anéis resultantes devem ser largos ou estreitos, além de possuir diferentes proporções entre lenho tardio e inicial, dependendo das condições de crescimento, tais como: água; temperatura; nutrientes; idade; moléstias; insetos; sol; vento; competição. As árvores desenvolvem anéis de

crescimento que revelam configurações celulares características em cada espécie (MARRA, 1992).

Algumas árvores, apresentam um crescimento uniforme durante toda a estação de crescimento e, portanto, produzem anéis menos distintos (MARRA, 1992).

Uma característica a ser considerada em madeiras de folhosas é o perfil dos anéis de crescimento, que consiste em: porosidade em anel, difusa, e semidifusa; transição abrupta ou gradual, entre lenho inicial e tardio de coníferas. Todavia, mais importante que o perfil organizacional, é a proporção de lenho inicial e tardio. Em folhosas, o lenho formado por último, numa estação do ano, normalmente apresenta maior número de fibras do que no lenho formado inicialmente, e desta forma, uma maior quantidade de lenho tardio é formado, proporcionando um material lenhoso de maior densidade. Em madeiras de coníferas, onde o lenho é quase que totalmente formado por traqueóides (proporção de até 95%), as de lenho tardio possuem paredes celulares mais espessas, ocasionando uma maior densidade nesta parte do anel de crescimento (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

A significativa diferença de porosidade entre lenho inicial e tardio, e a pequena proximidade entre estas duas zonas na superfície da madeira, são causadores de uma das maiores dificuldades a superar na formulação de adesivos. A otimização da movimentação do adesivo, numa face de semelhante variabilidade superficial, necessita muito da tolerância das características de mobilidade do adesivo. Em muitos casos, o adesivo não pode fazer tudo, mas deve ser auxiliado por algum fator operacional sob controle do usuário, tal como tempo de montagem (MARRA, 1992).

Esta estrutura diferenciada pode ocasionar problemas relativos à penetração de adesivos, à linha de cola "faminta" ou "espessa", o que é contornável pela alteração na formulação do adesivo. Já a viscosidade, é dificultada em função da variabilidade, causada pelos diferentes planos de corte obtidos na obtenção

dos elementos de madeira (IWAKIRI, 1998).

## **Cerne e alburno**

Outro grande fator de variabilidade entre diversos tipos de madeira, causador de muitos problemas de colagem, é relativo à idade e condições de crescimento das árvores. Com a idade, ocorrem mudanças químicas na madeira. Enquanto estes aparecem, primeiramente como mudanças físicas, eles também alteram a porosidade aparente da madeira, afetando a mobilidade de adesivos (MARRA, 1992).

A formação do cerne, ainda sem uma explicação concisa, mostra que células da região do alburno, são lentamente preenchidas com materiais como óleos, graxas e substâncias fenólicas, decorrem provavelmente de processos metabólicos (bioquímicos) ainda remanescente nas células dos raios na região periférica compreendida entre o cerne e o alburno. Tais materiais alteram a cor da madeira, sua permeabilidade, sua higroscopicidade, seu equilíbrio no conteúdo de umidade, sua contração e inchamento, sua durabilidade, sua densidade (em algumas espécies). Além disso, outro fato de destacada importância é que, certas madeiras de folhosas, durante a formação do cerne, ocorre a oclusão de vasos por tiloses. A tilose provoca, então, o entupimento dos poros e, conseqüentemente, reduz de forma significativa a permeabilidade da madeira com relação aos fluidos (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

A proporção de cerne e alburno é uma característica de cada espécie, idade, sítio, solo e clima, além de outros fatores. O cerne, em relação ao alburno, é menos permeável, possuindo maiores dificuldades na secagem e na absorção de produtos preservativos (BURGER & RICHTER, 1991).

De modo geral, a variabilidade entre cerne e alburno se relaciona com a densidade e a porosidade (IWAKIRI, 1998).

## Idade da árvore

De forma aproximadamente semelhante aos seres humanos, as árvores possuem mais ou menos estágios distintos em seus ciclos de vida, o que equívale às fases da infância, idade adulta e senilidade (MARRA, 1992).

O lenho juvenil possui anéis de crescimento largos, mas a madeira produzida possui a tendência de possuir inferior qualidade, pois é mais fraca, possuindo contração e inchamento mais elevados ao longo da grã. É relativamente fácil para processar a colagem, devido a sua baixa densidade e estrutura porosa, porém a baixa resistência e instabilidade. Por outro lado, árvores velhas tendem a um lento crescimento, com produção de estreitos anéis, além de apresentarem uma porcentagem de cerne mais elevada, com quantidade de alburno mais reduzida (MARRA, 1992).

No processo de laminação, por sua vez, as toras com lenho juvenil geralmente não cortam bem. As espécies do gênero *Pinus*, em especial, possuem largas faixas de lenho inicial ou primaveril, e estreitas faixas de lenho tardio, o que provoca uma tendência para a ocorrência de trepidações na face dos tornos desenroladores, resultando num produto de superfícies ásperas, com variação na espessura e defeitos na secagem. Por conseguinte, grandes quantidades de cola tornam-se necessárias, elevando custos e a variação na espessura do painel produzido (SENFT, 1986).

## Lenho de reação

O lenho de reação, que compreende o lenho de compressão nas madeiras de coníferas, e o lenho de tração nas madeiras de folhosas, apresenta anormalidades em suas características. Esse tipo de lenho apresenta contração e inchamento em níveis altos ao longo da grã, além da anormal alta de densidade e baixa resistência. A elevada instabilidade, de forma não comum, ao longo da grã, causa excessivos empenamentos e, se reprimidos, ocasionam fraturas transversais às fibras.

Enquanto madeiras deste tipo, particularmente, não são de difícil colagem, sua instabilidade é uma fonte de tensões nos produtos colados e, portanto, produz efeitos adversos na sua estabilidade (MARRA, 1992).

A madeira de compressão, parece apresentar seus anéis compostos, na maior parte, de lenho tardio, com uma gradual transição para o lenho inicial, em vez da característica transição abrupta das coníferas. Outrossim, este tipo de lenho pode ocasionar problemas na indústria de celulose, devido ao seu baixo teor de celulose, maior teor de lignina com maior complexidade estrutural (ABREU et al., 1999). Além disso, se caracteriza por possuir densidade e contração longitudinal mais elevados, contudo, apresenta resistência mecânica reduzida em relação à madeira normal (TSOUMIS, 1991).

A madeira de tração, também possui anéis largos e superfície tangencial áspera, e tal aspereza não é eliminada por processos de lixamento (MARRA, 1992). Além disso, este lenho se caracteriza, anatomicamente, pela falta de lignificação na parede celular e, freqüentemente, pela presença de uma camada gelatinosa no interior das fibras (BENDTSEN, 1978; KOLLMANN & CÔTÉ, 1984). Como conseqüência, destaca-se a elevada instabilidade dimensional, principalmente no sentido axial, baixa resistência à compressão e flexão, além das superfícies permanecerem ásperas, com dificuldades para a trabalhabilidade e colagem (BENDTSEN, 1978).

Entretanto, segundo TSOUMIS (1991), a resistência mecânica da madeira de tração pode ser mais elevada, equivalente, ou inferior, em comparação com a madeira normal, dependendo do tipo de carga efetuado.

A madeira de tração também dificulta a colocação de pregos, e nos processos de serragem, as serras ficam comprimidas e superaquecidas, com as superfícies serradas longitudinalmente encrespadas e lanosas, de modo que um acabamento superficial

adequado pode se tornar inviável (TSOUMIS, 1991).

De modo geral, segundo BURGER & RICHTER (1991), o lenho de reação ocasiona as seguintes conseqüências para a qualidade e utilização da madeira:

### **Lenho de compressão**

- Comportamento desigual;
- Instabilidade dimensional elevada;
- Madeira quebradiça;
- Baixas qualidades de trabalhabilidade;
- São propensas à empenamentos quando em processos de secagem;
- Maior resistência à compressão axial e perpendicular.

### **Lenho de tração**

Difícil trabalhabilidade, em decorrência da presença de superfícies ásperas;

Instabilidade dimensional, com tendência ao aparecimento de colapso;

Surgimento de compensados empenados, corrugados e rachados;

Elevada resistência à tração, e baixa resistência à compressão e flexão.

### **Grã**

O plano da maioria das superfícies de peças de madeira a serem coladas, não possuem a condição de perfeitamente radiais ou tangenciais em relação a tora originária dessas peças, e sim, apresentam-se sob ângulos de corte intermediários. As diferenças nas propriedades de colagem, nestes casos, são mínimas, exceto quando as superfícies apresentam extensões diferentes de lenho tardio. Lâminas de madeira, produzidas a partir de tornos desfolhadores, podem apresentar

superfícies com o máximo de lenho tardio, em virtude da faca cortar ao longo do anel na zona do lenho tardio, ocasionando as duas superfícies da lâmina com lenho tardio em bandas largas. Todavia, o ângulo relativo à real direção das fibras da madeira é mais importante, e possui forte influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. O movimento da umidade, a estabilidade dimensional, a resistência, e propriedades relativas ao acabamento de superfícies, são relacionadas diretamente com o ângulo da grã (MARRA, 1992).

Os efeitos da grã na formação adesiva envolvem, principalmente, a porosidade, que ocorre em diferentes planos de corte. Grã cruzada ou superfície de topo, pelas suas demasiadas porosidades, provocam excessiva penetração, ocasionando a linha de cola "faminta", significando a não ocorrência da formação da linha de cola na liga adesiva. Em compensados, pode haver uma ultrapassagem de cola, atingindo até a outra face da lâmina, prejudicando a aparência do produto (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

De outra forma, em madeiras de estrutura muito fechada e superfícies lisas, a penetração do adesivo estará comprometida, reduzindo a área de colagem, acarretando, portanto, um linha de cola fraca (BURGER & RICHTER, 1991).

Superfícies de topo não devem ser coladas diretamente, pelas seguintes razões (MARRA, 1992):

- a) Por ser porosa demais, ocasiona excessiva penetração e a formação da linha de cola "faminta", o que significa que há dificuldades na formação da linha de cola da liga adesiva;
- b) Os elos de conexão do substrato são fortes demais em seus aspectos. Eles carregam altos esforços ao longo da grã de uma estrutura, e estes esforços são, normalmente, mais elevados do que uma ligação adesiva pode suportar.

Além disso, parte do esforço está na condição de tração, o que representa a direção mais fraca

para as ligações adesivas. Quando a madeira deve ser colada em sua superfície de topo, são efetuadas configurações de juntas especiais, a fim de atenuar o efeito da porosidade, aumentar a área de ligação no sentido tangencial, e converter esforços de tração para cisalhamento, onde a resistência é maior (MARRA, 1992).

Para a formação de ligações fortes, a madeira de grã ligeiramente inclinada se mostra mais adequada em relação a grã reta ou direita (IWAKIRI, 1998). Tal situação, é explicada pelo fato de que os adesivos de madeira possuem uma composição que combina com a porosidade, ou seja, eles não possuem mobilidade suficiente para penetrar através da parede celular. Para uma ligação forte, o adesivo deve alcançar a camada de madeira intacta abaixo da superfície, o que ocorre através da penetração pelo lúmen celular ou pontuação, ou fenda na parede celular (MARRA, 1992).

Madeira com grã diagonal não possui relação na formação da ligação adesiva, mas ocorrem comportamentos indesejáveis no produto colado. Este tipo de madeira, projeta um componente de instabilidade na direção que supostamente deveria ser estável, além de uma fraqueza na direção que supõe-se forte. Além disso, a madeira é fraca no sentido transversal (MARRA, 1992). Portanto, a madeira apresenta alterações dimensionais difusas mais elevadas, em função das tensões irregulares, o que compromete a performance do produto colado (IWAKIRI, 1998).

## Porosidade

A porosidade se relaciona com a densidade, que influenciam na penetração dos adesivos na madeira (IWAKIRI, 1998).

A porosidade pode ser considerada como o inverso da densidade, do ponto de vista da liga adesiva, desde que esta se relacione com as aberturas da madeira relativas a passagem de líquidos ou gases (MARRA, 1992).

O termo, que para os anatomistas se refere a

elementos de vaso, neste caso, está vinculado ao grau de fluxo de líquidos. O inverso natural da porosidade é baseado no fato de que o tecido lenhoso, produzido principalmente para resistência, possui uma densidade mais elevada e, portanto, apresenta paredes celulares mais espessas, lúmens reduzidos, e pontuações reduzidas. Essas características, tendem a limitar a mobilidade do adesivo na estrutura lenhosa. Quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasiona uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca (MARRA, 1992).

A permeabilidade da madeira é uma característica relevante, principalmente em relação à secagem, preservação e fabricação de polpa e papel. De modo geral, madeira densas são mais difíceis de secar e impregnar com soluções preservativas, por possuírem volume de espaços vazios mais reduzido (BURGER & RICHTER, 1991).

A madeira densa é menos permeável, o que sugere composições diferentes de adesivos para madeiras densas, em relação às madeiras porosas, objetivando, em princípio, uma penetração ideal de adesivos em cada tipo de madeira (MARRA, 1992).

Outrossim, particularmente nas angiospermas, a presença ou não de substâncias obstrutoras, como gomo-resinas, tilos, etc., possuem uma importância significativa no grau de permeabilidade da madeira (BURGER & RICHTER, 1991).

Pode-se observar que, um adesivo parece precisar de propriedades mutuamente exclusivas, a fim de funcionar em madeiras como red oak (*Quercus rubra*) e Southern pine (*Pinus* sp.), onde a porosidade e densidades máximas ocorrem dentro de um espaço milimétrico, em superfícies da mesma peça de madeira. Tais diferenças, são responsáveis por muito da variabilidade na qualidade da ligação nestas espécies. Já que o usuário do adesivo, tem muito pouco controle sobre a variabilidade anatômica da madeira que está sendo colada, fica por conta do tecnologista de adesivos a

formulação de um composto adesivo intermediário, e ensinar a utilização correta a fim de otimizar os resultados nos dois extremos de porosidade. Isto pode envolver, a princípio, composições que incorporem frações de menor mobilidade junto com frações de máxima mobilidade (MARRA, 1992).

Existem, ainda, outros fatores de natureza física, e alguns de natureza química, associados com diferenças de densidade e porosidade na madeira, que influenciam a formação da ligação adesiva. Estes fatores afetam ações de mobilidade mais delicadas de um adesivo (MARRA, 1992).

## **OUTROS ESTUDOS**

Outros estudos, que analisam diversos fatores de influência, procuram desenvolver adesivos e técnicas que permitam uma adesão satisfatória. Com o aprimoramento das características do adesivo, tende-se a chegar numa otimização, no sentido de conseguir combinações mais perfeitas possíveis com as particularidades da superfície da madeira a ser colada.

Com relação à colagem de superfícies de topo, estas não são indicadas devido as dificuldades encontradas, entretanto, estudos continuam a serem realizados à respeito.

Como observação, é de se ressaltar que a colagem de peças de madeira em posição de topo, empregando a técnica de finger jointing, não é, na realidade, uma colagem de topo. Esta técnica, em particular, cria novas superfícies de colagem, a partir dos topos das peças de madeira a serem coladas, de forma que as posições destas novas superfícies criadas, se tornem próximas do eixo longitudinal da peça de madeira, proporcionando, por conseguinte, uma colagem muito forte. Esta técnica é empregada, inclusive no Brasil, na produção de vigas laminadas coladas, onde a matéria-prima utilizada são peças de madeira provenientes de sobras de serraria.

NORDSTRÖN (1995), desenvolveu um trabalho em que várias formulações de adesivo v. 7, n. 1, p. 158 - 166, jan./dez. 2000

tipo resorcinol-formaldeído (RF) foram testadas na colagem de superfícies de topo em peças de *Picea abies*.

Devido a alta porosidade encontrada, foi obtida uma retenção alta, ou seja, alta quantidade de adesivo curado na junta de colagem, a partir do uso de formulações adesivas RF na presença de paraformaldeído como endurecedor. Esta alta retenção proporcionou valores de resistência à flexão mais elevados, especialmente quando o conteúdo de sólidos foi elevado pela adição de resorcinol puro (NORDSTRÖN, 1995).

A partir do uso de fibras como meio carreador para adesivos RF, ocorreu adicional aumento na retenção adesiva na superfície de topo mas, apresentou-se valores em resistência à flexão relativamente baixos. Isto foi devido a estrutura porosa na região limite de lenho inicial saturado de adesivo nas faces unidas. Os valores mais altos em resistência à flexão foram obtidos com adesivo RF com alto teor de sólidos, a partir da adição de resorcinol, e com a presença somente de paraformaldeído como endurecedor, aplicado diretamente nas superfícies a serem coladas, sem qualquer tipo de sistema carreador (NORDSTRÖN, 1995).

## **CONCLUSÃO**

A variabilidade estrutural e anatômica existente na madeira afeta, de modo significativo, a performance de uma ligação adesiva. O desenvolvimento dos adesivos, a partir da evolução tecnológica, levam em conta, entre outros fatores, as diversas características relacionadas com a anatomia e estrutura das madeiras e, atualmente, procura-se atingir resultados mais satisfatórios nas diversas situações e condições de colagem que ocorrem na indústria madeireira. O aprimoramento atual, deve não só considerar a variabilidade entre as espécies e os planos de corte, mas também a que ocorre numa mesma superfície em uma mesma peça de madeira.



**LITERATURA CITADA**

- ABREU, H. S., NASCIMENTO, A. M. & MARIA, A. N. Lignin structure and wood properties. *Wood and Fiber Science*, Madison, v.31, n.4, p.426-433. 1999.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. Processamento mecânico da madeira na evolução humana. *Revista da Madeira*, Caxias do Sul, v.4, n.23, p.36-37. 1995.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. Da madeira dos sarcófagos à moderna indústria. *Revista da Madeira*, Curitiba, v.8, n.45, p.26-28. 1999.
- BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Products Journal*. v.28, n.10, p.61-71, 1978.
- BURGER, M. L. & RICHTER, H. G. *Anatomia da madeira*. São Paulo: Nobel. 1991. 154p.
- IWAKIRI, S. *Painéis de madeira*. Curitiba: FUPEF/Série didática nº1/98, 1998. 128p.
- KLOCK, U. & MUÑIZ, G.I.B. *Química da madeira*. 2.ed. Curitiba: FUPEF/Série didática nº2/98, 1998. 91p.
- KOLLMANN, F. F. P. & CÔTÉ, W. A. *Principles of wood science and technology*. 2.ed. Berlin: Springer-Verlag, 1984. v.1. 592p.
- KOLLMANN, F. F. P., KUENZI, E. W. & STAMM, A. J. *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. v.2. 703p.
- MARRA, A. A., *Technology of wood bonding*. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.
- NORDSTRÖM, JAN-ERIK P. Bending strength of spruce end-grain butt-joints using resorcinol formaldehyde-based adhesives. *Forest Products Journal*, Madison, v.45, n.6, p.77-83, jun. 1995.
- SENFT, J. F. Practical significance of juvenile wood for the user. *18° IUFRO World Congress*. Iugoslávia, p.261-271, 1986.
- SIAU, J. F. *Transport processes in wood*. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 245p.
- SJÖSTRÖM, E. *Wood chemistry*. Nova York: Academic Press, 1981. 223p.
- THOMAS, Richard J. Wood: formation and morphology. In: LEWIN, Menachem; GOLDSTEIN, I. S. *Wood structure and composition*. Nova York: Marcel Dekker Inc. 1991. P.7-47.
- SENFT, J. F. Practical significance of juvenile wood for the user. *18° IUFRO World Congress*. Iugoslávia, p.261-271, 1986.
- THOMAS, R.J. Wood: formation and morphology. In: LEWIN, Menachem; GOLDSTEIN, Irving S. *Wood structure and composition*. Nova York: Marcel Dekker Inc. 1991. P.7-47.
- TSOUMIS, G. *Science and technology of wood*. Nova York: Chapman & Hall, 1991. 494p.