

Composição Química da Madeira de *Eucalyptus citriodora* em Função das Direcções Estruturais

Elias Taylor Durgante Severo*, **Fred Willians Calonego**** e **Cláudio Angélio Sansígolo***

* Professor

**Engenheiro Florestal, Mestre

Universidade Estadual Paulista. Departamento de Recursos Naturais – Ciências Florestais. Fazenda Experimental Lageado s/n, Caixa Postal 237- CEP 18603-970 Botucatu-SP, BRASIL

Sumário. O objectivo deste trabalho foi o estudo da composição química da madeira nos sentidos medula-casca e base-topo em *Eucalyptus citriodora*. Para tanto, foram seleccionadas 5 árvores e retirados discos a 0,3 m de altura e posteriormente a cada 4 m, até à altura comercial correspondente a 12 cm de diâmetro. Retirou-se 1 cunha de cada disco para determinação da análise química nos lenhos juvenil e adulto. Os resultados mostram que: (1) No sentido base-topo os teores de lignina e de holocelulose são constantes tanto para o lenho juvenil quanto para o adulto. Os teores de extractivos totais, no lenho juvenil, decresce até ao terceiro toro e acima ocorre comportamento inverso. No lenho adulto há um decréscimo de extractivos com a altura. (2) No sentido medula-casca o teor de lignina é sempre superior no lenho juvenil, em todos os toros, sendo que ocorre diferença significativa no primeiro toro. O teor de holocelulose é sempre menor no lenho juvenil e existe diferença significativa entre os dois tipos de lenhos nos terceiro e sexto toros. O teor de extractivos totais é menor no lenho juvenil do primeiro ao quarto toro e nas restantes o lenho adulto é que apresenta menor teor deste composto.

Palavras-chave: teor de holocelulose; teor de lignina; teor de extractivos totais; lenho juvenil; *Eucalyptus citriodora*

Chemical Composition of *Eucalyptus citriodora* in Function of the Structural directions

Abstract. The aim of this work was to study the chemical composition of wood in the basis-top and pith-bark directions in *Eucalyptus citriodora*. Five trees were selected and discs collected at a height of 0,3m and every 4 m thereafter up to commercial height (corresponding to 12cm diameter). One wedge of each disc was removed for determination of the chemical analysis in the mature and juvenile wood. The results showed that: (1) In the basis-top direction the lignin and holocellulose content are constant in both the juvenile and mature wood. The extractive content in juvenile wood decreased up to the third log, though above this the contrary occurs. In mature wood there is a decrease in the extractive content with height; (2) In the pith-bark direction the lignin content is always higher in the juvenile wood in all the logs, although there was a significant difference in the first log. The holocellulose content was always smaller in the juvenile wood and showed a significant difference between juvenile and mature wood in the

third and sixth logs. The extractive contents were smaller in the juvenile wood of the first and fourth logs, whereas a lower percentage of this component was shown in the mature wood of the remaining logs. .

Key words: holocellulose content; lignin content; extractives content; juvenile wood; *Eucalyptus citriodora*

Composition Chimique du Bois d'*Eucalyptus citriodora* en Fonction des Directions Structurelles

Résumé. L'objectif de ce travail fut d'étudier la composition chimique du bois dans le sens moelle-écorce et base-cime chez l'*Eucalyptus citriodora*. Pour cela, 5 arbres furent sélectionnés et des disques on a retiré à 0,3 m de hauteur et postérieurement tous les 4 mètres, jusqu'à la hauteur commerciale correspondant à 12 centimètres de diamètre. Un copeau fut retiré de chaque disque pour la détermination de l'analyse chimique des bois juvéniles issus et adultes issus. Les résultats montrent que: (1) Dans le sens base-cime les teneurs en lignine et d'holocellulose sont constantes aussi bien pour le bois juvénile issu que pour l'adulte. Les teneurs d'extractifs totaux dans le bois juvénile issu décroissent jusqu'au troisième tore et au-dessus le comportement inverse se produit. Chez le bois adulte issu, se produit un décroissement des extractifs en fonction de la hauteur. (2) Dans le sens moelle-écorce la teneur en lignine est toujours supérieure dans le bois juvénile issu dans tous les tores, alors qu'il n'apparaît pas de différence significative dans le premier tore. La teneur en holocellulose est toujours plus faible dans le bois juvénile et il existe aussi une différence significative entre les deux types de bois dans le troisième et sixième tore. La teneur en extractifs totaux est plus faible dans le bois juvénile issu du premier et quatrième tore et dans les autres, le bois adulte issu est celui qui présente la plus faible teneur de ce composé.

Mots clés: teneur de holocellulose; teneur en lignine; teneur en extractifs; bois juvénile issu; *Eucalyptus citriodora*

Introdução

A heterogeneidade da madeira causa uma série de transtornos para a sua indústria de transformação e processamento. A variabilidade química desse material dá-se devido a vários factores: espécie, tratos silviculturais e principalmente estrutura anatômica da madeira.

A madeira juvenil é aquela formada pelo câmbio na secção transversal do fuste nos primeiros anos de vida. Essa madeira também pode ser referida como aquela mais próxima da medula que, do ponto de vista tecnológico, é diferenciada da madeira adulta em diversas propriedades.

A grande diferença em termos de madeira juvenil em relação à madeira adulta está na magnitude das alterações

físico-químicas, que ocorrem no sentido da medula para a casca do tronco.

As características químicas envolvidas nas mudanças são: teores de holocelulose, de lignina e de extractivos totais.

Segundo a literatura o estudo sobre a madeira juvenil em coníferas está consolidado, porém em madeiras de folhosas a composição química da madeira juvenil ainda não está claramente conhecida.

O género eucalipto tem sido amplamente utilizado pela indústria madeireira como substituto imediato de madeiras nativas, porém possui como característica a presença de grande proporção de madeira juvenil, facto que dificulta os processos de transformação da madeira.

Esse estudo teve como objectivo, verificar a composição química da madeira nos sentidos medula-casca e base-topo, em *Eucalyptus citriodora*.

Revisão de literatura

A madeira é um material orgânico e os seus constituintes químicos estão relacionados com as suas propriedades. O conhecimento da composição química da madeira é importante para a definição do uso do material.

A composição química da madeira é caracterizada pela presença de componentes fundamentais e acidentais.

Os componentes fundamentais caracterizam a madeira pois são parte integrante das paredes da fibras e da lamela média. São considerados componentes fundamentais, a celulose, as hemiceluloses e a lignina (OLIVEIRA, 1997 e SILVA, 2002). O conjunto da celulose e das hemiceluloses compõe o conteúdo total de polissacarídeos contidos na madeira e é denominado holocelulose (ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989).

Os extractivos atuam como componentes complementares ou acidentais e também devem ser quantificados (OLIVEIRA, 1997 e SILVA, 2002).

HILLIS e BROWN (1978) afirmam que o teor de extractivos é um dos mais importantes indicadores de conformidade da madeira para diversos usos industriais. A acentuada presença desses compostos inviabiliza a cura do cimento quando se utiliza tábuas como formas de betão em construções, e alteram ou comprometem a utilização de tintas e vernizes, pois interferem na cura, na penetração e na reacção de polimerização dos adesivos.

FOELKEL (1977) define os compostos

químicos constituintes da madeira e quantifica-os da seguinte forma:

(1) celulose: substâncias que se constituem em largas cadeias de polissacarídeos, apresenta-se na ordem de 40 a 45% da substância madeira;

(2) hemiceluloses: substâncias que formam uma matriz envolvendo a celulose, apresentam-se na ordem de 20 a 30% da substância madeira;

(3) lignina: substâncias incrustantes, que preenchem os espaços vazios na parede celular, constitui cerca de 18 a 25% e de 25 a 35% da substância madeira em folhosas e coníferas, respectivamente;

(4) extractivos: compostos solúveis em água e solventes orgânicos, localizados nos lumens celulares, nas paredes celulares e nas células parenquimáticas da madeira, apresentam-se na ordem de 2 a 25% da substância madeira.

SEABRIGHT (1995) afirma que as árvores de clima temperado possuem altas proporções de celulose, hemiceluloses e lignina, totalizando 98% da composição química das madeiras; as árvores tropicais apresentam a proporção destes polímeros reduzida a 90%, em resultado da grande quantidade de extractivos e de outras substâncias orgânicas e inorgânicas.

ARAÚJO *et al.* (2000) estudando a madeira de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) afirmam que a espécie possui teores de extractivos totais, de lignina e de holocelulose na ordem de 8,46, 23,52 e 68,01%, respectivamente.

HILLIS e BROWN (1978) citam que para o género *Eucalyptus* spp a composição química para as suas madeiras varia de 40 a 62% de celulose, 12 a 22% de hemiceluloses e de 15 a 25% de lignina.

TRUGILHO *et al.* (2003) afirmam que para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E.*

saligna os valores médios de extractivos totais, de lignina e de holocelulose apresentam-se na ordem de 6,71, 31,77 e 61,52%, respectivamente.

Esta variação nos componentes químicos da madeira dá-se devido a vários factores, tais como: espécie, tratamentos silviculturais e, principalmente, à sua estrutura anatómica.

TRUGILHO *et al.* (1996) estudou as características físico-químicas da madeira de *Eucalyptus saligna* e constatou que o teor de lignina apresentou correlação negativa com a massa volúmica básica e o teor de holocelulose, indicando que quanto menor for o teor de lignina maior será o teor de holocelulose e menor será a massa volúmica básica da madeira. O mesmo autor verificou que o teor de extractivos totais e de lignina diminuem com a idade e o teor de holocelulose aumenta.

BENDTSEN (1978), SJÖSTRÖM (1981) e ZOBEL e VAN BUIJTENEN (1989) afirmam que a madeira juvenil apresenta menor percentagem de celulose, maiores teores de holocelulose, de extractivos e de lignina quando comparada com a do lenho adulto.

TRUGILHO *et al.* (1996) estudando a madeira de *Eucalyptus saligna* concluiu que existe uma tendência de estabilização nos valores de extractivos totais, lignina e holocelulose com a idade. Isso mostra que as características químicas estão sujeitas a grandes variações iniciais na madeira juvenil, tendendo a valores estáveis na madeira adulta.

A madeira juvenil ocorre na região central da árvore e apresenta a forma de um cilindro, com diâmetro quase uniforme, desde a base até o topo da árvore (EVANS *et al.*, 2000; MEGRAW, 1985; SENFT *et al.*, 1985; THOMAS, 1985 e ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989).

Há maior proporção de madeira juvenil no topo da árvore e menor é a proporção da mesma na base (ZOBEL e TALBERT, 1984). O topo de uma árvore velha consiste essencialmente de madeira juvenil, e todo o lenho formado com mais de 10,2 cm do topo é madeira juvenil (ZOBEL *et al.*, 1972).

Há várias hipóteses para estas diferenças de distribuição da madeira juvenil. RICHARDSON (1959), diz que há relação entre a idade da árvore e as diferenças de densidade entre a madeira juvenil e a adulta. PLUMPTRE (1983) estudando *Pinus caribaea* verificou, que a formação da madeira juvenil e a transição para a madeira adulta varia com a constituição genética da árvore, com o sítio, com o clima e com as actividades silviculturais.

Entretanto, GARTNER, citada por OLIVEIRA (1997), afirma que um sinal químico relacionado com fotossíntese pela primeira periderme causa a formação de madeira juvenil ou previne a formação de madeira adulta. Esse sinal químico pode ser a auxina, uma vez que estas são encontradas na zona cambial de árvores de *Pinus silvestris*, de 50 anos de idade, crescendo activamente.

Para BENDTSEN (1978) a madeira juvenil é o xilema secundário produzido durante a fase jovem da árvore, mais precisamente pelas regiões cambiais que são influenciadas pela actividade dos meristemas apicais.

Segundo THOMAS (1985) e SENFT *et al.* (1985), a madeira juvenil corresponde de 5 a 20 anéis de crescimento. Entretanto, MASSEY e REEB (1989) apresentam um método prático e rápido para estimar o volume de madeira juvenil, chamado regra do polegar, a qual considera todo o anel a partir da medula até à espessura do polegar, como sendo madeira juvenil.

Para os mesmos autores, em toros de *Pinus taeda*, corresponde a um número de dez anéis de crescimento.

Porém, BALLARIN e LARA PALMA (2003) estudando a madeira juvenil em *Pinus taeda* verificaram, através da mensuração do comprimento dos traqueídeos, que a madeira juvenil vai da medula até aproximadamente ao décimo oitavo anel de crescimento.

OLIVEIRA (1997) verificou que nas árvores de *Eucalyptus grandis*, de 16 anos de idade, é grande a proporção de lenho juvenil, o qual corresponde a um raio próximo de 80mm. O mesmo autor, estudando *Eucalyptus citriodora*, concluiu pela análise do perfil densitométrico da madeira que a formação da madeira juvenil parece estar confinada aos primeiros 30 a 40mm de raio.

O uso do termo madeira juvenil é de certa forma errônea, pois não há uma mudança abrupta da madeira juvenil para a adulta, mas sim uma variação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas da madeira ao longo de um período longo de anos, caracterizando assim a zona juvenil que apresenta propriedades variáveis se comparada com a zona adulta, que as tem de forma constante (ZOBEL, 1980).

ZOBEL e VAN BUIJTENEN (1989) afirmam que as características químicas da madeira juvenil pouco interferem na qualidade da madeira serrada, diferentemente da influência das características anatômicas sobre este produto. Porém, os mesmos autores afirmam que as características químicas deste tipo de lenho causam grande variação na produção e qualidade da celulose e papel.

A produção de polpa a partir do lenho juvenil é menor do que a partir do lenho normal, tanto com base em massa

seca quanto com base em massa húmida. O papel fabricado de polpa de lenho juvenil tem maior resistência à tracção, ao estouro, à dobra, apresenta folha mais lisa e possui maior densidade aparente. Porém, apresenta menor resistência ao rasgo e menor opacidade do que o do lenho adulto (ZOBEL e VAN BUIJTENEN 1989).

Segundo EVANS *et al.* (2000) o comportamento da madeira juvenil em coníferas foi muito explorado e, comparativamente, o comportamento da madeira juvenil em folhosas foi pouco estudado.

Segundo HILLIS & BROWN (1978), em madeiras de eucalipto os limites de formação de madeira juvenil ainda não estão claramente conhecidos e poucas comparações tem sido feitas, entre as propriedades da madeira próxima da medula e aquela normal ou adulta.

Material e métodos

A madeira utilizada neste trabalho foi obtida de árvores de *Eucalyptus citriodora* provenientes de plantios de 32 anos de idade, localizados no Horto Florestal de Mandurí, SP, Brasil.

Foram selecionadas aleatoriamente 5 árvores, das quais foram retirados discos, sendo o primeiro a 0,30 metros de altura e os demais espaçados de 4,00 em 4,00 m até um diâmetro mínimo de 12 cm.

Todos os discos foram bitolados com espessura de 2,5 cm. De cada disco retirou-se uma cunha de 45°. Dessa cunha retirou-se uma amostra de lenho juvenil (região próxima à medula) e de lenho adulto (região próxima à casca), segundo a afirmação de OLIVEIRA (1997). O mesmo autor, estudando *Eucalyptus citriodora*, concluiu que a madeira juvenil está confinada aos primeiros 30 a 40mm

de raio.

Posteriormente o material de cada lenho foi convertido em cavacos. Utilizando o moinho Wiley, os cavacos foram transformados em serragem.

O material utilizado para as análises químicas foi aquele que passou pela peneira de malha 40 mesh e ficou retido na malha de 60 mesh, que é a recomendada pelas normas TAPPI (1999) e ABTCP (1974) nas determinações de extractivos totais, lignina e holocelulose.

A fracção de extractivos totais da madeira foi determinada através da norma ABTCP M3/69 (ABTCP, 1974). Já a determinação da lignina Klason insolúvel em ácido foi realizada através da norma TAPPI T222 om-88 (TAPPI, 1999). O teor de holocelulose que expressa a composição restante da substância madeira foi determinada por diferença (SANSÍGOLO e BARREIROS, 1998).

Devido à praticidade que o processo produtivo exige, adoptou-se o uso de médias simples entre dois discos consecutivos para determinação da percentagem dos componentes químicos dos toros.

Para a análise estatística das composições químicas entre os lenhos juvenil e adulto, no sentido medula-

casca, foi aplicado o teste "t" pareado, e no sentido base topo foi aplicado análise de variância com teste de comparações múltiplas de Tukey, considerando-se um nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

Teor de extractivos totais

O teor de extractivos totais presente no lenho juvenil apresentou uma tendência de decréscimo até ao terceiro toro e um aumento do quarto até ao sétimo toro. Para o lenho adulto, há um decréscimo no teor de extractivos com o aumento em altura. Os valores médios estão apresentados no Quadro 1 e são melhor visualizados na Figura 1.

Os resultados apresentados no Quadro 1 ficam dentro da faixa encontrada na literatura para folhosas, que varia de 2 a 25% (FOELKEL, 1977). E segundo TRUGILHO *et al.* (2003) para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* o valor médio de extractivos totais apresenta-se na ordem de 6,71.

Comportamento semelhante do teor de extractivos no sentido longitudinal do fuste foi encontrado por TRUGILHO (1996) e SILVA (2002).

Quadro 1 - Variação dos teores de extractivos totais dos lenhos juvenil e adulto com a altura em *Eucalyptus citriodora*

Toro	Extractivos Totais			
	Lenho Juvenil (%)	Teste de Tukey	Lenho Adulto (%)	Teste de Tukey
1	7,84	ab	9,77	a
2	6,00	ab	7,33	b
3	5,70	a	6,82	b
4	6,05	ab	6,25	b
5	6,76	ab	5,76	b
6	7,79	ab	5,88	b
7	9,86	b	4,85	b

No lenho juvenil, os limites inferior e superior de extractivos totais foram respectivamente 5,70 e 9,86% para os terceiro e sétimo toros. Isso mostra que além da diferença na magnitude do teor de extractivos no sentido longitudinal do fuste, como citado anteriormente, há uma diferença significativa a nível de 5% de significância entre o terceiro e o sétimo toro. O terceiro toro apresenta no seu lenho juvenil uma redução de 42,19% no teor de extractivos quando comparada com o toro retirado do topo do fuste.

No lenho adulto, os limites inferior e superior de extractivos totais foram respectivamente 4,85 e 9,77% para os sétimo e primeiro toros. Além da diferença na magnitude do teor de extractivos no sentido longitudinal do fuste, como citado anteriormente, há uma diferença significativa a nível de 5% de significância entre o primeiro e os demais toros. Como visualizado no Quadro 1 essa diferença é mais acentuada entre o primeiro e o sétimo toro. O sétimo toro apresenta em seu lenho adulto uma redução de 50,36% no teor de extractivos quando comparado com o toro retirado da base do fuste.

Verifica-se no presente trabalho que os resultados encontrados para o comportamento do teor de extractivos no sentido longitudinal para o lenho adulto é coerente com os dados apresentados na literatura. Conforme citado por SILVA (2002), os extractivos concentram-se nos toros próximos da base pois estão associados ao processo de formação do cerne.

Porém a variação do comportamento do teor de extractivos do lenho juvenil com a altura como descrito no trabalho é explicado por TRUGILHO *et al.* (1996). Pois, segundo o mesmo autor, as características químicas estão sujeitas a grandes variações iniciais na madeira juvenil.

Fez-se necessário comparar o teor de extractivos totais entre os lenhos juvenil e adulto, em cada um dos toros. O comportamento do componente químico no sentido medula-casca pode ser visualizado no Quadro 2 e é melhor visualizado na Figura 1.

O valor médio para o teor de extractivos totais no fuste foi de 7,29 e de 7,26% para os lenhos juvenil e adulto, respectivamente. Isso mostra que não há uma diferença significativa entre os dois tipos de lenhos.

Quadro 2 - Variação dos teores de extractivos totais dos lenhos juvenil e adulto no sentido medula-casca em *Eucalyptus citriodora*

Toro	Extractivos Totais		
	Lenho Juvenil (%)	Lenho Adulto (%)	Teste "t"
1	7,84	9,77	NS
2	6,00	7,33	*
3	5,70	6,82	NS
4	6,05	6,25	NS
5	6,76	5,76	NS
6	7,79	5,88	NS
7	9,86	4,85	NS
Fuste	7,29	7,26	NS

onde: * = diferença significativa a nível de 5% de significância; e NS = não significativo.

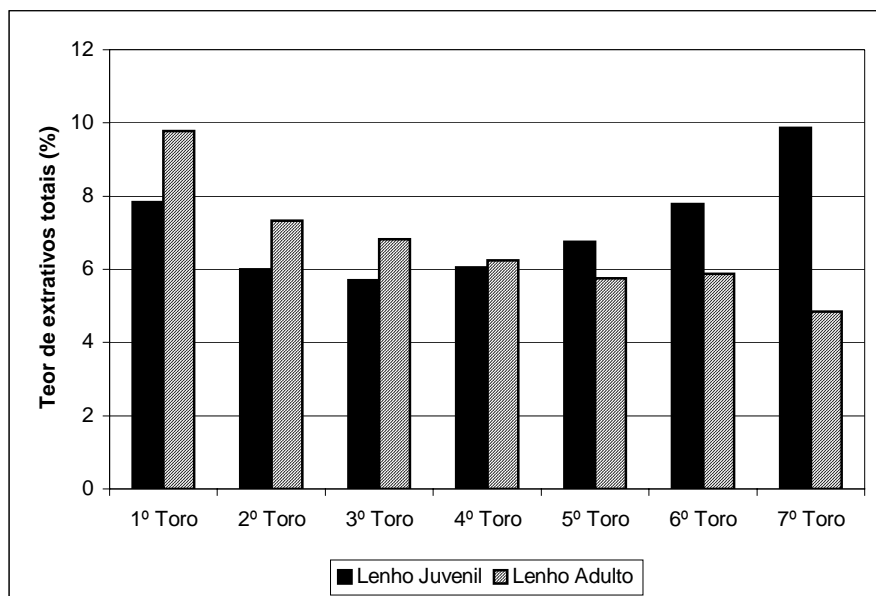


Figura 1 - Teor de extractivos totais dos lenhos juvenil e adulto no fuste de *Eucalyptus citriodora*

Verifica-se, também, que a percentagem de extractivos totais no lenho juvenil é inferior àquela encontrada para o lenho adulto do primeiro até ao quarto toro, sendo diferente significativamente no segundo toro. A partir do quinto toro a percentagem desse composto químico é sempre superior no lenho juvenil.

Conforme citado por TRUGILHO *et al.* (1996) e SILVA (2002), o teor de extractivos totais na madeira tende a ser menor em madeiras jovens devido à maior quantidade de madeira juvenil. Esse comportamento foi claramente evidenciado do toro da base até ao quarto toro, contudo, nos toros em posições superiores esse comportamento não foi observado.

Teor de lignina

O teor de lignina em relação à altura tanto no lenho juvenil quanto no adulto

apresenta-se constante. Os valores médios estão apresentados no Quadro 3 e são melhor visualizados na Figura 2.

Comportamento semelhante do teor de lignina no sentido longitudinal do fuste foi encontrado por TRUGILHO (1996).

Os resultados apresentados no Quadro 3 ficam dentro da faixa encontrada na literatura para o género *Eucalyptus*, que varia de 15 a 25% segundo HILLIS e BROWN (1978).

No lenho juvenil, os limites inferior e superior de lignina foram respectivamente 22,24 e 24,49% para os quinto e terceiro toros. Isso mostra que praticamente não há diferença na magnitude do teor de lignina no sentido longitudinal do fuste e, como citado anteriormente, pode-se considerar como constante o teor de lignina no lenho juvenil em todo o fuste.

Quadro 3 - Variação dos teores de lignina dos lenhos juvenil e adulto com a altura em *Eucalyptus citriodora*

Toro	Lignina			
	Lenho Juvenil (%)	Teste de Tukey	Lenho Adulto (%)	Teste de Tukey
1	23,20	a	20,75	a
2	23,29	a	20,44	a
3	24,49	a	21,03	a
4	23,93	a	21,46	a
5	22,24	a	20,69	a
6	22,56	a	20,00	a
7	22,96	a	20,72	a

Quadro 4 - Variação dos teores de lignina dos lenhos juvenil e adulto no sentido medula-casca em *Eucalyptus citriodora*

Toro	Lignina		
	Lenho Juvenil (%)	Lenho Adulto (%)	Teste "t"
1	23,20	20,75	*
2	23,29	20,44	NS
3	24,49	21,03	NS
4	23,93	21,46	NS
5	22,24	20,69	NS
6	22,56	20,00	NS
7	22,96	20,72	NS
Fuste	23,31	20,70	*

onde: * = diferença significativa a nível de 5% de significância; e NS = não significativo

No lenho adulto, os limites inferior e superior de lignina foram respectivamente 20,00 e 21,46% para os sexto e quarto toros. Isso mostra que praticamente não há diferença na magnitude do teor de lignina no sentido longitudinal do fuste e como citado anteriormente, pode-se considerar como constante o teor de lignina no lenho adulto em todo o fuste.

A comparação do teor de lignina entre os lenhos juvenil e adulto, em cada

um dos toros, e o comportamento deste componente químico no sentido medula-casca, pode ser verificado no Quadro 4 e na Figura 2.

O valor médio para o teor de lignina no fuste foi de 23,31 e de 20,70% para os lenhos juvenil e adulto, respectivamente. Isso mostra que há uma diferença significativa a nível de 5% de significância entre os dois tipos de lenhos no fuste como é verificado no Quadro 4.

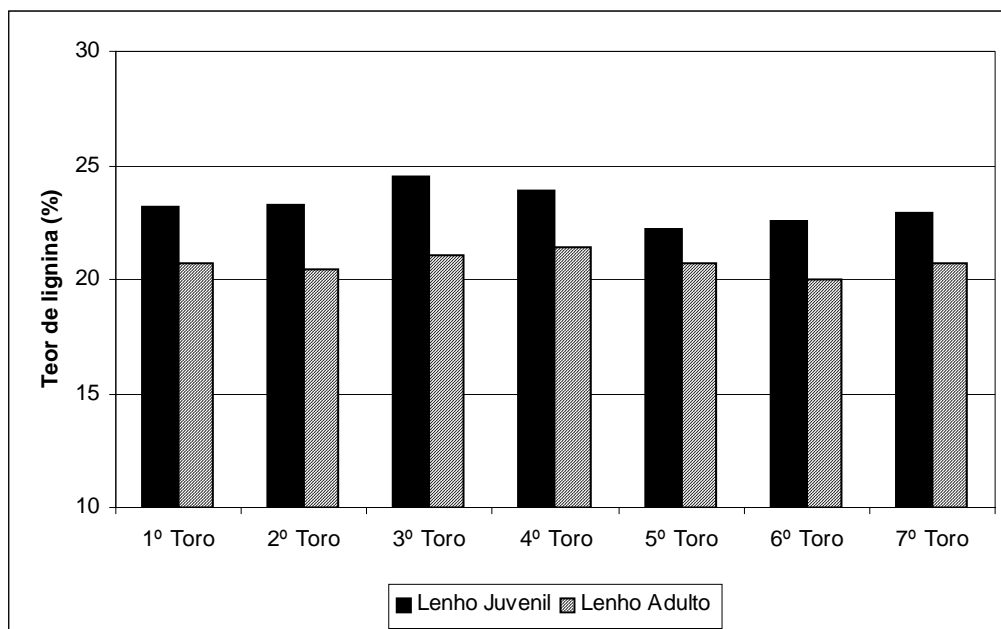


Figura 2 - Teor de lignina dos lenhos juvenil e adulto no fuste de *Eucalyptus citriodora*

Verifica-se, também, que a porcentagem de lignina no lenho juvenil é inferior àquela encontrada para o lenho adulto em todos os toros. No primeiro toro há diferença significativa a nível de 5% de significância entre a porcentagem desse composto químico no lenho juvenil e adulto.

Verifica-se no presente trabalho que os resultados encontrados para o comportamento do teor de lignina tanto para o lenho juvenil quanto para o adulto se enquadram com aqueles encontrados por outros autores, tais como BENDTSEN (1978), SJÖSTRÖM (1981) e ZOBEL e VAN BUIJTENEN (1989).

SJÖSTRÖM (1981) e ZOBEL e VAN BUIJTENEN (1989) ainda afirmam que o lenho juvenil apresenta maior porcentagem de lignina quando comparado com a do lenho adulto.

Teor de holocelulose

O teor de holocelulose em relação à altura no lenho juvenil apresenta-se como uma constante e varia de 67,19 a 71,00%. Para o lenho adulto há um ligeiro aumento do teor desse composto com o aumento em altura, porém não há diferença significativa como mostra a variação de 69,48 a 74,45 entre a base e o topo do fuste. Os valores médios estão apresentados no Quadro 5 e na Figura 3.

Os resultados apresentados no Quadro 5 ficam dentro da faixa encontrada na literatura para o gênero *Eucalyptus*, que varia de 52 a 84% segundo HILLIS e BROWN (1978). E segundo TRUGILHO *et al.* (2003) para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* o valor médio de holocelulose apresenta-se na ordem de 61,52%.

Quadro 5 - Variação dos teores de holocelulose dos lenhos juvenil e adulto com a altura em *Eucalyptus citriodora*

Toro	Holocelulose			
	Lenho Juvenil (%)	Tukey	Lenho Adulto (%)	Tukey
1	68,96	a	69,48	a
2	70,71	a	72,23	a
3	69,82	a	72,16	a
4	70,02	a	72,29	a
5	71,00	a	73,56	a
6	69,66	a	74,12	a
7	67,19	a	74,45	a

Comportamento semelhante do teor de holocelulose no sentido longitudinal do fuste foi encontrado por TRUGILHO (1996) e SILVA (2002).

No lenho juvenil, os limites inferior e superior de holocelulose foram respectivamente 71,00 e 67,19% para os quinto e sétimo toros. Isso mostra que praticamente não há diferença na magnitude do teor de holocelulose no sentido longitudinal do fuste e, como citado anteriormente, pode-se considerar como constante o teor de holocelulose no lenho juvenil em todo o fuste.

No lenho adulto, os limites inferior e superior de holocelulose foram respectivamente 69,48 e 74,45% para os primeiro e sétimo toros. Isso mostra que praticamente não há diferença na magnitude do teor de holocelulose no sentido longitudinal do fuste e como citado anteriormente pode-se considerar que há um ligeiro aumento do teor de holocelulose no lenho adulto no toro retirado do topo do fuste. Este toro (sétimo) apresenta no seu lenho adulto um aumento de 7,1% no teor de holocelulose quando comparada com o toro retirado da base do fuste.

Verifica-se no presente trabalho que

os resultados encontrados para o comportamento do teor de holocelulose no sentido longitudinal para o lenho adulto é coerente com os dados apresentados na literatura. Conforme mostrado por SILVA (2002), maiores teores de holocelulose concentram-se nos toros próximos do topo.

A comparação do teor de holocelulose entre os lenhos juvenil e adulto, em cada um dos toros e o comportamento deste componente químico no sentido medula-casca pode ser verificado no Quadro 6 e também na Figura 3.

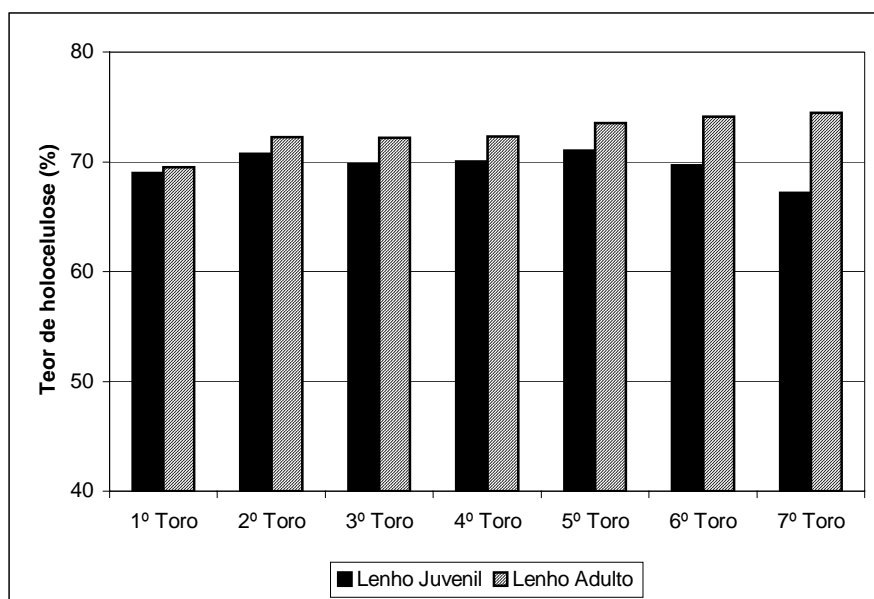
O valor médio para o teor de holocelulose no fuste foi de 69,40 e de 72,04% para os lenhos juvenil e adulto, respectivamente. Isso mostra que há uma diferença significativa a nível de 5% de significância entre os dois tipos de lenhos no fuste como verificado no Quadro 6.

Verifica-se, também, que a percentagem de holocelulose no lenho juvenil é inferior àquela encontrada para o lenho adulto em todos os toros. No terceiro e sexto toros há diferença significativa ao nível de 5% de significância entre a percentagem desse composto químico no lenho juvenil e adulto.

Quadro 6 - Variação dos teores de holocelulose dos lenhos juvenil e adulto no sentido medula-casca em *Eucalyptus citriodora*

Toro	Holocelulose		Teste "t"
	Lenho Juvenil (%)	Lenho Adulto (%)	
1	68,96	69,48	NS
2	70,71	72,23	NS
3	69,82	72,16	*
4	70,02	72,29	NS
5	71,00	73,56	NS
6	69,66	74,12	*
7	67,19	74,45	NS
Fuste	69,40	72,04	*

onde: * = diferença significativa a nível de 5% de significância; e NS = não significativo.

**Figura 3** - Teor de holocelulose dos lenhos juvenil e adulto no fuste de *Eucalyptus citriodora*

Conclusões

O presente trabalho permite as seguintes conclusões:

As percentagens de lignina foram constantes, no sentido longitudinal do

fuste, tanto para o lenho juvenil quanto para o adulto;

As percentagens de holocelulose foram constantes, no sentido longitudinal do fuste, tanto para o lenho juvenil quanto para o adulto. No lenho adulto,

ocorreu um ligeiro aumento no toro retirado próximo do topo;

A percentagem de extractivos totais, no lenho juvenil, decresce até ao terceiro toro e acima ocorre comportamento inverso. No lenho adulto há um decréscimo de extractivos totais com a altura;

A percentagem de lignina foi sempre superior no lenho juvenil;

A percentagem de holocelulose foi sempre menor no lenho juvenil;

A percentagem de extractivos totais foi menor no lenho juvenil do primeiro ao quarto toro e nos restantes ocorreu comportamento contrário.

Bibliografia

- ABPTC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL., 1974. *Métodos de ensaio*. São Paulo
- ARAUJO, L.V.C., RODRÍGUEZ, L.C.E., PAES, J.B., 2000. Características físico-químicas e energéticas de nim indiano. *Scientia Forestalis* (57) : 153-159.
- BALLARIN, A.W., LARA PALMA, H.A., 2003. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore* 27(3) : 371-380.
- BENDTSEN, B.A., 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Products Journal* 28(10) : 61-72.
- EVANS II, J.W.; SENFT, J.F., GREEN, D.W., 2000. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Products Journal* 50(7/8) : 75-87.
- FOELKEL, C.E.B., 1977. *Qualidade da madeira*. Viçosa, CENIBRA, 60pp.
- HILLIS, W.E., BROWN, A.G., 1978. *Eucalyptus for wood production*. Melbourne, CSIRO, 434pp.
- MASSEY, J.G., REEB, J.E., 1989. A method for estimating juvenile wood content in boards. *Forest Products Journal* 39(2) : 30-32.
- MEGRAW, R.A., 1985. *Wood quality factors in loblolly pine*. Georgia, TAPPI Press Atlanta, 89 pp.
- OLIVEIRA, J.T.S., 1997. *Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil*. São Paulo, 429f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo.
- PLUMPTRE, R.A., 1983. *Pinus caribaea Vol II Wood properties*. Trop For Pap 17 Commonw for Inst., Oxford Univ., 145 pp.
- RICHARDSON, S.D., 1959. The effect of night temperature on tracheid size and wood density in conifers. In: 9th International Botanical Congress, Montreal, Canada, pp.2-326.
- SANSÍGOLO, C.A., BARREIROS, R.M., 1998. Qualidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* para produção de celulose kraft. In: 31^o Congresso anual de celulose e papel da ABPTC, ABPTC, São Paulo, pp. 417-429.
- SEABRIGHT, D., 1995. Wood chemistry: the essential ingredients. *Asian Timber* 14(7) : 33-34.
- SENFT, J.F., BENDTSEN, B.A., GALLIGAN, W.L., 1985. Weak wood. *Journal of Forestry* (83) : 476-485.
- SILVA, J.C., 2002. *Caracterização da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira*. Curitiba, 160f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais/ Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) - Universidade Federal do Paraná.
- SJÖSTRÖM, E., 1981. *Wood chemistry*. Nova York, Academic Press, 223pp.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY., 1999. *Test methods 1998-1999*. Atlanta, TAPPI, (CD-ROM).
- THOMAS, R.J., 1985. The characteristics of juvenile wood. In *Symp. Util. Chang. Wood Res South US. North*, Carolina State/Univ. Raleigh, 18 pp.
- TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T., MENDES, L.M., 1996. Influência da idade nas características físico-mecânicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Cerne* 2(1) : 97-111.

- TRUGILHO, P.F., LIMA, J.T., e MORI, F.A., 2003. Correlação canônica das características químicas e físicas de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. *Cerne* 9(1) : 66-80.
- ZOBEL, B.J., TALBERT, J., 1984. *Applied forest tree improvement*. New York, Wiley, 511 pp.
- ZOBEL, B.J., 1980. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: *IUFRO Conference*, Oxford/IUFRO, pp. 169-188.
- ZOBEL, B.J., KELLISON, R.C., MATHIAS, M.F., HATCHER, A.V., 1972. *Wood density of the southern pines*. North Carolina, Tech Bull 208 North Carolina Agr. Exp. Sta. Raleigh, 56 pp.
- ZOBEL, B.J., VAN BUIJTENEN, J.P., 1989. *Wood variation: its causes and control*. New York, Springer-Verlag, 363 pp.

Entregue para publicação em Novembro de 2004

Aceite para publicação em Dezembro de 2005