

INVESTIGAÇÃO DA PRESENÇA DE ÓLEO ESSENCIAL EM *Eucalyptus smithii* R.T. Baker POR MEIO DA ANATOMIA DE SEU LENHO E CASCA

INVESTIGATION OF ESSENTIAL OIL PRESENCE IN *Eucalyptus smithii* R.T. Baker THROUGH WOOD AND BARK ANATOMY

Fernando José Fabrowski¹ Graciela Inés Bolzon de Muñiz² Tomoe Nakashima³
Silvana Nisgoski⁴ Umberto Klock⁵

RESUMO

O material utilizado no presente estudo foi proveniente de 15 árvores de *Eucalyptus smithii* R.T. Baker cultivadas no município de Colombo – PR, em campo experimental da *Embrapa Florestas*, plantadas em 1988. Caracterizou-se anatomicamente o lenho e a casca por meio de lâminas preparadas no Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do IPT e Laboratório de Anatomia da Madeira, do Centro de Ciências Florestais e da Madeira, da Universidade Federal do Paraná. Para a extração do óleo essencial, a madeira foi transformada em serragem e a casca desfibrada manualmente. Para a determinação do rendimento e análise do óleo essencial, foram efetuadas destilações conforme ABNT no Laboratório de Fitoquímica do Departamento de Farmácia da Universidade Federal do Paraná. Os rendimentos do óleo essencial foram dados em volume (ml) de óleo essencial por massa (g) de material. O *Eucalyptus smithii* apresenta estrutura anatômica homogênea do lenho e da casca. Na casca, observou-se a presença de cavidades secretoras; no entanto, no lenho, não foi encontrada nenhuma estrutura semelhante, apenas bolsas de quino, sendo desprezível a quantidade de óleo essencial presente na madeira. O óleo essencial da casca apresentou características físico-químicas fora das especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol, não sendo economicamente viável para a exploração desse componente.

Palavras-chave: *Eucalyptus smithii*, madeira, casca.

ABSTRACT

The material used in the present work came from 15 *Eucalyptus smithii* R. T. Baker trees grown in the experimental field of Embrapa Forests, in Colombo county, that were planted in 1988. The anatomical characterization of the wood and bark was accomplished using material prepared by Wood Anatomy and Identification Laboratory of IPT, and Wood Anatomy Laboratory of Federal University of Parana State. The essential oil extraction and analysis was made using ABNT procedures in the Phytochemistry Laboratory of Federal University of Parana State. The wood and bark of the *Eucalyptus smithii* had a homogeneous anatomical structure. In bark were found secretory cavities, but in wood they were not present, only quino veins and being the oil presence insignificant. The essential oil from bark had physical-chemistry characteristics in disagreement with international specifications for the eucalypt essential oils, rich in 1,8-cineole; therefore it is not economically viable to explore this component.

Key words: *Eucalyptus smithii*, wood, bark.

INTRODUÇÃO

A constante procura de fontes de matérias-primas utilizáveis nos diferentes segmentos da indústria de óleos essenciais e a busca incessante de novos produtos exportáveis têm proporcionado fontes

1. Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Izidoro Chanoski, 300, Bairro Vista Alegre, CEP 80820-580, Curitiba (PR). fabrowski2001@yahoo.com.br
2. Engenheira Florestal, Dr^a., Professora Titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Campus III, Av. Prof. Lothário Meissner, 3400, Bairro Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). gmunize@ufpr.br.
3. Farmacêutica, Dr^a., Professora Titular do Departamento de Farmácia, Universidade Federal do Paraná, Campus III, Av. Prof. Lothário Meissner, 3400, Bairro Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). tomoenakashima@ufpr.br
4. Engenheira Florestal, M.Sc., Doutoranda pela Universidade Federal do Paraná, Campus III, Av. Prof. Lothário Meissner, 3400, Bairro Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). nisgoski@floresta.ufpr.br
5. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Campus III, Av. Prof. Lothário Meissner, 3400, Bairro Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). klockuer@floresta.ufpr.br

Recebido para publicação em 11/10/2002 e aceito em 22/01/2003.

alternativas de divisas para o país (Bidá, 1985). O consumo dos produtos aromáticos é universal e a intensidade de seu uso pode servir de aferição do grau de desenvolvimento de um povo. Seu comércio envolve interesse dos produtores, das indústrias de transformação e seus consumidores, de perspectivas econômicas consideráveis (Pinto, 1986).

O *Eucalyptus smithii* cresce naturalmente na Austrália, com moderação no sul dos distritos de Nova Gales do Sul, particularmente ao redor de Hilltop, Monga e Braidwood estendendo-se até Victoria (Penfold, 1965), localizado em latitudes compreendidas entre 34 e 37 ½ °S e altitudes de 50 a 1150 m. Na região de ocorrência natural, o clima varia de temperado úmido a subúmido, com a temperatura do mês mais quente entre 23 e 28 °C e a temperatura do mês mais frio entre -2 e 6°C, ocorrendo sobre declives baixos de morros ou colinas e sobre margens de rios e pântanos. As geadas, pouco frequentes, próximas à costa, podem ocorrer em número superior a 100 ao ano nos planaltos. A precipitação média anual é de 750 a 1700 mm, com distribuição relativamente uniforme, sendo raros os meses com menos de 50 mm (Boland *et al.*, 1984). De modo geral, desenvolve-se em vários tipos de solos derivados de rochas sedimentares ou vulcânicas, à exceção daqueles de fertilidade excessivamente baixa (EMBRAPA, 1986).

Com relação a plantios fora de sua ocorrência natural, o *Eucalyptus smithii* vem sendo plantado em Angola (Costa, 1986), Guatemala, Congo Belga (Penfold, 1965), África do Sul, Zimbábue (Boland *et al.*, 1991), Suazilândia (Small, 1981), Ruanda (Chalcat *et al.*, 1997), China (Wang e Wang, 1997), Portugal, Zaire, Rússia (Costa, 1975), Chile, Uruguai, Argélia (FAO, 1981), Nova Zelândia (FAO, 1979), França (FAO, 1955), ilhas Hawaianas e Brasil (Vale e Cunha, 1971).

Clarke *et al.* (1999) pesquisaram a madeira de nove eucaliptos: *Eucalyptus smithii*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus macarthurii*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus fastigiata*, *Eucalyptus fraxinoides* e *Eucalyptus oreades*, de várias procedências, em duas localidades na África do Sul, com geadas comuns nos meses de inverno. Concluíram que o *Eucalyptus smithii* apresentou os melhores resultados: maior teor de α -celulose (\cong 56%); maiores rendimentos em polpa da madeira pelo processo kraft (\cong 51%), menores consumos em álcali (\cong 60-61%); maior brilho ISO (\cong 30-32%); e menor número kappa (\cong 13-14%). O *Eucalyptus smithii* ainda apresentou cerca de: 50% em fibras; 20% de lignina, 19% em pentosanas e, as maiores densidades, com cerca de 525 a 570 kg/m³.

O óleo essencial de *Eucalyptus smithii* é destilado das folhas e ramos terminais por arraste a vapor e seus principais componentes são: 1,8-cineol (75-84%), α -pineno (4-6%), limoneno (0,2-0,6%), α -terpineol (1,5-2,5%) e ρ -cimeno (0,4-2%), aromadendreno (0,2-0,7%), globulol (0,6-2,4%), havendo também uma pequena quantidade de isovaleraldeído (0,1 a 0,4%). O rendimento, com base no peso fresco do material vegetal, é de 2,4 a 3,0% (Boland *et al.*, 1991).

A anatomia do xilema e da casca fornece informações básicas indispensáveis para o conhecimento tecnológico e utilização adequada da madeira (Marchiori, 1980).

O *Eucalyptus smithii* é classificado como uma espécie comercial para a produção de óleo essencial medicinal, fonte de 1,8-cineol; porém, poucas informações se encontram disponíveis no Brasil sobre essa espécie. Com o intuito de viabilizar a utilização do *Eucalyptus smithii* no Mercado Brasileiro Produtor de Óleos Essenciais, torna-se essencial um amplo conhecimento e divulgação dessa espécie.

Pelo exposto acima, este trabalho tem como objetivo caracterizar anatomicamente a madeira e a casca de *Eucalyptus smithii*, com o intuito de verificar a presença de óleo essencial nestas partes da árvore e a possibilidade de extração.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo foi formado por 15 árvores de *Eucalyptus smithii* plantadas em agosto de 1988, sob as mesmas condições de solo, localizadas em campo experimental da *Embrapa Florestas*, no Município de Colombo – PR.

Anatomia da madeira e da casca

As seções transversal, longitudinal-radial e longitudinal-tangencial da madeira e da casca foram obtidas e coradas no Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do IPT. O material para maceração da madeira e da casca foi processado e corado no Laboratório de Anatomia da Madeira, do

Centro de Ciências Florestais e da Madeira, da UFPR, juntamente com alguns cortes da madeira sem coloração, seccionados no IPT.

No IPT, os bloquinhos de madeira e da casca foram devidamente orientados nos planos de corte transversal, longitudinal-tangencial e longitudinal-radial, com as dimensões aproximadas de 2x2x2 cm e cozidos para amolecimento em glicerina 25%, sendo após deixados de molho em água destilada para uma hidratação superficial e seccionados em micrótomo de deslize Reichert com navalha modelo C, obtendo-se cortes com espessura de 15 a 17 µm. Em seguida, os cortes foram alvejados com hipoclorito de sódio a 30% e lavados em água destilada. Após a lavagem, os cortes foram passados por série etanólica (10%, 30% e 50%). Não houve a necessidade de inclusão do material em polietilenoglicol para a retirada dos cortes da madeira e da casca.

O material referente ao lenho foi corado em safranina alcoólica 50% e passado em série etanólica de 50, 80 e 100% (duas vezes), etanol e acetato de butila (1:1) e acetato de butila. Os cortes anatômicos foram montados em lâminas histológicas permanentes com “Bálsamo do Canadá Sintético”, segundo Kraus e Arduin (1997).

Para a montagem das lâminas da madeira e da casca foi utilizada a técnica de Kraus e Arduin (1997), nas quais as seções da casca foram tingidas por dupla coloração: safranina (solução aquosa 1%) + azul de astra (solução aquosa 1%), formando uma única solução: safrabau: 70% de azul de astra e 30% de safranina (Burger e Richter, 1991).

Alguns dos cortes da madeira foram passados pela mesma série etanólica, porém, pulando-se as fases de alvejamento e coloração. O tingimento desses cortes foi efetuado no Laboratório de Anatomia da Madeira da UFPR, procedendo-se à tripla coloração: acridina e crisoidina vermelha + azul de astra (Dujardin, 1964) sendo empregado primeiramente o corante acridina-crisoidina-vermelha, solução aquosa 0,5% (10 ml alúmen amoníaco; 1 ml ácido acético) e, em seguida, o corante azul de astra 1% em solução aquosa. As seções anatômicas foram desidratadas em série etanólica crescente (30, 50, 70, 90, 95% e etanol absoluto), diafanizadas em acetato de butila, montadas em lâminas permanentes com “Entellan”, contendo os três cortes anatômicos do lenho e identificadas por etiquetas.

A maceração dos tecidos (dissolução da lamélie média e separação das células) do lenho e da casca foi efetuada pelo Método de Jeffrey, segundo Freund (1970): solução aquosa de ácido nítrico e ácido crômico a 10% na proporção de 1:1, corando-se depois com safranina 1% solução aquosa. A desidratação do macerado foi realizada em série etanólica crescente: 50, 70, 90, 95% e etanol absoluto. Os cortes foram então diafanizados em acetato de butila, montados em “Entellan” e identificados por etiquetas.

Para as descrições tanto macro como microscópicas do lenho, seguiam-se as recomendações de Muñiz e Coradin (1991), baseadas na COPANT 30:1-019 (1974) e na IAWA (1989). Para a descrição da casca, baseou-se em Richter (1996). A coloração da madeira e da casca foi determinada de acordo com a tabela de Munsell (Wilde, 1968).

As fotomicrografias do material anatômico foram obtidas no Laboratório de Botânica Estrutural do Departamento de Botânica da UFPR, através do microscópio fotônico Zeiss MC 80, com filmes de 135 mm da Kodak, ASA 100, em máquina fotográfica Cannon, acoplada ao microscópio.

Determinação do rendimento do óleo essencial

Para a extração do óleo essencial, a madeira foi transformada em serragem e a casca desfibrada manualmente. Para a determinação do rendimento do óleo essencial foram efetuadas destilações conforme ABNT (1991), baseadas no Aparelho de Clevenger original (1928), para óleos essenciais menos densos que a água, citado por Guenther (1960) e Costa (1986). As destilações foram realizadas no Laboratório de Fitoquímica do Departamento de Farmácia da UFPR.

Todas as extrações sazonais, tanto da aparelhagem conforme ABNT, quanto dos aparelhos de Clevenger básicos foram efetuadas seguindo-se a norma brasileira NBR 11916: óleos essenciais – determinação do teor de óleo volátil (ABNT, 1991). O material foi colocado em balão de 1000 ml (Clevenger ABNT) e em balões de 3000 ml (Clevenger Básico). A destilação teve a duração de 5 horas, mais 30 minutos de repouso, depois de desligado o aparelho destilador, mantendo o resfriamento dos condensadores com água

corrente, até que não se observasse mais o aumento na quantidade de óleo essencial, foi recolhido no tubo graduado, a fim de se obter uma boa separação água-óleo essencial. Os rendimentos do óleo essencial foram dados em % volume/massa, isto é, volume (ml) de óleo essencial por massa (g) de material (Guenther, 1960; British Pharmacopoeia, 1968; Farmacopéia Brasileira, 1977 e 1988; ABNT, 1991; Pharmacopée Européenne, 1997).

Análises físico-químicas do óleo essencial

As análises físico-químicas dos óleos essenciais foram realizadas pela determinação das principais constantes físico-químicas citadas em literatura e utilizadas no comércio, como a densidade relativa, o índice de refração, o poder rotatório e a solubilidade em etanol.

Determinação da densidade relativa: d_{20}^{20} e d_4^{20}

As densidades relativas foram determinadas conforme a norma NBR 5784: óleos essenciais – determinação da massa específica e densidade relativa (ABNT, 1985a) e a Farmacopéia Brasileira (1988). Foram utilizados picnômetros conforme a quantidade de óleo essencial disponível.

A calibração do picnômetro compreende a determinação da massa do picnômetro vazio (m) e da massa deste com água destilada (m_1). Colocou-se a amostra de óleo essencial no picnômetro à temperatura de 20°C e pesou-se (m_2), obtendo-se o peso da amostra pela diferença de massa do picnômetro cheio e vazio. O quociente entre a massa da amostra líquida e a massa da água, ambas a 20°C, é a densidade relativa d_{20}^{20} , em que $d_{20}^{20} = (m_2 - m_1)/(m_1 - m)$. Obteve-se também a densidade relativa a 4°C de temperatura da água (d_4^{20}) por meio da seguinte fórmula: $d_4^{20} = (0,99820/0,99997) \times d_{20}^{20}$ (ABNT, 1985a). Para algumas amostras, foram obtidas densidades relativas, com diferentes temperaturas do óleo essencial (10, 20 e 30°C), mantendo-se constante a temperatura da água a 20°C, para se analisar a influência da temperatura do óleo essencial sobre a densidade relativa.

Para amostras obtidas com menos de 1 ml na destilação, utilizou-se tubos capilares que foram lavados, secos em estufas, mantidos secos em dessecador e pesados vazios (m); enchidos com água destilada e pesados (m_1); esvaziados, lavados, secos, enchidos com óleo essencial e pesados novamente (m_2), obtendo-se o peso da amostra pela diferença da massa do tubo capilar cheio e vazio, sendo que as densidades relativas foram obtidas como o procedimento utilizado para os picnômetros descritos acima.

As densidades relativas, obtidas com temperaturas da água diferentes de 20°C, foram convertidas pela tabela de densidades da água de 0 a 100°C, conforme Perry *et al.*, 1997. A temperatura do óleo essencial foi mantida constante a 20°C.

Determinação do índice de refração n_D^{20}

Determinou-se o índice de refração conforme a norma NBR 5785: óleos essenciais – determinação do índice de refração (ABNT, 1985b) e a Farmacopéia Brasileira (1988). Utilizou-se refratômetro modelo Ausjena, ajustando-o de tal modo que, a 20°C, os seguintes índices de refração fossem obtidos: 1,3330 (água destilada), 1,5685 (benzoato de benzila), 1,4904 (ρ -cumeno), 1,6586 (1-bromonaftaleno) e 1,3651 (etanol 85% por massa) (ABNT, 1985b).

Determinação da solubilidade em etanol

Determinou-se a solubilidade do óleo essencial, conforme a Pharmacopea Helvetica (1993), em etanol 70, 80, 90% e etanol absoluto. Colocou-se o etanol na bureta de 25 ml e gotejou-se sobre a amostra de 0,1 ml de óleo essencial. Após a solubilização total da amostra procedeu-se à leitura do volume gasto de etanol na bureta.

Cromatografias quantitativas em relação ao teor de 1,8-cineol para a casca

Para a determinação do teor de 1,8-cineol, presente no óleo essencial de *Eucalyptus smithii*, utilizou-se o cromatógrafo gasoso Shimadzu, modelo 14B, do Laboratório Catarinense, em Joinville-SC, sendo equipado com colunas Megabore DB-17 (50% fenil e 50% dimetilpolisiloxano, polaridade 24) de 0,543 mm de diâmetro interno por 30 m de comprimento. Como gás de arraste, utilizaram-se nitrogênio a 6 ml por minuto, split a 5 ml/minuto (razão 1:1), purga do septo 3 ml/minuto, “make up” nitrogênio: 25 ml/minuto e oxigênio a 100 ml/minuto. O gradiente de temperatura utilizado foi: temperatura inicial 100°C,

com patamar de 1 minuto e rampa de aquecimento a 16°C/minuto até 260°C, com patamar de 34 minutos; Temperatura do injetor: 240°C; Temperatura do detector: 270°C; Volume de Injeção: de 2 µl.

Para o estudo analítico, por cromatografia gasosa, utilizou-se a metodologia por padronização interna (PI), com a finalidade de caracterizar e quantificar o 1,8-cineol por retenção relativa em relação ao acetato de tocoferol: Vitamina E (padrão interno).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição do Lenho

O lenho de *Eucalyptus smithii*, do ponto de vista de suas características organolépticas, apresenta cerne e alburno levemente distintos quanto a cor, na qual o alburno é rosado (7.5 YR 8/4 – Munsell) e o cerne varia de rosado (7.5 YR 8/4) a amarelado (5Y 8/6). a madeira apresenta-se sem brilho ou com brilho pouco acentuado; grã irregular; textura média; cheiro e gosto indistintos; bolsas de quino presentes. anéis de crescimento distintos.

As características encontradas para *Eucalyptus smithii* estão de acordo com as características de várias espécies estudadas por Alfonso (1987). A presença de bolsas de quino também foi relatada em várias espécies de eucaliptos, entre eles o *Eucalyptus smithii* (Tippet, 1986).

As características anatômicas do lenho estão ilustradas na Figura 1.

Macroscopicamente, podem ser observados poros distintos a olho nu e, microscopicamente, são de seção ovalada a circular, em arranjo diagonal, pouco freqüentes (5-8-10 poros/mm²); distribuição difusa; maioria solitários, encontrando-se também poros geminados; conteúdo presente na forma de obstrução por tilos, sendo abundantes no cerne. elementos vasculares, de curtos a médios (230-373-550 µm), com ou sem apêndices (10-93-200 µm) em uma extremidade ou em ambas. Diâmetro tangencial pequeno a médio: 70-126-180 µm, placa de perfuração simples.

Pontoações intervasculares areoladas, alternas, ovaladas a circulares, com variação de 3-4-5 µm; pontoações raio-vasculares simples, ovais a arredondadas, com 4-8-10 µm; pontoações parênquimo-vasculares simples, ovais a arredondadas, com 5-7-8 µm.

Parênquima axial indistinto a olho nu, tipicamente paratraqueal vasicêntrico a paratraqueal confluyente, ocorrendo também o parênquima paratraqueal aliforme.

Raios indistintos a olho nu, homogêneos, formados por células procumbentes, unisseriados predominantes e bisseriados localmente presentes. Baixos a médios (38-155-300 µm) e com 2-9-17 células de altura; numerosos a muito numerosos (7-10-14/mm linear). Os raios unisseriados apresentaram-se muito finos: 8-9-10 µm, conteúdo presente em alguns raios.

Fibras libriformes, com pontoações simples, não septadas, curtas a médias (670-1017-1450 µm), estreitas (8-11-15 µm), com diâmetro do lume de 3-6-10 µm. As camadas de crescimento, quando evidenciadas, são demarcadas por zonas fibrosas, caracterizadas por um maior espessamento de fibras.

Não foram observadas células oleíferas, floema incluso, canais intercelulares ou estruturas semelhantes, apenas bolsas de quino.

Os principais caracteres anatômicos do xilema secundário de *Eucalyptus smithii* são comuns nas Mirtáceas e atestam alto grau de evolução, por exemplo, elementos vasculares curtos, placas de perfuração simples, parênquima paratraqueal vasicêntrico, aliforme e confluyente, raios homogêneos e fibras libriformes (Dickison, 1975; Metcalfe e Chalk, 1965; Baley e Tupper, 1918). Os dados obtidos na descrição anatômica de *Eucalyptus smithii* demonstraram predominância de raios unisseriados e, em menor freqüência, raios localmente bisseriados do tipo homogêneo, placa de perfuração simples, presença de tilos nos poros, estando de acordo com as espécies de *Eucalyptus* pesquisadas por Alfonso (1987). O *Eucalyptus smithii* possui estrutura anatômica homogênea do lenho, assim como verificado para outras espécies do gênero *Eucalyptus* estudadas por Alfonso (1987).

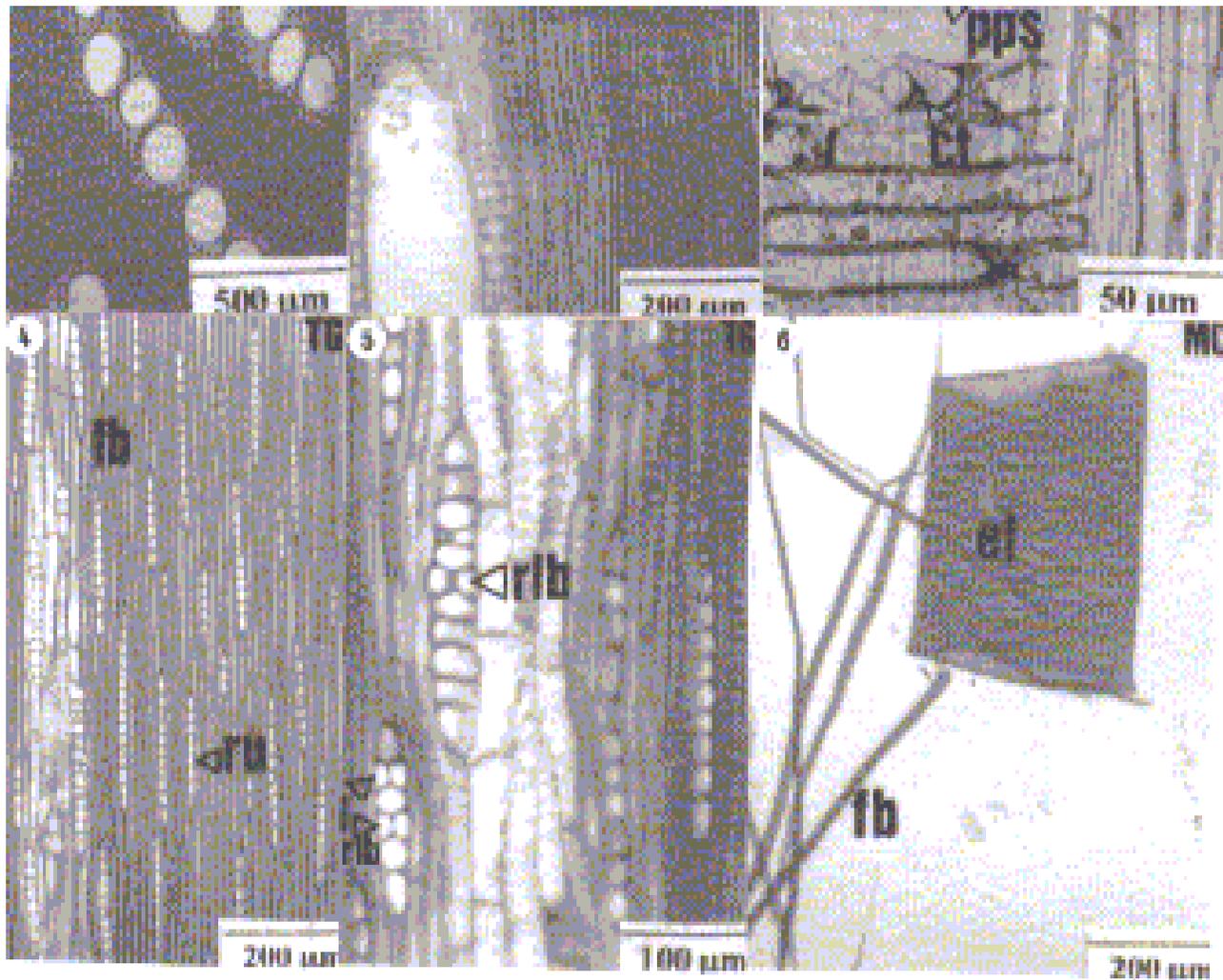


FIGURA 1: Fotomicrografias do lenho de *Eucalyptus smithii* R.T. Baker. Raios homogêneos (rh); raios unisseriados (ru); raios localmente bisseriados (rlb); conteúdo (ct); fibras (fb); zonas fibrosas (zf); pontoações intervasculares areoladas (pia); elemento de vaso (el); placa de perfuração simples (pps); Seções transversal (TR), longitudinal-radial (RD) e longitudinal-tangencial (TG); macerado (MC).

FIGURE 1: Microphotograph of *Eucalyptus smithii* R.T. Baker wood. Homogeneous ray (rh); unisseriate ray (ru); bisseriate locally ray (rlb); content (ct); fiber (fb); fibrous zone (zf); intervessel vestured pitting (pia); vessel element (el); simple perforation plate (pps); transversal section (tr), radial section (rd) and tangential section (tg); macerated (mc).

Os valores obtidos neste estudo para a relação poros/mm² estão próximos aos encontrados por Alfonso (1987) para *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus robusta*, enquanto o diâmetro tangencial dos poros se assemelha ao encontrado para *Eucalyptus citriodora* e o comprimento dos elementos vasculares ao do *Eucalyptus deanei*. Em relação a raios por mm linear, o *Eucalyptus smithii* está próximo do *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*, enquanto a altura dos raios em número de células se aproxima de *Eucalyptus pilularis*. As pontoações raio-vasculares são semelhantes, em tamanho, às do *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus propinqua* e *Eucalyptus saligna*. O comprimento das fibras do *Eucalyptus smithii* é equivalente ao do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, podendo ser analisada a possibilidade de utilização da madeira para a produção de papel.

Descrição da Casca

A casca apresenta-se espessa, com cerca de 1,5 cm, sendo persistente da base até um terço ou mais do tronco, tornando-se semidecídua a decídua gradualmente até o ápice. Caracteriza-se também pelo gosto e cheiro característicos e pela presença de óleo essencial. A casca persistente apresenta coloração rosada (7.5 YR 8/2 – Munsell) na região interna, junto ao xilema e cinza-amarronzada (7.5 YR 5/2), com partes avermelhadas, na região externa até cerca de um terço do tronco. A casca decídua apresenta-se cinza-amarronzada (7.5 YR 5/2) a branco-creme na região externa. Microscopicamente, a casca de *Eucalyptus smithii* é composta pelas seguintes partes: floema não-colapsado, floema colapsado e periderme.

Na Figura 2, estão ilustradas as características da casca.

Floema não-colapsado

O floema não-colapsado, ou floema interno, apresenta organização uniforme. É constituído pela alternância tangencial em faixas mais ou menos contínuas entre as células vivas e por um grande número de feixes fibrosos cujas fibras apresentam paredes espessadas. Os feixes fibrosos aparecem envolvidos por células parenquimáticas, em séries cristalíferas, contendo cristais prismáticos. As células vivas têm paredes finas que correspondem a células de parênquima axial, elementos de tubo crivado e células companheiras. Além desse sistema axial, há o sistema radial formado por raios parenquimáticos.

O tecido condutor é formado por tubos crivados, compostos por elementos de tubos crivados abundantes: 34-47-60/mm², dispostos em faixas tangenciais mais ou menos contínuas, na maioria, solitários ou arrançados em pequenos grupos de dois, com diâmetro de 25-54-113 µm, em seção transversal, apresentam forma irregular, oval a mais ou menos circular. Os elementos de tubos crivados apresentam placas crivadas oblíquas a mais ou menos transversais, compostas por até 18 áreas crivadas, com poros-decrivo abundantes e bem visíveis.

O parênquima axial é disposto em faixas tangenciais mais ou menos contínuas envolvendo, em parte, os tubos crivados e os feixes fibrosos. O parênquima é formado por células retangulares com 20-34-55 µm de altura individual e 10-17-25 µm de largura. Há abundantes cristais prismáticos no interior das células do parênquima axial em séries cristalíferas com cristais prismáticos de oxalato de cálcio.

Os raios do floema são unisseriados predominantes e bisseriados localmente presentes, com frequência de 8-14-22 raios/mm linear, altura de 58-154-250 µm ou 2-9-14 células e largura de 20-38-60 µm. Os raios são homogêneos, sendo compostos por células procumbentes. O percurso dos raios é mais ou menos reto e não apresenta dilatação. Algumas células dos raios apresentam conteúdo denso.

As fibras floemáticas são agrupadas, formando grande número de feixes fibrosos, dispostas em faixas tangenciais mais ou menos contínuas, entre camadas de parênquima axial e elementos de tubos crivados. Essas fibras apresentam 700-1043-1450 µm de comprimento e 8-14-23 µm de diâmetro tangencial, com paredes duplas espessas (3-5-8 µm) e abundantes pontoações.

As características observadas no floema não-colapsado da casca do *Eucalyptus smithii* estão de acordo com as encontradas nos estudos sobre eucaliptos de Alfonso (1987), Quilhó e Sardinha (1995), Quilhó e Pereira (1997), e Quilhó *et. al.*, (1999), concluindo-se que as espécies do gênero *Eucalyptus* seguem mais ou menos um padrão definido de características. Alfonso (1987) demonstrou, ao estudar espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil, a uniformidade do floema interno, funcional, apresentando alternâncias entre as faixas de células vivas (elementos de tubos crivados, células companheiras e células parenquimáticas) e as células mortas (fibras floemáticas), sendo essa alternância bastante evidente em *Eucalyptus citriodora*, por exemplo. As fibras floemáticas são organizadas de maneira a formar faixas tangenciais. O floema não-colapsado homogêneo também é citado no trabalho de Quilhó e Sardinha (1995), estudando o floema de *Eucalyptus globulus* que apresentou feixes de fibras dispostos alternadamente entre camadas de células de parênquima axial e elementos de tubos crivados, sendo a maioria solitários ou em pequenos grupos de 2.

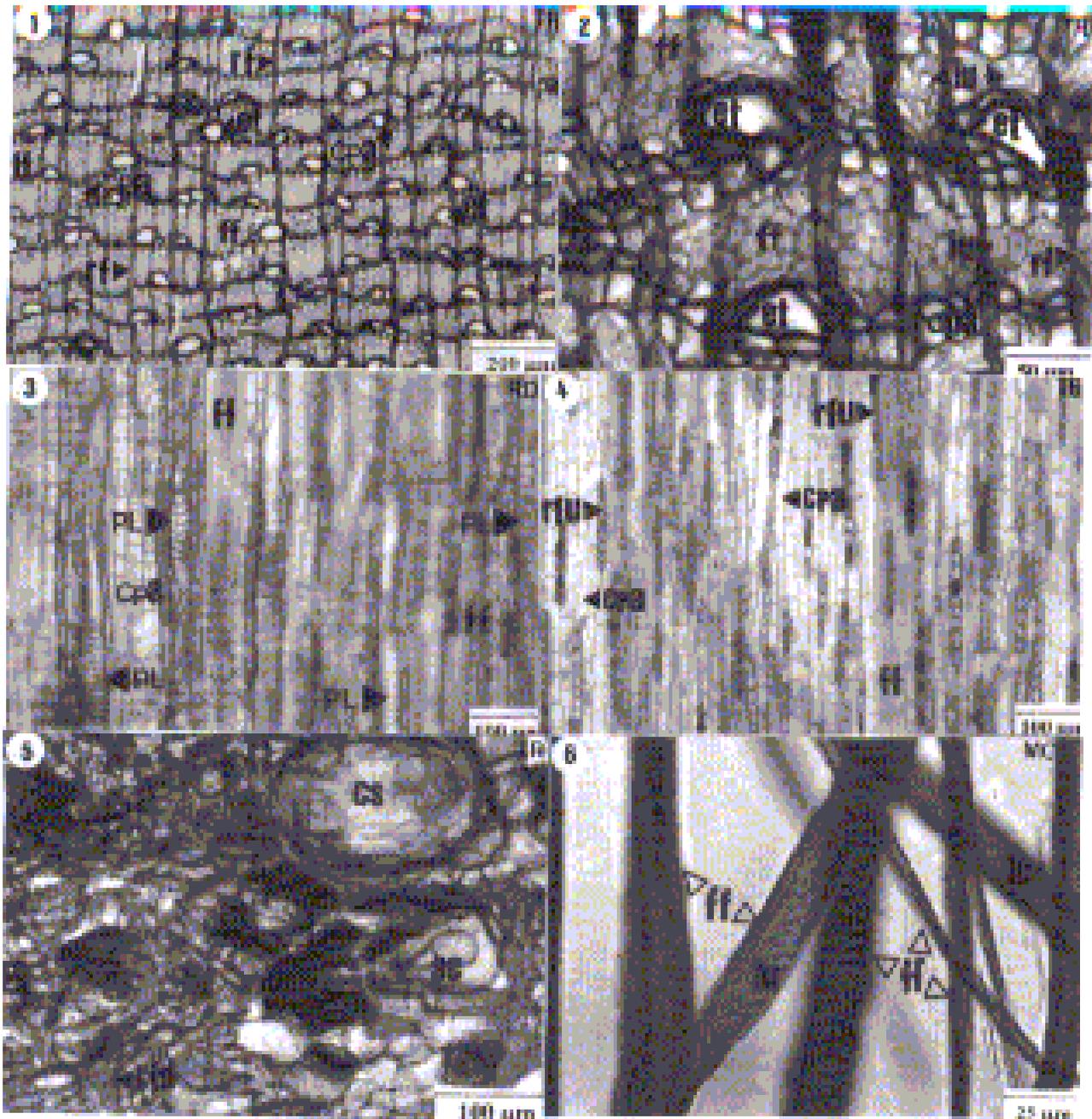


FIGURA 2: Fotomicrografias da casca de *Eucalyptus smithii* R.T. Baker. Fibras floemáticas (ff); lume (lu); Raios floemáticos (rf), raios floemáticos unisseriados (rfu); raios floemáticos distorcidos (rfd); célula parenquimática (cpa); conteúdo (ct); elemento de tubo crivado (et), placa crivada (PL); cavidade secretora (cs); esclereíde (sc); Seções transversal (TR), longitudinal-radial (RD) e longitudinal-tangencial (TG); macerado (MC).

FIGURE 2: Bark microphotograph of *Eucalyptus smithii* R.T. Baker. Phloem fibres (ff); lumem (lu); phloem ray (rf), uniseriate phloem ray (rfu); distorted phloem ray (rfd); parenchyma cell (cpa); content (ct); sieve tube member (et), sieve plate (PL); secretory cavity (cs); sclereid (sc); transversal section (TR), radial section (RD) and tangential section (TG); macerate (MC).

Os elementos crivados, de contorno irregular, distribuídos junto às células parenquimáticas, sendo constituídos por placas crivadas oblíquas, compostas, com cerca de 6 a 25 áreas crivadas, foram relatadas por Alfonso (1987). Quilhó e Sardinha (1995) encontraram placas crivadas inclinadas e compostas de 7 a 20

áreas crivadas para *Eucalyptus globulus*, com abundantes poros-de-crivo. Segundo Cutter (1978), citado por Alfonso (1987), os elementos crivados longos, com placas crivadas oblíquas e compostas, são o tipo mais primitivo de elemento crivado, o que foi observado nos eucaliptos estudados por Alfonso (1987).

Muitos raios floemáticos de *Eucalyptus smithii* apresentaram conteúdo denso, assim como verificado por Alfonso (1987) em seus estudos sobre eucaliptos.

A presença de cristais de oxalato de cálcio em *Eucalyptus smithii* e em outras espécies é justificada por Franceschi e Horner (1980) que consideram os cristais como produto do metabolismo cuja principal função é a remoção do excesso de cálcio do sistema, pois, além de estarem associados à defesa da planta contra a herbivoria, servem como reserva de nutrientes de cálcio para a planta. Em estudos sobre o floema de eucaliptos, a presença de cristais prismáticos em células do parênquima axial foi observada por Alfonso (1987) em *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus maculata*, e Quilhó e Sardinha (1995) em *Eucalyptus globulus*. Do mesmo modo que tais autores, o *Eucalyptus smithii* estudado, neste trabalho, apresenta cristais dispostos no parênquima axial em séries cristalíferas envolvendo os feixes fibrosos.

Em *Eucalyptus globulus*, os raios floemáticos são semelhantes aos raios do xilema, sendo unisseriados e raramente bisseriados (Quilhó e Sardinha, 1995). Comparando-se as medições realizadas para o *Eucalyptus smithii*, neste trabalho, em relação aos elementos do floema não-colapsado (próximo ao câmbio) com os elementos do lenho, apesar da diferente natureza dos tecidos, verifica-se que ambos apresentam raios unisseriados e localmente bisseriados presentes, além dos sistemas de condução, representados pelos tubos crivados no floema e vasos no lenho caracterizados, em seção transversal, por serem a maioria solitários ou dispostos em pequenos grupos de dois, entretanto, com medidas diferentes. Quanto às medições realizadas, tanto o floema não-colapsado como o lenho, apresentam semelhanças em relação ao comprimento das fibras, porém, o diâmetro das fibras floemáticas revela-se maior; os raios do floema não-colapsado e do lenho são muito parecidos em relação à quantidade de raios por mm/linear e também à altura destes, medida em micrômetros e em número de células; contudo, a largura dos raios floemáticos revela-se maior que a dos raios xilemáticos.

Floema colapsado

O floema colapsado, ou floema externo, é caracterizado pelo colapso dos elementos de tubos crivados, distorção e dilatação das células do raio, expansão das células parenquimáticas axiais e presença de células esclerificadas.

As células parenquimáticas apresentam contornos irregulares por causa de expansões em várias direções, com dimensões maiores quando comparadas com as células adjacentes. As fibras fazem-se ainda presentes e parecendo que não passaram por grandes mudanças. As células dos raios sofrem dilatação e apresentam um desvio no seu trajeto nas regiões onde aparecem as células parenquimáticas expandidas.

As esclereídes estão distribuídas de forma difusa, do início do floema colapsado até a região próxima à periderme, de considerável dimensão em seção transversal, apresentando parede espessa polilamelada, rica em pontoações simples.

As cavidades secretoras ocorrem em grande número no floema colapsado, porém próximas umas das outras, de formato mais ou menos esférico, sendo maiores que as demais células vizinhas.

As características observadas no floema colapsado de *Eucalyptus smithii*, também foram observadas em outras espécies de eucaliptos, como *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus grandis*, por Alfonso (1987), Quilhó e Sardinha (1995), Quilhó e Pereira (1997) e Quilhó *et. al.* (1999).

O floema colapsado apresenta células de parênquima axial expandidas, maiores que as células adjacentes, desvio no trajeto dos raios, como o observado por Alfonso (1987) para diversas espécies de eucaliptos, além da presença maior de esclereídes. Segundo essa autora, tais modificações das células parenquimáticas axiais e/ou radiais aumentam suas dimensões e/ou proliferam a fim de ajustar a casca ao aumento de circunferência do caule. Quilhó e Sardinha (1995) também fazem referência às modificações de células do parênquima axial e desvio do trajeto dos raios no floema colapsado de *Eucalyptus globulus*.

Alfonso (1987), observa que outra modificação das células parenquimáticas no floema externo é a que leva à formação de esclereídes que adquirem paredes polilameladas, formando também as pontoações simples com aréolas. Segundo essa autora, a presença desses elementos, em eucaliptos, está mais relacionada com a manutenção da estrutura do tecido para evitar o colapso das células.

Quanto à origem das glândulas oleíferas na casca de eucaliptos, Alfonso (1987) observou que as glândulas oleíferas em *Eucalyptus dunnii* não apresentavam células epiteliais junto a elas, verificando-se apenas restos de células desintegradas, supondo-se então que fossem de origem lisígena. Porém, Carr e Carr (1970), ao estudarem a formação de glândulas em embriões de várias espécies de *Eucalyptus*, relatam a origem esquizógena destas. Segundo Carr e Carr (1969), a presença de glândulas na casca é de importância na taxonomia dos eucaliptos. Esses autores citam uma tabela indicando que o *Eucalyptus smithii* possui glândulas oleíferas nas cascas, tanto nos ramos/caules como nas raízes.

Segundo Chattaway (1955), glândulas oleíferas esféricas, de origem lisígena, podem estar dispersas através do floema de eucaliptos ou agregadas em cunhas de parênquima. Para o *Eucalyptus smithii*, neste trabalho, foram observadas cavidades secretoras próximas, agregando-se em cunhas junto às células de parênquima axial expandidas.

Óleo essencial de *Eucalyptus smithii*

Da madeira recém-coletada (50,94% de umidade) no inverno, foi obtido rendimento de 0,05% em aparelho de extração, conforme ABNT. Em Clevenger Básico, obteve-se 0,10% partindo de 300 g e 0,08% partindo de 400 g. Não foram realizadas análises desse óleo essencial uma vez que a quantidade extraída da madeira foi desprezível e insuficiente para o procedimento.

Em relação à casca seca ao ar, com 23,35% de umidade, obteve-se no inverno, um óleo essencial amarelado e de cheiro acentuado. Os rendimentos em óleo essencial da casca foram de 0,60%, conforme aparelhagem ABNT e de 0,58 a 0,60% pelo Clevenger Básico. Esse óleo essencial apresentou densidades relativas $d_{20}^{20} = 0,89424$ e $d_4^{20} = 0,89266$; índice de refração $n_{20}^{20} = 1,4722$ e solubilidade em etanol: 1:108 (etanol 70%), 1:80 (etanol 80%), 1:3 (etanol 90%) e 1:1 (etanol 96,5%). A densidade relativa (d_{20}^{20}) deste óleo essencial revelou-se um pouco abaixo das especificações, o índice de refração um pouco acima, e a solubilidade em etanol 70% muito acima, ou seja, está fora das especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos em 1,8-cineol.

Em relação à composição química do óleo essencial da casca, este apresentou cheiro acentuado e característico, mas contendo apenas 23,54% de 1,8-cineol.

CONCLUSÕES

O *Eucalyptus smithii* apresenta estrutura anatômica homogênea do lenho e da casca. Na casca observou-se a presença de cavidades secretoras abundantes no floema colapsado; no entanto, no lenho, não foi encontrada nenhuma estrutura semelhante, apenas bolsas de quino.

A quantidade de óleo essencial presente na madeira é desprezível, sendo encontrado como vestígios de óleo essencial, por exemplo, na forma de conteúdo em algumas células dos raios, ou seja, insuficiente para extração comercial. O óleo essencial da casca apresentou a percentagem em 1,8-cineol e características físico-químicas fora das especificações para óleos essenciais de eucaliptos ricos nesse componente, sendo economicamente inviável para a exploração desse componente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 5784**: Óleos essenciais, determinação da massa específica e densidade relativa, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985a. 3p.
- ABNT. **NBR 5785**: Óleos essenciais, determinação do índice de refração, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985b. 2p.
- ABNT. **NBR 11916**: Óleos essenciais, determinação do teor de óleo volátil, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991. 3p.
- ALFONSO, V.A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus*** L'Hérit,

- cultivadas no Brasil.** 1987. 188p. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências da USP, São Paulo, 1987.
- BAILEY, I.W.; TUPPER, W.W. Size variation in tracheary cells. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms and angiosperms. **Proceedings of American Academic Arts and Science**, v. 54, p. 149-204, 1918.
- BIDÁ, A. **Óleo essencial de folhas de *Nectandra grandiflora* Nees. Et Mart. Ex Nees.** 1985. 100p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1985.
- BOLAND, D.J.; BROOKER, M.I.J.; CHIPPENDALE, G.M.; HALL, N.; HYLAND, B.P.M.; JOHNSTON, R.D.; KLEINIG, D.A.; TURNER, J.D. **Forest trees of Australia.** Melbourne: Nelson-CSIRO, 1984. 687p.
- BOLAND, D.J.; BROPHY, J.J.; HOUSE, A.P.N. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing.** Melbourne: Inkata, 1991. 252p.
- BRITISH Pharmacopoeia. London: General Medical Council, 1968. p. 1273-1276.
- CARR, D.J.; CARR, S.G.M. **Eucalyptus I. New or little known species of the Corymbosae.** Camberra: Phytoglyph, 1970.
- CARR, S.G.M.; CARR, D.J. Oil glands and ducts in Eucalyptus L'Hérit. I. The phloem and the pith. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 17, p. 471-513, 1969.
- CHALCAT, J.C.; MUHAYIMANA, A.; HABIMANA, J.B.; CHABARD, J.L. Aromatic plants of Rwanda. II. Chemical composition of essential oils of ten *Eucalyptus* species growing in Ruhande Arboretum, Butare, Rwanda. **Journal of Essential Oil Research**, v. 9, n. 2, p. 159-165, 1997.
- CHATTAWAY, M.M. The anatomy of bark. V. *Eucalyptus* species with stringly bark. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 3, n. 2, p. 165-169, 1955.
- CLARKE, C.R.E.; SHAW, M.J.P.; WESSELS, A.M. Effect of differences in climate on growth, wood, and pulp properties of nine eucalipt species at two sites. **Tappi Journal**, Atlanta, v. 82, n. 7, p. 89-99, 1999.
- CLEVENGER. American Perfumer, n. 23, p. 467, 1928.
- COPANT. Madeiras: descripción de características generales macroscópicas y microscópicas de la madeira Angiospermae dicotiledonaes. v. 30, p.1-19, nov. 1974.
- COSTA, A.F. **Elementos da flora aromática.** Lisboa: Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1975. 187p.
- COSTA, A.F. **Farmacognosia.** 4.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. v1.
- CUTTER, E.G. **Plant anatomy: part I – cells and tissues.** 2.ed. London: Edward Arnold. 1978.
- DICKISON, W.C. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative Anatomy. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 62, p. 596-620, 1975.
- DUJARDIN, E.P. Eine neue Holz-Zellulosenfaerbung. **Mikrokosmos**, Jena, n. 53, 1964. 94p.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Curitiba, 1986. 89p. (Documentos, 17).
- FAO. **Eucalypts for planting.** Rome, 1955. 403p. (FAO Forestry and Forest Products Studies, n.11).
- FAO. **Eucalypts for planting.** 2.ed., Rome, 1979. 677p. (FAO Forestry Series, n.11).
- FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal.** Roma, 1981. 723p. (Colección FAO: Montes, n.11).
- FARMACOPÉIA brasileira. 3.ed. São Paulo: Andrei, 1977.
- FARMACOPÉIA brasileira. 4.ed. São Paulo: Atheneu, 1988. pt. 1.
- FRANCESCHI, V.R.; HORNER, H.T. Calcium oxalate crystals in plants. **The Botanical Review**, New York, v. 46, n. 4, p. 361-427, 1980.
- FREUND, H. **Handbuch der mikroskopie in der technik.** Frankfurt: Umschan Verlag, 1970. v. 5, pt. 2.
- GUENTHER, E. History-origin in plants, production-analysis. In: _____. **The essential oils.** 4.ed. New York: Van Nostrand, 1960. v. 1.
- IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219-332. 1989.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal.** Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 125p.
- MARCHIORI, J.N.C. **Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros *Acacia* e *Mimosa***

- no Estado do Rio Grande do Sul.** 1980. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.
- METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons.** 2.ed. Oxford: Clarendon, 1965. v. 1.
- MUÑIZ, G.I.B.; CORADIN, V.R. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I – Angiospermae, II – Gimnospermae.** Brasília: Laboratório de Produtos Florestais, 1991. (Série Técnica, n. 15).
- PENFOLD, A.R. Australian *Eucalyptus* oils. In: GUENTHER, E. **The essential oils.** 4. ed., New York: Van Nostrand, 1965. v. 4.
- PERRY, R.H.; GREEN, D.W.; MALONEY, J.O. Densities of pure substances. In: ____ . **Perry's chemical engineer's handbook.** 7. ed. New York: McGraw Hill, 1997. Table 2-28.
- PHARMACOPEA Helvetica. 7.ed. Berne: Département Fédéral de l'Intérieur, 1993. Suppl. 1990. v. 4-6.
- PHARMACOPÉE Européenne. 3.ed. Strasbourg: Conseil de l'Europe, 1997. p. 121-122.
- PINTO, A.J.D. Histórico da associação brasileira de pesquisas sobre plantas aromáticas e óleos essenciais – A.P.P.A. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p. 5-13.
- QUILHÓ, T.; SARDINHA, R.A. Bark anatomy of *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae). **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 3, n. 2, p. 173-189, 1995.
- QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. Variabilidade dos tecidos da casca de *Eucalyptus globulus* Labill., de diferentes procedências. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador, **Anais...** Salvador. 1997. v. 1, p. 397-402.
- QUILHÓ, T.; PEREIRA, H.; RICHTER, H.G. Variability of bark structure in plantation-grown *Eucalyptus globulus*. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 2, p. 171-180, 1999.
- RICHTER, H.G. et al. **Padronização de critérios para a descrição anatômica da casca:** lista de características e glossário de termos. São Paulo: IF, 1996. p. 1-25 (Série Registros, n. 16).
- SMALL, B.E.J. The Australian *Eucalyptus* oil industry: an overview. **Australian Forestry**, Canberra, v. 44, n. 3, p. 170-177, 1981.
- TIPPET, J. Formation and fate of quino veins in *Eucalyptus* L'Hérit. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 7, n. 2, p. 137-143, 1986.
- VALE, J.C.; CUNHA, A.P. A importância econômica do eucalipto do Continente e características analíticas do seu óleo essencial. **Boletim da Faculdade de Farmácia**, Coimbra, p. 83-101. 1971.
- WANG, W.; WANG, W.H. Species and provenance selection for *Eucalyptus* leaf oils production. **Forest-Research**, v. 10, n. 1, p. 104-107, 1997.
- WILDE, S.A. **Munsell color charts for plant tissues.** 2. ed. Baltimore: Wisconsin University. 1968.