

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUÇÃO
DE PAINÉIS DE CORTIÇA DE *Kielmeyera coriacea*
(PAU-SANTO)**

POLLIANA D`ANGELO RIOS

2007

POLLIANA D`ANGELO RIOS

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE
CORTIÇA DE *Kiellmeyera coriacea* (PAU-SANTO)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Fábio Akira Mori

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

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

Rios, Polliana D' Angelo

Caracterização tecnológica e produção de painéis de cortiça de *Kielmeyera Coriacea* (pau-santo) / Polliana D' Angelo Rios. -- Lavras : UFLA, 2007.
85 p. : il.

Orientador: Fábio Akira Mori.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Cortiça. 2. *Kielmeyera Coriacea*. 3. Painéis. 4. Pau-santo. 5. Anatomia. 6. Química. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-674.9

POLLIANA D`ANGELO RIOS

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUÇÃO DE
PAINÉIS DE CORTIÇA DE *Kielmeyera coriacea* (PAU-SANTO)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 9 de Março de 2007

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes UFLA

Prof. Dr. Roberto Carlos Costa Lelis UFRRJ

Prof. Dr. José Tarcísio Lima UFLA

Prof. Dr. Fábio Akira Mori
DCF / UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, Ana Maria e Aníbal

Ao meu irmão, Alessandro

Ao meu querido Rodrigo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida.

Aos meus pais, Ana Maria e Aníbal, pelo amor incondicional e constante apoio.

Ao meu irmão, Alessandro, pelo carinho.

Ao meu querido Rodrigo, pelo grande amor e compreensão ao longo dos anos.

Ao professor Fábio Akira Mori, pela orientação, apoio e amizade.

Ao professor Lourival Marin Mendes, pela co-orientação e amizade.

Aos professores José Tarcísio Lima e Paulo Fernando Trugilho, pelo auxílio, confiança e amizade.

Ao professor José Reinaldo, pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Roberto Carlos Costa Lelis, pela participação na banca examinadora.

Ao professor Armando Silvestre, do Departamento de Química da Universidade de Aveiro – Portugal, pela fundamental contribuição neste trabalho.

À professora Maria Lúcia Bianthi, do Departamento de Química, pela disponibilidade de auxílio durante o curso.

Ao professor Eduardo Alves, do Departamento de Fitopatologia, pelo auxílio nas análises de microscopia.

A todos os professores do Departamento de Ciências Florestais, pelo carinho durante todo o curso.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais, D. Regina, Chica, Terezinha, Rose, Hernani, Gilson e Wellington

Ao amigo Clair, pelo apoio, coleta do material e amizade durante os anos.

Ao amigo Emílio pela coletada do material.

Á amiga Andreíza, pela amizade e auxílio nas análises químicas.

Aos amigos do Laboratório de Tecnologia da Madeira, Fernanda, Ançano, Claudinéia, Adriana, Carlos Rogério, Marcelo, Adalberto, Isabel, Nádia, Thiago, Thiza, Tássia, Sérgio, Edi e Natalie.

A minha querida amiga e “irmã” Regiane, pelo carinho.

Á amiga Flávia pela companhia constante e amizade.

As grandes amigas e companheiras de laboratório, Elisa e Vanessa, pelos momentos de atenção, auxílio e carinho.

E a todos que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização desse trabalho.

Muito Obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE CORTIÇA DE <i>Kielmeyera coriacea</i> (PAU-SANTO)	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Cortiça: definição, história e aplicações.....	3
2.2 Produção de cortiça.....	4
2.2.1 Mercado da cortiça no mundo.....	5
2.3 Estrutura e gênese da cortiça.....	7
2.4 Propriedades químicas da casca.....	10
2.5 Propriedades gerais da cortiça.....	12
2.6 A <i>Kielmeyera coriacea</i>	13
2.7 Painéis de aglomerado.....	15
2.7.1 Aglomerado puro.....	16
2.7.2 Aglomerado composto.....	18
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, FÍSICA E QUÍMICA DA CORTIÇA DE <i>Kielmeyera coriacea</i> MART. (PAU-SANTO)	25
RESUMO	25
ABSTRACT.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Coleta do material – extração da cortiça.....	29
2.2 Propriedades avaliadas na cortiça.....	30
2.2.1 Caracterização anatômica.....	30
2.2.1.1 Microscopia eletrônica de varredura – MEV.....	30
2.2.1.2 Mensuração das células e distribuição de poligonalidade.....	31
2.2.2 Caracterização físico-química.....	32
2.2.2.1 Determinação da densidade anidra.....	32
2.2.2.2 Análise química.....	33
2.2.2.2.1 Análise quantitativa da cortiça.....	33
2.2.2.2.2 Análise qualitativa da suberina.....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1 Características anatômicas.....	37
3.1.1 Distribuição de poligonalidades.....	37

3.1.2 Dimensões das células.....	43
3.2 Característica física.....	45
3.2.1 Densidade da cortiça.....	45
3.3 Características químicas.....	46
3.3. 1 Análise quantitativa.....	46
3.3.2 Análise qualitativa da suberina.....	47
4 CONCLUSÕES.....	51
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
CAPÍTULO 3: UTILIZAÇÃO DA CORTIÇA DE <i>Kielmeyera coriacea</i>	
MART. (PAU-SANTO) PARA A PRODUÇÃO DE	54
PAINÉIS AGLOMERADOS	
RESUMO	54
ABSTRACT.....	55
1 INTRODUÇÃO.....	56
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1 Coleta do material - extração da cortiça.....	58
2.2 Produção dos painéis de aglomerado à base de cortiça.....	59
2.2.1 Aquecimento da cortiça.....	59
2.2.2 Secagem do material e obtenção das partículas.....	59
2.2.3 Produção dos painéis.....	59
2.2.4 Aplicação de resina e da parafina.....	60
2.2.5 Formação do colchão e prensagem.....	61
2.3 Acondicionamento.....	63
2.4 Obtenção dos corpos-de-prova e avaliação das propriedades mecânicas e físicas dos painéis.....	63
2.5 Análise Estatística.....	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
3.1 Propriedades mecânicas e físicas dos painéis.....	66
3.1.1 Densidade do painel.....	66
3.1.2 Ligação interna.....	67
3.1.3 Dureza Janka.....	68
3.1.4 Resistência à água fervente (fervura).....	69
3.1.5 Absorção de água.....	70
3.1.6 Inchamento em espessura.....	72
4 CONCLUSÕES.....	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES.....	76
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	79

RESUMO GERAL

RIOS, P. D. **Caracterização tecnológica e produção de painéis de cortiça de *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo)**. 2007, 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Este trabalho teve como objetivos caracterizar tecnologicamente os aspectos anatômicos, físicos e químicos da cortiça extraída dos troncos da *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) e avaliar o potencial de painéis de aglomerado produzidos com esta cortiça. Para isso, foram coletadas, aleatoriamente, cascas de 16 árvores de *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo), provenientes de povoamentos nativos localizados na região de Luminárias, MG. A avaliação das características anatômicas foi realizada por meio da contagem dos vértices e de mensurações das células de cortiça, utilizando software específico das imagens obtidas em microscópio eletrônico de varredura. A densidade anidra foi determinada pelo método de imersão em mercúrio e a composição química da cortiça por meio de adaptações de métodos de análise química quantitativa para madeira. A análise qualitativa da suberina foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa. Para a produção dos painéis, foi utilizado adesivo fenol-formaldeído e uréia-formaldeído em quantidades de 9% e 18%, com e sem parafina. O estudo das propriedades mecânicas e físicas dos painéis foi realizado por meio dos testes de ligação interna, dureza Janka, resistência à água fervente, absorção e inchamento em espessura, por 2 e 24 horas. O delineamento experimental utilizado para os painéis foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições. Anatomicamente, as células de cortiça da *Kielmeyera coriacea*, em relação à distribuição de poligonalidades, apresentaram 4, 5, 6, 7 e 8 vértices, com predominância do vértice 6. A altura e a espessura das paredes das células apresentaram valores de 40 a 70 μm e 1,5 a 2,0 μm . A densidade anidra encontrada foi de 0,23 g/cm^3 , a composição química da cortiça foi de 24,6% de extrativos totais, 20,6% de suberina, 25,9% de lignina, 28,0% de polissacarídeos e 0,90% de cinzas (% massa seca). Foram detectados 15 compostos no extrato despolimerizado da cortiça, com predominância majoritária dos (di) ácidos graxos hidroxilados característicos da suberina. Os resultados para ligação interna indicaram que as partículas da cortiça de *Kielmeyera coriacea* podem ser aglutinadas tanto com o adesivo uréia-formaldeído quanto com fenol-formaldeído, este último indicando painéis mais resistentes. Para a propriedade de dureza Janka, os painéis à base de adesivo fenol-formaldeído apresentaram-se também mais resistentes. Para a resistência à água fervente, verificou-se que os

¹ Comitê Orientador: Fábio Akira Mori (Orientador) – UFLA, Lourival Marin Mendes – UFLA, (Co-Orientador).

painéis produzidos à base de uréia-formaldeído sofreram total desagregação das partículas e aqueles produzidos com maior teor de adesivo fenol-formaldeído apresentaram-se mais resistentes. Para a absorção de água e o inchamento em espessura, após 2 e 24 horas, para todos os tratamentos, foram constatados menores valores nos painéis produzidos com adesivo uréia-formaldeído.

GENERAL ABSTRACT

RIOS, P. D. **Technological characterization and production of boards of the cork from *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo)**. 2007, 85 p. Dissertation (Máster in Forestry) – Federal University of Lavras, Lavras, MG².

This objective of this work was to characterize at the anatomical, physical and chemical level, the cork extracted from the trunks of *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) and evaluating the potential of particleboards produced from this cork. Barks of 16 trees of *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo) coming from native stands situated in the region of Luminárias – Minas Gerais state, Brazil, were collected randomly. The study of the anatomical characteristics was performed through the count of the vertices and measurements of the cork cells utilizing images obtained in scanning electron microscope. The nominal density was determined by the method of immersion in mercury and the chemical composition of the cork through adaptations of the general method of the quantitative chemical analysis for wood. The qualitative determination of suberin was carried out through gas chromatography-mass spectrometry. For the production of the boards, adhesive phenol-formaldehyde and urea-formaldehyde in amounts of 9% and 18% respectively, were utilized with and without paraffin. The study of the mechanical and physical properties of the boards was accomplished through the internal bond tests, Janka hardness, boiling water resistance, absorption and thickness swelling for 2 and 24 hours. The experimental design utilized for the board was the completely randomized with three replicates. Anatomically, the cork cells of *Kielmeyera coriacea* in relation to the distribution of polygonalities presented 4; 5; 6; 7 and 8 vertices, with the predominance of vertex 6. The average height and thickness of the walls cells presented values of 40 to 70 μm and 1.5 to 2,0 μm , respectively. The nominal density was of 0.23 g/cm^3 , the chemical composition of the cork was of 24.6% of total extracts, 20.6% of suberin, 25.9% of lignin, 28.0% of polysaccharides and 0.90% of ashes (% dry matter). 15 compounds were detected in the depolymerized extract from cork, with a majority predominance of (di) hydroxylated fatty acids characteristic of suberin. The results for internal bond indicated that the particles obtained from the cork of *Kielmeyera coriacea* can be agglutinated both with the commercial urea-formaldehyde adhesive and with phenol-formaldehyde, the latter indicating more resistant boards. For Janka hardness, the phenol-formaldehyde-based boards proved also to be more resistant. For the boiling water resistance, it was that the urea-formaldehyde-

² Guidance Committee: Fábio Akira Mori (Adviser) – UFLA, Lourival Marin Mendes – UFLA, (Co-Adviser).

produced boards underwent total desegregation of the particles, but those produced from a higher content of the adhesive phenol-formaldehyde presented themselves more resistant. Water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours for all the treatments showed lower values in the boards produced with the adhesive urea-formaldehyde.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A comercialização dos produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) apresenta crescimento acelerado nos mercados nacional e internacional. Contudo, o domínio da tecnologia e de seus derivados com relação a estes produtos florestais é relativamente recente no país.

O Brasil possui alta dependência de tais recursos, sendo utilizados como fonte de alimentos, medicamentos, materiais de construção e habitação, entre outros. Além disso, são produtos com alta representação no mercado de produtos florestais e uma atenção especial tem sido atribuída ao fato de que, sob certas condições básicas, podem ser produzidos em bases sustentadas e utilizados sem que se processe a destruição dos recursos florestais.

A cortiça é um destes PFNMs, sendo muito utilizada no processamento industrial, com destaque para a produção de rolhas e produtos de cortiça aglomerada de diferentes tipos, como os materiais para revestimento de piso e isolamento.

De acordo com Fortes et al. (2004), a produção mundial da cortiça é de, aproximadamente, 374 mil toneladas/ano. Esta produção é restrita a poucos países europeus, como Portugal e Espanha, que detêm 51% e 23%, respectivamente, do total produzido. A espécie amplamente utilizada é a *Quercus suber* (sobreiro).

No entanto, o Brasil apresenta mais de 20 espécies típicas e adaptadas às condições ecológicas do cerrado que poderiam ser promissoras na produção da cortiça. Dentre elas, destacam-se a corticeira (*Erythrina crista-galli*), a corticeira-do-campo (*Pithecolobium incuriale Benth*), o barbatimão (*Stryphnodendron barbatimão*), o araticum-do-campo (*Anona coriacea*), o pau-

santo (*Kielmeyera coriacea*), dentre outras (Abramovay, 1999). Porém, estudos sobre o conhecimento, o aproveitamento, a qualidade e as limitações da cortiça de tais espécies são escassos, o que faz com que o Brasil seja um país dependente da importação dessa importante matéria-prima para efeito de beneficiamento e comercialização. Os estudos existentes são mais direcionados à ecologia dessas espécies.

O pau-santo (*Kielmeyera coriacea*) é uma espécie que poderia ser utilizada como fonte de cortiça e que apresenta importante característica, como o alto aproveitamento de material corticoso. Ela destaca-se pela abundância e pela acessibilidade da planta, sendo, o material corticoso leve e facilmente desprendido do tronco das árvores.

Para o processamento industrial e estudos tecnológicos, essa espécie pode ser base para a produção de compostos de cortiça, como rolhas utilizadas no engarrafamento de vinhos, espumantes e, principalmente, na utilização de aglomerados convencionais para o revestimento de pavimentos e paredes, uma vez que a cortiça apresenta importantes propriedades isolantes (acústicas e térmicas).

Torna-se necessário, entretanto, o estudo físico, químico e anatômico da cortiça e verificar o comportamento mecânico em relação aos principais produtos que poderiam ser gerados comercialmente.

No intuito de conhecer melhor as espécies florestais brasileiras, focando-se a espécie *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) na produção de cortiça, este trabalho teve como objetivo caracterizar tecnologicamente os aspectos anatômicos, físicos e químicos da cortiça extraída dos troncos e avaliar seu potencial na produção de painéis de aglomerado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cortiça: definição, história e aplicações

A cortiça é conceituada como revestimento externo do tronco e dos ramos, sendo encontrada em grandes quantidades em algumas espécies florestais. Botanicamente, é denominado felema ou súber. A cortiça desenvolve-se na planta como tecido de proteção e de cicatrização. No primeiro caso, o desenvolvimento ocorre em caules e raízes com crescimento secundário e em frutos e catafilos ou escamas que protegem gemas do frio; no segundo caso, em superfícies expostas por necrose, ferimento, ataque de parasita, enxertia ou abscisão de folhas, galhos ou frutos (Glória & Guerreiro, 2003).

Historicamente, a cortiça foi um dos primeiros materiais que Robert Hooke (1635-1703) estudou utilizando um microscópio composto por duas lentes de aumento. Hooke observou o corte transversal de um pedaço de cortiça em 1664 (Figura 1.1) e, ao descrever a “experiência” em seu livro “A micrografia” (1655), o cientista empregou, pela primeira vez, o termo “célula” (do latim *cella*, espaço vazio) para designar os espaços vazios observados na constituição do vegetal (História..., 1997).

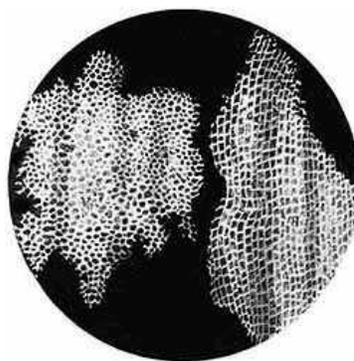


FIGURA 1.1 Desenho de um corte de cortiça, observado por Hooke no microscópio (Dias & João, 1978).

A utilização da cortiça é milenar e foi explorada na China há 3000 anos a.C. na Roma e na Grécia antigas e também no Egito (Cortiça...,2003). Desde o século V a.C., a cortiça tem sido usada como material vedante, como pode ser comprovado pela descoberta de ânforas (recipientes de cerâmica) desse período, em Angorá, Atenas (Amorim Corticeira, 2004).

No final do século XVII, o monge francês Beneditino Pierre Pérignon (inventor do Champagne) abandonou a utilização de tocos de madeira e buchas de cânhamo para vedar as garrafas de bebidas, adotando a cortiça proveniente da Espanha. A técnica de *Dom Pérignon* tornou-se tradição e, apesar de todos os progressos industriais na produção de embalagens e na técnica de vedação, a rolha de cortiça é tida, ainda hoje, como a única forma perfeita e aceitável de vedar a garrafa de um vinho de qualidade (Mito..., 2004).

A partir de 1900, o mercado das cortiças teve enorme expansão resultante da invenção, nos Estados Unidos, dos aglomerados de cortiça, que tornaram possível a utilização do material de má qualidade e de desperdícios das operações na fabricação de rolhas e outros produtos de cortiça natural de boa qualidade (Fortes, 1989).

2.2 Produção de cortiça

A principal planta fornecedora de cortiça (súber) é o sobreiro (*Quercus suber*), árvore extensamente cultivada em Portugal, Espanha, França, Tunísia, Marrocos e alguns países asiáticos (Rizzini & Mors, 1976). Portugal participa com 55% da produção mundial, sendo sua cortiça considerada a melhor do mundo (Baptista et al., 2002).

O sobreiro (*Quercus suber*) é uma árvore de crescimento lento e de grande longevidade, podendo atingir 250 a 350 anos, embora se considere que a idade limite para produção de cortiça seja de 150 a 200 anos. A extração da cortiça ocorre ao final de 9 anos e pode variar de 30 a 200 kg por árvore,

dependendo, principalmente, da superfície que é descortçada, sendo a produtividade média de 8 a 11 kg/m² de área descortçada por ciclo de produção, isto é, de 9 em 9 anos (Fortes et al., 2004).

No Brasil, existem algumas plantas que, mesmo não desenvolvendo súber, como o sobreiro, tem sua periderme utilizada na indústria. Rizzini e Mors (1995) citam as principais espécies corticeiras do Brasil: *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo), *Agonandra brasiliensis* Miers (pau-marfim), *Pisonia tomentosa* Casar (pau-urubu), *Enterolobium ellipticum* Benth. (favela-branca), *Aspidosperma dasycarpon* Mart. (pereira-do-campo), *Connarus suberosus* Planch., *Fagara cinérea* Engl., *Aegiphila lhotskyana* Cham, *Strychnos pseudoquina* St. Hill, *Erythrina mulungu* Mart., *Symplocos lanceolata* Mart. A. DC. Abramoyay (1999) menciona, ainda, cerca de 20 espécies de plantas que formam cortiça em quantidades economicamente aproveitáveis, entre elas: a mama-de-porca (*Zanthoxylum rhoifolium*), o tamboril-do-cerrado (*Enterolobium gummiferum*), a fruta-de-papagaio (*Aegiphilla sellowiana*) etc.

2.2.1 Mercado da cortiça no mundo

As indústrias corticeiras estão concentradas principalmente em Portugal, nos distritos de Setúbal e Aveiro. Portugal exporta cortiça (Figura 1.2) desde o século XIV e rolhas desde o século XVII (Fortes, 1989) e o Brasil é um país altamente dependente da importação da cortiça, principalmente de Portugal.

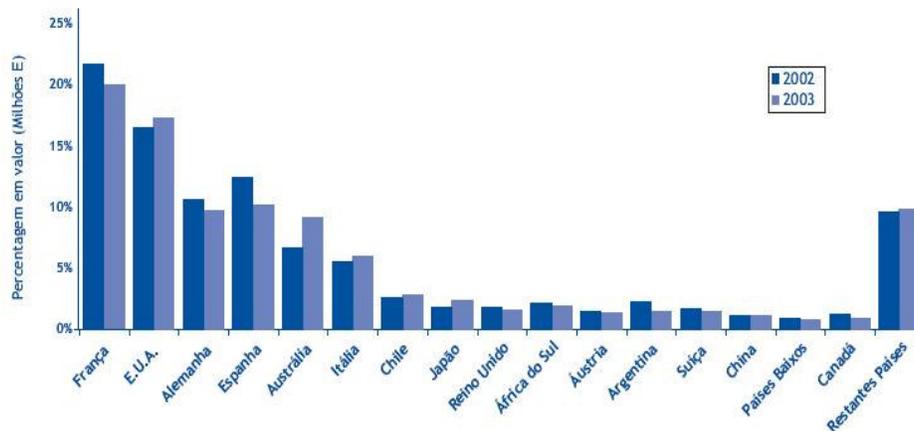


FIGURA 1.2 Exportações de cortiça de Portugal por país de destino (porcentagem/valor em relação ao total) (APCOR, 2004).

O volume anual de exportações no início do século XIX foi, em média, de 1.200 toneladas de cortiça. Atualmente, Portugal exporta 7.000 toneladas de cortiça em prancha, 22.000 toneladas de granulados (destinados aos aglomerados) e 84.000 toneladas de produtos manufaturados de cortiça, incluindo os aglomerados (o que corresponde a 80% do total de produtos de cortiça fabricados em Portugal) (Figura 1.3). O valor global das exportações de cortiça, em 1997, foi de 47 milhões de euros, ou seja, cerca de 3% a 4% do valor total das exportações (APCOR, 2004).

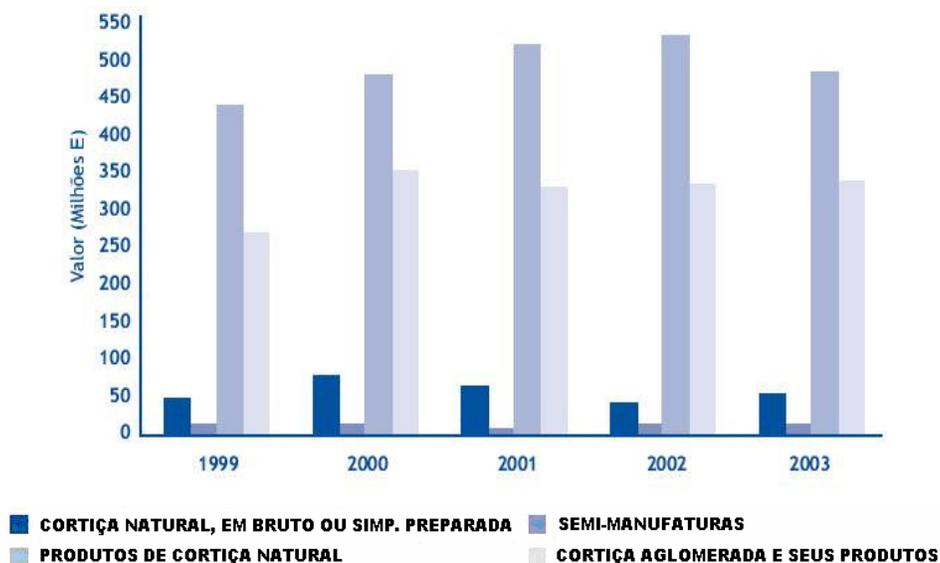


FIGURA 1.3 Evolução das exportações portuguesas de cortiça por tipo de produto (valor) (APCOR, 2004).

No Brasil, há empresas que beneficiam a cortiça importada da Espanha e de Portugal, pagando onerosos valores por tonelada .

2.3 Estrutura e gênese da cortiça

As células da cortiça têm, freqüentemente, formato prismático, embora sejam irregulares no plano tangencial, podendo ser alongadas no sentido vertical, no radial ou no tangencial. Quase sempre estão dispostas de modo compacto, isto é, o tecido não tem espaços intercelulares (Esau, 1997).

O arranjo de suas células caracteriza-se pela suberização de suas paredes e morte do protoplasma na maturidade, variando suas paredes em espessura, o espessamento pode ser uniforme em todas as paredes da célula ou adquirir o formato de “U”, voltado para o lado externo ou interno do órgão (Glória & Guerreiro, 2003).

Em muitas espécies, o felema compõe-se de células suberizadas e não suberizadas chamadas de células felóides. Tal como as células suberizadas, as não suberizadas podem ter paredes delgadas ou espessas, estas últimas podendo diferenciar-se em esclereídeos (Esau, 1997).

Quando são geradas, as células da cortiça são obviamente vivas, mas morrem e secam rapidamente. Assim, as células ficam ocas, contendo uma mistura gasosa de composição próxima ou idêntica à do ar; as paredes celulares são, nesta fase, razoavelmente permeáveis aos gases (Fortes, 1989).

Glória e Guerreiro (2003) também mencionam que as células do felema são desprovidas de conteúdo visível, porém, em alguns casos, é possível observar acúmulo de conteúdo resinoso ou de compostos fenólicos.

Segundo Fortes (1989), as direções relativas principais da madeira e da cortiça na árvore são perpendiculares entre si e têm designações lógicas: a direção radial, segundo o raio da árvore; a direção axial, segundo o eixo e a direção tangencial, tangente à circunferência da árvore (Figura 1.4).

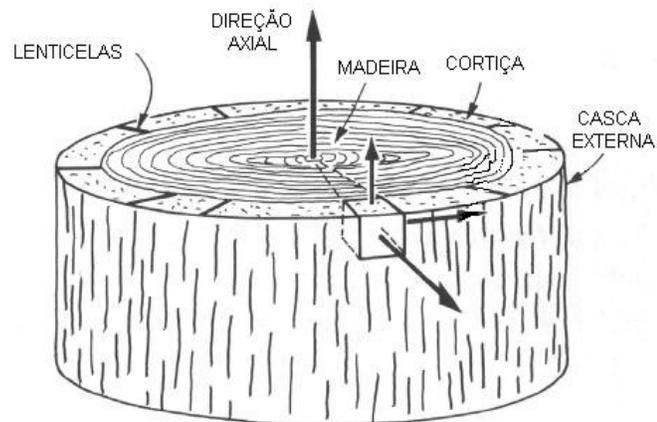


FIGURA 1.4 Esquema das direções relativas da madeira e da cortiça na árvore.

A nomenclatura mais simples para as seções seria dar a cada uma o nome da direção perpendicular, porém, não é esta a nomenclatura usada, mas sim a que está consagrada na anatomia das madeiras. A seção transversal é perpendicular à direção axial e a seção radial é perpendicular à direção tangencial, sendo, portanto, paralela ao eixo da árvore. Por fim, a seção tangencial é perpendicular à direção radial (Figura 1.5). Convém ainda designar por direções não-radiais todas as direções perpendiculares à direção radial, ou seja, as direções no plano tangencial. As propriedades da cortiça são praticamente idênticas em todas as direções não-radiais (Fortes, 1989).

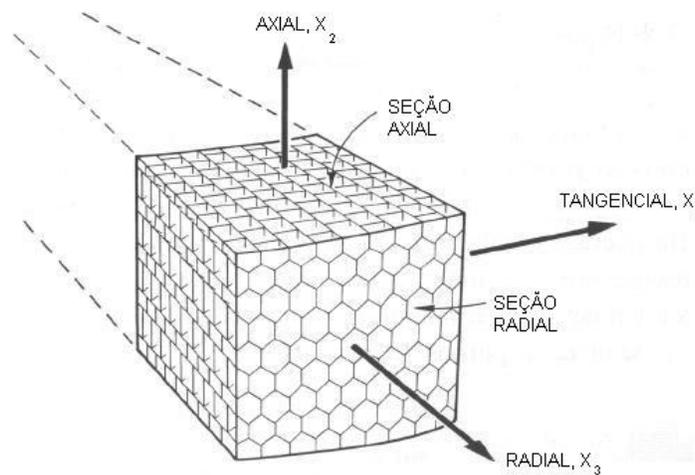


FIGURA 1.5 Estrutura baseada em células retangulares no seu comprimento, e hexagonais em seção – estrutura de “favo-de-mel”.

Biologicamente, a cortiça é um tecido não-diferenciado, com células de paredes relativamente finas, que são geradas pelo felogênio (Fortes, 1989). O felogênio forma colunas de células de cortiça na direção radial da árvore (Pina & Fortes, 1996).

As células do felogênio são meristemáticas, mas, da mesma forma que as do câmbio vascular, são altamente vacuoladas. Entretanto, diferentemente do câmbio vascular, com suas iniciais fusiformes e radiais, as células do felogênio são de um só tipo (Cutter, 2002).

Conforme Fortes (1989), o felogênio tem uma espessura unicelular e gera células de cortiça para o exterior e, em muito menor quantidade, células de feloderme (semelhantes às da madeira) para o interior. Na árvore, existe um outro tecido meristemático, o câmbio, que gera, para o interior, células de madeira (lenho) e, para o exterior, células de floema.

O felogênio se divide periclinalmente para originar fileiras seriadas de células do felema ou súber. Quando o felogênio é altamente ativo, origina células do felema grandes, com paredes delgadas, em contraste com as células achatadas com paredes espessadas formadas por um meristema menos ativo (Cutter, 2002).

A atividade do felogênio pode variar de acordo com a planta, nos diferentes órgãos de uma mesma planta e, ainda, em diferentes áreas de um mesmo órgão, podendo ser ativo somente uma vez. Já em alguns casos, pode ser reativado, passando por dois ou mais períodos de atividade.

2.4 Propriedades químicas da casca

A composição química da casca é complexa, variando entre as espécies e também depende dos elementos morfológicos envolvidos. Muitos dos constituintes presentes na madeira também ocorrem na casca, embora em proporções diferentes.

Tipicamente, a casca possui alto conteúdo de constituintes solúveis (extrativos), tais como pectina e componentes fenólicos, bem como as suberinas. O conteúdo de minerais da casca é também muito maior que aquele da madeira. De maneira geral, pode-se dizer que a casca apresenta as seguintes diferenças

químicas em comparação com a madeira: muito mais extrativos (30%-40% em algumas espécies), menos lignina (15%-20%), menos celulose (20%-30%) e menos hemiceluloses (15%-20%), (Sjöström, 1991).

Sjöström (1991) cita também que a casca pode ser dividida aproximadamente, nas seguintes frações: fibras, células corticosas e substâncias finas, incluindo células do parênquima. A fração fibra consiste de celulose, hemiceluloses e lignina, sendo quimicamente similar às fibras da madeira. As outras duas frações contêm larga quantidade de extrativos. As paredes das células corticosas são impregnadas com suberina.

A suberina é um biopolímero de estrutura lipídica do tipo poliéster, encontrando-se associada à lignina. Tal como outros componentes estruturais, não é possível retirar a suberina apenas por extração com solventes, no entanto, é necessário efetuar a despolimerização da molécula para obter a solubilização dos fragmentos (Fortes et al., 2004).

Especificamente, a composição química da cortiça de *Quercus suber*, também difere dos outros materiais lignocelulósicos. A diferença mais importante reside no fato de o componente principal das paredes celulares ser a suberina, que não existe nas paredes das células da madeira. Este componente químico, em grande quantidade, confere às células da cortiça propriedades mecânicas e impermeabilidade. Para Cordeiro et al. (1998), a suberina ainda não é explorada como fonte de substâncias químicas.

A caracterização química da suberina é feita por meio de métodos espectrométricos que permitem obter informações sobre as ligações ou unidades químicas presentes no material.

Para Fortes et al. (2004), o estudo da lignina da cortiça, ao contrário do que acontece com a madeira, é recente, sendo este composto objeto de numerosos estudos.

Os polissacarídeos são também principais constituintes da parede celular da casca. As células do floema são essencialmente constituídas de polissacarídeos. A celulose é dominante (cerca de 30% do peso seco da casca), mas ocorrem também as hemiceluloses, que são do mesmo tipo da madeira. Normalmente, ocorre em muitas cascas, especialmente nas de Pinho, uma arabinana altamente ramificada (polímero de (1-5) alfa-L-arabinofuranos), que pode ser extraída em éter ou etanol (Sjöström, 1991).

Os extrativos, normalmente encontrados na casca, são representados, principalmente, por taninos, óleos voláteis, ceras, graxas, proteínas, amido, ácidos e álcoois de elevado peso molecular. A casca apresenta também elevados teores de compostos minerais, expressos como cinzas ou constituintes inorgânicos (Barrichelo & Brito, 1976).

Os extrativos são, portanto, os componentes orgânicos não-estruturais da parede celular. Na cortiça de *Quercus suber*, o total desses extrativos apresenta grande variabilidade, de 8% a 24%, em relação à massa seca, mas, a maioria das referências indica um teor de extrativos entre 14% a 18% (Fortes et al., 2004).

2.5 Propriedades gerais da cortiça

A cortiça distingue-se dos demais tecidos pela leveza, flutuabilidade e elasticidade, sendo de grande importância para os vegetais, pelo aspecto protetor contra fatores ambientais adversos (Macedo, 1991). De acordo com Lima (1989), a cortiça como fonte de matéria-prima, tem seu uso difundido decorrente de suas características, como baixa massa específica, compressibilidade, baixa absorção de água e gases e má condução de calor.

Fortes (1989) considera como valores especiais o conjunto de propriedades da cortiça. Tais propriedades especiais podem ser citadas, como a baixa resistência à deformação, grande capacidade de absorção de energia (em impacto), grande capacidade de dissipação de energia (em vibrações), baixa

condutividade térmica, baixa absorção de água e de outros líquidos, além de boa resistência ao fogo.

Os principais empregos da cortiça, tanto na forma original como reduzida a pó e agregadas com novas substâncias, são: isolamento térmico (refrigeradores, aquecedores, estufas, etc.), rolhas, sapatos, salva-vidas, tapetes, palmilhas, etc. Os desperdícios são aproveitados na indústria de linóleo, serragem da cortiça e fabricação de aglomerados.

A fabricação de painéis aglomerados tem como principais aplicações: revestimento de assoalhos, revestimentos de paredes e painéis de afixação (Fortes, 1989).

2.6 A *Kielmeyera coriacea*

Dentre as várias espécies que compõem a vegetação nativa brasileira, a *Kielmeyera coriacea*, conhecida popularmente como pau-santo (Figura 1.6), da família Guttiferae, é freqüentemente mencionada, na literatura, como a principal espécie arbórea produtora de cortiça (Dionello & Basta, 1980).



FIGURA 1.6 Árvore de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo).

Rizzini & Mors (1995) relatam que, apesar da importância desta espécie na produção de sùber, a sua exploração ainda é ineficiente, seja pela falta de conhecimento desta cortiça e das pequenas espessuras (1 a 2 cm) apresentadas nos troncos dessas árvores. Porém, descrevem, ainda, a grande abundância e acessibilidade desta planta no cerrado brasileiro.

O gênero *Kielmeyera* Mart. é endêmico da América do Sul, compreendendo cerca de 47 espécies, sendo 45 nativas do Brasil (Rizzini & Hering, 1962). A faixa geográfica de distribuição do gênero abrange as cinco regiões naturais do Brasil, todavia, as regiões Norte e Sul apresentam pouquíssimas espécies. Evidências geográficas indicam que o endemismo é muito alto entre *Kielmeyera*, estando às espécies de *Kielmeyera* maciçamente concentradas no Brasil Central. Somente algumas espécies exibem amplas distribuições, como a *K. coriacea* e *K. rubriflora* (Gramacho, 1997).

O gênero *Kielmeyera* ocorre nos cerrados, sendo facilmente encontrado em Minas Gerais. Contudo, em determinadas áreas, quase foram extintas, devido à exploração não sustentada, com muitas culturas agrícolas nas áreas ocupadas com a espécie, sem que houvesse cultivo ou estudos sobre sua biologia (Arellano, 1991).

A espécie *kielmeyera coriacea* apresenta altura de 1 a 4 m, com folhas obovadas, coriáceas e espatulares de 20 a 60 cm². As flores são carnosas e possuem de 6 a 8 cm de diâmetro e passam do branco ao rosa à medida que senescem. Os frutos também são carnosos, alongados e ásperos, mas, à medida que amadurecem, tornam-se lenhosos (Almeida, 1946).

A época de floração da espécie ocorre de outubro a dezembro, início da estação chuvosa, frutificando de novembro a setembro. A manufatura dos frutos coincide com a estação seca. As sementes não possuem mecanismo de dormência (Oliveira, 1986).

Segundo Ferreira (1996), as flores e os frutos são utilizados por floricultores para a confecção de arranjos ornamentais denominados popularmente de “flores do planalto”.

Os representantes da espécie, assim como a grande maioria das espécies de cerrado, apresentam suas partes subterrâneas muito mais desenvolvidas que a aérea (Arellano, 1991). A casca externa é fortemente suberificada, da qual se extrai a cortiça (Souza, 1974).

A exploração do pau-santo pode ser feita em ciclos e rotações de cinco a seis anos, quando se apresenta com 15 a 20 cm de diâmetro, possuindo uma capacidade de rebrota muito boa (Souza 1974, citado por Lima 1989).

A quantificação de casca gerada pela espécie, de acordo com Ferreira (1974), pode atingir valores médios de 45,67% a 54,33% de acordo com o percentual de volume de galhos em relação ao volume total, assim como do volume do fuste em relação ao volume total respectivamente. O material corticoso apresenta alto percentual dependente da localização geográfica e classe diamétrica da árvore, podendo representar até 75% do volume das plantas.

2.7 Painéis de aglomerado

Aglomerado é um painel manufaturado a partir de materiais lignocelulósicos, essencialmente na forma de partículas que são ligadas por adesivos sintéticos ou outros por agentes aglutinantes apropriados, sob calor e pressão, em um processo no qual as ligações entre as partículas são totalmente realizadas pela adição de um agente aglutinante (Ford-Robertson, 1971).

As chapas de partículas de madeira aglomerada surgiram na Alemanha, no início da década de 1940, como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, em face da dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para a produção de lâminas para compensados, devido ao isolamento deste país durante a 2ª Guerra Mundial (Iwakiri, 1998).

Conforme o mesmo autor, a produção foi paralisada logo a seguir, devido à redução na disponibilidade de resina, tendo em vista a prioridade de uso do petróleo para finalidade militar. Após a guerra, em 1946, o processo de desenvolvimento foi retomado nos Estados Unidos, com o aperfeiçoamento de equipamentos e dos processos produtivos. A partir da década de 1960, houve grande expansão, em termos de instalações industriais e avanços tecnológicos, que culminaram em desenvolvimento de chapas estruturais tipo “waferboard” e “OSB”, em meados da década de 1970.

Qualquer espécie de madeira ou mesmo outras fontes de fibras, como bagaço de cana ou casca de arroz e determinadas cascas incluindo a cortiça, pode ser usada para a fabricação de aglomerados. A qualidade do produto final, no entanto, limita o campo de escolha e as variáveis de processo.

De acordo com Fortes et al. (2004), os aglomerados à base de cortiça são compostos que tendem assemelhar-se à cortiça natural, permitindo a obtenção de produtos com formas geométricas bastante variadas.

Existem dois tipos básicos de aglomerados de cortiça nas indústrias européias: os aglomerados puros, nos quais só se utiliza a cortiça, e os aglomerados compostos, que utilizam, além da cortiça, também um material adesivo. Ambos são constituídos por pedaços de cortiça aglutinados, usando-se, na sua fabricação, granulados de cortiças e os desperdícios das operações da fabricação de rolhas (Fortes, 1989).

2.7.1 Aglomerado puro

O aglomerado puro é um tipo de aglomerado em cujo processo de aglutinação não são utilizados quaisquer aglutinantes exteriores à própria cortiça. As resinas naturais da cortiça promovem o processo de aglutinação. Este tipo de aglomerado é utilizado, principalmente, como isolante térmico, acústico

ou vibrático, diferindo na granulometria utilizada e na pressão aplicada em cada um dos casos (INET, 2001).

Este aglomerado é obtido a partir de pedaços de cortiça de dimensões entre 1 e 5 cm. Os pedaços são comprimidos e colocados em autoclave, onde são tratados com vapor de água. O grau de compressão pode ser variado, o que origina diferentes densidades do produto final. As partículas de cortiça ficam coladas umas às outras, com alguma porosidade entre elas, dependente do grau de compactação inicial. Quando a temperatura do vapor é elevada (300°C), o aglomerado fica com uma cor muito escura e é designado de aglomerado negro (Fortes, 1989).

O processamento industrial dos aglomerados puros, segundo o Guia Técnico – Indústria da Cortiça (INET, 2001), pode ser dividido em 6 etapas, descritas a seguir.

1) Cozimento

É realizado em autoclaves ou tanques, que constituem o próprio molde para os blocos. Os moldes são cheios com o granulado de cortiça seca, a tampa é fechada e a mistura é prensada. A aglomeração é feita por ação do vapor. Este é introduzido por orifícios existentes na parte inferior da autoclave e atravessa o granulado, permitindo, assim, a liberação das resinas naturais da cortiça e, conseqüentemente, a sua aglutinação. Para os aglomerados de maior densidade (vibráticos), pode existir, ainda, uma segunda compactação até se obter a massa volumétrica desejada. O tempo de cozimento depende do teor de umidade do granulado, da temperatura do vapor e do volume/massa do granulado.

2) Secagem

Procede-se a uma secagem do granulado (por injeção de ar quente), até se alcançar um teor de umidade ideal para a operação de cozimento (6% a 8%).

A temperatura de secagem não pode ser muito elevada, para não haver perda das resinas naturais da cortiça e para a diminuição do tempo de autoclavagem.

3) Desmoldação

Os blocos são retirados automaticamente das autoclaves, seguindo para o arrefecimento.

4) Arrefecimento

O arrefecimento dos blocos é feito por ducha com água fervente. Esta operação é necessária para evitar a autocombustão dos blocos. No entanto, a superfície mais interior dos blocos ainda pode entrar em combustão.

5) Estabilização

Essa etapa permite um completo arrefecimento dos blocos e a sua estabilização dimensional. Tem duração variável, em função dos processos e das produções.

6) Serragem e acabamento

Os blocos são cortados em placas com serra de fita. Para o acabamento, são cortados as bases e os topos dos blocos, superfície em que o acabamento é pior, podendo acontecer pontos de carbonização ou acumulação de alcatrões.

2.7.2 Aglomerado composto

Esse tipo de aglomerado utiliza aglutinante sintético, e o produto final resulta em revestimento para paredes ou pavimentos. As propriedades dos aglomerados compostos dependem da granulometria das partículas de cortiça, da classe e do teor de adesivo, e ainda do processo de fabricação (Fortes, 2004).

O processamento industrial dos aglomerados compostos, segundo o Guia Técnico – Indústria da Cortiça (INET, 2001), pode ser dividido em 12 etapas, descritas a seguir.

1) Dosagem/mistura

A quantidade de aglutinantes, granulado e, em alguns casos, também o corante, é dosada manualmente ou automaticamente. A mistura é, normalmente, feita em tambores com pás em movimento, para promover a homogeneização e a mistura. Na fabricação deste tipo de aglomerado são utilizados, geralmente, resinas sintéticas do tipo fenólica e uréia-formadeído, poliuretano e melamínicas, sendo, por vezes, utilizadas resinas de origem vegetal, como o óleo de caju.

2) Prensagem

A mistura de granulados e aglutinantes é colocada em moldes metálicos e tapada em seguida sendo a mistura prensada pela tampa por meio de uma prensa hidráulica. Na obtenção de rolos de aglomerado, em vez de blocos são utilizados moldes cilíndricos e laminagem contínua. Em alguns casos, a mistura é colocada num tapete rolante, sendo prensada e polimerizada seqüencialmente, obtendo-se, assim, um painel de cada vez, em vez de blocos.

3) Polimerização (Cura)

Esta etapa tem como objetivo a polimerização de resinas, promovendo a adesividade dos grãos de granulado. Esta operação é realizada em estufas, onde a temperatura utilizada (110°-150°C) e o período de duração (4 a 22h) são funções do tipo de aglutinante e granulados utilizados.

4) Desmoldagem

Consiste em retirar os blocos de cortiça dos moldes, utilizando, em alguns casos, desmoldantes (papel com parafina, talco ou outro), para facilitar a extração do bloco.

5) Arrefecimento

O arrefecimento dos blocos é feito ao ar livre, o que permite a sua estabilização, exceto no caso dos blocos destinados ao parquet que, por possuírem maior densidade, seguem diretamente para a operação de laminação.

6) Laminação

Corte dos blocos em placas ou folhas com a espessura pretendida. No caso dos cilindros de aglomerado (soft), este é “desenrolado” por laminação após desmoldagem.

7) Corte primário

Corte da placa de aglomerado ao meio, com o objetivo de reduzir os tempos de estabilização dimensional e facilitar as operações de corte e acabamentos posteriores.

8) Estabilização

Disposição das placas em gaiolas metálicas durante 30 dias, de modo a eliminar as tensões devido às variações de temperatura e umidade.

9) Lixagem

Lixagem superficial das placas para acerto da espessura e grau de rugosidade. As lixadeiras são, normalmente, de rolos ou de bandas abrasivas.

10) Corte

Transformação das placas de aglomerado em ladrilhos quadrados ou retangulares.

11) Colagem

Utilizado para alguns tipos de decorativos, em que se sobrepõem vários tipos de folhas de aglomerados ou de aglomerado com outros materiais, como plástico ou madeira. A colagem das camadas sucessivas é feita por distribuição de cola numa das faces da lâmina.

12) Prensagem/secagem

É um tipo de acabamento no qual é aplicado verniz nas placas por meio de rolos ou cortina. A secagem é feita em túneis por raio ultravioleta (UV) e ar ambiente ou ar quente, em função do tipo de verniz utilizado, acrílico ou poliuretano, respectivamente. Abrange as seguintes fases: aplicação primária com rolos, secagem em túnel de UV, passagem por tapete com cortina de verniz e secagem ao ambiente (36 horas).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R. **Moratória para os cerrados:** Elementos para uma estratégia de agricultura sustentável. São Paulo, 1999, 19 p.

ALMEIDA, G. Cortiças. **Revista Florestal**. Rio de Janeiro. v. 9, n.2, p. 10-24 1946.

AMORIM CORTICEIRA. Disponível em <<http://www.investinportugal.pt>> Acesso em: 13 set. 2006.

ARELLO, E. F. Aspectos gerais do comportamento “in vitro” de *Kielmeyera coriacea* Martius (Guttiferae): **Produção e enraizamento de brotações**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/ UFLA, 1991, 148 p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE CORTIÇA - APCOR. **Notícias APCOR: Exportações totais de cortiça descem**. ed. 35, abr. 2004.

BAPTISTA, G.; ANJOS. O.; RAMALHO, M. J. Importância do Sector Corticeiro na Economia Portuguesa. In. CONGRESSO DE ESTUDOS RURAIS: TERRITÓRIO, AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO, 1., 2002, Lisboa. **Anais...** Lisboa, 2002.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **A madeira das espécies de Eucalipto como combustível: Análise química imediata da madeira e da casca**. IPEF, Piracicaba, (16) : 63 - 70, 1976.

CORDEIRO, N.; BELGACEM, M.N; SILVESTRE, A.J.D, PASCOAL, N. GANDINI. Cork suberin as a new source of chemicals: Isolation and chemical characterization of its composition. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v.22, n. 2, p. 71 - 80, 1998.

CORTIÇA, uma indústria bicentenária, abr. 2003. Disponível em: <<http://www.e-mercatura.net/html/pt/artigo.asp?id=293>>. Acesso em: 20 dez. 2006.

CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal**. Parte I. Células e Tecidos, 2002, 120p.

DIAS, D. P.; JOÃO, L. C. **Biologia**. São Paulo, Moderna/IBEP. Ciência: Escola moderna, 1978, vol. 3. p. 9

DIONELLO, S.B.; BASTA, F. Informações sobre os caracteres quantitativos e qualitativos dos frutos e sementes de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Brasil Florestal**. Brasília, v. 10, n. 44, p. 75 - 80, 1980.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1997, 550 p.

FERREIRA, M. B. **Flores do planalto: divisas para Brasília**. Cerrado, Brasília, 1974, 23 p.

FERREIRA, S.O. **Avaliação do potencial de material corticoso do pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), em nove regiões do estado de Minas Gerais através de modelos volumétricos**. Lavras - MG: Universidade Federal de Lavras/UFLA, 1996. 34 p. (Monografia – Engenharia Florestal).

FORD-ROBERTSON, F.C. **Terminology of forest science, technology practice and products**. Washington D. C.: Society of American Foresters, 1971. 349 p.

FORTES, M. A. A cortiça. **Colóquio de Ciências**. Lisboa, n. 4, jan/abr, 35 - 60 p. 1989.

FORTES, M. A.; ROSA, M. E.; PEREIRA, H. **A cortiça**. Lisboa: IST Press, 2004, 259 p.

GLÓRIA, B.A.; GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal**. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2003, 437 p.

GRAMACHO, R. S. **Estudo Químico do caule de *Kielmeyera elata* e aplicações biológicas de seus constituintes químicos**. . Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/ UFV, 1997, 147 p. (Dissertação – Mestrado em Agroquímica).

INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL- INET. **Guia técnico: Indústria da Cortiça**. Lisboa, p. 78, out. 2001.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira.**— Apostila Setor de Ciências Agrárias. (Curso de Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1998, 128 p.

LIMA, M.Z. **Influência da semente e luz na produção de mudas de essências nativas: barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth) e pau-santo.** Lavras - MG: Universidade Federal de Lavras/UFLA, 1989. 17 p. (Monografia – Engenharia Florestal).

MACEDO, J.F. Plantas corticosas do cerrado e sua utilização. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n 168, p.33-37, 1991.

HISTÓRIA CIÊNCIA E SAÚDE, **Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 4, n.3, p. 411-459, 1997. Disponível em: < <http://www.scielo.br> > Acesso em: 02 Jan 2007.

MITO DA ROLHA DE CORTIÇA ESTRAGA O BOM VINHO, ago. 2004. Disponível em <<http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,1309746,00.html>>. Acesso em: 02 jan. 2007.

OLIVEIRA, P. E. **Biologia de reprodução de espécies de *Kielmeyera coriacea* (Guttiferae) de cerrados de Brasília.** 1986. 89 p. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, DF.

PINA, P.; FORTES, M. A. Characterization of cells in cork. **Journal of Physics. D; Applied Physics**, Bristol, n. 9, v. 29, set. p. 2507-2514, 1996.

RIZZINI, C. T.; HERING, E. P. Preliminares acerca das formações vegetais e reflorestamento no Brasil Central. **Secretaria de Agricultura**. Rio de Janeiro, 1962.

RIZZINI, C. T.; MORS, W.B. **Botânica econômica brasileira.** São Paulo, EPU, 1976. 207 p.

RIZZINI, C. T.; MORS, W.B. **Botânica econômica brasileira.** 2º ed. revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 1995. 248 p.

SOUZA, F. P. **Tecnologia de Produtos Florestais.** Imprensa Nacional, Rio de Janeiro. 1974. 409 p.

SJÖSTROM, E. **Wood chemistry: Fundamentals and applications.** 2nd Edition Academic Press, Inc. USA , p. 109-113, 1991.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA, FÍSICA E QUÍMICA DA CORTIÇA DE *Kielmeyera coriacea* MART. (PAU-SANTO)

RESUMO

RIOS, P. D. **Caracterização anatômica, física e química da cortiça de *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo)**. 2007. Cap. 2, 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG³.

Os objetivos deste capítulo foram: i) descrever a morfologia anatômica microscópica das células, ii) determinar a densidade anidra e analisar quantitativamente a composição química da cortiça e iii) determinar qualitativamente a composição química da suberina. Foram coletadas, aleatoriamente, cascas de 16 árvores de *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo), na posição do diâmetro à altura do peito (DAP), provenientes de povoamentos nativos localizados na região de Luminárias, MG. A caracterização morfológica foi realizada por meio de contagem dos vértices e de mensurações das células, utilizando software específico das imagens obtidas em microscópio eletrônico de varredura. A densidade anidra foi determinada pelo método de imersão em mercúrio e a composição química da cortiça por adaptações de métodos de análise química quantitativa para madeira. A determinação qualitativa da suberina foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa. As células de cortiça da *Kielmeyera coriacea*, em relação à distribuição de poligonalidades, apresentaram vértices de 4, 5, 6, 7 e 8, com predominância do vértice 6. A altura e a espessura das paredes das células apresentaram valores de 40 a 70 μm e 1,5 a 2,0 μm , respectivamente. A densidade aparente encontrada foi de 0,23 g/cm^3 , a composição química da cortiça foi de 24,6% de extrativos totais, 20,6% de suberina, 25,9% de lignina, 28,0% de polissacarídeos e 0,90% de cinzas (% massa seca). Foram detectados 15 compostos no extrato despolimerizado extraído da cortiça, com predominância majoritária dos (di)ácidos graxos hidroxilados característicos da suberina.

³ Comitê Orientador: Fábio Akira Mori (Orientador) – UFLA, Lourival Marin Mendes – UFLA, (Co-Orientador).

CHAPTER II

ANATOMICAL, PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE CORK FROM *Kielmeyera coriacea* MART. (PAU-SANTO)

ABSTRACT

RIOS, P. D. **Anatomical, physical and chemical characterization of the cork from *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo)**. 2007. Cap. 2, 85 p. Dissertation (Master in Forestry) – Federal University of Lavras, Lavras, MG⁴.

The objectives of this chapter were: i) to report the anatomical characteristics of cork through the morphological shapes of cells, ii) to determine the nominal density and analyze quantitative chemical composition of the cork iii) to determine qualitative chemical composition of the cork suberin for this barks of 16 trees of *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo) were randomly collected at the position of the breast height diameter, coming from native populations situated at the region of Luminárias – Minas Gerais state, Brazil. The study of the morphological characteristics was conducted through the count of the vertices and measurements of cells by utilizing images obtained in the scanning electron microscope. The nominal density was determined by the mercury immersion method and the chemical composition of cork through adaptations of the general method of the quantitative chemical from wood. The qualitative determination of suberin was carried out through gas chromatography-mass spectrometry. The cork cells of *Kielmeyera coriacea* in relation to the distribution of polygonalities presented vertices of 4; 5; 6; 7 and 8, with the predominance of vertex 6. The average height and thickness of the cell walls presented values of 40 to 70 μm and 1.5 to 2.0 μm , respectively. The apparent density was of 0.23 g/cm^3 , the chemical composition of cork was of 24.6 % of total extractives, 20.6% of suberin, 25.9% of lignin, 28.0% of polysaccharides and 0.90% of ashes (% dry matter). 15 compounds were detected in the depolymerized extract from cork with the majority predominance of (di) hydroxylated fatty acids characteristic of suberin.

⁴Guidance Committee: Fábio Akira Mori (Adviser) – UFLA, Lourival Marin Mendes – UFLA, (Co-Adviser).

1 INTRODUÇÃO

O potencial de utilização das cascas de espécies florestais implica no conhecimento de seus constituintes, envolvendo sua natureza anatômica, física e química. A obtenção de tais informações torna-se indispensável para a aplicação tecnológica e utilizações adequadas da espécie.

A casca sempre recebeu menor atenção dos pesquisadores, comparada à madeira, principalmente no se refere aos estudos de suas características. Essas características podem ser objeto de investigação, pois, muitos aspectos podem, ainda, ser conhecidos.

Entre as espécies que apresentam alto potencial de utilização da casca está a *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), árvore nativa brasileira que se destaca pela abundância no cerrado. Sua cortiça é leve, facilmente acessível e destacável da planta, com espessura variando entre 1 a 2 cm (Rizzini & Mors, 1976).

O xilema secundário da *Kielmeyera coriacea* já foi objeto de estudos anatômicos. Lima & Marcati (1989) descrevem as características do lenho dessa espécie, mas, até o momento, estudos sobre a anatomia da casca da *Kielmeyera coriacea* são desconhecidos, o que pode ser explicado, talvez, pela falta de interesse econômico pelo material.

Uma espécie européia muito estudada, no que se refere às células de cortiça, é a *Quercus suber* (Sobreiro). Suas células são hexagonais e cheias de ar, conferindo ao material propriedades tecnológicas relevantes, como resistência à deformação e ao calor, e impermeabilidade, entre outras.

Assim, o estudo das células da cortiça de *Kielmeyera coriacea* pode esclarecer propriedades fundamentais, para auxiliar no seu emprego em produção de rolhas comerciais e aglomerados no Brasil, prevendo possíveis adequações a determinadas utilizações.

Quanto às propriedades físico-químicas, sabe-se que a densidade e o conhecimento da natureza química da cortiça delimitam o comportamento como matéria-prima para diversos fins.

Na espécie *Quercus suber*, estudos sobre essas propriedades são intensivos. Sabe-se que sua cortiça apresenta uma densidade aparente aproximada de $0,2 \text{ g/cm}^3$ e uma composição química essencialmente caracterizada pela suberina, lignina, celulose e polissacarídeos (Fortes, 1989). Tal composição é semelhante à composição química da madeira, com exceção da suberina, que confere autênticas propriedades ao material, como a impermeabilização de líquidos e gases.

O estudo dessas características é fundamental para se prever o comportamento industrial, considerando, contudo, a carência de estudos relativos dessa ordem. Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram:

- descrever as características anatômicas da cortiça de *Kielmeyera coriacea* Mart. por meio da sua estrutura microscópica em relação aos aspectos morfológicos das células;
- determinar a densidade aparente e analisar quantitativamente a composição química da cortiça;
- determinar qualitativamente a composição química da suberina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizaram-se cascas das árvores de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), provenientes de povoamentos nativos localizados próximos a Luminárias, no estado de Minas Gerais. Seleccionaram-se 16 árvores, de forma aleatória, no campo, com classe diamétrica variando de 4 a 10 cm e a altura total entre 4 e 5 m.

2.1 Coleta do material - extração da cortiça

A cortiça foi retirada dos troncos das árvores por meio de corte com facão e seu posterior desprendimento, separando-se assim, a camada de cortiça do tronco, por rasgamento das células do felogênio, sem comprometer a vida da árvore, conforme a Figura 2.1.

Após a retirada, o material foi transportado para o Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.



FIGURA 2.1 Aspecto do descortiçamento da árvore de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo)

2.2 Propriedades avaliadas na cortiça

2.2.1 Caracterização anatômica

2.2.2 Microscopia eletrônica de varredura – MEV

Para a preparação das amostras foram coletadas, aleatoriamente, cascas das árvores na posição do diâmetro à altura do peito (DAP). As amostras foram preparadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultra-Estrutural (LME) – DFP/PRP/ UFLA.

Todas as amostras foram imersas em solução fixativa (Karnovisk's modificado), pH 7,2, por um período de 24 horas. Em seguida, foram transferidas para líquido crio-protetor (glicerol 30%) por 30 minutos e cortadas, transversalmente e longitudinalmente, em nitrogênio líquido. Este procedimento de corte em nitrogênio líquido foi realizado para se estudar as características internas da estrutura da cortiça. A espessura e as dimensões das amostras cortadas foi em torno de 10 x 10 x 10 mm.

As secções obtidas foram transferidas para uma solução de tetróxido de ósmio 1% em água, por 1 hora, e, subseqüentemente, desidratadas em uma série crescente de acetona (30%, 50%, 70%, 90% e 100% por três vezes) e, em seguida, levadas para o aparelho de ponto crítico, para completar a secagem.

As amostras obtidas foram montadas, em suportes de alumínio *stubs*, com a ajuda de uma fita de carbono dupla face colocada sobre uma película de papel alumínio. Depois de montadas, os *stubs* foram levados ao Sputtering para o banho de ouro, favorecendo uma maior resistência das amostras e também um aumento da condutividade das mesmas.

As amostras foram observadas em microscópio eletrônico de varredura modelo Leo Evo 40XVP. Geraram-se diversas imagens para as amostras que foram registradas digitalmente em aumentos variáveis, nas condições de trabalho de 20 Kv e distância de trabalho de 9 mm.

2.2.2.3 Mensuração das células e distribuição de poligonalidade

As mensurações das estruturas foram determinadas pelo software específico das imagens capturadas no microscópio eletrônico de varredura, medindo-se a altura das cavidades celulares e a espessura da parede celular.

A distribuição de poligonalidade, isto é, o número de lados (vértices) das células de uma determinada seção, foi determinada com base nas imagens das seções tangenciais e não tangencias, obtidas também no microscópio eletrônico de varredura. As distribuições foram determinadas por meio da fração f_i de células com i lados, que é definida por:

$$f_i = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

em que N_i representa o número de células com i lados e $\sum N_i$, o número total de células. Portanto:

$$\sum f_i = 1$$

O parâmetro que mede a desordem topológica de uma rede bidimensional (distribuição de i com relação à média) foi definido por meio da equação, conforme Fortes et al. (2004):

$$\mu_2 = \sum (i - 6)^2 f_i$$

em que:

μ_2 = desordem topológica

f_i = distribuição da poligonalidade

i = número de lados

2.2.3 Caracterização físico-química

Foram determinadas as seguintes propriedades da cortiça: densidade anidra e composição química.

2.2.3.1 Determinação da densidade anidra

A densidade anidra da cortiça foi determinada de acordo com o método de imersão em mercúrio.

Para a determinação do volume das amostras, pedaços de cortiça foram secos em estufa, a $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, pesados e imersos em mercúrio à temperatura de 20°C , obtendo-se, assim, a massa do mercúrio deslocado. Utilizando-se a massa específica do mercúrio (1) e a massa da amostra, foram, então, determinados o volume total (cm^3) e, posteriormente, suas devidas densidades (g/cm^3) (2).

(1) Fórmula de determinação da densidade do mercúrio:

$$Pe_{\text{Hg}} = 13,6052 - (0,00254 * T^{\circ}\text{C})$$

em que:

Pe = massa específica ou densidade

$T^{\circ}\text{C}$ = temperatura, em graus Celsius

(2) Fórmula de determinação da densidade anidra:

$$D_o = \frac{M_o}{V_o}$$

em que:

D_o = densidade anidra (g/cm^3)

M_o = massa seca (g)

V_o = volume seco

2.2.3.1 Análise química

2.2.3.1.1 Análise quantitativa da cortiça

Na análise química da cortiça recorreu-se a adaptações de métodos de análise química quantitativa, normalmente utilizada para a madeira, quantificando, assim, a totalidade do material, ou seja, o conjunto dos componentes estruturais e não-estruturais agrupados por diversos tipos de componentes.

Para a análise química, foi determinada a percentagem de massa seca dos extrativos, da suberina, de lignina, dos polissacarídeos e dos compostos inorgânicos.

O esquema de análise química proposto para a cortiça (Fortes et al., 2004) foi realizado de acordo com os passos descritos na Figura 2.2.

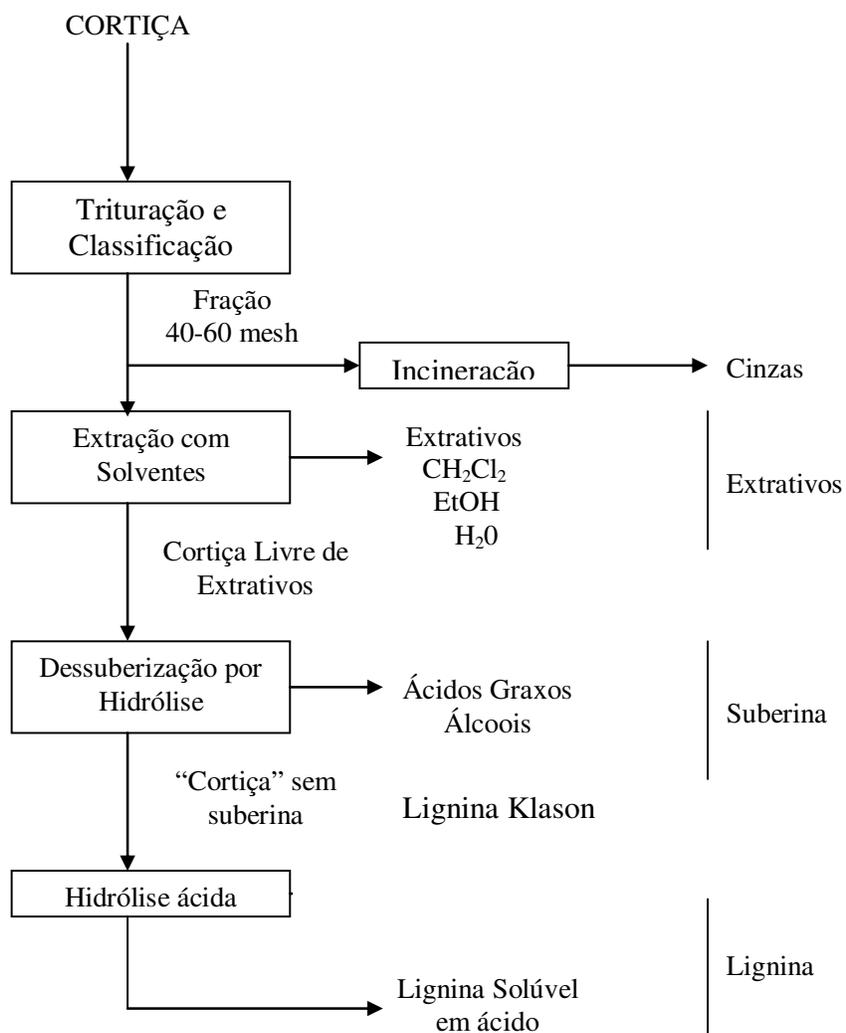


FIGURA 2.2 Esquema de análise química para cortiça (adaptado de Fortes et al., 2004).

1º Passo: A cortiça foi triturada em moinho martelo e classificada por um sistema de peneiras metálicas com malhas conhecidas (40-60 mesh). Esse

material foi acondicionado em ambiente climatizado a 20°C (\pm 3°C) de temperatura e a 60% (\pm 5°C) de umidade relativa.

A determinação da quantidade de extrativos totais foi realizada pesando-se 10 g absolutamente secos de material, em papel de filtro previamente seco e tarado em balança analítica com precisão de 0,0001g.

A extração dos componentes solúveis foi realizada em extrator tipo soxhlet, utilizando-se uma seqüência com três solventes de polaridade crescente (diclorometano, etanol e água), cada solvente com o tempo de 8 horas, o que permitiu a quantificação do material solubilizado.

Em seguida, foi calculada a porcentagem de extrativos totais da massa final após extrações com esses diferentes solventes, em relação à massa inicial.

2º Passo: Remoção da suberina por hidrólise alcalina, utilizando-se 150 ml de KOH (1 M) em etanol:água (9:1). A solução, juntamente com a amostra, foi levada ao banho de aquecimento, a 70°C, por 1 hora e 30 minutos. Após esse período, a fração da suberina foi isolada em funil de separação, adicionando-se 300 ml de água. A solução foi acidificada por adição de HCl 1 M até pH 5-6. Em seguida, por adição de três porções de 100 ml de diclorometano, foi separada a fração orgânica (suberina) para a quantificação gravimétrica.

3º Passo: Hidrólise dos polissacarídeos no material dessuberizado pela ação do ácido sulfúrico, de acordo com o procedimento descrito por Gomide & Demuner (1986).

Paralelamente, foi feita a determinação dos componentes inorgânicos (cinzas) por incineração da amostra, de acordo com a norma da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP, 1974).

2.3.1.2 Análise qualitativa da suberina

A análise qualitativa da suberina foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/MS) da suberina, no Departamento de Química da Universidade de Aveiro, Portugal. Para o processo de derivatização, a mistura resultante da hidrólise alcalina foi dissolvida em 250 µl de piridina, seguida da adição de 250 µl de bis (trimetilsilil) trifluoracetamida (BSTFA) e de 50µl de trimetilclorosilano (TMSCl). A mistura reacional foi aquecida a 70°C, durante 45 minutos, permitindo a conversão dos componentes da mistura em derivados trimetilsililados.

Para a análise por CG-MS, a separação e a identificação dos diferentes compostos foram efetuadas recorrendo-se a um CG/MS Trace CG 2000/Finnigan Trace MS (ionização por impacto eletrónico-70 eV, analisador quadrupolar), utilizando-se uma coluna Rtx-1MS (30m × 0,32mm i.d× 0,25 µm de espessura de filme) e o hélio como gás de arraste. A programação de temperaturas foi a seguinte: temperatura inicial de 80°C (5 min), 4°C/min, até 285°C (10 min), 5°C/min, até a temperatura final de 300°C (5 min). A temperatura do injetor foi de 270°C e a da interface 300°C. As amostras (1µL) foram injetadas, com 3 repetições, em modo split (1:100).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características anatômicas

As propriedades dos materiais estão intimamente relacionadas com a sua estrutura. O estudo das variações anatômicas dos elementos, seja do lenho, seja da casca das árvores, tem efeito importante sobre a qualidade do produto final. A seguir, estão representadas a distribuição de poligonalidades e as dimensões das células da cortiça de *Kielmeyera coriacea*.

3.1.1 Distribuição de poligonalidades

As observações das seções principais da cortiça, obtidas a partir das imagens do microscópio eletrônico de varredura, são mostradas a seguir.

Na Figura 2.3, observa-se uma fotomicrografia da seção tangencial de uma amostra de cortiça de *Kielmeyera coriacea*, e na Figura 2.4, esquematiza-se, nessa mesma seção, a indicação do número de lados de cada célula.

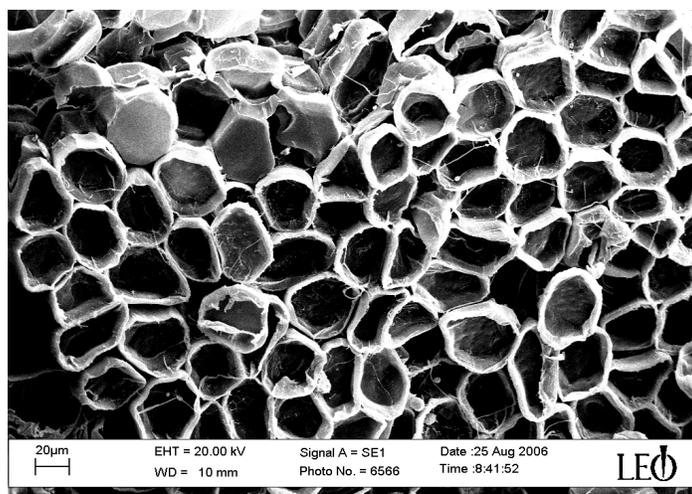


FIGURA 2.3 Seção tangencial da cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pausado).

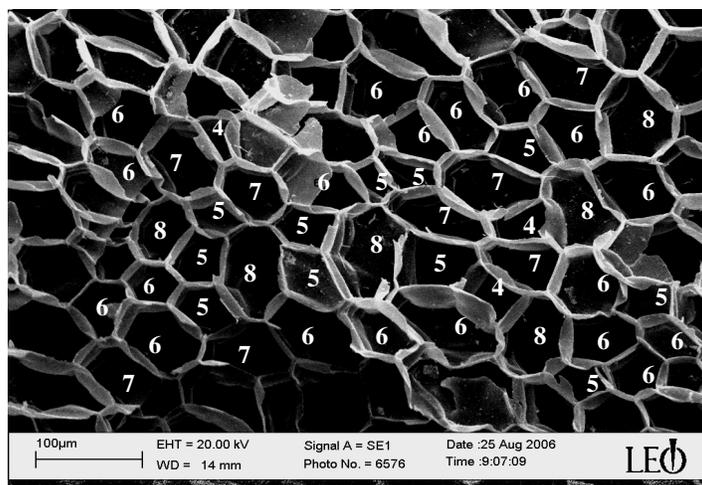


FIGURA 2.4 Seção tangencial da cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) com a indicação do número de vértices de cada célula.

Na Tabela 2.1 mostra-se a distribuição de poligonalidades obtidas na seção tangencial da cortiça *Kielmeyera coriacea* (Figura 2.4), em comparação com a cortiça de *Quercus suber*

TABELA 2.1 Distribuição média de poligonalidades na seção tangencial da cortiça de *Kielmeyera coriacea* e *Quercus suber*.

Nº de células	f_i (<i>Kielmeyera coriacea</i>)	f_i (<i>Quercus suber</i>)*
f_4	0,06	0,07
f_5	0,23	0,25
f_6	0,40	0,38
f_7	0,17	0,24
f_8	0,13	0,06
f_9	0,00	0,01
Total	1	1

f_i : distribuição da poligonalidades (células com i lados); N_i : Número de células com i lados; * Fortes et al. (2004).

Verifica-se, pela Figura 2.4, que o número de lados de cada célula é variável e observações realizadas utilizando a amostra de cortiça mostram que, nesta seção, o número de lados das células variou de 4 a 8. As células mais abundantes são as que têm 5, 6 e 7 lados, representando cerca de 80% do número total de células (o número médio de lados i das células é 6).

Esses valores são similares aos encontrados para a espécie *Quercus suber*, pois Fortes et al. (2004) citam a distribuição de poligonalidades para a cortiça com o número de lados das células variando entre 4 e 9 e as células mais abundantes são as que também apresentam 5, 6 e 7 lados.

Para *Kielmeyera coriacea*, a distribuição de i em relação à média para a seção tangencial foi de $\mu_2 = 0,787234$. O valor relativamente baixo de μ_2 reflete a baixa dispersão dos valores de i , entre 4 e 8, com preponderância dos valores $i = 5, 6$ e 7 .

Diante desses valores, na seção tangencial, pode-se dizer que as paredes das células da cortiça encontram-se dispostas de forma aleatória, o que indica a não existência de qualquer orientação preferencial das paredes laterais das células. Esse fato também é observado e explicado por Fortes et al. (2004), em que as células de uma mesma “coluna” da espécie *Quercus suber* são geradas uma após a outra, pela mesma célula do felogênio. Cada célula do felogênio gera outras de forma independente das células do felogênio adjacente, e isso faz com que elas não tenham as bases alinhadas.

Assim, de forma geral, as células de cortiça da seção tangencial da *Kielmeyera coriacea* podem ser descritas, em sua maioria, como prismas hexagonais, o que, na prática, pode conferir algumas propriedades relevantes e desejáveis: elasticidade, acústica, etc., como as da cortiça de *Quercus suber*.

Na Figura 2.5, observa-se uma fotomicrografia da seção transversal da cortiça de *Kielmeyera coriacea* e, na Figura 2.6, uma microfotografia do aspecto da seção radial da mesma cortiça.

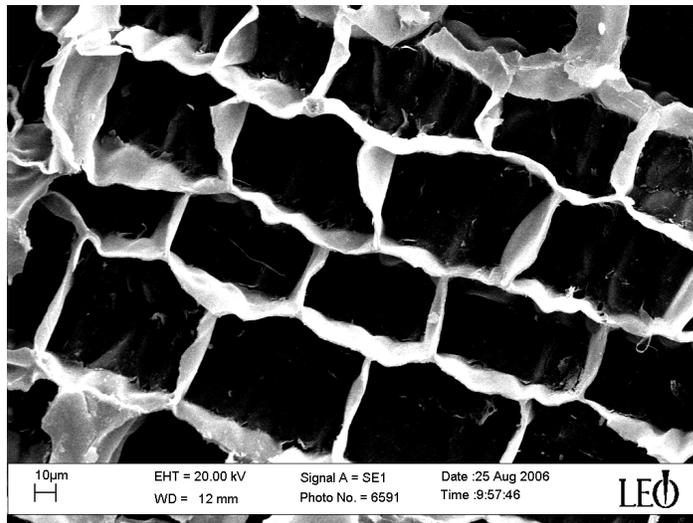


FIGURA 2.5 Seção transversal da cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo).

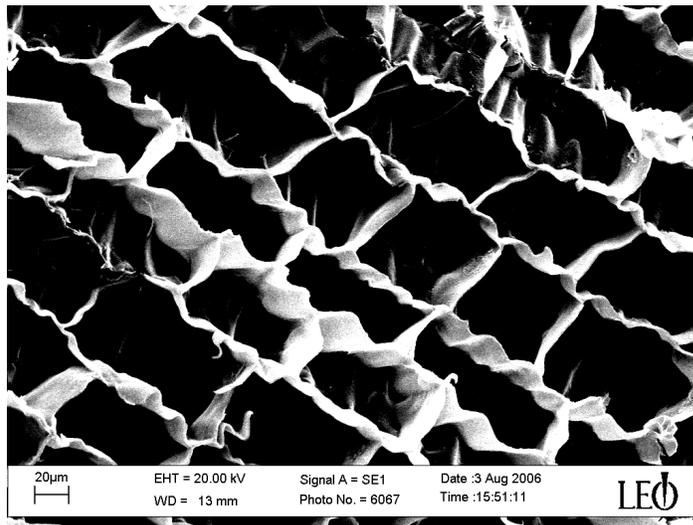


FIGURA 2.6 Seção radial da cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo).

Comparando-se as duas figuras, verifica-se que o aspecto das seções transversal e radial é bastante semelhante. O mesmo ocorre considerando

qualquer outra seção que possua a direção radial. Por esta razão, utiliza-se o termo seção não-tangencial para designar qualquer uma dessas seções (Fortes et al., 2004).

Na Figura 2.7, pode-se observar que, na seção não-tangencial, o número de lados de cada célula também é variável. Para a amostra de cortiça analisada nesta seção, o número de lados das células variou de 4 a 7.

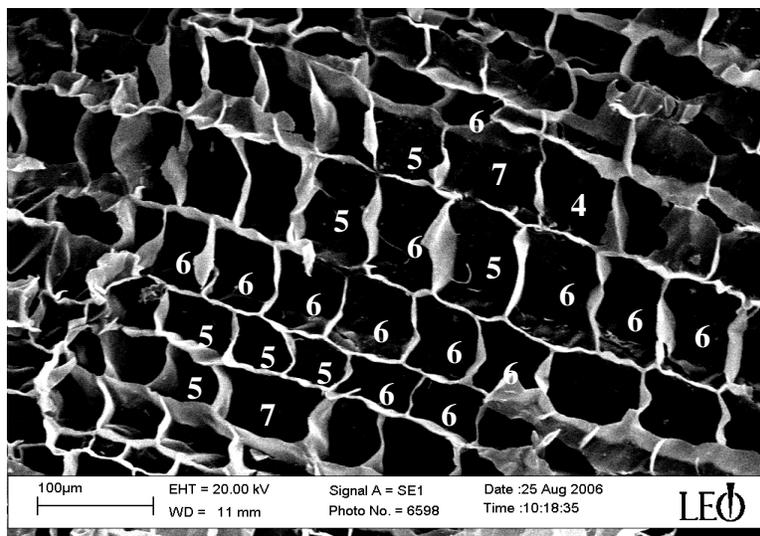


FIGURA 2.7 Seção não-tangencial da cortiça com indicação do número de lados (vértices) de cada célula de *Kialmeyera coriacea*.

Os dados da Tabela 2.2 mostram a distribuição de poligonalidades características das seções não-tangenciais da cortiça de *Kialmeyera coriacea* e *Quercus suber*. Comparando-se os resultados para a seção tangencial (Tabela 2.1) e a não tangencial verifica-se que, apesar de serem muito diferentes do ponto de vista topológico, os dois tipos de seções principais da cortiça apresentam-se distribuição de poligonalidades próximas.

TABELA 2.2 Distribuição média de poligonalidades na seção não-tangencial da cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) e *Quercus suber*.

Nº céls	fi (<i>Kielmeyera coriacea</i>)	fi (<i>Quercus suber</i>)*
f ₄	0,04	0,02
f ₅	0,29	0,22
f ₆	0,54	0,53
f ₇	0,13	0,18
f ₈	0	0,04
f ₉	0	0,01
TOTAL	1	1

fi = distribuição da poligonalidades (células com i lados); Ni = Número de células com i lados; * Fortes et al. (2004).

Para a *Kielmeyera coriacea*, a distribuição de i em relação à média, para a seção não-tangencial, foi de $\mu_2 = 0,583333$. O valor relativamente baixo de μ_2 reflete a baixa dispersão dos valores de i, entre 4 e 7, com preponderância dos valores $i = 5$ e 6.

Esses valores são similares aos encontrados para a espécie *Quercus suber*. De acordo com Fortes et al. (2004), a distribuição de poligonalidades para a cortiça com o número de lados das células variou entre 4 e 9 e as células mais abundantes são as que também apresentam 5 e 6 lados.

Assim, como foi discutido para a seção tangencial, observando-se a distribuição de poligonalidades, as células da cortiça também se encontram de forma aleatória, portanto, são geradas pelas células do felogênio de forma independente.

Ressalta-se, diante das Figuras 2.5 e 2.6, que as células de cortiça, na seção não-tangencial de *Kielmeyera coriacea*, podem ser comparadas, na

maioria, a retângulos. Na realidade, elas não apresentam paredes planas, sendo as paredes laterais das células onduladas.

As ondulações das paredes laterais das células podem surgir das tensões de compressão que ocorrem durante a própria gênese da cortiça, onde uma célula recém-formada “empurra” as células de cortiça já existentes, que se encontram na parte mais externa do tronco.

Essas ondulações desempenham, para a cortiça da *Kielmeyera coriacea*, um importante papel no comportamento mecânico porque, segundo Fortes et al. (2004), quanto mais acentuadas as ondulações, menos resistente a cortiça em questão. O contrário ocorre para menores ondulações.

3.1.2 Dimensões das células

As dimensões da altura e da espessura (parede celular), características das células da cortiça de *Kielmeyera coriacea* comparadas com *Quercus suber*, são mostradas na Tabela 2.3.

Os valores encontrados da cortiça em estudo apresentam semelhanças em relação aos encontrados para as células de primavera da cortiça de *Quercus suber*. De acordo com Fortes et al. (2004), a altura e a espessura das paredes das células de cortiça são classificadas de acordo com dois tipos, as células de primavera e as de outono. Para esses autores, as células de início de estação (células de primavera) são mais alongadas e compreendem altura aproximada de 30 a 40 μm , a espessura da parede celular situa-se entre 1 a 1,5 μm . Já as células de fim de estação (células de outono) são mais estreitas, tem altura aproximada de 10 a 15 μm , e a espessura da parede celular situa-se entre 2 a 3 μm .

TABELA 2.3 Dimensões das células da cortiça de *Kielmeyera coriacea* e da cortiça macia cozida de *Quercus suber*.

Espécie	Altura média (μm)	Espessura média (μm)
<i>Kielmeyera coriacea</i>	40 – 70 (20,85)**	1,5 – 2,0 (0,41)**
<i>Quercus suber</i> * (células de primavera)	30 - 40	1 – 1,5

* Fortes et al. (2004); ** desvio padrão

Fortes (1989) também cita que a altura média das células é bastante variável, indicando valores, para células de verão/outono, de 15 a 20 μm e, para células de primavera, de 30 a 40 μm .

De acordo com os resultados analisados, as maiores alturas e semelhantes espessuras das células de cortiça da *Kielmeyera coriacea*, comparadas com as células de cortiça macia (cortiça obtida após 18 anos da primeira extração) de *Quercus suber*, podem ser explicadas, talvez, pelas menores tensões de compressão que surgem durante a formação de cortiça da *Kielmeyera coriacea*, considerando as menores espessuras destas, comparadas com a cortiça de *Quercus suber*.

Mesmo com o processamento industrial da cortiça “macia” da *Quercus suber*, com a finalidade de provocar um baixo valor de amplitude das ondulações nas paredes celulares, as células da *Kielmeyera coriacea* apresentam maiores alturas. Diante do analisado e do ponto de vista tecnológico, a cortiça da *Kielmeyera coriacea* pode apresentar boa qualidade, já que não apresenta fortes ondulações, sendo assim, provavelmente, mais resistentes à ação mecânica.

3.2 Característica física

3.2.1 Densidade da cortiça

A densidade anidra a 0% de umidade foi de $0,23 \text{ g/cm}^3$, desvio padrão de $0,04$, com mínimo de $0,16 \text{ g/cm}^3$ e máximo de $0,30 \text{ g/cm}^3$. Esses valores para densidade podem ser explicados pelo aspecto característico da própria estrutura da cortiça que, em geral, apresenta uma baixa massa específica, comparada com as madeiras, que é resultante de o volume das paredes das suas células estar normalmente, compreendido entre 10% e 15% do seu volume total (Fonseca et al., 1994).

Fortes (1989) também menciona que as cortiças têm densidades muito variáveis, entre $0,12$ e $0,30 \text{ g/cm}^3$. Ainda, para o mesmo autor, esta variação de densidade está relacionada com três fatores principais que as provocam: a ondulação das suas paredes, a dimensão das células e, em menor proporção, a porosidade (canais lenticulares) da cortiça.

A densidade de $0,23 \text{ g/cm}^3$, encontrada para a *Kielmeyera coriacea*, também pode ser explicada por esses fatores mencionados. Verificou-se que, como a amostra foi obtida da primeira extração da cortiça da árvore, pode-se considerá-la, ainda, como “cortiça virgem”. Com isso, as maiores tensões de compressão que são geradas durante a gênese da cortiça nos primeiros anos de vida da árvore contribuem para que as paredes apresentem-se mais onduladas, ocasionando aumento da densidade. Para Fortes et al. (2004), esse tipo de cortiça na espécie *Quercus suber* apresenta, normalmente, densidades de 15% a 20% superiores à da cortiça macia, que é produzida pela mesma árvore em anos subseqüentes.

Para as dimensões celulares, como pôde ser observado no tópico 3.1.2, a cortiça da *Kielmeyera coriacea* apresenta, de maneira geral, células altas e paredes mais finas. Conseqüentemente, apresenta menor densidade. Porém, esses fatores, ondulações e dimensões das células não atuam independentemente

em relação à densidade, uma vez que as maiores ondulações ocorrem nas paredes mais finas e mais altas das células.

3.3 Características químicas

3.3.1 Análise quantitativa

A análise quantitativa gravimétrica da composição química média obtida da cortiça de *Kielmeyera coriacea* encontra-se na Tabela 2.4.

TABELA 2.4 Composição química média da cortiça da *Kielmeyera coriacea*.

Componente	% Massa seca	Desvio padrão
Extrativos totais	24,6	0,61
Suberina	20,6	5,1
Lignina	25,9	3,0
Polissacarídeos	28,0	2,6
Cinzas	0,90	0,3

Os valores médios encontrados para os extrativos totais, suberina, lignina, polissacarídeos e cinzas foram, respectivamente, de 24,6%, 20,6%, 25,9%, 28,0% e 0,90%. Klauber (1920), citado por Fortes et al. (2004), apresenta a seguinte composição química para a cortiça (*Quercus suber*): 58% de suberina, 12% de lignina, 22% de celulose, 2% de cerina, outros componentes 1% (% em massa seca). Porém, os resultados publicados posteriormente mostraram alguma variabilidade e Fortes et al. (2004) citam valores médios da composição química da cortiça para os extrativos totais, suberina, lignina,

polissacarídeos e cinzas, de 16,9%, 35,2%, 22,4% ,21,3% e 0,9%, respectivamente.

Ainda, Graça & Pereira (2000), estudando a metanólise de suberina (extração da suberina em metanol) em cascas, encontraram valores de extrações correspondentes para a *Quercus suber* de 15% de extrativos totais e 60% de suberina (metólise realizada na casca livre de extrativos).

Essas variações sensíveis de composição química podem ser justificadas pelos diferentes métodos de análise resultantes e da própria diversidade do material, mesmo quando provenientes de uma dada árvore. Fortes (1989) menciona que existem variações entre 28% e 49%, por exemplo, no teor de suberina em cortiças de diferentes árvores.

Em comparação com as células da madeira, cuja composição química tem sido amplamente estudada, pode-se dizer que o papel determinante desempenhado pela celulose, na definição das propriedades da parede celular da madeira, onde representam mais de 50% do total, é substituído, na cortiça, pelo da suberina, conferindo propriedade para o material como elasticidade, impermeabilidade, etc.

3.3.2 Análise qualitativa da suberina

Na Figura 2.8 apresenta-se o cromatograma do extrato da hidrólise alcalina da cortiça (livre de extrativos) de *Kielmeyera coriacea*. Os compostos monoméricos despolimerizados que foram possíveis de identificação são mostrados na Tabela 2.5, em que os números se referem aos picos da Figura 2.8.

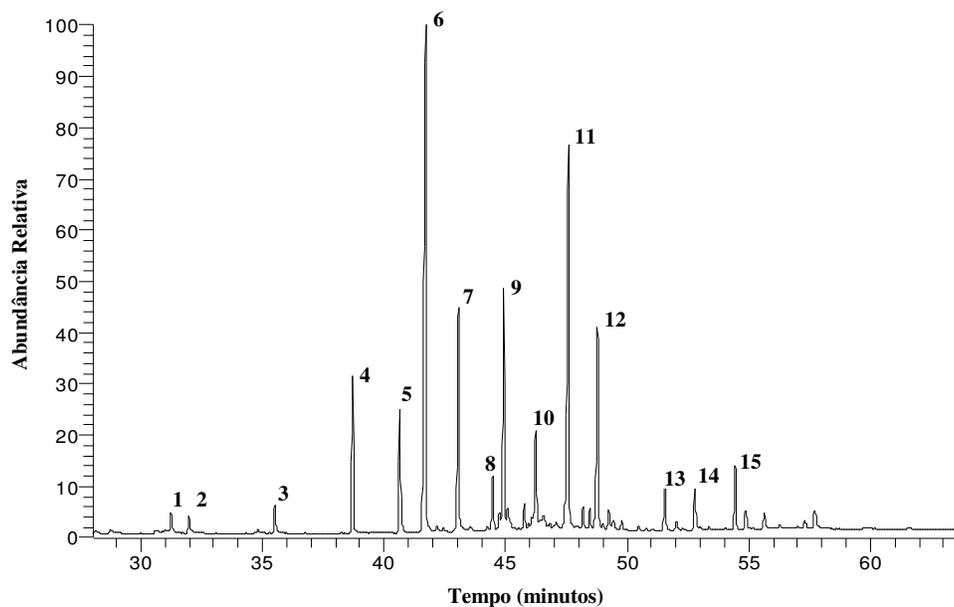


FIGURA 2.8 Cromatograma (CG-MS) do extrato da hidrólise alcalina da cortiça (livre de extrativos).

Observando-se o cromatograma, nota-se que foram detectados 15 compostos no espectro de massa (CG-MS) do extrato despolimerizado extraído da cortiça de *Kielmeyera coriacea*. Desses compostos, 12 foram identificados, representando de 80% a 90% do conteúdo total da amostra. Os monômeros encontrados podem agrupar-se nas seguintes classes: ácidos graxos, álcoois graxos e, também, compostos fenólicos, como o ácido ferúlico.

TABELA 2.5 Componentes principais do extrato da hidrólise alcalina da cortiça de *Kielmeyera coriacea*.

Pico da figura 2.7/ TR (min)	Compostos identificados
1(31,24)	Ácido hexadecanóico
2(31,99)	Ácido ferúlico
3(35,50)	Ácido octadecanóico
4(38,71)	Padrão Interno (tetracosano)
5(40,65)	Ftalato de di-octilo (contaminante de solventes ou plásticos)
6(41,72)	Ácido 1-hidroxiocetadecenóico
7(43,06)	Ácido octadecendióico
8(44,47)	Não identificado
9(44,92)	Não identificado
10(46,24)	Não identificado
11(47,59)	Ácido 9,10,18-tihidroxiocetadecanóico
12(48,79)	Ácido 9,10-dihidroxiocetadecanodióico
13(51,55)	Álcool alifático de cadeia longa *
14(52,80)	Ácido octacosanóico
15(54,44)	Álcool alifático de cadeia longa *

* massa molecular não confirmada.

O extrato da hidrólise alcalina da cortiça (livre de extrativos) da *Kielmeyera coriacea* apresenta predominância majoritária dos (di) ácidos graxos hidroxilados, característicos da estrutura química da suberina encontrada em algumas espécies vegetais, como a *Quercus suber* (Cordeiro et al., 1998; Graça & Pereira, 2000; Holloway, 1983; Lopes et al., 2000; Pereira, 1988), *Pseudotsuga menziensi* (Graça & Pereira, 2000), *Quercus ilex* (Holloway, 1983) e *Bétula pendula* (Ekman et al., 1985), entre outras e, inclusive, em peridermes de batata (*Solanum tuberosum*) (Graça & Pereira, 2002).

Ainda, os ácidos graxos incluem na análise uma série de famílias com diferentes grupos funcionais, que se dividem em três classes: monoácidos (ácido hexadecanóico, ácido octadecanóico, ácido octacosanóico), em diácidos (ácido

4 CONCLUSÕES

Com base na interpretação dos resultados das características e propriedades da cortiça, conclui-se que:

- ✓ as células de cortiça da *Kielmeyera coriacea*, em relação aos vértices, apresentaram formato de prismas do tipo hexagonais, em sua maioria;
- ✓ a altura e a espessura das paredes das células de cortiça da *Kielmeyera coriacea* apresentaram valores similares, comparados com a *Quercus suber* (sobreiro);
- ✓ a densidade anidra encontrada foi de 0,23 g/cm³ e a composição química da cortiça foi de 24,6% de extrativos totais, 20,6% de suberina, 25,9% de lignina, 28,0% de polissacarídeos e 0,90% de cinzas (% massa seca);
- ✓ foram detectados 15 compostos no extrato despolimerizado extraído da cortiça, com predominância dos (di) ácidos graxos hidroxilados característicos da suberina. Detectou-se o ácido ferúlico, composto que pode funcionar com adesivo natural;
- ✓ de acordo com a caracterização anatômica, física e química, a cortiça extraída desta espécie de cerrado é bastante semelhante à cortiça da espécie europeia *Quercus suber* (sobreiro).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. **Normas técnicas ACBCP**. São Paulo: ABTCP, 1974.

CORDEIRO, N.; BELGACEM, M. N.; SILVESTRE, A.J.D.; PASCOAL, N.C.; GANDINI, A. Cork suberin as a new source of chemicals: Isolation and chemical characterization of its composition. **Internacional Journal of Biological Macromolecules**. Amsterdam, v. 22, n. 9, set. p. 71 - 80, 1998.

EKMAN, R.; ECKERMAN, C. Aliphatic carboxylic acids from suberin in birch outer bark by hidrolisis, methanolysis and alkali fusion. **Paperi Ja Puu and Timber**, Helsinki, v. 67, n. 4, p. 255 - 273, 1985.

FONSECA, F.M.A.; LOUZADA, J.L.P.; SILVA, M.E.C.M. Crescimento e qualidade da cortiça: potencialidades da microdensitometria. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL, 3, 1994, Figueira da Foz. **Anais...** Figueira da Foz, 1994. p. 267 - 271.

FORTES, M. A. A cortiça. **Colóquio de Ciências**. Lisboa, n. 4, jan/abr., p. 35-60, 1989.

FORTES, M. A.; ROSA, M. E.; PEREIRA, H. **A cortiça**. Lisboa: IST Press, 2004, 259 p.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason. **O papel**, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36 - 38, ago. 1986.

GRAÇA, J.; PEREIRA, H. Methanolysis of bark suberins: analysis of glycerol and acid monomers. **Phytochemical Analysis**. Sussex, v. 11, n. 1, jan/fev , p. 45-51, 2000.

GRAÇA, J.; PEREIRA, H. Suberin structure in potato periderm: glycerol, long-chain monomers and glyceryl and feruloyl dimmers. **Internacional of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n.11, nov., p. 5476 - 5483, 2002.

HOLLOWAY, P. J. Some variations in the composition of the suberin from the cork layers of higher plants. **Phytochemistry**, St Paul, v. 22, n.2, fev., p. 495 - 502, 1983.

KLAUBER, A. **Die Monographie des Korkes**. Berlin, 1920.

LIMA, J. T.; MARCATI, C.R. Anatomia da madeira de *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo) – Guttiferae. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, XL., 1989, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá, 1989. p. 301.

LOPES, M. H.; GIL, A.M.; SILVESTRE, A.J. PASCOAL, N.C. Composition of suberin extracted upon gradual alkaline methanolysis of *Quercus suber* cork. **Internacional of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, fev., v. 48, n.3, p. 383 - 391, 2000.

PEREIRA, H. Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L. **Wood Science and Technology**, v. 22, p. 211 - 218, 1988.

RIZZINI, C. T.; MORS, W.B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo, EPU, 1976. 207 p.

CAPÍTULO III

UTILIZAÇÃO DA CORTIÇA DE *Kielmeyera coriacea* MART. (PAU-SANTO) PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS

RESUMO

Rios, Polliana D'Angelo **Utilização da cortiça de *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo) para a produção de painéis aglomerados.** 2007. Cap. 3, 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.⁵

O objetivo deste capítulo foi avaliar o potencial da produção de aglomerado da cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), por meio da determinação de suas propriedades mecânicas e físicas. Foram coletadas, aleatoriamente, cascas de 16 árvores de *Kielmeyera coriacea* Mart. (Pau-santo), provenientes de povoamentos nativos localizados na região de Luminárias, MG. Para a produção dos painéis, foram utilizados adesivo fenol-formaldeído e uréia formaldeído em, quantidades de 9% e 18%, com e sem parafina. O estudo das propriedades físicas e mecânicas dos painéis foi realizado pelos testes de ligação interna, dureza Janka, resistência à água fervente, absorção em água por 2 e 24 horas e inchamento em espessura, por 2 e 24 horas. O delineamento experimental utilizado para a avaliação dos painéis foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições. Para as características de ligação interna, os resultados indicaram que as partículas obtidas de cortiça de *Kielmeyera coriacea* podem ser aglutinadas tanto com o adesivo comercial uréia-formaldeído quanto com fenol-formaldeído, este último resultando em painéis mais resistentes. Para a propriedade de dureza Janka, os painéis à base de adesivo fenol-formaldeído apresentaram-se também mais resistentes. Para a resistência à água fervente, verificou-se que os painéis produzidos à base de uréia-formaldeído sofreram total desagregação das partículas. Aqueles produzidos com um maior teor de adesivo fenol-formaldeído apresentaram-se mais resistentes. A absorção de água e o inchamento em espessura, após 2 e 24 horas, para todos os tratamentos observados, apresentaram menores valores nos painéis produzidos com adesivo uréia-formaldeído.

⁵ Comitê Orientador: Fábio Akira Mori (Orientador) – UFLA, Lourival Marin Mendes – UFLA (Co-Orientador).

CAPÍTULO III

UTILIZATION OF THE CORK FROM *Kielmeyera coriacea* MART. (PAU-SANTO) FOR THE PARTICLEBOARD PRODUCTION.

RESUMO

Rios, Polliana D'Angelo **Utilization of the cork from *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo) for particleboard production.** 2007. Chap. 3, 85 p. Dissertation (Master in Forestry) – Federal University of Lavras, Lavras, MG⁶.

The objective of this work was to evaluate the potential of producing the particleboard of the cork from *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), through the determination of its mechanical and physical properties. Barks of 16 trees of *Kielmeyera coriacea* Mart. (pau-santo) were randomly collected at the position of the breast height diameter, coming from native populations situated at the region of Luminárias – MG. For the production of the boards, adhesive phenol-formaldehyde and urea-formaldehyde in amounts of 9% and 18% with and without paraffin were utilized. The study of the mechanical and physical properties of the boards was carried out through the internal bond tests, Janka hardness, boiling water resistance, absorption in water for 2 and 14 hours and thickness swelling for 2 and 24 hours. The experimental design utilized for evaluation of the boards was the completely randomized with three replicates. For the characteristics of internal bond, the results indicated that the particles obtained from cork of *Kielmeyera coriacea* can be agglutinated both with the commercial urea-formaldehyde adhesive and with phenol-formaldehyde, the latter indicating more resistant boards. For Janka hardness, the phenol-formaldehyde adhesive-based boards presented themselves also to be more resistant. For the boiling water resistance, it was found that the boards produced on the basis of urea-formaldehyde underwent total desegregation of the particles, but those produced with a higher content of phenol-formaldehyde adhesive showed themselves more resistant. Water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours for all the treatments presented lower values in the boards produced with urea-formaldehyde adhesive.

⁶ Comitê Orientador: Fábio Akira Mori (Orientador) – UFLA, Lourival Marin Mendes – UFLA (Co-Orientador).

1 INTRODUÇÃO

A cortiça é um produto natural, denominado botanicamente de felema, possuidor de ótimas características intrínsecas à sua estrutura celular. Essas características são destacadas pela leveza, elasticidade, compressibilidade, eficiência isoladora, térmica e acústica, além do material não possuir cheiros e ser retardante da combustão (INET, 2001). Contudo, além das suas características, a cortiça sob forma de aglomerado mantém todas as suas propriedades relevantes (Salvador, 2001).

Assim, o aglomerado à base de cortiça torna-se um material de múltiplas aplicações industriais, dentre as quais se destacam a utilização em mobiliários e na construção civil, além de divisórias acústicas e térmicas.

Existem dois tipos básicos de aglomerados à base de cortiça: os aglomerados puros, que são constituídos somente por cortiça e os aglomerados compostos, que incorporam, além da cortiça, um material adesivo. Ambos são constituídos por pedaços de cortiça aglutinados, em cuja fabricação são utilizados granulados de cortiças e desperdícios da fabricação de rolhas e de outros produtos (Fortes, 1989).

As propriedades dos aglomerados compostos dependem da qualidade e da granulometria das partículas de cortiça utilizadas, do tipo e do teor de adesivo e, ainda, do processo das condições de fabricação (Fortes et al., 2004).

No Brasil, desconhece-se a fabricação desses tipos de aglomerados que utilizem espécies brasileiras promissoras de cortiça, ao contrário do que se conhece na Europa, onde a fabricação desses produtos à base de cortiça de espécie nativa (*Quercus suber*- sobreiro) é intensa.

As cascas das árvores da *Kielmeyera coriacea*, espécie de ampla ocorrência no cerrado, podem ser uma alternativa interessante como fonte de matéria-prima para a indústria florestal (sem que se processe a destruição ou

danificação das árvores). Contudo, faltam informações sobre a utilização desta espécie como fornecedoras de matéria-prima para a produção de painéis aglomerados à base de cortiça.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de utilização da cortiça extraída da *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) na produção de painel de aglomerado, pela determinação de algumas propriedades mecânicas e físicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizaram-se cascas de 16 árvores de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), com classe diamétrica entre 4 a 10 cm e altura total de 4 a 10 m, provenientes de povoamentos nativos localizados na região de Luminárias, MG.

2.1 Coleta do material - extração da cortiça

A cortiça foi retirada das árvores através de corte e desprendimento, separando-se assim, a camada de cortiça do tronco por rasgamento das células do felogênio, sem comprometer a vida da árvore. O corte da cortiça foi realizado manualmente com um facão, por golpes sucessivos ao longo de linhas verticais e horizontais em volta da árvore (Figura 3.1).



FIGURA 3.1 Aspecto da árvore descortificada de pau-santo.

O descortiçamento foi realizado no verão, quando as células do felogênio apresentam alta atividade celular, favorecendo, assim, uma melhor regeneração natural da cortiça na árvore.

Após a retirada da cortiça no campo, todo o material foi transportado para o Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

2.2 Produção dos painéis de aglomerado à base de cortiça

2.2.1 Aquecimento da cortiça

Na Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM), toda a cortiça foi levada ao tanque de aquecimento, com água à temperatura de $95^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Todos os pedaços de cortiça foram colocados dentro de caixas com tela de arame, para facilitar a imersão total do material no tanque, facilitando, assim, o aquecimento.

O tempo de cozimento foi de 1 hora, objetivando o processo de expansão das células e a retirada dos extrativos totais do material.

2.2.2 Secagem do material e obtenção das partículas

Em seguida, todo o material foi levado para o pátio, para secagem ao ar livre, por, aproximadamente, uma semana, retirando-se assim, o excesso de umidade do material.

O material foi triturado em moinho martelo, para redução do material em partículas menores que ultrapassassem uma peneira de malha de 1 mm^2 . Logo após, as partículas foram acondicionadas em sacos plásticos.

2.2.3 Produção dos painéis

Os painéis foram produzidos de acordo com três tratamentos, conforme descrito na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 Plano experimental para a confecção de painéis aglomerado da cortiça de *Kielmeyera coriacea*.

Tratamento	Número de painéis	Teor de adesivo	Tipo de adesivo	DP (g/cm ³)	Parafina (forma de emulsão)
T1	3	9%	F.F	0,5	S.P
T2	3	18%	U.F	0,5	C.P
T3	3	18%	F.F	0,5	C.P

F.F: fenol-formaldeído, U.F: uréia-formaldeído, DP: densidade do painel, SP: sem parafina, CP: com parafina.

Os painéis de cortiça foram produzidos com dimensões finais de 42 cm de largura, 42 cm de comprimento e 1,5 cm de espessura.

A massa das partículas foi calculada com base na massa seca da cortiça, na densidade do material utilizado, considerando, ainda, um teor de umidade para a cortiça de 4% (Anexo A).

2.2.4 Aplicação do adesivo e da parafina

Os adesivos e a parafina foram pulverizados nas partículas em uma encoladora tipo tambor giratório, dotado de um copo graduado e uma pistola a ar comprimido. O tempo médio de aplicação dos adesivos para cada painel foi de 5 minutos.

As características e as especificações dos adesivos utilizados encontram-se na Tabela 3.2.

TABELA 3.2. Características e especificações das resinas utilizadas.

Tipo	Adesivo	
	FF	UF
Teor de sólidos (%)	50,17	64,74
Viscosidade (Cp)	540	440
pH a 25°C	12,82	8,37
Gel Time a 121°C (min)	10,34	0,83
Formol livre (%)	7,28	0,82
Densidade a 25°C (g/cm ³)	1,22	1,27

F.F: fenol-formaldeído, U.F: uréia-formaldeído

Fonte: Certificado de análise físico-químico de resina (Derquin, 2006).

2.2.5 Formação do colchão e prensagem

O colchão de partículas foi formado manualmente, utilizando-se uma caixa de madeira com dimensões 48 x 48 cm, na qual as partículas foram distribuídas uniformemente.

Assim, o colchão foi levado para uma pré-prensagem, em uma prensa manual a frio (Figura 3.2), proporcionando um entrelaçamento inicial entre as partículas e uma redução do colchão, iniciando o processo de adesão, preparando-o para posterior prensagem a quente.



FIGURA 3.2 Prensa manual a frio.

A prensagem a quente foi realizada em uma prensa hidráulica automática da marca Marconi, modelo MA 098 (Figura 3.3).

A temperatura de prensagem foi de 160°C para o tratamento de resina uréia-formaldeído e de 180°C para o tratamento da resina fenol-formaldeído. O tempo de prensagem foi de 18 minutos e pressão de 40 kgf/cm².



FIGURA 3.3 Processo de prensagem a quente dos painéis.

2.3 Acondicionamento

Após as manufaturas dos painéis, estes foram acondicionados em estufa com temperatura em torno de 50°C, objetivando-se a cura total do adesivo e a estabilidade dimensional dos painéis, evitando-se assim, a expansão excessiva dos mesmos.

Posteriormente, os painéis foram esquadrejados, retirando-se as bordas e ajustando-se suas dimensões para 420 x 420 mm. No Laboratório de Tecnologia da Madeira, os painéis foram empilhados e mantidos em sala de climatização a temperatura de 20°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) e 65% ($\pm 2^\circ\text{C}$) de umidade relativa, até atingirem massa constante.

2.4 Obtenção dos corpos-de-prova e avaliação das propriedades mecânicas e físicas dos painéis

Os corpos-de-prova para os testes mecânicos e físicos foram retirados dos painéis, de acordo com a Figura 3.4. Antes de serem testados, os corpos-de-prova foram acondicionados novamente à temperatura de 20°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) e 60% ($\pm 5^\circ\text{C}$) de umidade relativa, retornando, assim, à sua massa constante.

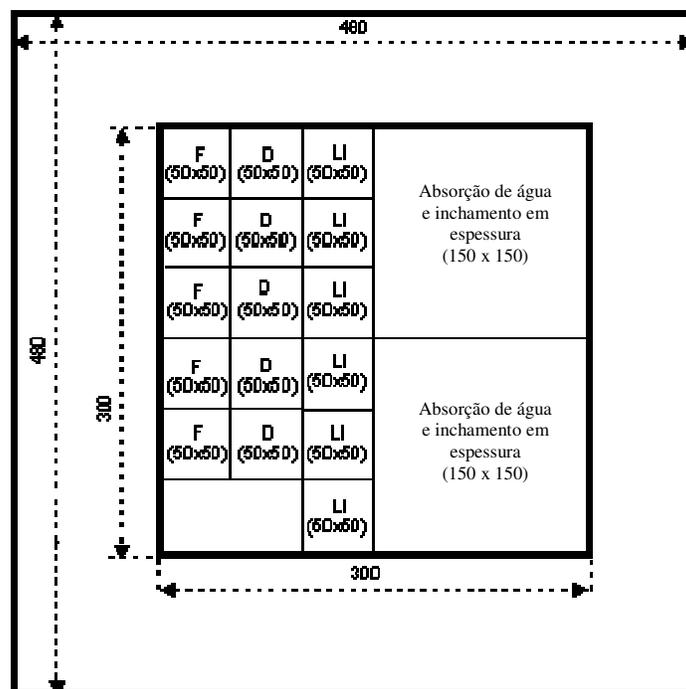


FIGURA 3.4 Esquema da distribuição dos corpos-de-prova nos painéis para avaliação das propriedades (dimensões em mm).
LI: ligação interna; F: fervura; D: dureza Janka.

Para a avaliação das propriedades dos painéis foram adotados os procedimentos recomendados pela norma americana ASTM 1037 (American Society For Testing And Materials, 1997) e a norma portuguesa NP 2372 (1997). Utilizou-se, para os ensaios mecânicos, uma máquina universal de ensaios, modelo EMIC DL 30.000, do Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais (UFLA). As condições dos testes encontram-se resumidas na Tabela 3.3.

TABELA 3.3 Propriedades avaliadas dos painéis de aglomerado.

Propriedades	Número de corpos-de-prova por chapas	Dimensões corpo-de-prova (mm)	Norma
Ligação interna (LI)	6	50 x 50	ASTM: D 1037
Dureza Janka	5	50 x 50	ASTM: D 1037*
Inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA)	2	150 x 150	ASTM: D 1037
Resistência à água fervente (F)	5	50 x 50	NP: 2372

*Dimensões dos corpos-de-prova adaptado.

2.5 Análise estatística

Para todas as variáveis estudadas, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Foram efetuados a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, a 5%, para a propriedade dos aglomerados, cujo modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = é o efeito do i-ésimo valor observado na j-ésima repetição;

μ = constante inerente a todas as observações (média geral)

t_i = efeito do i-ésimo tratamento, efeito fixo;

e_i = erro experimental associado à observação Y_{ij}

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das variáveis analisadas estão representados nas Tabelas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9. Todas as análises de variâncias correspondentes a estes estudos são apresentadas no Anexo B.

3.1 Propriedades físicas e mecânicas dos painéis

3.1.1 Densidade do painel

Na Tabela 3.4 estão apresentados os valores médios de densidade dos painéis produzidos.

TABELA 3.4 Densidade média dos painéis para cada tratamento.

Tratamento	Densidade (g/cm ³)
T1 (9% - adesivo fenol-formaldeído, S.P)	0,370 a
T2 (18% - adesivo uréia-formaldeído, C.P)	0,335 a
T3 (18% - adesivo fenol-formaldeído, C.P)	0,359 a

* médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SP: sem parafina; CP: com parafina. C.V. = 4,39% (coeficiente de variação)

Observa-se, pela Tabela 3.4, que os valores de densidade média obtida para os painéis dos três tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Verifica-se que os tratamentos tiveram valores de densidade inferiores ao proposto para o trabalho que era de 0,5 g/cm³. Essas diferenças observadas, comparadas com a proposta, ocorreram no próprio processo de produção, quando as perdas de partículas foram significantes para um decréscimo dessa densidade.

Portanto, com a densidade em torno de 0,3 g/cm³, obtida para os painéis, sua aplicação foi classificada no grupo de aglomerados flexíveis, também

designados aglomerados “soft”, utilizados para revestimentos de paredes e que apresentam, normalmente, densidades de 0,20 a 0,35 g/cm³ (Fortes et al., 2004).

3.1.2 Ligação interna

Na Tabela 3.5 estão apresentados os valores médios de ligação interna (LI) dos painéis produzidos.

Verifica-se que os valores observados na propriedade de ligação interna variaram de 10,04 a 12,34 kgf/cm², apresentando diferenças significativas entre si. O tratamento 3 foi estatisticamente superior aos demais, tendo a utilização de adesivo fenólico em maior quantidade ocasionado uma maior resistência dos painéis aglomerados à base de cortiça.

TABELA 3.5 Efeito dos tratamentos sobre as propriedades de ligação interna dos painéis à base de cortiça de *Kielmeyera coriacea*.

Tratamento	Ligação interna (LI)	
	kgf/cm ²	
T1 (9% - adesivo fenol-formaldeído, S.P)	10,19	b
T2 (18% - adesivo uréia-formaldeído, C.P)	10,04	b
T3 (18% - adesivo fenol-formaldeído, C.P)	12,34	a

*médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

SP: sem parafina; CP: com parafina

C. V. = 19,13% (coeficiente de variação)

A tendência de aumento da ligação interna com o aumento da quantidade de adesivo e a utilização de fenol-formaldeído em comparação com a uréia-formaldeído, também foi verificada por Calegari et al. (2004) e Iwakiri et al. (2005), respectivamente, na produção de painéis aglomerados à base de madeira.

Os resultados de todos os tratamentos, comparados ao valor mínimo exigido pela norma CS 236-66 (1968), que é 4,2 kgf/cm² para aglomerado de partículas de madeira comerciais, foram considerados excelentes, apresentando valores médios superiores para a ligação interna. Verificou-se que o material cortiça aglutinou-se de forma muito eficiente com estes adesivos.

Esses altos valores de ligação interna para todos os tratamentos também podem ser explicados pelas propriedades de molhabilidade e ângulo de contato, que são relevantes em qualquer situação em que um líquido esteja em contato com um sólido (ângulo de umectação). Portanto, o estabelecimento da ligação forte entre o adesivo e a cortiça foi devido ao fato das duas classes de adesivo: uréia-formaldeído e fenol-formaldeído terem apresentado viscosidade baixa (valores de 440 e 540 cp, respectivamente) e, como consequência, um pequeno ângulo de contato, o que implicou em uma eficiente molhabilidade e espalhamento destes sobre a superfície da cortiça.

3.1.3 Dureza Janka

Os valores médios de dureza Janka dos painéis à base de cortiça para os diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 3.6.

TABELA 3.6 Efeito dos tratamentos sobre as propriedades mecânicas de dureza Janka dos painéis.

Tratamento	Dureza Janka (DJ)	
	Kgf/cm ²	
T1 (9% - adesivo fenol-formaldeído, S.P)	87,75	ab
T2 (18% - adesivo uréia-formaldeído, C.P)	79,73	b
T3 (18% - adesivo fenol-formaldeído, C.P)	95,99	a

* médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

SP: sem parafina; CP: com parafina

C. V. = 20,27% (coeficiente de variação)

Verifica-se, para o teste de dureza, que os painéis produzidos com o tratamento 1 não diferiram estatisticamente dos tratamentos 2 e 3. Os painéis com adesivo fenólico apresentaram-se mais resistentes em comparação aos aglutinados com adesivo uréia-formaldeído.

Analisando-se os valores médios da Tabela 3.6, observa-se que todos os painéis apresentaram valores inferiores ao valor mínimo de 223 kgf/cm² para painéis particulados de madeira estabelecido na norma ANSI/AI – 208/93.

3.1.4 Resistência à água fervente (fervura)

Na Tabela 3.7 são apresentadas indicações dos resultados do ensaio de fervura dos painéis para os diferentes tratamentos, indicando a existência ou a ausência de desagregação (entende-se por desagregação o aparecimento de fendas e ou separação substancial de partículas do corpo-de-prova).

TABELA 3.7 Resistência à água fervente dos painéis à base de cortiça.

Tratamento	Desagregação*
T1 (9% - adesivo fenol-formaldeído, S.P)	Presença (separação minoritária de partículas)
T2 (18% - adesivo uréia-formaldeído, C.P)	Presença (separação total de partículas)
T3 (18% - adesivo fenol-formaldeído, C.P)	Ausência

SP: sem parafina; CP: com parafina

O tratamento 3 não apresentou nenhum vestígio de desagregação das partículas, ao contrário dos tratamentos 2 e 1, que apresentaram desagregação total e minoritária das partículas após fervura, respectivamente. A parafina não influenciou no processo de desagregação dos tratamentos.

Assim, pode-se afirmar que o adesivo fenol-formaldeído, em maior quantidade, tem maior resistência ao processo de desagregação dos painéis à base de cortiça produzidos, fato, que pode ser explicado devido a uma eficiente ligação interna entre as partículas. Ainda, uma possível explicação para a desagregação total das partículas aglutinadas com adesivo uréia-formaldeído (tratamento 2), seria o fato de esta classe de adesivo ser bastante hidrofílica.

3.1.5 Absorção de água

Os valores médios de absorção de água para o tempo de 2 horas e de 24 horas de imersão são apresentados na Tabela 3.8.

Verifica-se que para absorção de água em 2 horas de imersão, os valores variaram de 3,63% a 10,21% e, para 24 horas de imersão, a variação foi de 29,83% a 35,44%. Os tratamentos 1 e 3, utilizando adesivo fenólico, tanto para 2 como para 24 horas, apresentaram resultados superiores ao tratamento com adesivo uréia-formaldeído.

TABELA 3.8 Efeito dos tratamentos sobre as propriedades físicas de absorção de água após 2 horas e 24 horas de imersão dos painéis dos painéis à base de cortiça

Tratamento	Absorção de água (%)	
	2 horas	24 horas
T1 (9% - adesivo fenol-formaldeído, S.P)	10,21 b	29,83 b
T2 (18% - adesivo uréia-formaldeído, C.P)	3,63 a	12,23 a
T3 (18% - adesivo fenol-formaldeído, C.P)	9,16 b	35,44 b

* médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

SP: sem parafina; CP: com parafina

C.V. (2 h) = 37,18% (coeficiente de variação)

C.V. (24 h) = 38,91% (coeficiente de variação)

Iwakiri et al. (1999), estudando a absorção de água em painéis de aglomerado de madeira com adesivo uréia-formaldeído, encontraram valores médios bastantes superiores, de 76,64% (2h) e 82,25% (24h), ao encontrado nesse trabalho. Resultados semelhantes a essa superioridade também foram apresentados, posteriormente, por Iwakiri et al. (2004) e Maciel et al. (2004).

As normas para a comercialização dos painéis aglomerados (partículas madeira) não estabelecem limites para a absorção de água. Na prática, observa-se uma faixa bastante ampla de valores para estas propriedades. Conforme tabela de propriedades físicas e mecânicas editadas pelo Forest Products Laboratory (1987), os painéis comerciais de partículas de madeira têm apresentado, para o teste de absorção de água, valores entre 5% e 50%, após 24 horas de imersão.

Dessa forma, observa-se que, de modo geral, os painéis produzidos à base de cortiça apresentaram menores valores do que os verificados nas chapas de partículas de madeira comercializadas.

Deve-se, contudo, ressaltar que a incorporação da parafina em emulsão nos painéis não reduziu significativamente a absorção de água em 2 horas e 24 horas, como era esperado. Porém, analisando-se isoladamente os tratamentos 1 e

2, constata-se que essa parafina pode ter reduzido a absorção do tratamento 2, pois na prática, o adesivo à base de uréia-formaldeído é bastante hidrofílico, de acordo com o teste, foi o que apresentou alta resistência à umidade.

Diante do exposto, constata-se que os aglomerados de cortiça possuem maior resistência à absorção de água quando comparados com os aglomerados de madeira. Este fato pode ser explicado pelas características presentes na estrutura do próprio material cortiça, com paredes suberificadas e cheias de ar, conferindo boa impermeabilidade aos painéis.

3.1.6 Inchamento em espessura

Os valores médios de inchamento em espessura dos painéis para os diferentes tratamentos, no tempo de 2 horas e de 24 horas de imersão, encontram-se na Tabela 3.9.

TABELA 3.9 Efeito dos tratamentos sobre a propriedade física de inchamento em espessura com 2 horas e 24 horas de imersão dos painéis

Tratamento	Inchamento em espessura (%)	
	2 horas	24 horas
T1 (9% - adesivo fenol-formaldeído, S.P)	1,28 ab	4,05 b
T2 (18% - adesivo uréia-formaldeído, C.P)	0,66 a	2,97 a
T3 (18% - adesivo fenol-formaldeído, C.P)	1,90 b	5,59 b

* médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

SP: sem parafina; CP: com parafina

C.V. (2 h) = 43,15% (coeficiente de variação)

C.V. (24 h) = 20,25% (coeficiente de variação)

Para o inchamento em espessura após duas horas de imersão em água, os valores médios variaram de 0,66% a 1,90% e, para 24 horas de imersão, a variação foi de 2,97% a 5,59%.

Verifica-se que, para o inchamento em espessura, para o tempo de 2 horas, o tratamento 1 não diferiu estatisticamente dos tratamentos 2 e 3. Para 24 horas de imersão, os tratamentos 1 e 3, utilizando adesivo fenólico, apresentaram resultados superiores ao do tratamento com adesivo uréia-formaldeído.

Esses resultados de menor inchamento para a uréia-formaldeído diferem dos encontrados por Maciel et al. (2004) e Peixoto & Brito (2000). Estes autores, estudando painéis produzidos com partículas de madeira utilizando adesivo uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, para o teste de inchamento de 24 horas, observaram que os painéis produzidos com adesivo à base de uréia apresentaram maiores inchamentos.

Essa diferença de resultados pode ter sido ocasionada por algumas variáveis no processo de fabricação dos painéis que, segundo Brito (1995) podem ser afetadas pela espécie das partículas, granulometria de partículas, nível de resina, eficiência da aplicação de cola e condições de prensagem. Portanto, o caso atípico do menor inchamento nos painéis com o adesivo uréia-formaldeído, encontrado neste trabalho, pode estar relacionado à eficiência da aplicação do adesivo, já que todas as outras características inerentes ao processo foram mantidas.

Não existem normas para a comercialização em painéis aglomerados (partículas de madeira), com relação ao teste de inchamento em espessura. Contudo, na prática, observa-se, conforme tabela de propriedades físicas e mecânicas do Forest Products Laboratory (1987), que esses painéis têm apresentado valores com variação ampla, entre 10% e 50%, após 24 horas de imersão. Diante do exposto, observa-se que, de modo geral, os painéis produzidos a base de cortiça apresentaram comportamento satisfatório.

4 CONCLUSÕES

Diante da interpretação dos resultados das propriedades mecânicas e físicas dos painéis à base de cortiça de *Kielmeyera coriacea*, conclui-se que:

- ✓ para as características de ligação interna, os resultados indicaram que as partículas obtidas da cortiça de *Kielmeyera coriacea* podem ser aglutinadas tanto com o adesivo fenol-formaldeído quanto com a uréia-formaldeído, podendo assim, ser produzidos aglomerados designados compostos. A utilização do adesivo fenólico resultou em painéis mais resistentes;
- ✓ os painéis à base de adesivo uréia-formaldeído, para a propriedade de dureza Janka, apresentaram-se menos resistentes;
- ✓ para a propriedade de resistência à água fervente, verificou-se que os painéis produzidos à base de uréia-formaldeído sofreram total desagregação das partículas. Aqueles produzidos com um maior teor de adesivo fenol-formaldeído apresentaram-se mais resistentes;
- ✓ a absorção de água, após 2 e 24 horas de imersão, para todos os tratamentos, foi inferior ao valor normalmente observado para painéis comerciais de aglomerado de madeira, sendo os menores valores foram encontrados nos painéis contendo adesivo uréia-formaldeído;
- ✓ o inchamento em espessura foi inferior aos valores normalmente obtidos em painéis comerciais de aglomerado de madeira, tendo os

menores valores sido determinados nos painéis contendo adesivo uréia-formaldeído.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

- ✓ O presente estudo evidenciou, diante da caracterização anatômica, física e química, que a cortiça extraída da espécie *Kielmeyera coriacea* é bastante semelhante à cortiça da espécie européia *Quercus suber* (sobreiro). Torna-se possível assim, sua utilização para produção de aglomerados à base de cortiça, cujas propriedades mecânicas avaliadas atenderam, de forma geral, aos padrões mínimos, comparados aos painéis de aglomerado de madeira.

- ✓ Observou-se, de maneira geral, que a regeneração natural no campo, dessa espécie, após 6 meses da retirada das cascas, foi alta.

- ✓ Trabalhos futuros na produção de outros produtos à base de cortiça de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) devem ser realizados, como, por exemplos, rolhas aglomeradas, aglomerados puros, etc.

- ✓ Propriedades térmicas, acústicas, testes mecânicos para rolhas e painéis de aglomerado para piso devem ser analisadas.

- ✓ Estudos de quantificação de cortiça, descortiçamento, trabalhos genéticos e silviculturais devem ser realizados e intensificados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD - ANSI. **Mat-formed wood particleboard: specification ANSI A 208.1.1993**. Gaithersburg: National Particleboards Association, 1993. 9 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS –ASTM. Standard methods of evaluating the properties of wood-based fiber and particle panel materials. In: **Annual book of ASTM D 1037 – 96 a**. Philadelphia, 1997.

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinnus elliottii* Engelm. Var *Elliottii* plantado no sul do Brasil**. 1995. 120 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

CALEGARI, L.; HASELEIN, C. R.; BARROS, M. V.; SCARAVELLI, T. L.; DACOSTA, L. P.; PEDRAZZI, C. Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, jun., p. 193-204, 2004

COMMERCIAL STANDARD. **Mat formed wood particleboard**. CS 236-66. 1968

DERQUIN - **Indústria e Comércio Ltda** (Boletim técnico), 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL- INET. **Guia técnico: Indústria da Cortiça**. Lisboa, p. 78, out. 2001.

IWAKIRI, S.; COSTA, A. F.; KLITZKE, NIELSEN, I.R.; ALBERTI, R.A.R.; NEIFE, I. Produção de chapas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* engelm. com inclusão laminar. **CERNE**, Lavras, v. 5, n.2 , p. 86 - 94 , 1999.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J.C., MENEZZI, C.S.D., PUEHRINGER, C.A.; VENSON, I.; LORRACA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, nov./dez. 2004.

IWAKIRI, S.; CAPRARA, C. A.; SAKS, D.C.O.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A.; KRAMBECK, L. B. P.; RIGATTO, P. A. Produção de

painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 39 - 43, 2005.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Washington: USDA/FS, 1987. 466 p. (Agriculture Handbook, 72).

FORTES, M. A. A cortiça. **Colóquio de Ciências**. Lisboa, n. 4, jan./abr., p. 35 – 60, 1989.

FORTES, M. A.; ROSA, M. E.; PEREIRA, H. **A cortiça**. Lisboa: IST Press, 2004, 259 p.

MACIEL, A. S.; Vital, B. R.; LÚCIA, R. M. D.; PIMENTA, A. S. Chapas de madeira aglomerada produzidas com partículas de *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden, poliestireno (ps) e polietileno tereftalato (pet). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 53 - 66, jan./jun. 2004.

NORMA PORTUGUESA – NP. Aglomerado composto de cortiça – Ensaaios. **In: Instituto português da qualidade NP 2372**, Portugal, 1997.

PEIXOTO, G. L.; BRITO, E. O. Avaliação da granulometria de partículas de *Pinus taeda* combinadas com adesivos comerciais para a fabricação de aglomerados. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 7, n.1, p. 60 - 67, jan./dez. 2000

SALVADOR, S. Inovação de produtos ecológicos em cortiça. **In: Instituto Superior Técnico**, Lisboa, 2001, 57 p.

ANEXOS

ANEXO A	Página
Cálculo de produção dos painéis de aglomerado de cortiça.....	25
Cálculo da quantidade de partículas úmidas.....	26
Cálculo da quantidade de adesivo líquido.....	26
Cálculo da quantidade de adesivo líquido.....	26

- Cálculo de produção dos painéis aglomerados a base de cortiça:

Densidade do painel (12% - 20°C - 65%) = 0,5 g/cm³

Dimensões do painel : Comprimento - 48 cm

Largura - 48 cm

Espessura - 1,5 cm

Volume - 3456 cm³

Peso do painel a 12% de umidade (densidade 0,5)

$$D = \frac{P}{V}$$

V

$$P = D \times V$$

$$P = 0,5 \times 3456 = 1728 \text{ g}$$

em que:

D = Densidade do painel

P = Peso das partículas

V = Volume das dimensões do painel

Constituição do painel com 9% de resina/sem parafina

X 100%Partículas secas

Y 9%.....Adesivo

Z % 12%.....Água

Constituição do painel com 18% de resina/com parafina

X 100%Partículas secas
Y 18%.....Adesivo
W 1%.....Parafina
Z % 12%..... Água

Painel com 9% de adesivo (SP)	Painel com 18% de adesivo (CP)
121% = 1728 g	131% = 1728 g
100%= 1428g	100%= 1319 g
9%= 128,52g	18%= 237,43g
-	1%= 13,19g
12%= 171,37g	12%= 158,29g

SP: sem parafina, CP: com parafina

- Cálculo de quantidade de partículas úmidas:

Para 9% de adesivo= $1428 \times (1 + 4/100) = 1485,12$

Para 18% de adesivo= $1319 \times (1 + 4/100) = 1371,76$

- Cálculo de quantidade de resina líquida – correção para teor de sólidos

Teor de sólidos = 50,17

Para 9% de adesivo: $100g \times 128,52 g / 50,17g = 256,16 g$

Para 18% de adesivo: $100g \times 237,43 g / 50,17g = 473,25 g$

- Cálculo de quantidade de parafina líquida– correção para teor de sólidos

Teor de sólidos = 50,17

$100g \times 13,19 g / 50,17 g = 25,36g$

ANEXO B	Página
TABELA 1.B Análise de variância da densidade dos painéis de aglomerado de cortiça.....	21
TABELA 2.B Análise de variância da propriedade ligação interna dos painéis.....	21
TABELA 3.B Análise de variância da propriedade dureza Janka dos painéis.....	21
TABELA 4.B Análise de variância da propriedade absorção de água em 2 horas de imersão dos painéis.....	22
TABELA 5.B Análise de variância da propriedade absorção de água em 24 horas de imersão dos painéis.....	22
TABELA 6.B Análise de variância da propriedade inchamento em espessura em 2 horas de imersão dos painéis.....	22
TABELA 7.B Análise de variância da propriedade inchamento em espessura em 24 horas de imersão.....	22

TABELA 1.B Análise de variância da densidade dos painéis de aglomerado de cortiça.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	0,000981	4,044*
Erro	6	0,000243	
Total corrigido	8		
CV (%) =	4,39		
Média geral:	0,3548889		

TABELA 2.B Análise de variância da propriedade ligação interna dos painéis.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	29,680541	6,877*
Erro	51	4,316217	
Total corrigido	53		
CV (%) =	19,13		
Média geral:	10,8607407		

TABELA 3.B Análise de variância da propriedade dureza Janka dos painéis.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	990,950607	3,127*
Erro	42	316,905726	
Total corrigido	44		
CV (%) =	20,27		
Média geral:	87,82800		

TABELA 4.B Análise de variância da propriedade absorção de água em 2 horas de imersão dos painéis.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	75,096539	9,233*
Erro	15	8,133727	
Total corrigido	17		
CV (%) =	37,18		
Média geral:	7,6711111		

TABELA 5.B Análise de variância da propriedade absorção de água em 24 horas de imersão dos painéis.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	880,128356	8,708*
Erro	15	101,065960	
Total corrigido	17		
CV (%) =	38,91		
Média geral:	25,8377778		

TABELA 6.B Análise de variância da propriedade inchamento em espessura em 2 horas de imersão dos painéis.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	2,306539	7,530*
Erro	15	0,306312	
Total corrigido	17		
CV (%) =	43,15		
Média geral:	1,2827778		

TABELA 7.B Análise de variância da propriedade inchamento em espessura em 24 horas de imersão.

FV	GL	QM	Fc
Tratamento	2	10,353156	14,278*
Erro	15	0,725105	
Total corrigido	17		
CV (%) =	20,25		
Média geral:	4,2055556		