

**CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA
MADEIRA DE CEDRO AUSTRALIANO
(*Toona ciliata* M. Roem) PRODUZIDA NO SUL
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

RAIANA QUIRINO DE SOUZA ZIECH

2008

RAIANA QUIRINO DE SOUZA ZIECH

**CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE CEDRO
AUSTRALIANO (*Toona ciliata* M. Roem) PRODUZIDA NO SUL DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Madeira como Matéria-Prima, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Fábio Akira Mori

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ziech, Raiana Quirino de Souza.

Características tecnológicas da madeira de cedro australiano
(*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do estado de Minas
Gerais / Raiana Quirino de Souza Ziech. – Lavras : UFLA, 2008.

91 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Fábio Akira Mori.

Bibliografia.

1. *Toona ciliata*. 2. Cedro australiano. 3. Madeira. 4.
Propriedades. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.194

RAIANA QUIRINO DE SOUZA ZIECH

**CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE CEDRO
AUSTRALIANO (*Toona ciliata* M. Roem.) PRODUZIDA NO SUL DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Madeira como Matéria-Prima, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 19 de dezembro de 2008.

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes UFLA

Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho UFLA

Prof. Dr. Giovanni Francisco Rabelo UFLA

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Aos meus queridos pais, Israel e Dora, pela infinita
dedicação, apoio e amor doados todos os dias
a mim e aos meus irmãos, Flávio, Luana e Rosana,

Ofereço

Ao meu marido, amigo, companheiro e amado Beno, pela paciência
e incentivo que tornaram real a conclusão desse trabalho,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À equipe de docentes do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, pela determinação e empenho dispensados na criação de um curso para o estudo específico da madeira.

Aos professores Akira e Lourival, por todo ensinamento, apoio, confiança e amizade em minha breve passagem pela UFLA.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo fornecimento de recursos que foram fundamentais para minha permanência em Lavras, bem como para o projeto com o cedro australiano.

Pela colaboração com a doação de árvores para a pesquisa, aos produtores da região sul do estado de Minas Gerais, em especial ao Sr. Ricardo Vilela (Bela Vista Florestal, Campo Belo, MG), por todo apoio cedido para coleta do material em campo.

A toda minha família: marido, pais, irmãos e sogros, Edmar e Margarida, por todo incentivo e carinho durante todo o tempo para a concretização deste trabalho.

Aos meus amigos Meire, Nory, Taís, Iêdo e Gleyce, pela amizade, companheirismo e momentos de alegria quase que diários durante a minha trajetória em Lavras.

Pelo companheirismo, amizade e momentos felizes dia após dia, as minhas amigas de república: Gislene, Thelma e Karanna.

Ao pessoal da UEPAM, em especial ao técnico Héber Lúcio, por me ajudar em grande parte do trabalho prático.

A Alessandra, Amanda, Gabriel, Juliano, Zé Benedito, Isaías e Nerci, por terem trabalhado tanto e com muito empenho durante minha ausência.

A todas as pessoas que de alguma maneira colaboraram para que este trabalho fosse concretizado.

Obrigada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Propriedades fundamentais da madeira.....	4
2.2 Propriedades químicas.....	5
2.3 Propriedades anatômicas.....	9
2.4 Propriedades físicas.....	12
2.5 Cedro vermelho australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem.).....	13
2.5.1 Origem e distribuição geográfica.....	13
2.5.2 Características gerais da espécie.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Amostragem.....	18
3.2 Determinação dos principais componentes químicos da madeira.....	20
3.3 Caracterização anatômica.....	20
3.4 Determinação da densidade básica da madeira.....	22
3.5 Determinação da retratibilidade da madeira.....	24
3.6 Análises estatísticas.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Análise dos principais componentes químicos da madeira.....	29
4.2 Caracterização anatômica.....	31
4.2.1 Localidade de Campo Belo.....	31
4.2.2 Localidade de Cana Verde.....	36
4.2.3 Localidade de Santo Antônio do Amparo.....	39
4.3 Propriedades físicas.....	43
4.3.1 Densidade básica da madeira.....	43
4.3.2 Retratibilidade da madeira.....	50
5 CONCLUSÕES.....	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	70

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Plantio de cedro australiano no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais..... 15
- FIGURA 2 – Detalhes da morfologia do cedro australiano, sendo: a – casca; b – folhas; c – flores; d – frutos; e – sementes..... 16
- FIGURA 3 – Sequência de ilustrações evidenciando a obtenção dos discos, sendo: a – árvore abatida; b – árvore seccionada e c – discos. 19
- FIGURA 4 – Sequência de imagens mostrando a obtenção das cunhas, sendo: a – disco; b – disco sendo seccionado e c – cunhas..... 20
- FIGURA 5 – Sequência de imagens ilustrando a confecção das amostras para a determinação da densidade básica do cedro australiano. a – cunha selecionada para o ensaio de densidade; b – divisão da cunha em partes; c – amostras prontas para iniciar saturação. 22
- FIGURA 6 – Metodologia de obtenção do volume verde das amostras de cedro australiano..... 23
- FIGURA 7 – Método de retirada dos corpos-de-prova e de suas dimensões, utilizados na obtenção da retratibilidade da madeira de cedro australiano..... 24
- FIGURA 8 – Sequência de imagens ilustrando os procedimentos para completa saturação das amostras de cedro australiano na determinação da retratibilidade da madeira. a – amostras em forma de paralelepípedo; b – recipiente próprio para saturação das amostras e c – amostras submersas em água..... 25
- FIGURA 9 – Aspectos anatômicos gerais da madeira de cedro australiano amostrada em Campo Belo. a: plano transversal (aumento de 10x) evidenciando vasos solitários e geminados, com contorno arredondado e parênquima axial escasso; b: elemento de vaso com apêndice nas duas extremidades; c: sequência de elementos de vasos sobrepostos com pontoações intervasculares; d: vasos e células de parênquima do raio evidenciando as pontoações raio-vasculares; e: cristal prismático presente no interior de célula do

	raio; f: fibras com extremidades bifurcadas; g: aspectos dos raios unisseriados e multisseriados; h: fibras septadas.	35
FIGURA 10	– Aspectos anatômicos gerais da madeira de cedro australiano amostradas em Cana Verde. a: plano transversal evidenciando camada de crescimento distinta, com espessura diferenciada na parede das fibras, bem como vasos de tamanhos diferentes (anéis semiporosos); b: vaso com placa de perfuração simples; c: pontoações intervasculares; d: raios multisseriados; e: fibra com extremidade bifurcada; f: pontoações raio-vasculares; g: raios unisseriados; h: vaso com apêndice em ambas as extremidades.....	38
FIGURA 11	– Aspectos anatômicos gerais da madeira de cedro australiano amostrada em Santo Antônio do Amparo. a: aspectos dos vaso geminados e solitários no plano transversal; b: vaso evidenciando placa de perfuração simples; c: raios multisseriados; d: raio com células procumbentes, quadradas e eretas; e: fibra com extremidade bifurcada; f: fibras septadas; g: apêndice em ambas as extremidades do vaso; h: camada de crescimento com distinção na espessura na parede celular das fibras.....	41
FIGURA 12	– Valores médios de densidade, na medula, parte interna e casca, em função da altura dos discos em relação à base, para a localidade de Campo Belo.....	46
FIGURA 13	– Valores médios de densidade, na medula, parte interna e casca, em função da altura dos discos em relação à base, para a localidade de Cana Verde.....	48
FIGURA 14	– Valores médios de densidade, na medula, parte interna e casca, em função da altura dos discos em relação à base, para localidade de Santo Antônio do Amparo.....	49
FIGURA 15	– Valores médios de contração linear tangencial, radial e longitudinal na medula e casca, em porcentagem, em função da altura dos discos em relação à base, para localidade de Campo Belo.	54
FIGURA 16	– Valores médios de contração linear tangencial, radial e longitudinal na medula e casca, em porcentagem, em função da	

	altura dos discos em relação à base, para localidade de Cana Verde.....	56
FIGURA 17 –	Valores médios de contração linear tangencial, radial e longitudinal na medula e casca, em porcentagem, em função da altura dos discos em relação à base, para a localidade de Santo Antônio do Amparo.....	57
FIGURA 18 –	Valores médios de contração volumétrica máxima, em porcentagem, e coeficiente de anisotropia, em função da altura dos discos em relação à base, para as localidades de Campo Belo, Cana Verde e Santo Antônio do Amparo.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Composição química elementar da madeira.....	6
TABELA 2 – Classificação dos componentes químicos na madeira.....	7
TABELA 3 – Valores de diâmetro a 1,30 m do solo e altura total das árvores selecionadas em campo.	18
TABELA 4 – Valores médios e coeficiente de variação para o diâmetro e altura comercial das árvores de cedro australiano por região de coleta. .	28
TABELA 5 – Valores médios dos principais componentes químicos da madeira de cedro australiano, por região de coleta (Campo Belo, Cana Verde e Santo Antônio do Amparo).	29
TABELA 6 – Valores médios das características anatômicas mensuradas nas árvores para a localidade de Campo Belo.	33
TABELA 7 – Teores médios das características anatômicas mensuradas nas árvores para a localidade de Cana Verde.....	37
TABELA 8 – Valores médios das características anatômicas mensuradas nas árvores para a localidade de Santo Antônio do Amparo.	40
TABELA 9 – Valores médios da densidade básica (g/cm^3), na direção base-topo, expressa em metros, em relação à base e na direção medula-casca.	43
Tabela 10 – Valores médios das contrações lineares: tangencial, radial e longitudinal, na direção base-topo, expressa em metros em relação à base e na direção medula-casca.	51
TABELA 11 – Valores médios da contração volumétrica máxima e coeficiente de anisotropia, na direção base-topo, expressa em metros, em relação à base e na direção medula-casca.....	59
TABELA 12 – Comparação entre os valores médios das contrações da madeira e coeficiente de anisotropia, por localidade, com outras espécies madeireiras.	63

RESUMO

ZIECH, Raiana Quirino de Souza. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.) produzida no sul do estado de Minas Gerais**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A diminuição na oferta de madeira de espécies nativas consideradas nobres, por diversas restrições, vem impulsionando a investigação de espécies alternativas, a exemplo o cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.). Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar as propriedades tecnológicas (propriedades físicas, anatômicas e químicas) da madeira de cedro australiano proveniente de três municípios do Sul de Minas Gerais, buscando contribuir para a geração de informações tecnológicas desta madeira para o setor florestal. Foram quantificados os teores de holocelulose, lignina, extrativos e cinzas por meio de normas da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP (1974). Confeccionaram-se lâminas histológicas para estudo anatômico da madeira, sendo a descrição anatômica realizada conforme International Association of Wood Anatomy - IAWA (1989). As propriedades físicas de densidade básica e retratibilidade foram determinadas segundo as normas NBR 11941-02 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003) e NBR 7190-97 (ABNT, 1997), respectivamente, sendo avaliado o comportamento dessas nas direções transversal (radial) e longitudinal. Foram ainda testados modelos polinomiais para a determinação das propriedades físicas em função da altura de coleta das amostras em cada um dos locais estudados. Os teores de holocelulose, lignina, extrativos e cinzas foram determinados em 64,13%, 20,31%, 14,87% e 0,89%, respectivamente. Entre as características gerais da madeira, a espécie apresentou textura média, linhas vasculares retilíneas, cheiro agradável ao corte e superfície radial pouco lustrosa. Foram encontradas camadas de crescimento distintas devido à espessura da parede das fibras; vasos ocorrendo em anéis semiporosos, com predominância de diâmetros médios; parênquima axial paratraqueal escasso; fibras libriiformes com pontuações diminutas e parênquima radial heterogêneo do tipo III. A densidade básica média da madeira de cedro australiano foi de 0,306 g/cm³. Pode-se observar, pelos resultados da análise de variância, que a densidade básica da madeira difere significativamente entre as posições, no sentido medula-casca, para as localidades de Campo Belo e Santo Antônio do Amparo, a 5% de probabilidade. Para a localidade de Cana Verde, foi observada diferença significativa entre as posições, no sentido base-topo.

Comitê de Orientação: Fábio Akira Mori (Orientador) – UFLA; Lourival Marin Mendes (Co – orientador) - UFLA

Pôde-se observar que dentre as contrações lineares da madeira, a contração tangencial diferiu significativamente entre as posições, no sentido base-topo, para as três regiões estudadas, onde foi possível verificar uma tendência de diminuição nesse sentido. Na localidade de Cana Verde foi observada diferença significativa entre as posições, no sentido radial, para a contração radial. Com relação às contrações volumétricas, houve efeito significativo entre as diferentes posições ao longo do eixo axial nos municípios de Campo Belo e Cana Verde. O coeficiente de anisotropia diferiu entre as posições, no sentido medula-casca, para a localidade de Cana Verde, apresentando valores elevados. Os modelos testados retornaram resultados com R^2 variando entre 0,65 a 0,99.

Palavras-Chave: *Toona ciliata*, cedro australiano, madeira, propriedades.

ABSTRACT

ZIECH, Raiana Quirino de Souza. **Technological characteristics of the Australian Cedar wood (*Toona ciliata* M. Roem.) produced in the South of the state of Minas Gerais**. 2008. 91 p. Dissertation (Master's degree in Wood Science and Technology) - Lavras Federal University, Lavras, MG.*

The decrease in the offer of wood of native species considered noble, for several restrictions, has been fostering the investigation of alternative species, such as the Australian Cedar (*Toona ciliata* M. Roem.). The objective of this work was to study the technological properties (physical, anatomical and chemical properties) of the Australian Cedar wood originating from three municipal districts in the South of Minas Gerais, aiming at contributing to the generation of information for the forest basis sector. The holocellulose, lignin, extractive and ashes contents were quantified through ABTCP's norms (1974). Histological sheets were made for anatomical study of the wood, and the description was made according to IAWA (1989). The physical properties of basic density and shrinkage were determined according to the NBR 11941 - 02 (ABNT, 2003) and NBR 7190 - 97 (ABNT, 1997) norms, respectively. The behavior of those, in the radial and longitudinal directions, was evaluated. Polynomial patterns were also tested to determine the physical properties based on the height of the samples' collection in each one of the places which were studied. The holocellulose, lignin, extractive and ashes contents were determined in 64,13%, 20,31%, 14,87% and 0,89%, respectively. Among the general characteristics of the wood, the species presented medium texture, rectilinear vascular lines, pleasant smell when it was cut and little shiny radial surface. Layers of different growth were found due to the thickness of the wall of the fibers; there were vessels in semi-porous rings, with medium diameters predominance; scarce paratracheal axial parenchyma; libriform fibers with tiny pits and; type III heterogeneous radial parenchyma. The average basic density of the Australian Cedar wood was 0,306 g/cm³. We can observe, through the variance analysis result, that the wood basic density was significantly different among the positions, in the marrow-peel way, for the regions of Campo Belo and Santo Antônio do Amparo. For the region of Cana Verde significant difference was observed among the positions, in the bottom-up way. It could be observed that among the linear contractions of the wood, the tangential linear contraction differed significantly among the positions, in the bottom-up way, for the three

* Advisor committee: Fábio Akira Mori - UFLA (Adviser); Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-adviser).

studied areas, where it is possible to verify a decrease tendency that way. For the region of Cana Verde significant difference was observed among the positions, in the radial way, for the radial contraction. For the volume contractions there was significant effect among the different positions along the axial axis in the municipal districts of Campo Belo and Cana Verde. The anisotropy coefficient differed among the positions, in the marrow-peel way, for the region of Cana Verde, presenting high values. The tested patterns returned results with R^2 ranging from 0,65 to 0,99.

Key Words: *Toona ciliata*, Australian Cedar, Wood, Properties.

1 INTRODUÇÃO

A atividade florestal brasileira contribui significativamente na economia nacional, participando de 3% a 4% do Produto Interno Brasileiro. Esta importância deve-se ao fato de o país possuir enorme riqueza e diversidade em recursos florestais, tanto em espécies nativas, com destaque para as áreas de florestas localizadas nos estados que compõem a Amazônia Legal, como no crescente aumento do cultivo de espécies exóticas, sob a forma de reflorestamentos nas regiões Sudeste e Sul do país.

Os produtos obtidos dessas vastas áreas são os mais variados. Segundo classificação do Programa Nacional de Florestas (PNF) do Ministério do Meio Ambiente, oito cadeias produtivas principais são responsáveis pela exploração florestal no país. São elas: chapas e compensados, óleos e resinas; fármacos; cosméticos; alimentos; carvão, lenha e energia; papel e celulose e madeira e móveis.

No entanto, a produção e a demanda por esta matéria-prima no mercado brasileiro revelam um cenário real de déficit de madeira. Esse fato pode ser atribuído a diversas questões, dentre elas a pressão histórica e constante sobre as florestas naturais, nas quais o desmatamento ilegal e a exploração predatória das espécies consideradas nobres reduziram a produtividade da floresta com o passar do tempo; as restrições legais de uso, como, por exemplo, as áreas especialmente protegidas e a difícil acessibilidade das áreas produtoras até os pátios das indústrias transformadoras, inviabilizando, muitas vezes, o comércio, entre outras.

Os reflorestamentos deram início, então, a uma alternativa bastante viável de suprir a falta de madeira no mercado. Espécies como *Pinus* sp. e o *Eucalyptus* sp. destacaram-se no setor florestal brasileiro, possibilitando a produção de um material com características que podem ser manejadas

adequadamente para um determinado uso. Porém, ao se pensar em reflorestamentos com espécies consideradas nobres, volta-se à falta de recurso adequado para suprir o mercado efetivamente e outras espécies florestais poderiam ser promissoras e tecnologicamente interessantes no abastecimento de madeira para o país. O cedro australiano (*Toona ciliata*) surge como uma opção ao uso de madeiras nobres nativas, como, por exemplo, o mogno (*Swietenia macrophylla*) e o cedro (*Cedrella odorata*). Sua madeira é descrita no meio como possuindo característica intermediária entre o mogno e o cedro, em termos de qualidade e utilizações.

A espécie pertence à importante família *Meliaceae*, descoberta no século XVIII, nas florestas tropicais da Austrália e explorada até a sua quase completa extinção (Bygrave & Bygrave, 2005). No Brasil, atualmente, é cultivada principalmente na região Sudeste, onde vem apresentando altas taxas de crescimento, comparando-se aos locais de origem.

Quanto aos aspectos inerentes à madeira, estudos apontam grande potencialidade de utilização dessa espécie de cedro na produção de produtos de maior valor agregado, em substituição às madeiras nativas historicamente utilizadas e que apresentam restrições quanto à exploração, nos dias atuais.

Nesse contexto, são necessários maiores estudos da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.), buscando avaliar suas propriedades intrínsecas, de maneira a relacionar tais características com indicações de uso final adequado. As informações tecnológicas sobre a madeira desta espécie são ainda escassas, principalmente com referência à espécie introduzida nos reflorestamentos em nosso país, em diferentes idades e locais de crescimento, dentre inúmeras outras.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Caracterizar, sob o aspecto tecnológico, a madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem).

Objetivos específicos

Realizar a análise química da madeira desta espécie, referente aos teores de holocelulose, lignina, extrativos e constituintes inorgânicos (cinzas).

Conhecer a estrutura anatômica dessa madeira em relação às suas características anatômicas (vasos, fibras, parênquimas, etc.).

Determinar e avaliar a densidade básica da madeira no sentido longitudinal (base-topo) e radial (medula-casca).

Determinar e avaliar a retratibilidade da madeira no sentido longitudinal (base-topo) e radial (medula-casca).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Propriedades fundamentais da madeira

A madeira é um material sólido, originário de plantas vasculares ou lenhosas, que apresenta características intrínsecas que a tornam um material único na natureza. Exibe propriedades excepcionais, revelando grande complexidade em sua composição e organização, afetando diretamente seu comportamento em uso.

Essa complexidade é bastante acentuada entre as espécies vegetais, podendo-se verificar diferenças morfológicas e anatômicas com uma simples observação. No entanto, variações entre árvores da mesma espécie também são comuns, especialmente em razão da diferença de microambientes em que cada árvore cresce e se desenvolve, além da influência dos fatores genéticos (Tsoumis, 1968; Panshin & Zeeuw, 1970). A variação dentro de uma espécie é ainda entendida como um produto de um sistema complexo de fatores que interagem, modificando os processos fisiológicos envolvidos na formação da madeira (Panshin & Zeeuw, 1970).

Dentro de uma árvore, há uma variação horizontal (radial) da estrutura, da medula em direção à casca, e uma variação vertical (axial), a partir da base. Com relação à variação horizontal, dados indicam que o crescimento em anel (desenvolvimento da estrutura típica), a morfologia celular (comprimento, diâmetro, espessura da parede), a ultraestrutura da madeira (ângulo das microfibrilas, grau de cristalinidade) e os conteúdos de celulose e lignina variam progressivamente com o tempo, causando variações na estrutura; por outro lado, as variações verticais estão relacionadas com a largura dos anéis de crescimento e com o comprimento das células (Tsoumis, 1968). Variações significativas ocorrem também entre as regiões de cerne e alburno, lenhos juvenil e adulto, madeira de início e fim de estação de crescimento, entre outros. Do ponto de

vista microscópico, alterações são observadas entre as células que compõem os tecidos da madeira.

Essas características revelam a necessidade de se conhecer profundamente a madeira, a fim de aproveitar seu melhor comportamento em uso, especialmente na indústria. A combinação das características anatômicas, físicas, químicas e mecânicas deve ser entendida, chegando à qualidade da madeira desejada.

2.2 Propriedades químicas

Importante para o conceito da madeira como matéria-prima está na contribuição dos componentes químicos da madeira, suas propriedades e utilizações (Tsoumis, 1968). A composição química da madeira está diretamente relacionada com as características anatômicas e físicas, influenciando o comportamento em uso da madeira, bem o como de seus derivados.

A madeira é considerada um material orgânico, por apresentar em sua constituição os elementos químicos: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N). A a composição elementar geralmente observada na madeira está ilustrada na Tabela 1. Segundo Tsoumis (1968), no que diz respeito à composição química elementar, não existem diferenças importantes, levando-se em conta madeiras de espécies diversas. Simples análise química pode distinguir entre folhosas (angiospermas) e coníferas (gimnospermas), entretanto, essas técnicas não podem ser usadas para a identificação individual entre espécies de árvores, devido à variação dentro de cada espécie e as semelhanças entre as espécies (Rowell et al., 2005).

Além dos elementos mencionados anteriormente, pequenas quantidades de elementos minerais são encontrados nas cinzas da madeira, dentre eles: cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg).

TABELA 1 – Composição química elementar da madeira.

Elemento	(%)
C	49-50
O	44-45
H	6
N	0,1-1
Minerais	0,4-0,5

Fonte: Tsoumis (1968).

De acordo com Lepage (1986), a madeira é um biopolímero tridimensional composto, primordialmente, de celulose, hemiceluloses e lignina. Estes polímeros formam a parede celular da madeira e são responsáveis pela maioria de suas propriedades. Em contrapartida, existe uma diversidade considerável de pequenos materiais orgânicos e inorgânicos, que são encontrados em mistura com a parede celular e no lume (Tabela 2); a menor destas substâncias, chamada genericamente de extrativo, em pequenas proporções implica em propriedades especiais para muitos tipos de madeira (Panshin & Zeeuw, 1970).

De forma simplificada, pode-se dizer que a celulose forma um esqueleto imerso numa matriz de hemiceluloses e lignina, que é o material aglutinante (Lepage, 1986).

TABELA 2 – Classificação dos componentes químicos na madeira.

Componentes	
Primários	(%)
Celulose	40-50
Hemiceluloses	20-35
Lignina	15-35
Secundários	(%)
Taninos	
Óleos voláteis e resinas	
Gomas, látex, alcaloides e outros compostos orgânicos, incluindo tintas e materiais corantes. Parte inferior do formulário	
Constituintes inorgânicos (cinzas)	> 1

Fonte: Panshin & Zeeuw (1970).

A celulose é a molécula orgânica mais abundante na face da Terra. Pode ser brevemente caracterizada como sendo um polímero linear de alto peso molecular, constituído exclusivamente de β -D-glucose. Devido às suas propriedades químicas e físicas, bem como à sua estrutura supramolecular, preenche sua função como o principal componente da parede celular dos vegetais (Klock et al., 2005).

Caracterizada como estável, é marcadamente resistente ao ataque de ácido nítrico, soda cáustica e a maioria dos outros ácidos, bases e demais solventes à temperatura ambiente. Esta estabilidade é de uma importância considerável na utilização da madeira e de suas fibras, mas torna a modificação das propriedades naturais da celulose difícil (Panshin & Zeeuw, 1970).

As hidroxilas ou grupos OH são responsáveis pelo comportamento físico e químico da celulose, sendo capazes de formar dois tipos de ligações de hidrogênio, em função do posicionamento na unidade glicosídica. Existem

ligações de hidrogênio entre grupos OH de unidades glicosídicas adjacentes, da mesma molécula de celulose, que são as ligações intramoleculares, responsáveis por uma rigidez das cadeias unitárias e ocorrem ligações entre grupos OH de moléculas adjacentes de celulose, constituindo as chamadas ligações intermoleculares (Lepage, 1986).

Existem alguns tipos de celulose na madeira: cristalina, não-cristalina, acessível e não-acessível. Acessível e não-cristalina referem-se à disponibilidade de celulose para a água, micro-organismos, etc. As superfícies da celulose cristalina são acessíveis, mas o resto da celulose é não-acessível. A maior parte da celulose não-cristalina é acessível, mas, em parte, é tão coberta com hemiceluloses e lignina que se torna não-acessível. Conceitos de acessibilidade e não-acessibilidade da celulose são muito importantes em estudos de umidade, sorção, modificação química, extrações e interações com micro-organismos (Rowell et al., 2005).

As hemiceluloses são polissacarídeos formados por diferentes açúcares, com cadeia ramificada e amorfa. Por não possuir regiões cristalinas, as hemiceluloses são atingidas mais facilmente por produtos químicos. No entanto, devido à perda de alguns substituintes da cadeia, as hemiceluloses podem sofrer cristalização induzida pela formação de ligações de hidrogênio, a partir de hidroxilas de cadeias adjacentes, dificultando, dessa forma, a atuação de um produto químico com o qual esteja em contato (Lepage, 1986).

A presença desta classe de polissacarídeos nas paredes celulares tem enorme influência sobre algumas das propriedades físicas da madeira e, por essa razão, são importante classe de compostos (Panshin & Zeeuw, 1970). Geralmente, consistem de mais de um tipo de unidade de açúcar e, às vezes, são referidos pelos açúcares que contêm, por exemplo, galactoglucomanana, arabinomanana, glucomanana, etc. As hemiceluloses são solúveis em álcalis e são facilmente hidrolisadas por ácidos (Rowell et al., 2005).

A lignina é uma substância amorfa, altamente complexa, formada principalmente por moléculas aromáticas de fenilpropano, unidades estas que são consideradas como uma substância incrustante (Rowell et al., 2005). Sua composição química difere entre coníferas e folhosas, variando sobretudo entre as diferentes espécies de folhosas (Tsoumis, 1968).

Podem ser classificados de várias formas, mas, normalmente, são divididas de acordo com seus elementos estruturais (Sjöström, 1981, citado por Rowell et al., 2005). O teor de lignina está relacionado com a estabilidade dimensional da madeira; madeiras com elevados teores de lignina tendem a contrair e/ou expandir menos (Tsoumis, 1968).

A madeira pode ainda conter inclusões diversas (principalmente orgânicos) que são chamados coletivamente “impurezas ou materiais extrativos”. Eles não fazem parte da substância madeira, mas são depositados no lume da célula e paredes celulares (Tsoumis, 1968).

Os extrativos são constituídos principalmente por gorduras, ácidos, álcoois, fenóis, terpenos, esteroides, ácidos resínicos, colofônias, ceras, produtos de menor importância e de muitos outros compostos orgânicos. Estas substâncias químicas existem na forma de monômeros, dímeros e polímeros, de modo geral. Extrativos de coníferas possuem teor mais elevado do que de outras madeiras. Alguns são responsáveis pela cor, cheiro e durabilidade da madeira. A diferença qualitativa no teor de extrativos de espécie para espécie é à base da taxonomia baseada em constituintes químicos (Rowell et al., 2005).

2.3 Propriedades anatômicas

A madeira é formada por um conjunto de tecidos que, por sua vez, é formado por um conjunto heterogêneo de diferentes tipos de células, com propriedades específicas para desempenharem funções vitais para o vegetal, tais como condução de líquidos; transformação, armazenamento e transporte de

substâncias nutritivas e sustentação vegetal (Burger & Richter, 1991). Nesse aspecto, o grande atrativo para o uso da madeira é exatamente a variação de sua estrutura, possibilitando os mais variáveis e sofisticados usos (Coradin & Camargos, 2002).

Em uma árvore, a madeira é conhecida por xilema secundário. O xilema secundário é um tecido complexo, formado por diferentes tipos celulares, organizados em dois sistemas distintos: o axial (ou vertical) e o radial (ou horizontal); em ambos os sistemas ocorrem células vivas e mortas, e a proporção e o arranjo de tais células variam, consideravelmente, de acordo com as espécies e, de algum modo, com a época do ano em que são formadas (Glória & Guerreiro, 2003). O sistema axial é formado por células que possuem seu maior eixo no sentido vertical, enquanto o sistema radial é formado por células que apresentam seu maior eixo no sentido horizontal. Fazem parte do sistema axial vasos, traqueídeos, parênquima axial e fibras. Com relação ao sistema radial, encontramos os raios.

Os vasos e traqueídeos são responsáveis pela condução de substâncias pelo interior da madeira. São células cilíndricas, com perfurações em suas extremidades, sobrepostas axialmente, proporcionando, assim, um canal para condução de água e nutrientes pelo interior da árvore (Metcalfé & Chalk, 1983; Coradin & Camargos, 2002); os traqueídeos são células alongadas e estreitas, que perdem o conteúdo celular, tornando-se tubos ocos de paredes lignificadas, que desempenham as funções de condução e sustentação, apresentando perfurações nas paredes (pontoações areoladas), pelas quais os líquidos passam de célula para célula (Burger & Richter, 1991). Células parenquimáticas são tipicamente prismáticas, apresentam paredes mais finas e podem estar associadas ou não aos vasos (Tsoumis, 1968). Os raios também são células parenquimáticas; diferem do parênquima axial por se disporem no lenho com o comprimento maior no sentido radial, sendo perpendiculares aos demais

elementos da madeira (Coradin & Camargos, 2002). As fibras são estreitas, fusiformes e apresentam extremidades fechadas (Panshin & Zeeuw, 1970; Desch, 1973).

As madeiras são classificadas, usualmente, em dois grupos principais, as gimnospermas, também conhecidas por coníferas e as angiospermas ou folhosas (Esau, 1976). Nas gimnospermas, são encontradas plantas com folhas aculiformes (em forma de agulhas) e “frutos” sem casca, em forma de cone com sementes expostas; já nas angiospermas estão presentes as plantas com folhas largas e sementes encerradas dentro de um fruto, onde se encontram as dicotiledôneas, que respondem pela produção de madeira (Burger & Richter, 1991; Coradin & Camargos, 2002).

As características anatômicas diferem bastante entre os grupos, principalmente quanto aos tipos celulares formadores da madeira. A madeira, ou lenho das gimnospermas, é relativamente mais simples que a das angiospermas, por ser constituída quase que exclusivamente por traqueídeos e raios; as fibras são raras e o parênquima axial é pouco abundante, sendo encontrado na forma de células resiníferas, em alguns gêneros (Glória & Guerreiro, 2003). O lenho das angiospermas, dicotiledôneas, é mais variado que o das gimnospermas. O lenho das espécies que pertencem a esse grupo pode apresentar elementos de vaso e traqueídeos, uma ou mais categoria de fibras, parênquima axial e raios, de um ou mais tipos (Esau, 1976).

A parede celular dos elementos formadores da madeira possui características importantes para a maior compreensão das propriedades da madeira. Ela é composta por microfibrilas de celulose, por sua vez composta por fibrilas elementares, que são uma estrutura cristalina, composta de celulose (Panshin & Zeeuw, 1970). Segundo Burger & Richter (1991), durante o processo de divisão celular, a primeira membrana de separação a aparecer entre o par de células é a lamela média, cuja função é unir as células. Sobre essa

membrana acumulam-se, posteriormente, microfibrilas de celulose, que constituem a parede primária, dotada de grande elasticidade. Conforme os autores, concluído o processo de formação da parede primária, depositam-se junto à membrana primária microfibrilas de celulose, obedecendo a certa orientação que destaca três camadas distintas, constituintes da parede secundária da célula: S₁, S₂ e S₃.

2.4 Propriedades físicas

A madeira apresenta várias propriedades físicas, dentre elas a densidade, a retratibilidade, a umidade, as condutibilidades térmica e sonora, entre outras. No entanto, quando falamos em propriedades para a determinação da melhor espécie para usos estruturais e industriais, a densidade e a retratibilidade são as propriedades mais importantes entre as demais, visto que estão diretamente relacionadas com a resistência e a instabilidade dimensional.

A densidade, ou massa específica, é uma das propriedades mais importantes para a classificação da madeira, determinando, muitas vezes, o uso final desta. Ela relaciona a massa seca de um material com o seu volume e é, normalmente, expressa em kg/m³ ou g/cm³. É uma propriedade que varia conforme o gênero, espécie e dentro do próprio indivíduo, nas diferentes regiões (Pashin & Zeeuw, 1970). Shimoyama (1990), estudando a relação da densidade básica de espécies de *Eucalyptus* sp. com os seus constituintes químicos e anatômicos, observou que as maiores influências sobre a densidade básica da madeira estão relacionadas à espessura da parede e diâmetro do lume das fibras. Conforme o autor, as características químicas não apresentaram influência, isoladamente.

A madeira é ainda um material higroscópico que mantém relações dinâmicas com a água do meio. À medida que a madeira perde água ela se retrai, ao passo que o inchamento é caracterizado como o movimento de adsorção.

Praticamente toda a movimentação ocorre entre a umidade de saturação do ar e 0% de umidade, ou seja, as variações dimensionais correspondem à dessorção ou à adsorção de água higroscópica localizada nas paredes celulares (Galvão & Jankowsky, 1985). O aumento de volume (inchamento) deve-se, principalmente, à inclusão de moléculas de água nos espaços submicroscópicos entre as micelas (feixes formados por moléculas de celulose), afastando-os e alterando, conseqüentemente, as dimensões da madeira. Estas características são denominadas de retratibilidade da madeira.

As características de retratibilidade da madeira são bastante diferentes entre as espécies, dependendo do modo de condução da secagem e do próprio comportamento da madeira, o que leva, ocasionalmente, a alterações da forma e à formação de fendas e empenos. Precauções especiais devem ser tomadas nas situações em que se exige maior estabilidade da madeira. Em edificações, pisos, esquadrias, portas e móveis em geral, podem ocorrer sérios prejuízos, chegando, mesmo, a inviabilizar o produto final, se não for feita a correta secagem até a umidade de equilíbrio das condições de uso (A retratibilidade..., 2001).

2.5 Cedro vermelho australiano (*Toona ciliata* M. Roem.).

2.5.1 Origem e distribuição geográfica

O cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F.Muell.) Bahadur), conhecido por *Red Cedar*, *Australian (red) Cedar* e *Australian toon* (Grijpma & Ramalho, 1969, citados por Pinheiro et al., 2006), é uma Angiospermae de hábito arbóreo pertencente à valiosa família botânica Meliaceae. Encontra-se amplamente difundido entre os paralelos 15° e 25° N, situados na Índia, Bangladesh, Birmânia (atual Mianmar), Tailândia, China Meridional, Indonésia, Malásia e Filipinas, além da variedade australiana, que é encontrada na Austrália Tropical, em Queensland e New South Wales, entre os paralelos 15° e 30° (Lamprecht, 1990).

A espécie foi descoberta por volta de 1790, pela frota do Capitão James Cook, em sua exploração da Austrália e Nova Zelândia, de onde as amostras de cedro australiano foram enviadas a Londres. O almirantado, reconhecendo seu potencial uso na construção de embarcações, ordenou às naus que da Austrália retornavam que trouxessem com elas a maior quantidade de cedro possível. No início do século XX, a exploração levou à extinção econômica da espécie, em sua maior parte em áreas nativas, motivando os serviços florestais de Queensland e New South Wales a programarem iniciativas para restabelecer a espécie em escala comercial (Bygrave & Bygrave, 2005).

Embora em áreas descontínuas, o cedro australiano acha-se muito difundido na América Latina, espalhando-se desde o paralelo 24° N até o 10° S, compreendendo o México, a América Central, as Antilhas, as regiões setentrionais da América do Sul, o Peru e o Brasil (Lamprecht, 1990). No Brasil, a espécie encontrou ótimas condições para o seu desenvolvimento vegetativo e para a produção de madeira, sendo cultivado ao Sul do estado da Bahia e em toda a região Sudeste, destacando-se os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, com plantios em escala comercial bastante desenvolvidos.

2.5.2 Características gerais da espécie

A espécie *Toona ciliata* var. *australis* M.Roem., em seu hábitat, é uma árvore de grande porte que pode alcançar cerca de 50 m de altura e 2 m de diâmetro. Apresenta o tronco retilíneo (Figura 1), às vezes bifurcado, exibindo sapopemas baixas, assimétricas e pouco desenvolvidas. A casca é grossa, dura, com deiscência em placas retangulares e escamiformes, cinza a marrom, com manchas de líquens (Pinheiro et al., 2006).



FIGURA 1 – Plantio de cedro australiano no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais.

Suas folhas são pinadas, com comprimento entre 35 e 60 cm, de cor verde-escura e compõem-se de 5 a 12 (no máximo 15) pares de folíolos opostos e alternos; as flores são esbranquiçadas, reunidas em panículas terminais pendentes, menores que as folhas com pedúnculo levemente ciliado e com comprimento de 3 a 4 mm; os frutos são de um marrom-escuro com pontos claros e consistem de cápsulas de 4 a 7 cm de comprimento, que se abrem ao amadurecerem, deixando cair, cada uma, de 30 a 40 sementes aladas (Figura 2) de 2 a 3 cm de comprimento (Lamprecht, 1990; Pinheiro et al., 2006).

As sementes apresentam diminuição rápida do poder germinativo quando conservadas em temperatura ambiente (27°C). Para evitar essa rápida deterioração e manter seu poder germinativo e sua energia germinativa, as

sementes podem ser conservadas em um freezer a -18°C (durante 1 ano) ou bem podem ser imersas diretamente em nitrogênio líquido (-196°C) para conservá-las por períodos de tempo mais longos (Scocchi et al., 2006).



FIGURA 2 – Detalhes da morfologia do cedro australiano, sendo: a – casca; b – folhas; c – flores; d – frutos; e – sementes.

O cedro australiano é uma espécie semiescliófila, apta a suportar leve sombreamento na fase juvenil (Pinheiro et al., 2006); cresce em áreas com precipitação anual entre 800 e 1.800 mm, com 2 a 6 meses de seca, apresentando bom crescimento em regiões de 100 a 1.500 m de altitude. A temperatura fica em torno de 20° a 26°C , sobrevivendo a temperaturas mínimas absolutas pouco abaixo de 0°C (Lamprecht, 1990). Os indivíduos de *Toona ciliata* M.Roem não suportam solos argilosos compactados e nem solos pobres, apresentando certa preferência por solos calcários, onde seu sistema radicular secundário é

superficial, necessitando de bom abastecimento de água e elementos minerais nos horizontes superficiais (Pinheiro et al., 2006).

Pereyra et al. (2006), estudando as propriedades físico-mecânicas e o comportamento em processos industriais da madeira de *Toona ciliata* e outras espécies, encontraram valor médio de densidade básica de 0,337 g/cm³. Com relação às contrações tangencial e radial, a madeira apresentou valores superiores a 7% e 4%, respectivamente, resultando em um coeficiente de anisotropia de 1,9%. Por fim, o autor encontrou para a madeira de *Toona* um valor médio do módulo de ruptura e elasticidade de 468 kgf/cm² e 65.118 kgf/cm², respectivamente.

A madeira possui alborno claro e cerne marrom-avermelhado, exalando um agradável odor logo após serrada. É empregada sobretudo na indústria de contraplacados, compensados e móveis, prestando-se, de modo particular, para a produção de caixas para charutos, instrumentos musicais e outras finalidades especiais (Lamprecht, 1990).

A espécie apresenta dano moderado ao ataque de cupins *Cryptotermes brevis* ou cupim-de-madeira seca (Gonçalves & Oliveira, 2006).

O cedro australiano é uma espécie promissora para plantações comerciais por causa da qualidade de sua madeira, rápido crescimento e imunidade ao broqueador das pontas (*Hypsipyla grandella*), que afeta os cedros nativos (Mangliavori et al., 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostragem

Para o presente estudo foram utilizadas árvores de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.), com aproximadamente 4 anos de idade, proveniente de três municípios localizados na região sul do estado de Minas Gerais (Campo Belo, Cana Verde e Santo Antônio do Amparo). Não foi possível precisar se a procedência das sementes para a formação dos plantios foi a mesma para as três localidades.

Em cada região foram coletadas cinco árvores, buscando selecionar indivíduos saudáveis e fenotipicamente representativos do plantio, evitando árvores passíveis do efeito de borda. Na Tabela 3 são apresentadas as dimensões das árvores selecionadas em cada região.

TABELA 3 – Valores de diâmetro a 1,30 m do solo e altura total das árvores selecionadas em campo.

Localização	Árvores selecionadas	Diâmetro (cm)	Altura (m)
Campo Belo	1	18,10	11,50
	2	19,55	10,60
	3	18,15	11,70
	4	20,85	10,20
	5	18,80	10,00
Cana Verde	1	16,90	10,60
	2	16,85	13,60
	3	16,25	10,50
	4	16,00	11,90
	5	16,75	12,50
Santo Antônio do Amparo	1	16,40	11,60
	2	16,65	10,60
	3	16,30	13,50
	4	18,25	11,60
	5	16,50	10,30

Após seleção, as árvores foram abatidas contíguas ao chão e seccionadas, tendo sido retirados discos de quatro centímetros de espessura na base e a cada 1,30 m do comprimento da árvore, conforme Figura 3. Os discos foram identificados e acondicionados em sacos plásticos para evitar a perda de umidade, sendo, em seguida, levados para a Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

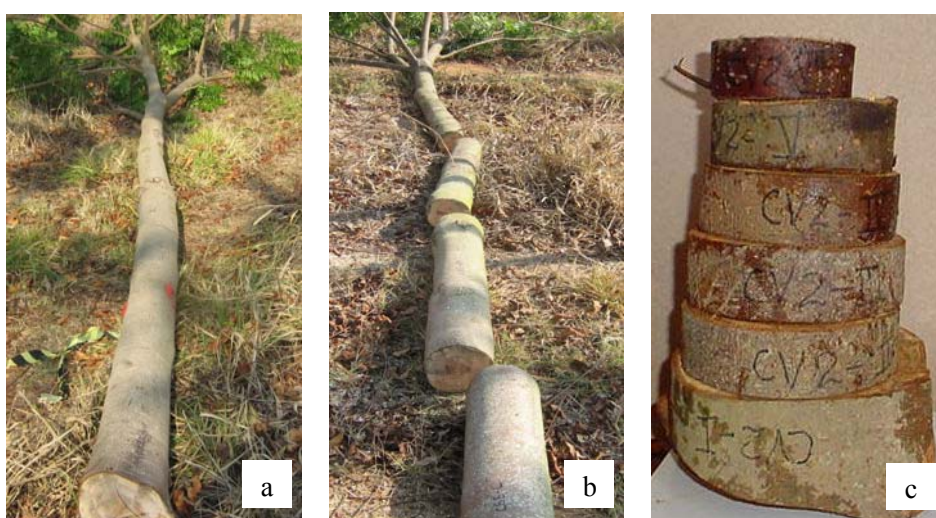


FIGURA 3 – Sequência de ilustrações evidenciando a obtenção dos discos, sendo: a – árvore abatida; b – árvore seccionada e c – discos.

O número de discos por árvore variou conforme a altura da árvore, tendo o último disco de cada árvore selecionada sido retirado exatamente antes da primeira bifurcação do fuste. Cada disco obtido foi transformado em quatro cunhas (Figura 4). Cada cunha obtida por disco foi destinada a um determinado ensaio, de maneira aleatória, buscando verificar o comportamento da madeira ao longo do seu eixo axial ou longitudinal, como será descrito posteriormente.



FIGURA 4 – Sequência de imagens mostrando a obtenção das cunhas, sendo: a – disco; b – disco sendo seccionado e c – cunhas.

3.2 Determinação dos principais componentes químicos da madeira

Uma cunha por disco foi utilizada na determinação dos principais componentes químicos da madeira de cedro australiano, sendo a análise química realizada por árvore, para cada localidade. Foram determinados os teores de holocelulose (celulose +hemiceluloses), lignina, extrativos totais e cinzas. As normas utilizadas para a determinação dos principais componentes químicos estão especificadas a seguir:

- teor de extrativos totais – ABCP M3/69;
- teor de lignina – ABCPM – 10/71;
- teor de cinzas – ABCPM – 11/77;
- teor de holocelulose – determinado por diferença, incluindo o teor de cinzas.

3.3 Caracterização anatômica

Para a caracterização anatômica da madeira foram retirados dois corpos-de-prova, nas dimensões de 1,5 cm na secção tangencial, 1,5 cm na secção radial e 2,0 cm na secção transversal, de cada cunha escolhida para o estudo anatômico, tomando-se o cuidado de retirar as amostras mais próximas à periferia (cerne e alburno) das cunhas.

Os corpos-de-prova foram colocados em dessecadores com água para completa saturação e, conseqüentemente, amolecimento do material, durante 72 horas. Foi utilizado sistema de vácuo, intermitente, para acelerar o processo.

Os cortes histológicos nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial foram adquiridos com o auxílio de um micrótomo de deslize, marca *Reichert* modelo Jung SM2000, com espessura média de 18 µm. Depois de obtidas, as secções foram cuidadosamente mantidas entre lâminas umedecidas com água destilada e glicerina, até o momento de confecção das lâminas permanentes.

A metodologia utilizada na confecção das lâminas foi a descrita por Burger & Richter (1991). Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 2,0%, depois lavados em álcool a 20%. Em seguida, foram corados com safranina hidroalcoólica (proporção 1g de safranina para 50ml de álcool e 50ml de água destilada); desidratados em série alcoólica progressiva: 50%, 70%, 80%, 100%, álcool 100% e acetato de butila na proporção 3:1, 1:1 e acetato de butila 100%, sendo as lâminas coladas com Entellan.

A dissociação dos elementos celulares foi feita por meio do método de Franklin (1945), que consta de solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1(v/v). O material ficou em contato com a solução por um período de 24 horas em estufa à temperatura de 60°C, sendo lavado, posteriormente, com água destilada em abundância, para a retirada completa da solução macerante. Para facilitar a visualização dos elementos da madeira, adicionou-se safranina hidroalcoólica no macerado, juntamente com água na proporção 6:1 (v/v).

A mensuração dos constituintes celulares do lenho foi realizada com o auxílio do software *Wincel Regent PRO*, de concepção canadense, sob uma base amostral de 30 medições de cada característica. Adotou-se a terminologia recomendada por IAWA (1989), em que os caracteres anatômicos do lenho

foram descritos com o auxílio de um microscópio ótico *Ken-A Vision* modelo *TT-1010*, no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras.

3.4 Determinação da densidade básica da madeira

Para a determinação da densidade básica da madeira, selecionou-se uma cunha de cada disco seccionado. Cada cunha foi dividida em três partes: posição interna, intermediária e externa, ou seja, uma parte com presença de medula, outra contendo cerne e, por último, uma parte apresentando alburno, respectivamente (Figura 5). Essa divisão teve por objetivo acompanhar a variação da densidade ao longo do eixo transversal ou radial da árvore.

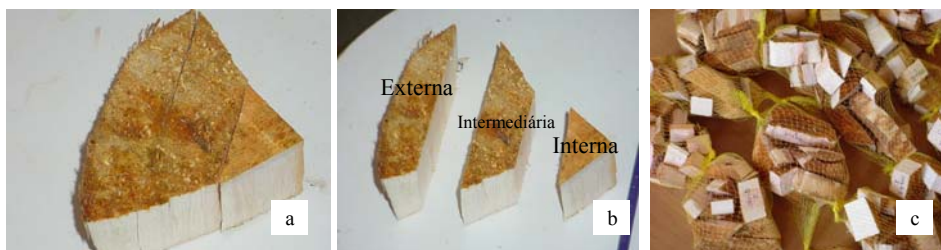


FIGURA 5 – Sequência de imagens ilustrando a confecção das amostras para a determinação da densidade básica do cedro australiano. a – cunha selecionada para o ensaio de densidade; b – divisão da cunha em partes; c – amostras prontas para iniciar saturação.

As amostras de cedro australiano foram colocadas em dessecadores com água para a completa saturação das fibras. A fim de facilitar o processo de saturação das amostras foi utilizado um dispositivo de vácuo.

Foi calculado o volume imerso de cada corpo-de-prova por meio do método descrito por Kollmann & Cotê (1986) modificado. Para isso foi utilizado um béquer com água destilada, suporte universal e garra para procedimento de

análise (Figura 6). Após a obtenção do volume, os corpos-de-prova foram levados para uma estufa, a $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, até que atingissem massa constante.



FIGURA 6 – Metodologia de obtenção do volume verde das amostras de cedro australiano.

A densidade básica da madeira de cedro australiano foi determinada por meio da equação 1, de acordo com a NBR 11941-02 (ABNT, 2003):

$$Db = \frac{Ms}{Vv} \quad (1)$$

sendo:

Db → densidade básica da madeira em g/cm^3

Ms → massa seca, em g

Vv → volume verde, em cm^3

3.5 Determinação da retratibilidade da madeira

Para o ensaio de retratibilidade da madeira, outra cunha por disco foi selecionada, ao longo do eixo axial da árvore. De cada cunha foram retiradas duas amostras de madeira, uma em posição interna (mais próxima à medula) e a outra na região externa (presença de alburno, mais próxima da casca), a fim de se avaliar a retratibilidade da espécie no sentido radial, medula-casca.

As dimensões das amostras foram de, aproximadamente, 2 x 2 x 3 cm, formando um paralelepípedo, com aresta maior orientada no sentido longitudinal e as demais no sentido tangencial e radial (Figura 7).

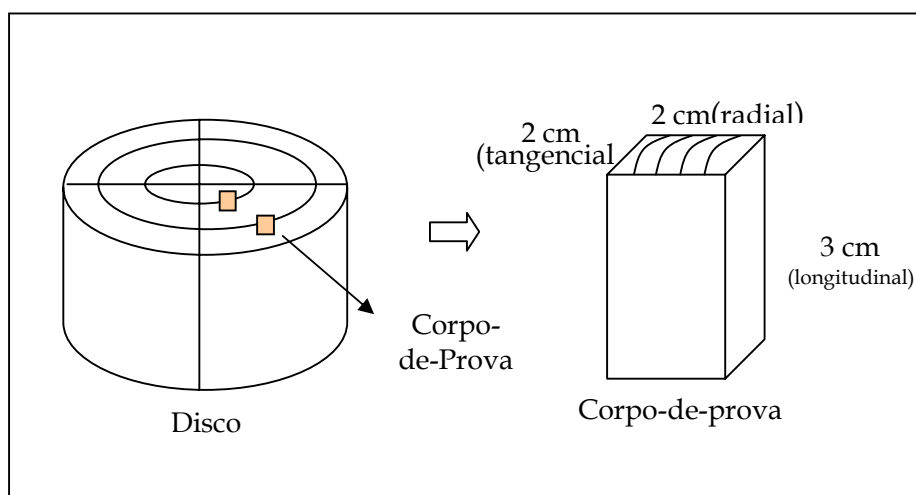


FIGURA 7 – Método de retirada dos corpos-de-prova e de suas dimensões, utilizados na obtenção da retratibilidade da madeira de cedro australiano.

Após a retirada, as amostras foram identificadas, separadas e colocadas em recipiente próprio para submersão em água, com a finalidade de saturação, por um período de aproximadamente 30 dias (Figura 8). Em seguida, foram retiradas da água e submetidas à secagem natural, sendo levadas, posteriormente, para sala climatizada com condições de temperatura e umidade

controladas (21°C e 65%), até que atingissem 12% de umidade (utilizado apenas para ensaio de retratibilidade linear). Por fim, a secagem das amostras passou a ser artificial, utilizando-se estufa com temperatura inicial de 50°C, a qual foi aumentada gradativamente com o tempo, até atingir a temperatura de 105°C, mantendo-se constante até as amostras alcançarem 0% de umidade (utilizado apenas para o ensaio de retratibilidade volumétrica).



FIGURA 8 – Sequência de imagens ilustrando os procedimentos para completa saturação das amostras de cedro australiano na determinação da retratibilidade da madeira. a – amostras em forma de paralelepípedo; b – recipiente próprio para saturação das amostras e c – amostras submersas em água.

Durante o processo descrito, as amostras foram submetidas a pesagens em balança eletrônica de precisão de 0,001g e foram medidas as dimensões (longitudinal, radial e tangencial) com o auxílio de um paquímetro digital de precisão (0,001 cm). A retratibilidade linear foi determinada de acordo com a NBR 7190-97 (ABNT, 1997), no sentido tangencial e radial. A partir do ensaio, foram determinadas as contrações lineares, volumétricas e o coeficiente de anisotropia, conforme as seguintes equações:

$$\text{Contração Linear (\%)} \quad \beta = \frac{D_v - D_u}{D_v} \times 100 \quad (2)$$

contração volumétrica (%)
$$\beta_v = \frac{V_v - V_u}{V_v} \times 100 \quad (3)$$

coeficiente de anisotropia (%)
$$A = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (4)$$

Onde:

D_v → dimensão linear na condição de volume verde ou saturado (cm)

D_u → dimensão linear na condição de umidade desejada (umidade relativa = 12%) (cm)

V_v → volume verde ou saturado (máximo) (cm³)

V_u → volume na umidade desejada u % (cm³)

β_L → contração linear tangencial (β_t) ou radial (β_r) (%)

β_v → contração volumétrica (%)

A → coeficiente de anisotropia (%)

3.6 Análises estatísticas

Para os dados do teste de reprodutibilidade e densidade, na direção medula-casca, foi feito o ajuste de modelos de regressão polinomial em função da altura dos discos em relação à base, para cada um dos locais de coleta (Campo Belo, Cana verde e Santo Antônio do Amparo). A análise conjunta dos locais ficou impossibilitada devido à heterogeneidade de variâncias (heterocedasticidade). O ajuste dos modelos foi feito no programa estatístico *Statistical Analyses System* (SAS Institute, 1999).

Foram testados modelos polinomiais de 1°, 2° e 3° graus, sendo avaliados a significância dos parâmetros de regressão (β_0 , β_1 , β_2 e β_3) e o coeficiente de determinação (R^2) do modelo ajustado. Cabe ressaltar que modelos com valores altos de R^2 representam melhor os dados observados e estes, por sua vez, representam fielmente o povoamento amostrado. Contudo, dado o pequeno número de observações para cada local de amostragem, esta

avaliação deve ser interpretada como um indicativo da possibilidade de determinação da retratibilidade e densidade a partir da altura de coleta da amostra de madeira em relação ao solo.

Para estudo da variação das propriedades físicas dentro de cada localidade, foi realizado o teste de Tukey, a 5% significância, por meio do pacote estatístico Sistema de Análise de Variância (Sisvar). Nesta avaliação, foram testados os efeitos da posição da amostra no fuste no sentido longitudinal e transversal sobre as propriedades físicas da madeira.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados, na Tabela 4, as médias e os coeficientes de variação dos diâmetros e alturas das árvores de cedro australiano selecionadas em campo.

TABELA 4 – Valores médios e coeficiente de variação para o diâmetro e altura comercial das árvores de cedro australiano por região de coleta.

Localização	Nº de árvores selecionadas	Diâmetro (cm)	Altura (m)
Campo Belo	5	19,09 ¹ 6,00% ²	10,80 7,08%
Cana Verde	5	16,55 2,42%	11,82 11,08%
Santo Antônio do Amparo	5	16,82 4,81%	11,52 10,87%

¹ Média

² Coeficiente de Variação

Observa-se que a média dos diâmetros das árvores de cedro australiano coletadas na localidade de Campo Belo foi um pouco superior à das demais localidades. Analisando a altura dos indivíduos arbóreos, é possível verificar que as árvores selecionadas para o estudo, também na localidade de Campo Belo, foram um pouco inferiores às das localidades de Cana Verde e Santo Antônio do Amparo, que apresentaram características bastante semelhantes.

Essas diferenças podem ser atribuídas a diversas causas, dentre elas a diferença de material genético utilizado na confecção das mudas, diferenças nas condições ambientais de cada localidade, especialmente a disponibilidade de água e nutriente no solo e o nível de exposição ao Sol, além das práticas silviculturais utilizadas em cada local, dentre outros fatores.

4.1 Análise dos principais componentes químicos da madeira

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios dos principais constituintes químicos da madeira de *Toona ciliata* para as três localidades objeto de estudo.

TABELA 5 – Valores médios dos principais componentes químicos da madeira de cedro australiano, por região de coleta (Campo Belo, Cana Verde e Santo Antônio do Amparo).

Análise química				
Campo Belo				
Árvore	Holocelulose (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)	Cinzas (%)
1	68,23	20,57	10,30	0,89
2	62,95	19,19	16,94	0,92
3	66,34	20,15	12,71	0,81
4	67,22	19,56	12,29	0,93
5	65,32	22,85	10,82	1,02
Média	66,01	20,46	12,81	0,91
CV (%)	3,07	7,01	19,80	8,16
Cana Verde				
Árvore	Holocelulose (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)	Cinzas (%)
1	60,32	21,38	17,63	0,67
2	63,23	18,68	17,40	0,70
3	57,81	20,44	20,77	0,98
4	67,54	20,50	11,29	0,68
5	64,02	18,50	17,30	1,01
Média	62,58	19,90	16,88	0,81
CV (%)	5,92	6,30	19,32	21,37
Santo Antônio do Amparo				
Árvore	Holocelulose (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)	Cinzas (%)
1	63,86	21,10	14,31	0,73
2	58,46	23,11	17,70	0,73
3	66,49	16,81	15,89	0,81
4	66,40	21,55	10,57	1,49
5	63,72	20,29	17,09	1,00
Média	63,79	20,57	14,77	0,95
CV (%)	5,11	11,37	19,91	33,51
Média Geral	64,13	20,31	14,87	0,89

Verificou-se que a madeira de cedro australiano apresentou, em média, mais de 60% de holocelulose (celulose + hemiceluloses) em sua estrutura (para

as três localidades), resultado semelhante ao relatado por Marchesan et al. (2005), que encontraram teor de celulose igual a 62,85% para a madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell. A holocelulose é o componente mais higroscópico da madeira, sendo responsável, em grande parte, pela deterioração da madeira por organismos xilófagos e pela instabilidade dimensional da madeira, por apresentar grande quantidade de sítios para ligação com moléculas de água em sua estrutura.

Os resultados observados permitem afirmar que os teores de lignina insolúvel presente na madeira de cedro australiano foram um pouco inferiores aos encontrados na literatura para madeiras de folhosas. Por exemplo, Caixeta & Pastore (2007), estudando a composição química da madeira de mogno (*Swietenia macrophylla*, King), encontraram 30,52% de lignina insolúvel. Mori et al. (2003), em estudo da utilização de espécies de eucaliptos e madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de açúcar, também obtiveram teores de lignina, para as espécies de eucalipto estudadas, acima dos encontrados neste trabalho, com valores em um intervalo de 24,97% a 35,50%, respectivamente, para as espécies *Eucalyptus dunii* e *Eucalyptus resinifera*. Os extrativos representaram valor médio de, aproximadamente, 15% da madeira analisada. Esse resultado é bastante significativo, visto que madeiras de folhosas apresentam, de 2% a 3% de extrativos (Klock et al., 2005).

Essa característica pode interferir na decomposição da madeira de cedro australiano, visto que várias pesquisas têm demonstrado que diversas madeiras com alta resistência natural devem esta característica à presença, em seu cerne, de substâncias, muitas vezes de origem fenólica, que apresentam propriedades fungicidas e inseticidas (Lepage, 1986). A quantidade maior de extrativos totais deve-se também ao fato de a madeira desta espécie ser relativamente nova.

O teor de cinzas obtido foi inferior a 1%, para as três localidades. Segundo Mori et al. (2003), que estudaram a caracterização da madeira de

angico-vermelho para a confecção de móveis, valores baixos desse componente na madeira fazem com que ocorram menores desgastes de facas e serras durante o seu processamento. Os autores salientaram que o teor de componentes minerais (cinzas) está diretamente relacionado ao sítio de crescimento da árvore.

Com base nas informações obtidas, é possível deduzir que a madeira de cedro australiano coletada apresenta baixa instabilidade dimensional, visto que madeiras com elevados teores de lignina tendem a contrair e/ou expandir menos (Tsoumis, 1991), prejudicando sua utilização em aplicações estruturais, por exemplo. No entanto, a partir dos dados relacionados ao conteúdo de holocelulose, pode-se inferir que a madeira estudada pode apresentar características desejáveis para a indústria de papel e celulose, especialmente se o conteúdo de celulose for bem superior ao de hemiceluloses, determinante das características da polpa, como o rendimento e a resistência.

4.2 Caracterização anatômica

Os dados das Tabelas 6, 7 e 8 mostram a variação morfométrica dos elementos da madeira de cedro australiano para as localidades de Campo Belo, Cana Verde e Santo Antônio do Amparo, respectivamente.

Como características gerais, pode-se afirmar que esta madeira apresenta textura média, linhas vasculares retilíneas, grã direita ou ligeiramente irregular (inclinada), cheiro agradável ao corte, sem gosto, superfície radial pouco lustrosa, madeira macia ao corte e cerne bege-rosado, distinto do alburno marrom-claro.

4.2.1 Localidade de Campo Belo

Camadas de crescimento: distintas devido à diferenciação na espessura da parede das fibras. **Vasos:** ocorrem em anéis semi-porosos, ou seja, os poros do lenho inicial são distintamente maiores que os do lenho tardio, dispondo-se

em arranjo radial; ocorre agrupamento de vasos, predominando vasos geminados (Figura 9a), ocorrendo também solitários, múltiplos de 3, 4 e 5; frequência com valores de 4,0 a 22,00 vasos/mm², com média de 10,64 vasos/mm²; seção transversal circular a oval; diâmetro tangencial do lume variando de pequeno a médio, com predominância de médio; contorno arredondado; placa de perfuração exclusivamente simples; apêndice presente em ambas as extremidades dos vasos (Figura 9b); vasos desobstruídos; pontuações intervasculares (estabelecem contato entre vasos) e raio-vasculares (estabelecem contato de vasos e raios) em disposição alternas e de formato arredondado (Figura 9d). **Parênquima axial paratraqueal**: escasso, células do parênquima axial variando de 2-7 células por série. **Fibras**: libriformes com pontuações diminutas; raras fibras septadas (paredes transversais); presença de fibras com extremidade bifurcada (Figura 9f); comprimento com predominância de muito curtas; fibras com paredes delgadas a espessas. **Raios**: parênquima radial heterogêneo do tipo III, corpo do raio composto de células procumbentes e uma camada de células marginais eretas e laterais quadradas; presença de raros cristais prismáticos (Figura 9e); células envolventes presentes; raios não estratificados; raios de dois tamanhos distintos (Figura 9g); unisseriados, bisseriados, trisseriados, seriados de quatro células e seriados de cinco células; quanto à largura os raios multisseriados e considerados estreitos; com relação ao comprimento são extremamente baixos; analisando sua largura, os raios unisseriados são extremamente finos; em relação ao comprimento são extremamente baixos, com frequência de 2,00 a 9,00 raios por mm/linear.

A estatística descritiva dos componentes anatômicos da madeira de Cedro Australiano para a localidade de Campo Belo é apresentada na Tabela 6.

TABELA 6 – Valores médios das características anatômicas mensuradas nas árvores para a localidade de Campo Belo.

Árvores	Elementos anatômicos		Unidade	Mín.	Máx.	Média	Desv. pad.	C.V.
1	Vasos	Comprimento	µm	93,74	267,43	189,19	41,98	22,19
		Diâmetro	µm	88,28	184,67	143,02	29,24	20,44
	Fibras	Comprimento	µm	637,83	998,51	854,33	101,80	11,92
		Diâmetro/lume	µm	11,36	29,10	17,48	4,76	27,23
		Espessura/parede celular	µm	4,25	8,15	6,17	0,88	14,26
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,11	0,25	0,15	0,03	20,00
		Largura/unisseriados	mm	10,80	35,50	21,08	5,22	24,76
		Frequência/unisseriados	mm linear	3,00	9,00	5,57	1,38	24,78
2	Vasos	Comprimento	µm	114,97	259,58	191,12	40,14	21,00
		Diâmetro	µm	90,95	192,59	151,84	26,46	17,43
	Fibras	Comprimento	µm	693,20	987,00	839,60	94,94	11,31
		Diâmetro/lume	µm	10,49	27,12	17,20	3,29	19,13
		Espessura/parede celular	µm	2,88	9,22	5,45	1,47	26,97
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,10	0,23	0,16	0,03	18,75
		Largura/unisseriados	µm	12,10	30,10	21,38	4,93	23,06
		Frequência/unisseriados	mm linear	3,00	9,00	5,80	1,54	26,55
3	Vasos	Comprimento	µm	104,59	288,88	171,03	46,98	27,47
		Diâmetro	µm	77,72	200,98	136,28	30,81	22,61
	Fibras	Comprimento	µm	592,10	982,80	807,90	94,43	11,69
		Diâmetro/lume	µm	10,83	23,02	16,26	2,92	17,96
		Espessura/parede celular	µm	3,67	7,42	5,88	0,94	15,99
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,11	0,31	0,19	0,05	26,32
		Largura/unisseriados	µm	14,40	33,70	21,28	5,22	24,53
		Frequência/unisseriados	mm linear	3,00	7,00	4,30	1,12	26,05
4	Vasos	Comprimento	µm	121,06	255,41	190,91	34,81	18,23
		Diâmetro	µm	85,60	222,33	149,71	31,54	21,07
	Fibras	Comprimento	µm	688,40	1118,30	854,33	131,88	15,44
		Diâmetro/lume	µm	7,91	24,92	15,57	4,92	31,60
		Espessura/parede celular	µm	2,12	7,26	4,21	1,29	30,64
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,12	0,29	0,19	0,04	21,05
		Largura/unisseriados	µm	13,30	37,70	25,54	6,54	25,61
		Frequência/unisseriados	mm linear	4,00	8,00	5,70	1,21	21,23

(...continua...)

TABELA 6, Cont.

5	Vasos	Comprimento	μm	93,58	264,72	184,82	39,55	21,40
		Diâmetro	μm	80,26	189,84	147,03	23,59	16,04
	Fibras	Comprimento	μm	594,67	994,14	813,55	103,39	12,71
		Diâmetro do lume	μm	10,85	22,06	15,57	3,11	19,97
		Espessura/parede celular	μm	3,25	8,41	5,77	1,09	18,89
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,12	0,30	0,20	0,04	20,00
		Largura/unisseriados	μm	13,30	37,70	28,02	5,85	20,88
		Frequência/unisseriados	mm linear	2,00	8,00	4,93	1,41	28,60

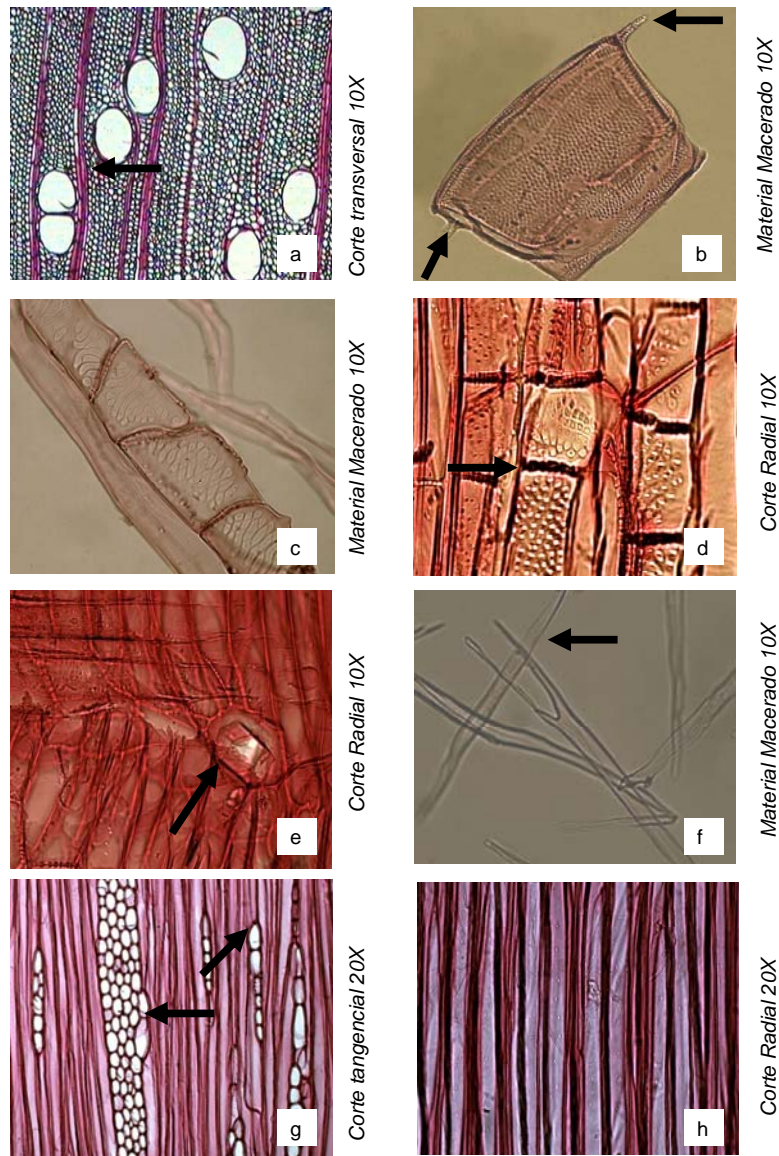


FIGURA 9 - Aspectos anatômicos gerais da madeira de cedro australiano amostrada em Campo Belo. a: plano transversal (aumento de 10x) evidenciando vasos solitários e geminados, com contorno arredondado e parênquima axial escasso; b: elemento de vaso com apêndice nas duas extremidades; c: sequência de elementos de vasos sobrepostos com pontoações intervasculares; d: vasos e células de parênquima do raio evidenciando as pontoações raio-vasculares; e: cristal prismático presente no interior de célula do raio; f: fibras com extremidades bifurcadas; g: aspectos dos raios unisseriados e multisseriados; h: fibras septadas.

4.2.2 Localidade de Cana Verde

Camadas de crescimento: distintas devido à diferenciação na espessura da parede das fibras e no diâmetro dos vasos (Figura 10a). **Vasos:** porosidade do tipo anéis semiporosos, dispendo-se em arranjo radial; agrupamento dos vasos, predominando vasos geminados, ocorrendo também solitários e múltiplos de 3, 4 e 5; frequência apresenta valores de 6,0 a 22,00 vasos/mm², com média de 14 vasos/mm²; diâmetro tangencial do lume variando de pequeno a médio, com predominância de médios; contorno arredondado; placa de perfuração simples (Figura 10b); apêndice presente em uma das extremidades dos vasos (Figura 10h), podendo também ser encontrado em ambas as extremidades; vasos desobstruídos; pontuações intervasculares (Figura 10c) e raio-vasculares (Figura 10f) em disposição alternas e de formato arredondadas. **Parênquima axial paratraqueal:** escasso, com células do parênquima axial variando de 2-6 células por série. **Fibras:** libriformes com pontuações diminutas; raras fibras septadas; presença de fibras com extremidades bifurcadas (Figura 10 e); comprimento variando de médias a muito curtas; fibras com paredes delgadas a espessas; diâmetro do lume médio. **Raios:** parênquima radial heterogêneo do tipo III, corpo do raio composto de células procumbentes e uma camada de células marginais eretas e laterais quadradas; células envolventes presentes; raios não estratificados; raios de dois tamanhos distintos (Figura 10e); unisseriados (Figura 10g), bisseriados, trisseriados, seriados de quatro células e seriados de cinco células; raios multisseriados estreitos de espessura; com relação ao comprimento, extremamente baixos e raios unisseriados, extremamente finos; comprimento extremamente baixo; frequência de 2,00 a 9,00 raios por mm linear.

A estatística descritiva dos componentes anatômicos da madeira de cedro australiano para a localidade de Cana Verde é apresentada na Tabela 7.

TABELA 7 – Teores médios das características anatómicas mensuradas nas árvores para a localidade de Cana Verde.

Árvores	Elementos anatómicos		Unidade	Mín.	Máx.	Média	Desv. Pad.	C.V.
1	Vasos	Comprimento	µm	93,58	264,72	184,82	39,55	21,40
		Diâmetro	µm	80,26	189,84	147,03	23,59	16,04
	Fibras	Comprimento	µm	594,67	994,14	813,55	103,39	12,71
		Diâmetro/lume	µm	10,85	22,06	15,57	3,11	19,97
		Espessura/parede celular	µm	3,25	8,41	5,77	1,09	18,89
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,12	0,30	0,20	0,04	20,00
		Largura/unisseriados	mm	13,3	37,7	28,02	5,85	20,88
Frequência/unisseriados		mm linear	2,00	8,00	4,93	1,41	28,60	
2	Vasos	Comprimento	µm	104,28	227,27	166,56	32,36	19,43
		Diâmetro	µm	90,91	195,26	140,66	28,29	20,11
	Fibras	Comprimento	µm	677,27	1187,82	881,37	107,51	12,20
		Diâmetro/lume	µm	11,25	25,42	16,19	3,67	22,67
		Espessura/parede celular	µm	4,16	7,35	6,05	0,87	14,38
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,11	0,23	0,16	0,03	18,75
		Largura/unisseriados	µm	10,90	97,00	19,85	15,20	76,57
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	8,00	4,97	1,38	27,77	
3	Vasos	Comprimento	µm	77,54	229,96	169,19	37,51	22,17
		Diâmetro	µm	69,57	189,96	132,11	26,86	20,33
	Fibras	Comprimento	µm	618,02	1112,07	848,08	120,27	14,18
		Diâmetro/lume	µm	9,74	24,05	16,32	3,42	20,96
		Espessura/parede celular	µm	4,39	8,47	5,82	0,91	15,64
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,10	0,24	0,15	0,03	20,00
		Largura/unisseriados	µm	10,80	26,60	18,61	4,53	24,34
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	8,00	5,20	1,21	23,27	
4	Vasos	Comprimento	µm	120,32	232,76	175,99	30,59	17,38
		Diâmetro	µm	69,57	189,96	132,11	26,86	20,33
	Fibras	Comprimento	µm	535,99	1089,04	883,77	134,73	15,24
		Diâmetro/lume	µm	10,20	22,68	15,77	2,76	17,50
		Espessura/parede celular	µm	3,62	7,56	5,44	0,82	15,07
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,10	0,24	0,14	0,03	21,43
		Largura/unisseriados	µm	10,80	26,50	17,97	4,50	25,04
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	8,00	5,23	1,22	23,33	
5	Vasos	Comprimento	µm	77,59	256,58	186,17	37,91	20,36
		Diâmetro	µm	58,88	208,56	149,05	34,36	23,05
	Fibras	Comprimento	µm	474,7	953,27	736,49	122,55	16,64
		Diâmetro/lume	µm	11,51	24,72	15,18	2,70	17,79
		Espessura/parede celular	µm	3,32	6,99	4,79	0,92	19,21
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,11	0,25	0,18	0,03	16,67
		Largura/unisseriados	µm	12,70	38,80	22,44	5,40	24,06
Frequência/unisseriados		mm linear	4,00	9,00	5,83	1,18	20,24	

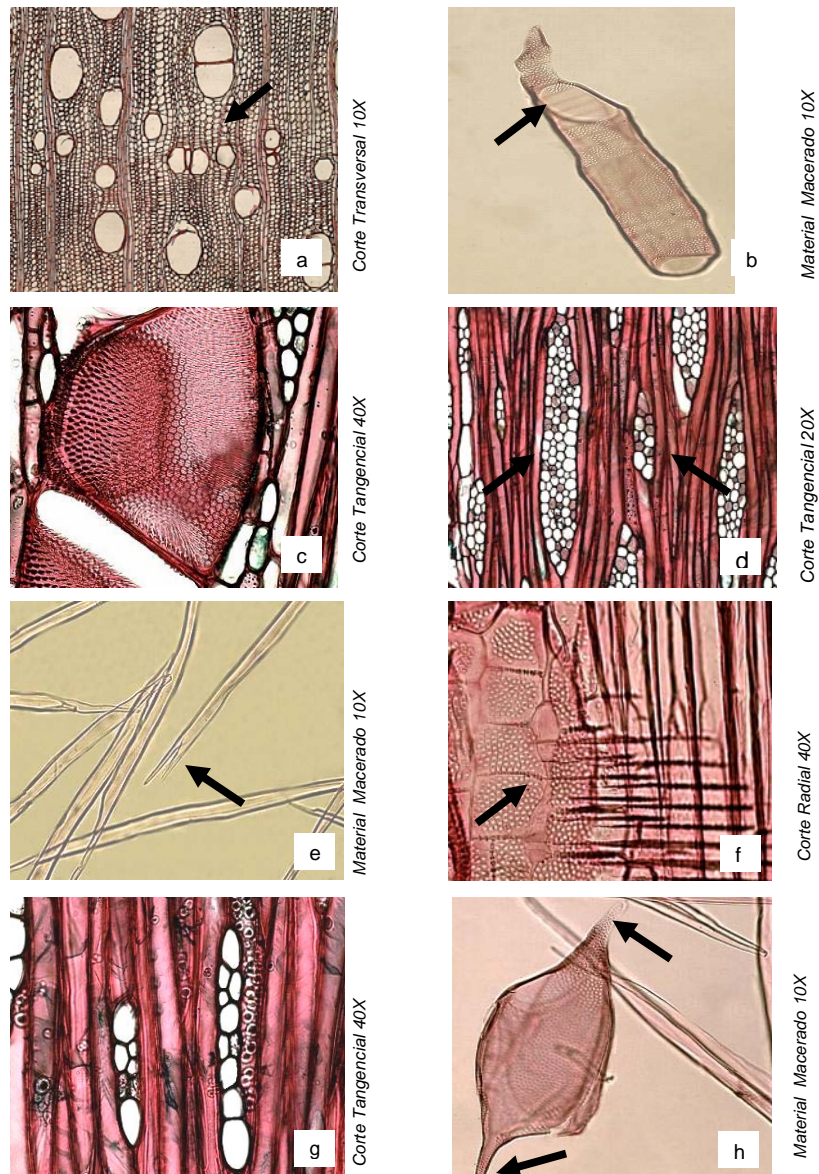


FIGURA 10 – Aspectos anatômicos gerais da madeira de cedro australiano amostradas em Cana Verde. a: plano transversal evidenciando camada de crescimento distinta, com espessura diferenciada na parede das fibras, bem como vasos de tamanhos diferentes (anéis semiporosos); b: vaso com placa de perfuração simples; c: pontoações intervasculares; d: raios multisseriados; e: fibra com extremidade bifurcada; f: pontoações raio-vasculares; g: raios unisseriados; h: vaso com apêndice em ambas as extremidades.

4.2.3 Localidade de Santo Antônio do Amparo

Camadas de crescimento: distintas devido à diferenciação na espessura da parede celular das fibras (Figura 11h). **Vasos:** ocorre em anéis semiporosos, dispondo em arranjo radial; agrupamento dos vasos, predominando vasos geminados (Figura 11a), podendo também apresentar solitários e múltiplos de 3, 4 e 5; frequência apresenta valores de 5,0 a 24,0 vasos/mm², com média de 14,5 vasos/mm²; diâmetro tangencial do lume variando de pequeno a médio, com predominância de médios; contorno arredondado; quanto ao comprimento variando de pequeno a médio, com predominância de médios; placa de perfuração simples; apêndice presente em ambas as extremidades dos vasos (Figura 11g); vasos desobstruídos; pontuações intervasculares e raio-vasculares em disposição alternas e de formato arredondadas.

Parênquima axial paratraqueal: escasso, células do parênquima axial variando de 2-7 células por série. **Fibras:** libriformes com pontuações diminutas; raras fibras septadas (Figura 11f); presença de fibras bifurcadas (Figura 11e); comprimento com predominância de fibras muito curtas; fibras com paredes delgadas a espessas. **Raios:** parênquima radial heterogêneo do tipo III, corpo do raio composto de células procumbentes (Figura 11d) e uma camada de células marginais eretas e laterais quadradas; células envolventes presentes; raios não estratificados; raios de dois tamanhos distintos; unisseriados, bisseriados, trisseriados e seriados de quatro células; raios multisseriados (Figura 11c) estreitos; com referência ao comprimento, extremamente baixos; quanto aos raios unisseriados, na largura são extremamente finos; ao comprimento, extremamente baixo.

A estatística descritiva dos componentes anatômicos da madeira de cedro australiano para a localidade de Santo Antônio do Amparo é apresentada na Tabela 8

TABELA 8 – Valores médios das características anatômicas mensuradas nas árvores para a localidade de Santo Antônio do Amparo.

Árvores	Elementos anatômicos		Unidade	Mín.	Máx.	Média	Desv. Pad.	C.V.
1	Vasos	Comprimento	µm	84,24	224,60	166,98	32,30	19,34
		Diâmetro	µm	66,90	165,80	123,63	23,13	18,71
	Fibras	Comprimento	µm	649,17	1148,69	924,28	107,09	11,59
		Diâmetro/lume	µm	9,12	23,02	16,18	2,92	18,05
		Espessura/parede celular	µm	4,25	7,27	5,83	0,76	13,04
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,1	0,26	0,16	0,04	25,00
		Largura/unisseriados	mm	10,4	25,3	16,55	3,48	21,03
Frequência/unisseriados		mm linear	4,00	9,00	6,20	1,27	20,48	
2	Vasos	Comprimento	µm	131,13	243,33	187,36	28,57	15,25
		Diâmetro	µm	90,95	176,47	139,16	23,84	17,13
	Fibras	Comprimento	µm	466,02	1067,93	855,48	124,2	14,52
		Diâmetro/lume	µm	12,16	23,39	16,45	2,81	17,08
		Espessura/parede celular	µm	4,42	7,32	6,06	0,77	12,71
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,12	0,33	0,18	0,04	22,22
		Largura/unisseriados	µm	13,20	32,00	21,37	4,82	22,55
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	7,00	4,63	1,19	25,70	
3	Vasos	Comprimento	µm	90,91	227,34	169,11	37,41	22,12
		Diâmetro	µm	77,54	171,14	129,34	22,87	17,68
	Fibras	Comprimento	µm	729,05	1385,00	896,63	124,06	13,84
		Diâmetro/lume	µm	11,55	22,86	15,45	2,87	18,58
		Espessura/parede celular	µm	3,26	7,61	5,88	1,1	18,71
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,10	0,20	0,15	0,03	20,00
		Largura/unisseriados	µm	9,60	44,50	22,07	6,52	29,54
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	7,00	5,03	1,10	21,87	
4	Vasos	Comprimento	µm	90,91	243,45	199,22	32,48	16,30
		Diâmetro	µm	66,84	200,61	147,35	28,87	19,59
	Fibras	Comprimento	µm	697,23	1181,92	943,81	113,21	11,99
		Diâmetro/lume	µm	13,45	25,03	18,14	3,08	16,98
		Espessura/parede celular	µm	3,67	8,18	6,31	1,05	16,64
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,12	0,2	0,16	0,03	18,75
		Largura/unisseriados	µm	13,4	37,3	23,74	6,28	26,45
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	7,00	4,57	1,07	23,41	
5	Vasos	Comprimento	µm	101,60	209,76	155,51	23,29	14,98
		Diâmetro	µm	85,56	152,43	119,45	15,85	13,27
	Fibras	Comprimento	µm	727,91	1034,88	839,11	78,89	9,40
		Diâmetro/lume	µm	13,75	23,49	18,85	3,05	16,18
		Espessura/parede celular	µm	4,24	8,02	5,72	0,96	16,78
	Raios	Comp/unisseriados	mm	0,10	0,26	0,16	0,04	25,00
		Largura/unisseriados	µm	10,80	32,70	19,97	5,67	28,39
Frequência/unisseriados		mm linear	3,00	7,00	4,67	1,09	23,34	

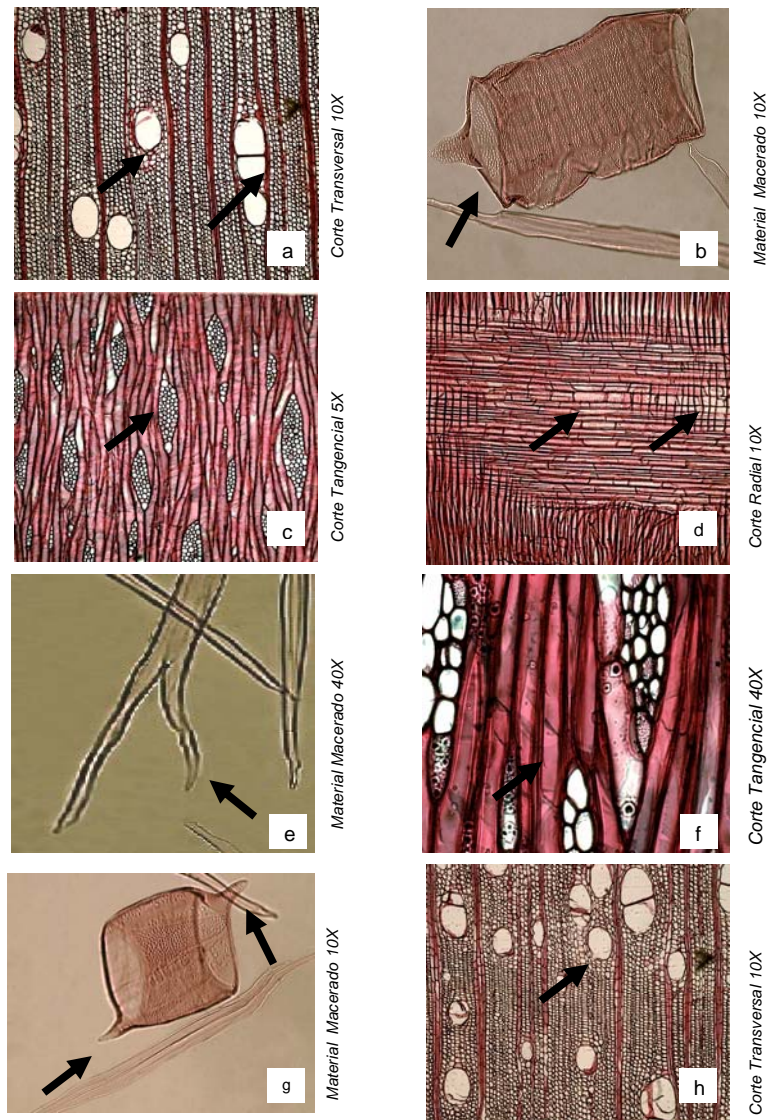


FIGURA 11 – Aspectos anatômicos gerais da madeira de cedro australiano amostrada em Santo Antônio do Amparo. a: aspectos dos vaso geminados e solitários no plano transversal; b: vaso evidenciando placa de perfuração simples; c: raios multisseriados; d: raio com células procumbentes, quadradas e eretas; e: fibra com extremidade bifurcada; f: fibras septadas; g: apêndice em ambas as extremidades do vaso; h: camada de crescimento com distinção na espessura na parede celular das fibras.

Como se pode observar, as características anatômicas descritas foram praticamente iguais para as três localidades. Em uma amostra da localidade de Campo Belo foi encontrado um cristal no corte radial. Comparando-se os resultados obtidos na descrição anatômica com o de um estudo anatômico realizado por Francis (1951), citado por Pinheiro et al. (2006), verificaram-se várias semelhanças. Aquele autor relatou que os poros da espécie ocorrem solitários e em sequências radiais (dois a cinco poros por sequência) e o parênquima axial ocorre ao redor dos poros da madeira do lenho inicial.

Os caracteres anatômicos observados na madeira de *Toona ciliata* M. Roem são comuns em outras espécies da família *Meliaceae*. Dentre esses: placa de perfuração simples, vasos em arranjos radiais e linhas vasculares retilíneas, presentes em mogno (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) e andiroba (*Carapa Guianensis*). Além desses, o cedro australiano apresenta vasos em anéis semiporosos, como o cedro nativo (Coradin et al., 1991; Camargos, 1996; Coradin & Camargos, 2002).

Considerando-se as características anatômicas da espécie, pode-se afirmar que a madeira de cedro australiano não apresenta boa performance quando submetida à colagem. Esta madeira apresenta porosidade em anéis semiporosos, em que os poros do lenho inicial são maiores que os do lenho tardio, o que, segundo Iwakiri (2005), pode causar problemas em relação à penetração do adesivo, resultando em linha de cola “faminta” ou “espessa”. O autor esclarece que esse problema pode ser minimizado com a variação na formulação do adesivo, com o aumento ou redução da viscosidade, no entanto, esclarece que é de difícil praticidade.

Conforme classificação de Metcalfe & Chalk (1983), o diâmetro dos elementos de vaso da madeira de cedro australiano é considerado de tamanho médio, enquanto seu comprimento é classificado como curto; as fibras

apresentam classificação denominada “muito curta”, com relação ao seu comprimento e os raios unisseriados são considerados extremamente baixos.

4.3 Propriedades físicas

4.3.1 Densidade básica da madeira

A densidade básica média da madeira foi de 0,306 g/cm³. O padrão de variação observado da densidade básica, na direção base-topo e medula-casca, para os diferentes locais estudados, pode ser visto na Tabela 9 e nas Figuras 12, 13 e 14.

TABELA 9 – Valores médios da densidade básica (g/cm³), na direção base-topo, expressa em metros, em relação à base e na direção medula-casca.

Altura (m)	Densidade		
	Interna	Intermediária	Externa
	Campo Belo		
0	0,302 ¹ (7,90) ²	0,274 (3,91)	0,340 (16,54)
1,3	0,278 (8,82)	0,285 (18,68)	0,303 (13,15)
2,6	0,245 (11,38)	0,289 (4,94)	0,332 (8,82)
3,9	0,333 (11,55)	0,318 (9,28)	0,353 (7,30)
5,2	0,336 (1,94)	0,354 (7,81)	0,350 (13,21)
Média	0,295 (24,37)	0,300 (12,90)	0,334 (12,20)
	Cana Verde		
0	0,268 (5,38)	0,281 (5,63)	0,265 (7,01)
1,3	0,281 (5,09)	0,283 (5,24)	0,336 (7,62)
2,6	0,305 (3,78)	0,316 (6,93)	0,320 (10,41)
3,9	0,323 (3,36)	0,325 (4,41)	0,340 (6,03)

(...continua....)

TABELA 9, Cont.

5,2	0,332 (7,90)	0,344 (6,36)	0,364 (3,80)
6,5	0,343 (6,15)	0,353 (6,87)	0,357 (10,25)
Média	0,308 (9,88)	0,316 (10,13)	0,331 (20,95)
Santo Antônio do Amparo			
0	0,294 (15,06)	0,276 (7,04)	0,310 (9,80)
1,3	0,259 (4,57)	0,249 (3,77)	0,275 (9,06)
2,6	0,279 (11,62)	0,283 (9,18)	0,304 (9,05)
3,9	0,275 (2,89)	0,276 (4,10)	0,292 (8,55)
5,2	0,287 (6,92)	0,291 (6,53)	0,306 (12,09)
Média	0,281 (10,09)	0,276 (8,01)	0,298 (10,21)
Média Geral	0,306		

¹ Média – Densidade Básica (g/cm³)

² Coeficiente de Variação (%)

Conforme classificação proposta por Melo et al. (1991), citados por Souza et al. (2002), pode-se afirmar que a madeira das árvores de cedro australiano selecionadas para o estudo apresentam madeira leve, sendo:

- madeira leve – densidade básica \leq a 0,50 g/cm³;
- madeira de densidade média – $0,50 \text{ g/cm}^3 < \text{densidade básica} < 0,72 \text{ g/cm}^3$;
- madeira pesada – densidade básica \geq a 0,72 g/cm³

De maneira geral, observou-se que os valores de densidade encontrados foram um pouco inferiores aos observados na literatura. Por exemplo, Pereyra et al. (2006), que estudaram as propriedades físico-mecânicas e o comportamento industrial da madeira de *Toona ciliata*, obtiveram densidade básica para madeira, oriunda de plantações comerciais na Argentina, de 0,336 g/cm³.

Contudo, Pinheiro et al. (2006) citam densidade aproximada, para a espécie, de 0,500 g/cm³. No entanto, os valores obtidos na literatura são oriundos de ensaios com árvores mais velhas, com crescimento e desenvolvimento completo, diferentemente do material utilizado neste trabalho.

Ressalta-se que é de extrema importância a avaliação da qualidade da madeira em fase de formação de madeira juvenil, visto que as mesmas, quando oriundas de povoamentos florestais, especialmente as resultantes de desbaste, estão sendo aproveitadas para usos industriais ainda nessa fase. Um exemplo dessa importância está nos trabalhos de Brasil et al. (1979) que, já na década de 1970, estudaram a densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos três anos de idade, com a finalidade de observar seu comportamento em relação à madeira adulta.

Os coeficientes de variação foram inferiores a 25% (Tabela 9), o que é uma indicação de que o experimento apresentou boa precisão (aproximação dos valores observados em relação à média), apesar da natureza diversa do material genético nos locais estudados. Comparando-se os valores obtidos no ensaio com os valores de densidade básica do cedro nativo (*Cedrela odorata*) adulto, que está situado por volta de 0,39g/cm³ (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, 2008), infere-se que a madeira de cedro australiano pode apresentar características semelhantes de comportamento em uso do cedro nativo, levando-se em consideração esta característica. Isso porque a densidade é uma das principais propriedades da madeira e está relacionada diretamente com a resistência mecânica e a estabilidade dimensional, servindo como parâmetro de qualidade entre as diversas espécies.

Campo Belo

Os resultados experimentais (Anexo A – Tabela 1A) permitem afirmar que houve efeito significativo da posição (variação medula-casca) relativo à

densidade da madeira de cedro australiano para a localidade de Campo Belo, pela análise de variância, a 5% de significância. A densidade da madeira das amostras da região externa (em média, 0,33 g/cm³), próxima à casca, foi superior à densidade da madeira próxima à região da medula (em média, 0,29 g/cm³) (Anexo A – Tabela 2A). Esse padrão segue um dos principais modelos de variação radial (medula-casca) destacados por Panshin & Zeewn (1970): decrescente nos primeiros anos e crescente nos anos subsequentes (Figura 12).

Não houve efeito significativo para variação axial (base-topo) da densidade básica da madeira para essa localidade (Anexo A – Tabela 3A), onde se observou apenas uma tendência de diminuição da densidade próxima ao DAP em relação à base, com posterior aumento em direção ao topo. A madeira da posição intermediária não apresentou esse comportamento (Figura 12).

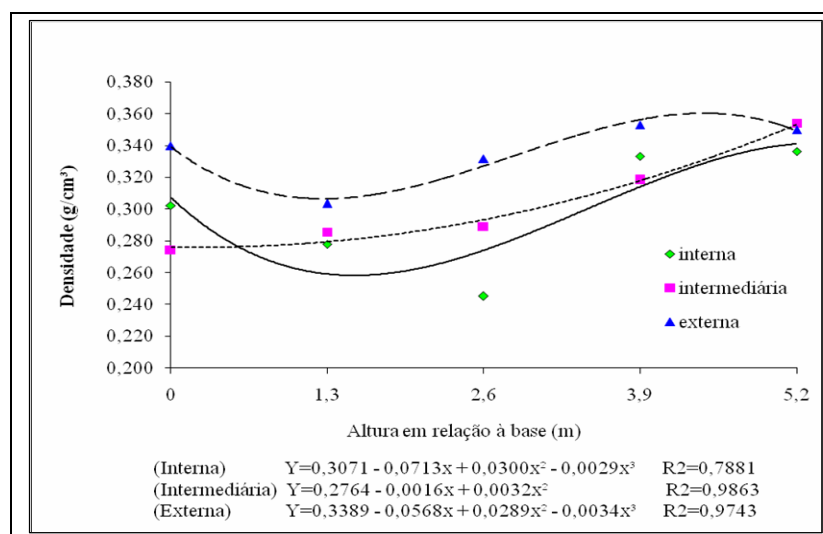


FIGURA 12 – Valores médios de densidade, na medula, parte interna e casca, em função da altura dos discos em relação à base, para a localidade de Campo Belo.

No estudo da densidade em função da altura, os dados utilizados retornaram ajuste razoável para os modelos testados, apresentando R^2 não inferior a 0,78. O melhor ajuste foi observado na posição intermediária (Figura 12), resultante do modelo quadrático. Embora a utilização de modelos de uma única variável dependente e poucos fatores seja preferida em função da facilidade de utilização, neste caso, seria prudente a continuidade do estudo e a utilização de modelos compostos, no intuito de serem obtidos melhores resultados.

O uso de modelos biométricos nessa situação pode contribuir para estudos de caracterização da densidade básica da madeira de cedro australiano, visto que, a partir das equações ajustadas na Figura 12, é possível estimar os valores de densidade entre as três regiões transversais definidas por meio da medição da altura desejada no fuste. Esta metodologia foi utilizada por Dias & Lahr (2004) que ajustaram modelos estatísticos para estimar as propriedades físicas de resistência e rigidez da madeira de várias espécies nativas a partir da densidade aparente.

Cana Verde

Pode-se observar, pelos resultados da análise de variância (Anexo A - Tabela 4A), que a densidade básica da madeira de *Toona ciliata* difere significativamente ao longo da altura (variação base-topo) das árvores de cedro australiano para a localidade de Cana Verde. Das seis posições avaliadas ao longo do fuste das árvores (0, 1,3, 2,6, 3,9, 5,2, e 6,5 m), observou-se que a densidade básica apresenta valores maiores a partir da posição 4 (Anexo A – Tabela 5 A), correspondendo a, aproximadamente, 70% do fuste comercial da árvore. Com relação à variação medula-casca, não foi verificada diferença estatística para a densidade básica da madeira entre as amostras (Anexo A –

Tabela 6A) localizadas na região interna, intermediária e nas amostras localizadas próxima à região da casca (externa).

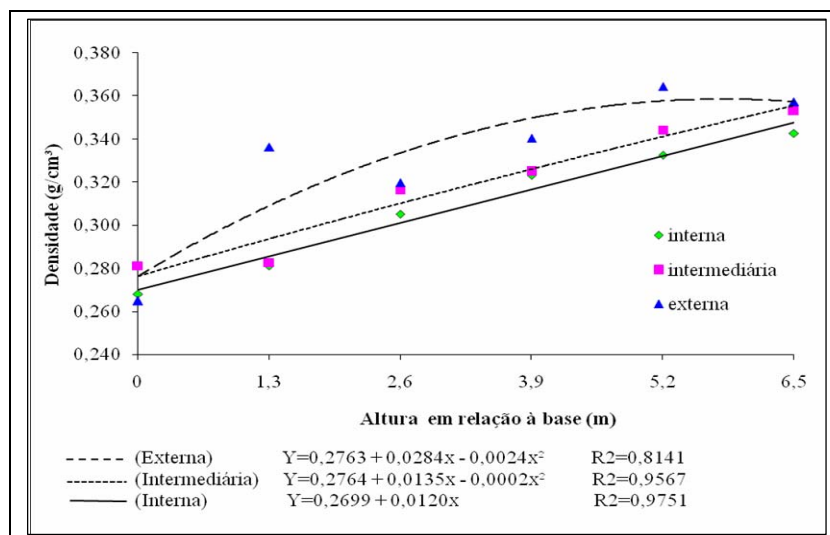


FIGURA 13 – Valores médios de densidade, na medula, parte interna e casca, em função da altura dos discos em relação à base, para a localidade de Cana Verde.

Os ajustes de modelos estatísticos para a determinação da densidade básica em função da altura em relação à base, para a localidade de Cana Verde, também retornaram valores razoáveis. Neste caso, os modelos selecionados não tiveram ajuste inferior a 78%. Ao contrário do que fora observado para a localidade de Campo Belo, o modelo que obteve o melhor ajuste foi o linear, para madeira próxima à medula da árvore.

Santo Antônio do Amparo

A partir dos resultados observados (Anexo A – Tabela 7A) foi possível verificar que houve diferença significativa sobre a densidade entre a madeira da região próxima à medula (interna) e a madeira da região próxima à casca (externa), para a localidade de Santo Antônio do Amparo. O comportamento foi

semelhante ao observado para a localidade de Campo Belo (Anexo A – Tabela 8A).

Não foi observada diferença significativa na densidade básica para as diferentes posições amostradas ao longo do fuste das árvores (Anexo A – Tabela 9A), verificando-se apenas uma tendência de diminuição até metade da altura, com posterior aumento em direção ao topo, sem, contudo, atingir os valores observados na base (Figura 14). Vale et al. (1999) observaram comportamento semelhante em estudo da variação axial da densidade básica da madeira de *Acácia mangium* aos sete anos de idade. Estes autores afirmam que o aumento da densidade básica, nas partes mais altas da árvore, pode estar relacionado com a presença da copa, pois, na região de inserção dos ramos, há alteração na estrutura anatômica da madeira, provocando o aumento de densidade.

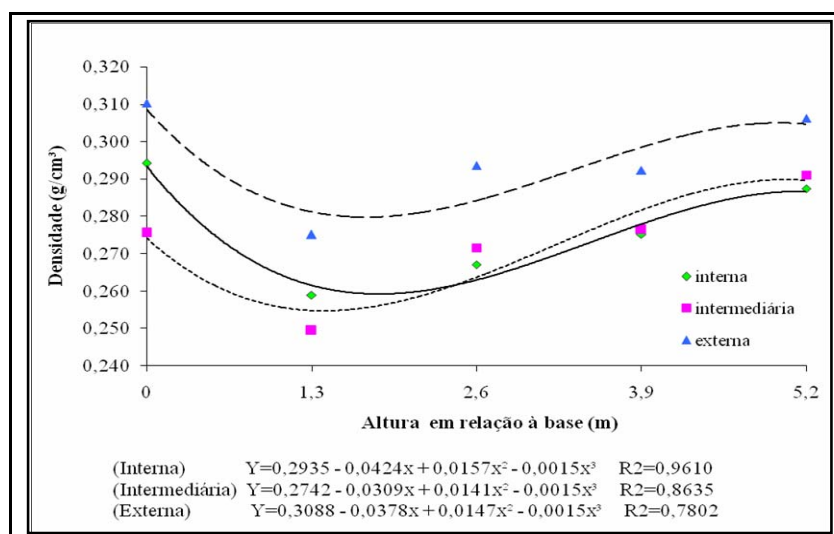


FIGURA 14 – Valores médios de densidade, na medula, parte interna e casca, em função da altura dos discos em relação à base, para localidade de Santo Antônio do Amparo.

O comportamento dos modelos frente os dados coletados em Santo Antônio do Amparo demonstrou resultados parecidos aos observados para Campo Belo. O modelo cúbico foi o que retornou os melhores ajustes com R^2 igual a 0,9610, 0,8693 e 0,7802, para região interna, intermediária e externa, respectivamente.

Os dados de densidade básica do cedro australiano apontam a espécie para uma utilização na qual não se exija alta resistência da madeira, visto que os valores encontrados são considerados baixos e a densidade é uma propriedade diretamente relacionada com a resistência da madeira.

4.3.2 Retratibilidade da madeira

Os resultados apresentados na Tabela 10 e nas Figuras 15, 16 e 17 mostram a variação da retratibilidade (contração linear) nas direções longitudinal ou axial (base-topo) e radial (medula-casca) das árvores de cedro australiano selecionadas para o presente estudo.

Tabela 10 – Valores médios das contrações lineares: tangencial, radial e longitudinal, na direção base-topo, expressa em metros em relação à base e na direção medula-casca.

Altura (m)	C. tangencial		C. radial		C. longitudinal	
	Medula	Casca	Medula	Casca	Medula	Casca
Campo Belo						
0	10,91 ¹ (49,37) ²	7,81 (27,10)	4,08 (45,53)	3,07 (64,29)	0,52 (55,74)	0,91 (57,66)
1,3	10,00 (34,26)	8,16 (15,99)	3,85 (62,54)	2,78 (36,19)	0,68 (37,49)	0,83 (70,84)
2,6	5,75 (17,06)	6,46 (23,17)	2,01 (33,98)	2,07 (32,07)	0,89 (68,66)	0,66 (52,42)
3,9	5,39 (16,59)	6,26 (21,61)	2,07 (47,62)	1,84 (23,25)	0,84 (43,37)	0,45 (63,58)
5,2	4,22 (64,25)	4,49 (4,96)	3,35 (72,22)	0,47 (96,01)	0,45 (58,02)	0,71 (73,66)
Média	7,56 (51,92)	6,90 (56,90)	3,05 (60,05)	2,26 (81,10)	0,69 (58,20)	0,71 (56,31)
Cana Verde						
0	11,73 (17,44)	11,99 (33,95)	4,03 (47,83)	1,55 (42,60)	1,08 (34,21)	0,46 (144,27)
1,3	5,85 (24,45)	8,66 (15,91)	4,48 (85,94)	2,11 (32,41)	0,61 (56,09)	0,72 (65,69)
2,6	5,66 (46,44)	5,61 (36,22)	2,81 (62,41)	2,34 (23,47)	0,56 (44,93)	0,71 (27,09)
3,9	5,31 (21,25)	6,26 (26,86)	2,27 (55,22)	1,72 (34,11)	0,45 (70,27)	0,54 (17,63)
5,2	4,91 (38,22)	6,77 (16,68)	2,70 (47,33)	2,86 (33,93)	0,40 (49,60)	0,56 (39,20)
6,5	5,46 (11,54)	--	2,88 (71,80)	--	0,46 (34,43)	--
Média	6,58 (44,63)	7,61 (38,53)	3,26 (66,85)	2,12 (32,43)	0,68 (59,09)	0,62 (55,37)
Santo Antônio do Amparo						
0	10,60 (24,18)	15,04 (24,12)	2,66 (39,04)	4,32 (46,20)	0,62 (20,40)	1,46 (28,67)
1,3	8,62 (12,89)	8,36 (18,95)	2,76 (42,38)	2,49 (38,31)	0,59 (99,74)	0,60 (23,03)
2,6	6,87 (20,19)	9,37 (12,91)	2,62 (12,69)	2,42 (20,20)	0,57 (111,83)	0,64 (39,67)
3,9	8,22 (27,07)	9,38 (20,71)	2,34 (44,67)	3,20 (50,37)	0,64 (13,40)	0,58 (47,52)
5,2	10,35 (35,26)	9,78 (11,78)	3,53 (62,16)	3,44 (64,66)	0,88 (0,31)	0,28 (91,41)
Média	8,63 (26,38)	10,77 (32,10)	2,80 (48,69)	3,30 (46,44)	0,77 (88,18)	0,82 (59,40)
Média Geral	7,59	8,43	3,04	2,56	0,71	0,71

¹ Valores médios (%)

² Coeficiente de variação (%)

Pode-se observar que, para as três localidades (Tabela 10), as contrações lineares tangenciais foram maiores que as contrações lineares radiais e estas, por sua vez, muito maiores que as contrações lineares longitudinais. Esse comportamento é frequentemente observado em relatos existentes na literatura, nos quais essas diferenças são atribuídas às estruturas microscópicas e submicroscópicas da própria madeira. A mínima alteração no sentido longitudinal é explicada pelo fato de que a maioria dos elementos que constituem a madeira está organizada verticalmente, existindo impedimento de movimento devido às camadas S1 e S3 da parede celular. Com relação às diferenças entre as contrações tangenciais e radiais, elas são consequência da orientação única dos raios horizontalmente no fuste, limitando sua movimentação. Outra causa de diferenças nas contrações transversais é a presença de pontuações, principalmente na face tangencial das células da madeira, causando um desvio acentuado das microfibrilas da parede celular, impedindo a contração no sentido radial.

É ainda possível verificar, na Tabela 10, que determinados intervalos de dados apresentaram coeficiente de variação (CV) (%) bastante elevado. Este fato pode estar relacionado com o reduzido número de amostras, em que pequenas variações nos dados resultam em coeficientes de variação elevados. Esse comportamento pode ser também considerado característico da madeira juvenil, predominante no material estudado. Por exemplo, Ballarin & Palma (2003), estudando as propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L., observaram que a madeira juvenil apresentou propriedades mais variáveis que aquelas obtidas para a madeira adulta.

Campo Belo

Os resultados obtidos permitem concluir que houve efeito significativo da posição vertical no tronco (variação base-topo) ($p=0,0029$) apenas sobre as

contrações lineares tangenciais da madeira de cedro australiano, a 5% de significância, pela análise de variância (Anexo B – Tabelas 1B, 2B e 3B). Na Figura 15 é possível observar, claramente, uma diminuição acentuada da contração linear tangencial da base em direção ao ápice das árvores. Os menores valores para essa propriedade, em média 4,32%, foram encontrados a uma altura de 5,2 m ou na última porção da árvore antes da sua primeira bifurcação (Anexo B – Tabela 4B).

As contrações lineares para a localidade de Campo Belo não diferiram estatisticamente entre as posições radiais estabelecidas no ensaio (variação medula-casca), a 5% de significância, pela ANAVA (Anexo B – Tabelas 5B, 6B e 7B). Este resultado é desejável em termos de transformação primária da madeira, visto que diferenças de propriedades no sentido radial tornam o desdobro das toras mais complexo do que em toras com propriedades semelhantes em sua direção radial. No entanto, é necessária uma maior quantidade de amostras para tal afirmação.

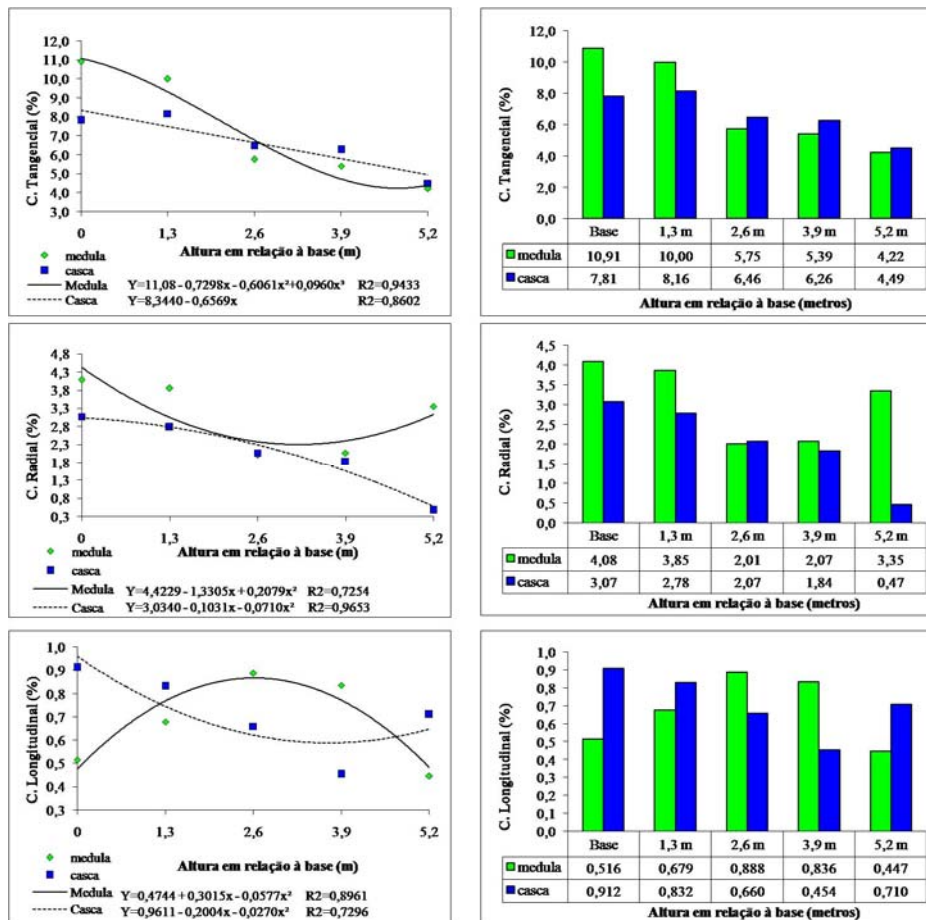


FIGURA 15 – Valores médios de contração linear tangencial, radial e longitudinal na medula e casca, em porcentagem, em função da altura dos discos em relação à base, para localidade de Campo Belo.

Cana Verde

A análise de variância no sentido axial indicou diferença significativa apenas para contração linear tangencial ($p=0,0000$) (Anexo B – Tabelas 8B, 9B e 10B). O pior desempenho das contrações lineares tangenciais foi observado na região da base das árvores (Anexo B – Tabela 11B) que tiveram, em média, 11,82% de contração na madeira. No sentido radial, observou-se efeito

significativo das diferentes posições (medula-casca) apenas para contração linear radial ($p=0,0291$), pela ANAVA, a 5% de significância (Anexo B – Tabelas 12B, 13B e 14B). No caso das contrações lineares, na variação transversal, os menores valores foram observados na região próxima a casca, com valor médio de 2,12% (Anexo B – Tabela 15B).

Santo Antônio do Amparo

Como nos locais anteriores, é possível afirmar que houve diferença significativa entre as posições ao longo do tronco das árvores (Anexo B – Tabelas 16B, 17B e 18B) sobre as contrações lineares tangenciais ($p= 0,0000$), tendo a menor média sido encontrada na região do DAP (1,30 m), com valor de 6,79% (Anexo B – Tabela 19B). Entretanto, não foi constatada diferença significativa entre as regiões da medula e da casca (Anexo B – Tabelas 20B, 21B e 22B).

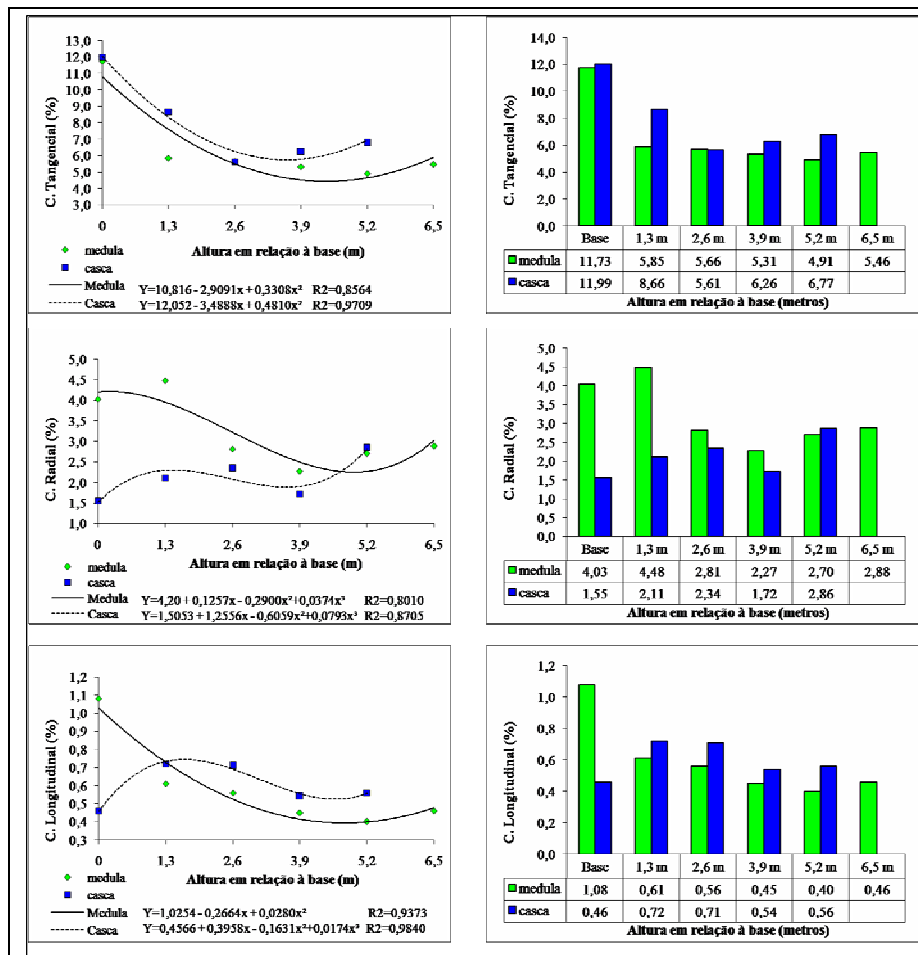


FIGURA 16 – Valores médios de contração linear tangencial, radial e longitudinal na medula e casca, em porcentagem, em função da altura dos discos em relação à base, para localidade de Cana Verde.

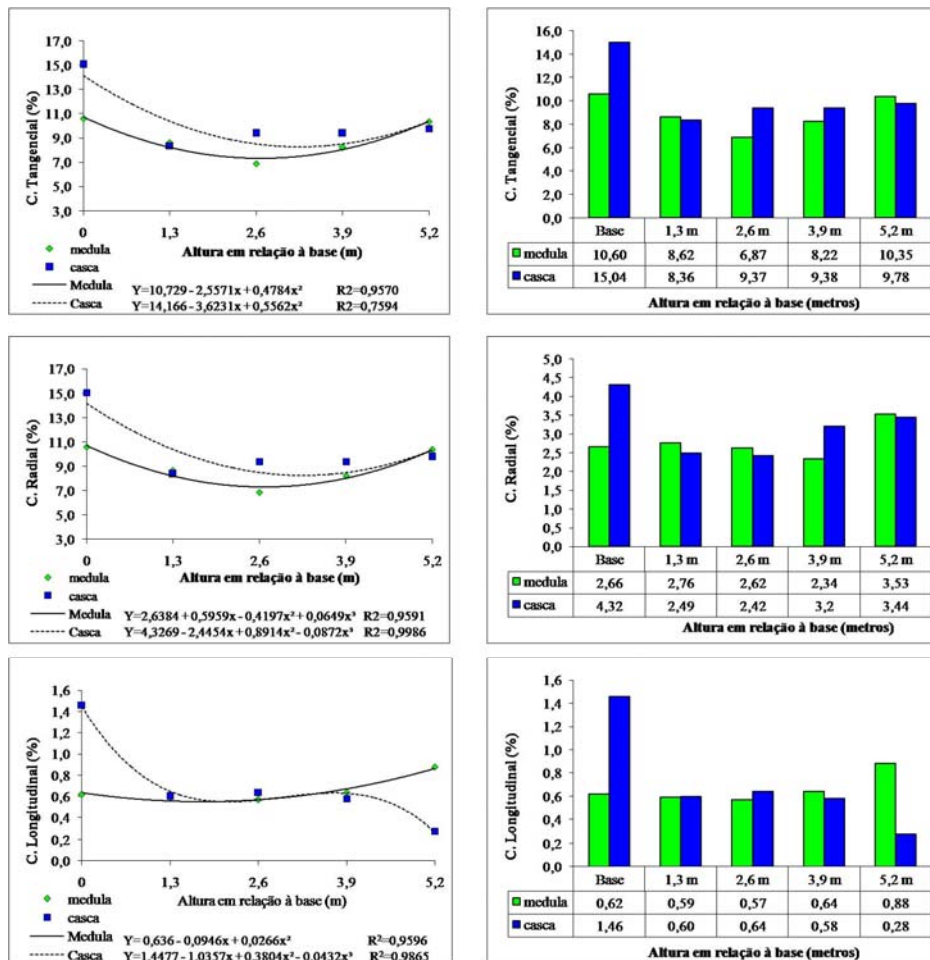


FIGURA 17 – Valores médios de contração linear tangencial, radial e longitudinal na medula e casca, em porcentagem, em função da altura dos discos em relação à base, para a localidade de Santo Antônio do Amparo.

As contrações lineares tangenciais foram as únicas contrações que apresentaram diferença significativa ao longo do fuste das árvores de cedro australiano, com tendência de diminuição da base em relação topo. Comportamento semelhante foi encontrado por Teixeira (2008) que estudou a variabilidade radial e longitudinal de propriedades da madeira de angico-vermelho, observando decréscimo da contração tangencial da base em direção ao topo. A autora atribuiu essa tendência ao aumento da densidade da madeira da base em direção ao topo, no entanto, no estudo em questão, as densidades básicas das amostras de cedro australiano tendem a aumentar da base em direção ao topo das árvores amostradas (Figuras 12, 13 e 14).

Para a variável contração linear, obteve-se ajuste satisfatório em todos os eixos (tangencial, radial e longitudinal), nos três sítios amostrados (Figuras 15, 16 e 17). O menor coeficiente de determinação, observado para ajuste de modelo desta variável, foi igual a 0,7254 (Figura 15). Para a estimativa da contração linear radial da região externa, verificou-se R^2 acima de 87% de ajuste para os dados estudados (Figura 17).

Embora a obtenção de valores adequados de R^2 favoreça a aceitação do modelo como adequado à predição da variável de interesse, deve-se avaliar outros fatores do modelo, tais como distribuição de significância normal, distribuição gráfica de resíduos, erro padrão da estimativa e homogeneidade da variância. Dessa forma, seria prudente o aprofundamento das análises deste tópico, a fim de se obterem resultados mais concretos, a partir de uma base de dados mais ampla e técnicas mais elaboradas de ajuste.

As contrações volumétricas e os coeficientes de anisotropia por região estudada encontram-se na Tabela 11 e na Figura 18.

TABELA 11 – Valores médios da contração volumétrica máxima e coeficiente de anisotropia, na direção base-topo, expressa em metros, em relação à base e na direção medula-casca.

Altura (m)	Contração volumétrica máxima (%)		Anisotropia	
	Medula	Casca	Medula	Casca
Campo Belo				
0	18,07 (29,91)	15,06 (17,90)	3,59 (56,21)	2,27 (77,24)
1,3	15,81 (30,54)	14,87 (13,08)	2,62 (47,43)	3,25 (39,48)
2,6	12,05 (12,33)	12,24 (13,21)	3,02 (25,51)	2,70 (58,36)
3,9	12,65 (38,50)	11,25 (10,15)	3,55 (30,60)	3,42 (7,42)
5,2	11,02 (14,22)	9,74 (18,40)	2,42 (102,31)	5,48 (98,62)
Média	14,64	13,02	3,16	4,91
CV (%)	(34,09)	(38,33)	(45,94)	(29,56)
Cana Verde				
0	20,52 (17,74)	15,69 (24,78)	3,55 (24,98)	4,22 (83,38)
1,3	13,89 (28,17)	15,94 (11,78)	4,17 (76,90)	3,17 (47,23)
2,6	13,60 (14,56)	12,81 (14,39)	4,15 (63,17)	2,11 (33,40)
3,9	12,37 (18,84)	12,44 (14,41)	2,99 (34,50)	3,82 (23,25)
5,2	13,66 (24,38)	14,06 (3,92)	2,30 (70,56)	2,59 (49,22)
6,5	13,69 (12,03)	--	2,51 (50,52)	--
Média	14,99	14,36	2,63	4,18
CV (%)	(26,35)	(19,95)	(50,41)	(74,10)
Santo Antônio do Amparo				
0	16,48 (17,20)	24,02 (16,85)	3,62 (39,62)	4,76 (44,47)
1,3	15,88 (12,34)	14,76 (19,87)	3,55 (42,14)	3,60 (25,00)
2,6	14,12 (12,83)	16,42 (9,21)	2,80 (15,87)	3,47 (28,37)
3,9	15,83 (20,00)	16,21 (20,91)	3,95 (39,42)	3,32 (41,47)
5,2	17,81 (29,62)	16,93 (19,13)	3,23 (30,22)	3,46 (54,98)
Média	16,67	19,46	3,91	3,93
CV (%)	(29,31)	(33,17)	(55,98)	(33,75)
Média Geral	15,43	15,61	3,23	4,34
CV (%)	(29,63)	(15,52)	(53,02)	(3,79)

Dentre as contrações volumétricas, houve efeito significativo para as diferentes posições ao longo do eixo axial, sobre as contrações volumétricas das amostras de Campo Belo e Cana Verde, a 5% de significância pela ANAVA (Anexo C – Tabelas 1C, 2C e 3C), com tendência de diminuição da base em direção ao topo (Anexo C – Tabelas 4C e 5C). Não houve diferença significativa para as contrações volumétricas no sentido radial (medula-casca) (Anexo C – Tabelas 6C, 7C e 8C).

Para o coeficiente de anisotropia, houve efeito significativo entre as regiões de medula e casca apenas para a localidade de Cana Verde, a 5% de significância, (Anexo C – Tabelas 9 C, 10C e 11C), tendo, na região externa, apresentado valor mais elevado em relação à posição interna (Anexo C – Tabela 12C). Não houve diferença significativa para o coeficiente de anisotropia ao longo do eixo axial das árvores (Anexo C – Tabelas 13C, 14C e 15C).

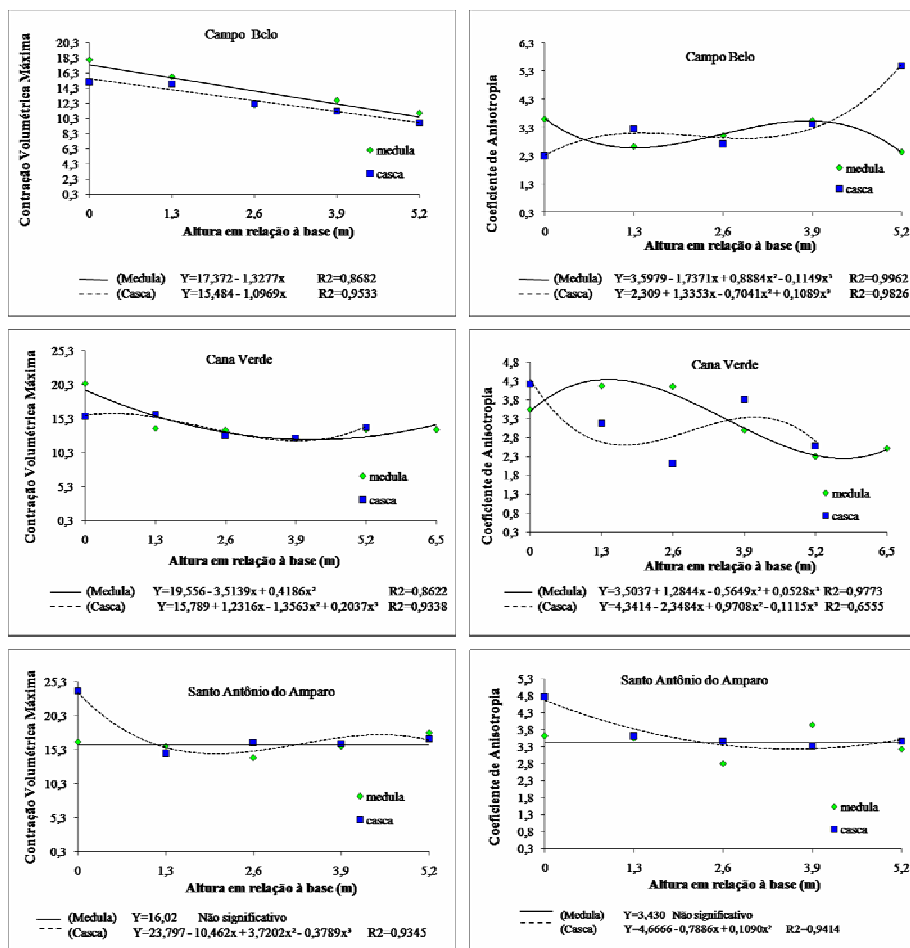


FIGURA 18 – Valores médios de contração volumétrica máxima, em porcentagem, e coeficiente de anisotropia, em função da altura dos discos em relação à base, para as localidades de Campo Belo, Cana Verde e Santo Antônio do Amparo.

No ajuste de modelos para determinação da contração volumétrica máxima (CVM), para a localidade de Campo Belo, os modelos testados retornaram bons resultados, com R^2 acima de 0,85 para a variação medula e casca. Para ambos os casos, o modelo linear foi o selecionado. Para mesma

localidade, o modelo cúbico foi selecionado para predição do coeficiente de anisotropia (CA) para região externa e interna, com R^2 igual a 0,9962 e 0,9826, respectivamente.

No ajuste de modelos para determinação de CVM para Cana Verde, os resultados foram muito semelhantes àqueles observados para Campo Belo, com R^2 não inferior a 0,86. Contudo, para a predição desta variável para medula e casca, foram selecionados os modelos parabólico e cúbico, respectivamente. O coeficiente de anisotropia apresentou bom ajuste, por meio do modelo cúbico, para a região interna, com R^2 igual a 0,9773. Porém, para a região externa, o modelo ajustado retornou R^2 de 0,6555.

Para a localidade de Santo Antônio do Amparo, não houve ajuste possível, para os modelos testados, na determinação das variáveis CVM e coeficiente de anisotropia para madeira da medula. Para região externa, o modelo cúbico foi selecionado, com R^2 igual 0,9345, para variável CVM e o modelo quadrático, com R^2 igual a 0,9414, para variável CA.

Comparando-se a média geral, por localidade, das contrações tangencial, radial, longitudinal, volumétrica e o coeficiente de anisotropia com outras espécies madeireiras, pode-se observar que as contrações lineares e volumétricas na madeira de cedro australiano são coerentes com aquelas utilizadas no mercado de madeiras. No entanto, o coeficiente de anisotropia apresentou valores bem elevados (Tabela 12).

TABELA 12 – Comparação entre os valores médios das contrações da madeira e coeficiente de anisotropia, por localidade, com outras espécies madeireiras.

Espécies	Contrações (%)				Coeficiente de Anisotropia
	Tangencial	Radial	Longitudinal	Volumétrica	
<i>Toona ciliata</i> – Campo Belo	7,23	2,65	0,70	13,83	2,73
<i>Toona ciliata</i> – Cana Verde	7,10	2,69	0,65	14,68	2,64
<i>Toona ciliata</i> –S. Antônio do Amparo	9,70	3,05	0,79	18,06	3,18
<i>Swietenia Macrophylla</i> ¹ (Mogno)	4,70	2,90	*	7,20	1,62
<i>Cedrela odorata</i> ¹ (Cedro)	12,10	9,06	*	20,82	1,34
<i>Eucalyptus saligna</i> ² (Eucalipto)	14,83	7,67	*	26,0	1,99

*Valores insignificantes

¹ IBAMA (2008).

² Oliveira & Silva (2003).

Uma explicação para esse comportamento do coeficiente de anisotropia do cedro australiano em relação às demais espécies em destaque na Tabela 12 é a discrepância de alguns dados em relação à média. Pode-se observar, por meio dos dados da Tabela 11, quão altos foram os coeficientes de variação (%) de alguns conjuntos de amostras para essa propriedade. Uma alternativa para obter dados mais concretos seria utilizar uma amostragem mais expressiva, ampliando-se o número de amostras.

Outra razão para os resultados apresentados na Tabela 12 são as características microscópicas e submicroscópicas da madeira juvenil, presente nas amostras utilizadas no ensaio. Pode-se observar que ela apresenta características anatômicas bastante variáveis quanto ao comprimento da fibra, ângulo das microfibrilas, proporção dos tipos celulares, além de alterações químicas e físicas importantes, como teores de celulose e lignina, além da umidade e densidade, quando comparada à madeira adulta.

5 CONCLUSÕES

Os teores de holocelulose, lignina, extrativos e cinzas para a madeira de *Toona ciliata* M. Roem, dentre as três regiões de estudo, foram estimados em 64,13%, 20,31%, 14,87% e 0,89%, respectivamente, sendo o teor de extrativos totais elevado.

Os caracteres anatômicos apresentaram resultados semelhantes para as três regiões estudadas, apresentando vasos com porosidade em anéis semiporosos, em arranjos radiais com placas de perfuração simples, característicos de espécies da família *Meliaceae*.

A densidade básica média da madeira de cedro australiano foi de, aproximadamente, 0,306 g/cm³, o que a classifica com uma madeira leve.

A densidade básica variou na direção radial da madeira de *T. ciliata*, ocorrendo valores menores próximos à medula, com acréscimo em direção à casca, para as localidades de Campo Belo e Santo Antônio do Amparo. Para a localidade de Cana Verde, a densidade básica variou na direção longitudinal, aumentado da base em direção ao topo das árvores.

As contrações tangenciais, radiais, longitudinais e volumétricas apresentaram valores coerentes com as outras espécies de folhosas, diferentemente do coeficiente de anisotropia, que se apresentou superior.

As contrações tangenciais e volumétricas variam na direção axial das árvores de cedro australiano, diminuindo da base em direção ao topo, com exceção da localidade de Santo Antônio do Amparo, onde, apesar de mostrar certa tendência de diminuição da contração volumétrica em direção ao topo, não obteve resposta significativa.

Para o coeficiente de anisotropia houve distinção entre os valores próximos à região da medula em relação à região próxima da casca, apenas para a localidade de Cana Verde.

A madeira de cedro australiano apresenta características tecnológicas semelhantes à de espécies nobres brasileiras, podendo tornar-se, no futuro, uma alternativa ao uso dessas em determinadas utilizações.

Com base nos resultados e conclusões deste trabalho recomendam-se:

diante dos resultados divergentes para a variação das propriedades físicas nas direções longitudinal e radial entre os locais estudados, é prudente avaliar as condições ambientais de cada local, a fim de se proceder a uma análise do sítio e, posteriormente, realizar seleção dos materiais que apresentarem as melhores propriedades para determinado uso;

com a finalidade de complementar o estudo das características tecnológicas da madeira de *Toona ciliata* M. Roem, é necessária a realização de ensaios mecânicos, de acordo com normas e critérios específicos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas da madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas**. São Paulo, 1974. 18 p.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A.; MELLO, H. A. Densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN, aos 3 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, v. 19, p. 63-76, dez. 1979.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing Australian red cedar**. Sydney: RIRDC/Land & Water Australia/FWPRDC/MDBC, 2005. 84 p. Publicação número 04/135.

CAIXETA, M. L. L.; PASTORE, T. C. M. Composição química da madeira de mogno (*Swietenia macrophylla* King). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30., 2007, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2007. CD-ROM.

CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras comerciais de Mato Grosso**: chave de identificação. Brasília, DF: IBAMA, 1996. 82 p. (Coleção meio ambiente).

CORADIN, V. T. R.; CAMARGO, J. A. A. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para sua identificação**. Brasília, DF: LPF, 2002. 28 p.

CORADIN, V. T. R.; MARQUES, M. H. B.; CAMARGO, J. A. A.; MUNIZ, G. B. **Chave de identificação das principais madeiras da floresta nacional do Tapajós**. Brasília, DF: LPF, 1991. 51 p. (Série técnica, 14).

- DESCH, H. E. **TIMBER**: its structure and properties. 5. ed. New York: Saint Martin's, 1973. 424 p.
- DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedade de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 102-113, jun. 2004.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. 16. ed. São Paulo: E. Blucher, 1976. 293 p.
- FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, London, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.
- GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.
- GLORIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 473 p.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência ao ataque de cupim-de-madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, jan./mar. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php?ID=59&caracteristica=207>>. Acesso em: 8 dez. 2008.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. List of microscopic features hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 220-359, 1989.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.
- KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; ANZALDO, J. H.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 3. ed. Curitiba: FUPEF, 2005. Material didático.
- KOLLMAN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Tradução de Guilherme de Almeida e Gilberto Calcagnotto. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. 341 p.

MANGIALAVORI, A.; MINETTI, M.; MOSCOVICH, F.; CRECHI, E. Dasometria en plantaciones comerciales de toona (*Toona ciliate* var. *australis*) em la Provincia de Salta. In: JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 10., 2003, Eldorado, Misiones, Argentina. **Anais...** Eldorado: Facultad de Ciências Forestales, 2003. CD-ROM.

MARCHESAN, R.; MATTOS, P. P.; SHIMIZU, J. Y. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de Eucalyptus microcorys F. Muell.** Colombo: Embrapa, 2005. 5 p. (Comunicado técnico Embrapa, 133).

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. 2. ed. Oxford: Cleredon, 1983. 276 p.

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. Caracterização da madeira de Angico Vermelho (*Anadenanthera peregrina* (Benth) Speng) para confecção de móveis. **Revista Brasil Florestal**, Brasília, n. 77, p. 29-36, 2003.

MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; CARDOSO, M. G. Utilização de eucaliptos e madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 396-400, set./dez. 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**: structure, identification, uses, and properties of the commercial wood of the United States and Canada. New York: McGraw-Hill, 1970. v. 1, 705 p.

PEREYRA, O.; SUIREZS, T. M.; PITSCH, C.; BAÉZ, R. Estúdio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento em procesos industriales de la madera de Kiri, Gravillea, Paraíso y Toona. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 213-223, 2006.

PINHEIRO, A. L.; LANI, J. L.; COUTO, L. **Cedro-Australiano**: cultivo e utilização (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur. Viçosa, MG: UFV, 2006. 42 p.

RETRATIBILIDADE da madeira, A. **Revista da Madeira**, v. 11, n. 59, p. 21, set. 2001.

ROWELL, R. M.; PETERSSEN, R.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S.; TSHABALALA, M. A. Cell wall chemistry. In: ROWELL, R. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC, 2005. p. 35-74.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 7.1. Cary, 1999. Software.

SCOCCHI, A.; DICRINGER, E.; MROGINSKI, E.; MROGINSKI, L. A. Conservación de semillas de cedro australiano (*Toona ciliata*). **Plant Genetic Resources Newsletter**, Rome, n. 137, p. 22-25, 2006.

SHIMOYAMA, V. R. de S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras tropicais brasileiras**. 2. ed. rev. Brasília, DF: IBAMA, 2002. 152 p.

TEIXEIRA, B. M. R. **Variabilidade radial e longitudinal de propriedades da madeira de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.)**. 2008. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TSOUMIS, G. **Wood as raw material**: source, structure, chemical composition, growth, degradation and identification. New York: Pergamon, 1968. 276 p.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991. 494 p.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* WILLD WOOD. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 85-92, 1999.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Análise de variância da densidade básica da madeira de Cedro Australiano entre as posições, no sentido medula – casca, para localidade de Campo Belo.....	71
TABELA 2A	Teste de média para densidade básica da madeira de Cedro Australiano da localidade de Campo Belo, no sentido medula-casca.....	71
TABELA 3A	Análise de variância da densidade básica da madeira de Cedro Australiano entre as posições, no sentido base-topo, para localidade de Campo Belo.....	71
TABELA 4A	Análise de variância da densidade básica da madeira de Cedro Australiano entre as posições, no sentido base-topo, para a localidade de Cana Verde.....	72
TABELA 5A	Teste de média para densidade básica da madeira de Cedro Australiano da localidade de Cana Verde, no sentido base-topo	72
TABELA 6 A	Análise de variância da densidade básica da madeira de Cedro Australiano entre as posições, no sentido medula-casca, para localidade de Cana Verde.....	72
TABELA 7A	Análise de variância da densidade básica da madeira de Cedro Australiano entre as posições, no sentido medula-casca, para a localidade de Santo Antônio do Amparo.....	73
TABELA 8A	Teste de média para a densidade básica da madeira de Cedro Australiano da localidade de Santo Antônio do Amparo, no sentido medula-casca.....	73
TABELA 9A	Análise de variância da densidade básica da madeira de Cedro Australiano entre as posições, no sentido base-topo, para a localidade de Santo Antônio do Amparo.....	73

TABELA 1A – Análise de variância da densidade básica da madeira de cedro australiano entre as posições, no sentido medula-casca, para a localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	2	0,10288	3,654*	0,0312
Erro	66	0,002815		
Total	68			

*Significativo a 5% de significância

TABELA 2A – Teste de média para densidade básica da madeira de cedro australiano da localidade de Campo Belo, no sentido medula-casca.

Posição	Densidade básica (g/cm³)
Interna	0,295 a
Intermediária	0,300 ab
Externa	0,334 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 3A – Análise de variância da densidade básica da madeira de cedro australiano entre as posições, no sentido base-topo, para a localidade de Campo Belo

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	0,002433	2,515	0,0703
Erro	17	0,000968		
Total	22			

Não significativo, a 5% de significância

TABELA 4A – Análise de variância da densidade básica da madeira de cedro australiano entre as posições, no sentido base-topo, para a localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	0,004301	7,252*	0,0003
Erro	23	0,000593		
Total	28			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 5A – Teste de média para densidade básica da madeira de cedro australiano da localidade de Cana Verde, no sentido base-topo.

Altura (m)	Densidade básica (g/cm³)
0	0,272 a
1,3	0,302 ab
2,6	0,314 ab
3,9	0,332 b
5,2	0,348 b
6,5	0,350 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 6A - Análise de variância da densidade básica da madeira de cedro australiano entre as posições, no sentido medula-casca, para a localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	2	0,003974	1,712	0,1868
Erro	84	0,002322		
Total	86			

Não significativo a 5% de significância

TABELA 7A – Análise de variância da densidade básica da madeira de cedro australiano entre as posições, no sentido medula-casca, para a localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	2	0,003345	4,257*	0,0179
Erro	72	0,000786		
Total	74			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 8A – Teste de média para a densidade básica da madeira de cedro australiano da localidade de Santo Antônio do Amparo, no sentido medula-casca.

Posição	Densidade Básica (g/cm³)
Interna	0,276 a
Intermediária	0,281 ab
Externa	0,298 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 9A - Análise de variância da densidade básica da madeira de cedro australiano entre as posições, no sentido base-topo, para a localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	0,001095	2,556	0,0624
Erro	19	0,000428		
Total	24			

Não significativo, a 5% de significância

ANEXO B		Página
TABELA 1B	Análise de variância da contração tangencial da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base –topo), localidade de Campo Belo.....	77
TABELA 2B	Análise de variância da contração radial da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo.....	77
TABELA 3B	Análise de variância da contração longitudinal da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo.....	77
TABELA 4B	Teste de média para a contração tangencial da madeira de Cedro Australiano da localidade de Campo Belo, entre as posições, no sentido base-topo.....	78
TABELA 5B	Análise de variância da contração tangencial da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.....	78
TABELA 6B	Análise de variância da contração radial da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.....	78
TABELA 7B	Análise de variância da contração longitudinal da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.....	79
TABELA 8B	Análise de variância da contração tangencial da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base –topo), localidade de Cana Verde.....	79

TABELA 9B	Análise de variância da contração radial da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.....	79
TABELA 10B	Análise de variância da contração longitudinal da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.....	80
TABELA 11B	Teste de média para a contração tangencial da madeira de Cedro Australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido base-topo.....	80
TABELA 12B	Análise de variância da contração radial da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula –casca), localidade de Cana Verde.....	80
TABELA 13B	Análise de variância da contração tangencial da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana Verde.....	81
TABELA 14B	Análise de variância da contração longitudinal da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana verde.....	81
TABELA 15B	Teste de média para a contração radial da madeira de Cedro Australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido medula-casca	81
TABELA 16B	Análise de variância da contração tangencial da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base –topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	82
TABELA 17B	Análise de variância da contração radial da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	82

TABELA 18B	Análise de variância da contração longitudinal da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	83
TABELA 19B	Teste de média para a contração tangencial da madeira de Cedro Australiano da localidade de Santo Antônio do Amparo, entre as posições, no sentido base-topo.....	83
TABELA 20B	Análise de variância da contração tangencial da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	83
TABELA 21B	Análise de variância da contração radial da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	83
TABELA 22B	Análise de variância da contração longitudinal da madeira de Cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	84

TABELA 1B – Análise de variância da contração tangencial da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	32,44420	4,937*	0,0029
Erro	35	6,57105		
Total	39			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 2B - Análise de variância da contração radial da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	3,965798	1,580	0,2007
Erro	36	2,510345		
Total	40			

Não significativo, a 5% de significância

TABELA 3B - Análise de variância da contração longitudinal da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	0,087620	0,371	0,8278
Erro	33	0,236363		
Total	37			

Não significativo, a 5% de significância

TABELA 4B – Teste de média para a contração tangencial da madeira de cedro australiano da localidade de Campo Belo, entre as posições, no sentido base-topo.

Altura (m)	Contração tangencial (%)
5,2	4,35 a
3,9	5,16 ab
2,6	6,10 abc
0	8,27 bc
1,3	9,18 c

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 5B – Análise de variância da contração tangencial da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	0,006800	0,001	0,9788
Erro	38	9,467293		
Total	39			

Não significativo, a 5% de significância

TABELA 6B – Análise de variância da contração radial da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	4,464033	1,711	0,1986
Erro	39	2,609528		
Total	40			

Não significativo, a 5% de significância

TABELA 7B - Análise de variância da contração longitudinal da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	0,069361	0,309	0,5817
Erro	36	0,224475		
Total	37			

Não significativo, a 5% de significância

TABELA 8B – Análise de variância da contração tangencial da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	48,5185	12,275*	0,0000
Erro	42	3,9527		
Total	47			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 9B - Análise de variância da contração radial da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	2,214676	0,657	0,6577
Erro	42	3,369784		
Total	47			

Significativo a 5% de significância

TABELA 10B - Análise de variância da contração longitudinal da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	0,179002	1,304	0,2811
Erro	41	0,137244		
Total	46			

Significativo a 5% de significância

TABELA 11B – Teste de média para a contração tangencial da madeira de cedro australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido base-topo.

Altura (m)	Contração tangencial (%)
6,5	5,46a
5,2	5,53a
2,6	5,64a
3,9	5,79a
1,3	7,26a
0	11,82 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 12B – Análise de variância da contração radial da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	15,16	5,073*	0,0291
Erro	46	12,99		
Total	47			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 13B - Análise de variância da contração tangencial da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	12,356061	1,434	0,2372
Erro	46	8,614100		
Total	47			

Significativo a 5% de significância

TABELA 14B - Análise de variância da contração longitudinal da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	0,023573	0,163	0,6881
Erro	45	0,144410		
Total	46			

Significativo a 5% de significância

TABELA 15B – Teste de média para a contração radial da madeira de cedro australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido medula-casca.

Posição	Contração radial (%)
Interna	3,26 a
Externa	2,12 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 16B – Análise de variância da contração tangencial da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	52,19	12,85*	0,0000
Erro	32	4,06		
Total	36			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 17B - Análise de variância da contração radial da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	1,156940	0,521	0,7211
Erro	35	2,222198		
Total	39			

Significativo a 5% de significância

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	22,332314	2,471	0,1250
Erro	35	9,038291		
Total	36			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 18B - Análise de variância da contração longitudinal da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	0,454543	1,411	0,2519
Erro	33	0,322103		
Total	37			

Significativo a 5% de significância

TABELA 19B – Teste de média para a contração tangencial da madeira de cedro australiano da localidade de Santo Antônio do Amparo, entre as posições, no sentido base-topo.

Altura (m)	Contração tangencial (%)
1,3	6,79 a
2,6	7,18 ab
3,9	8,80 ab
5,2	10,07 bc
0	12,50 c

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 20B - Análise de variância da contração tangencial da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.

TABELA 21B - Análise de variância da contração radial da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	2,447281	1,163	0,2876
Erro	38	2,104142		
Total	39			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 22B - Análise de variância da contração longitudinal da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	0,022801	0,066	0,7986
Erro	36	0,545132		
Total	37			

Não Significativo a 5% de significância

ANEXO C		Página
TABELA 1C	Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base –topo), localidade de Campo Belo.....	87
TABELA 2C	Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base –topo), localidade de Cana Verde.....	87
TABELA 3C	Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	87
TABELA 4C	Teste de média para a contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano da localidade de Campo Belo, entre as posições, no sentido base-topo.....	88
TABELA 5C	Teste de média para a contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido base-topo.....	88
TABELA 6C	Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.....	88
TABELA 7C	Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana Verde.....	89
TABELA 8C	Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	89

TABELA 9C	Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula –casca), localidade de Cana Verde.....	89
TABELA 10C	Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.....	90
TABELA 11C	Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	90
TABELA 12C	Teste de média para o coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido medula-casca.....	90
TABELA 13C	Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo.....	91
TABELA 14C	Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.....	91
TABELA 15C	Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de Cedro Australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.....	91

TABELA 1C – Análise de variância da contração volumétrica da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	125,80	3,258*	0,0219
Erro	37	38,62		
Total	41			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 2C – Análise de variância da contração volumétrica da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	52,24	7,44*	0,0000
Erro	42	7,02		
Total	47			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 3C - Análise de variância da contração volumétrica da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	33,685417	0,978	0,4323
Erro	35	34,458095		
Total	39			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 4C – Teste de média para a contração volumétrica da madeira de cedro australiano da localidade de Campo Belo, entre as posições, no sentido base-topo.

Altura (m)	Contração tangencial (%)
0	19,80 a
1,3	16,67 ab
2,6	12,30 ab
3,9	12,00 ab
5,2	10,40 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 5C – Teste de média para a contração volumétrica da madeira de cedro australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido base-topo.

Altura (m)	Contração tangencial (%)
3,9	12,50 a
2,6	13,30 a
6,5	13,50 a
5,2	13,83 a
1,3	15,60 ab
0	19,37 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

TABELA 6C - Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	122,078139	2,698	0,1083
Erro	40	45,251023		
Total	41			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 7C - Análise de variância da contração volumétrica da madeira de Cedro Australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	4,402381	0,367	0,5475
Erro	46	11,989441		
Total	47			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 8C - Análise de variância da contração volumétrica da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	75,625000	2,271	0,1400
Erro	38	33,293421		
Total	39			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 9C – Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	28,08	5,617*	0,0220
Erro	46	5,00		
Total	47			

*Significativo, a 5% de significância

TABELA 10C - Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	16,114686	0,131	0,7195
Erro	40	123,212343		
Total	41			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 11C - Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano para variação transversal (medula-casca), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	1	0,004162	0,001	0,9718
Erro	38	3,279732		
Total	39			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 12C – Teste de média para o coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano da localidade de Cana Verde, entre as posições, no sentido medula-casca.

Posição	Contração radial (%)
Interna	2,63 a
Externa	4,18 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 13 C - Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Campo Belo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	97,279909	0,790	0,5391
Erro	37	123,121318		
Total	41			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 14C - Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Cana Verde.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	5	7,609268	1,453	0,2258
Erro	42	5,238682		
Total	47			

Não Significativo a 5% de significância

TABELA 15C - Análise de variância do coeficiente de anisotropia da madeira de cedro australiano para variação longitudinal (base-topo), localidade de Santo Antônio do Amparo.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Posição	4	3,810094	1,219	0,3204
Erro	35	3,125531		
Total	39			

Não Significativo a 5% de significância