



SIMONNE SAMPAIO DA SILVA

**ESTUDO DO XILEMA SECUNDÁRIO DE
ESPÉCIES DA FAMÍLIA *BURSERACEAE*
PRODUTORAS DE ÓLEOS**

**LAVRAS – MG
2012**

SIMONNE SAMPAIO DA SILVA

**ESTUDO DO XILEMA SECUNDÁRIO DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA
BURSERACEAE PRODUTORAS DE ÓLEOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área
de Concentração em Madeira como matéria-prima,
para a obtenção do título de “Doutora”.

Orientador

Dr. Fábio Akira Mori

**LAVRAS - MG
2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Silva, Simone Sampaio da.

Estudo do xilema secundário de espécies da família *Burseraceae* produtoras de óleos / Simone Sampaio da Silva. – Lavras : UFLA, 2012.

156 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Fábio Akira Mori.

Bibliografia.

1. Breu. 2. Óleos essenciais. 3. Caracterização química. 4. Anatomia da madeira. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.12

SIMONNE SAMPAIO DA SILVA

**ESTUDO DO XILEMA SECUNDÁRIO DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA
BURSERACEAE PRODUTORAS DE ÓLEOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área
de Concentração em Madeira como matéria- prima,
para a obtenção do título de “Doutora”.

APROVADO em 31 de julho de 2012

| | |
|------------------------------|----------|
| Dr. Evaristo Mauro de Castro | DBI/UFLA |
| Dr. Fabrício José Pereira | DBI/UFLA |
| Dr. Lourival Marin Mendes | DCF/UFLA |
| Dra. Maria Lúcia Bianchi | DQI/UFLA |

Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

**LAVRAS - MG
2012**

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me ilumina, me guia e me fortalecer em todos os momentos de minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência Florestal (DCF), pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor Dr. Fábio Akira Mori pelo aprendizado, orientação, paciência e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos, em especial aos professores Tarcísio e Paulo Trugilho pelo incentivo e apoio.

À empresa Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda. que disponibilizou a área de sua fazenda para coleta dos dados.

Ao Engenheiro Florestal Josué Evandro (Cikel), pelo apoio, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

À professora Dr.^a Eloisa Helena Andrade da UFPA, pelos conhecimentos repassados e por se dispor a participar como membro na banca examinadora.

Aos amigos do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira UFLA, Cláudia Urbinati, Cassiana, Alessandra, Rosimeire, Nevinha, Nerci, Tattiane, Natália Victor, Jeymi, Gabi, Iara, Claudinéia, Marisa, Selma, Michelinha, Alan, Tiago, Vânia, Vanessa, Stela, Érica, Édson, Luana, Rafael, Petusk, Petresk, Sérgio, Gabi, Rogério, Clésio, Livia Sorage, Alessandra Manaus, Tati, Jonys, Iedo, Vitor Moutinho pela amizade, companheirismo, ensinamentos, sem vocês não teria conseguido.

À Rafaela do laboratório do departamento de química da UFPA e aos bolsistas da UFLA, Víctor Manchinha, Maiara e Rodolfo pela preciosa ajuda na condução dos experimentos em laboratório que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

À equipe da Embrapa Amazônia Oriental: Helena Josiane, Jair Freitas, João Carlos, Joaquim Ivanir, Regina Martins-da-Silva, Sebastião Jr, Fernanda Ikiu, Eniel David pelo apoio e cessão de dados.

Aos funcionários de Departamento de Engenharia Florestal, Chica, Ernani, Terezinha, Claret, Melão, Heber, Meire.

À Cristiane, secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira UFLA.

Ao especialista na família *Burseraceae* Dr. Douglas Daly (*New York Botanical Garden*), pelo auxílio no estudo.

Ao Miller pelo companheirismo, apoio e compreensão.

Especialmente a minha mãe, Nilsen Sampaio, irmãos, em especial ao meu irmão Daniel (*in memoriam*), tia Noemia, primas Ione e Iveli, pelo carinho, compreensão e incentivo dados em todos os momentos da minha vida.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização e conclusão deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| | CAPÍTULO 1 Introdução geral..... | 13 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | JUSTIFICATIVA | 18 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 21 |
| 3.1 | <i>Burseraceae</i> | 21 |
| 3.2 | Óleo..... | 22 |
| 3.3 | Estruturas secretoras | 25 |
| 3.4 | Extrativos da madeira | 28 |
| 3.5 | Caracterização da região do estudo..... | 29 |
| | CAPÍTULO 2 Caracterização e variação radial das estruturas anatômicas da madeira de <i>Protium altsonii</i> Sandwith, <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Sw., <i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart. e <i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd. (<i>Burseraceae</i>)..... | 42 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 45 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 47 |
| 2.1 | Área de coleta do material | 47 |
| 2.2 | Preparo dos corpos de prova e caracterização anatômica da madeira..... | 48 |
| 2.3 | Preparo dos corpos de prova para obtenção de cortes histológicos | 50 |
| 2.4 | Preparo de lâminas permanentes..... | 50 |
| 2.5 | Preparo do material macerado (estruturas celulares dissociadas) | 51 |
| 2.6 | Teste histoquímico | 51 |
| 2.7 | Descrição microscópica qualitativa e quantitativa dos elementos anatômicos | 52 |
| 2.8 | Microscopia eletrônica de varredura..... | 52 |
| 2.9 | Análise estatística..... | 53 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 54 |
| 5.1 | Caracterização anatômica da madeira das espécies estudadas..... | 54 |
| 5.1.1 | <i>Protium altsonii</i> Sandwith. (Figuras 4, 5 e 6)..... | 54 |
| 5.1.2 | <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Sw. (Figuras 7, 8 e 9)..... | 58 |
| 5.1.3 | <i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart. (Figuras 10 e 11)..... | 61 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.1.4 | <i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd. (Figuras 12 e 13) | 64 |
| 5.4 | Análise da variação radial das estruturas anatômicas | 78 |
| 5.4.1 | Poros/Vasos | 78 |
| 5.4.2 | Fibras | 82 |
| 5.4.3 | Raios | 86 |
| 6 | CONCLUSÃO | 91 |
| | REFERÊNCIAS..... | 92 |
| | CAPÍTULO 3 Variação radial da densidade básica e dos elementos anatômicos da fibra da madeira de <i>Protium altsonii</i> Sandwith, <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Sw., <i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart. e <i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd. (<i>Burseraceae</i>)..... | |
| | | 100 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 103 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 106 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 108 |
| 3.1 | Diâmetro e altura..... | 108 |
| 3.2 | Densidade básica..... | 108 |
| 5.3 | Fibras | 113 |
| 5.4 | Variação radial dos caracteres da fibra | 115 |
| 5.5 | Correlações entre densidade básica e os caracteres anatômicos das fibras | 121 |
| 6 | CONCLUSÃO | 125 |
| | REFERÊNCIAS..... | 126 |
| | CAPÍTULO 4 Caracterização química da madeira e do óleo essencial da madeira de <i>Protium altsonii</i> Sandwith, <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Sw., <i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart. e <i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd. (<i>Burseraceae</i>)..... | |
| | | 131 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 134 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 136 |
| 2.1 | Coleta de material | 136 |
| 2.2 | Caracterização química dos extrativos..... | 136 |
| 2.3 | Extração do óleo essencial | 138 |
| 2.4 | Identificação dos constituintes químicos | 138 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 140 |
| 3.1 | Análise do teor de extrativos..... | 140 |

| | | |
|-----|----------------------------------|-----|
| 3.2 | Extração do óleo essencial | 142 |
| 3.3 | Composição química..... | 143 |
| 4 | CONCLUSÃO | 147 |
| | REFERÊNCIAS..... | 148 |
| | ANEXOS | 151 |

RESUMO GERAL

O conhecimento da estrutura anatômica da madeira é imprescindível no que tange à sua qualificação para atender grande variedade de usos, evitando o emprego inadequado e desperdício. Há carência de estudos anatômicos da madeira de espécies de *Burseraceae*, logo, o seu estudo pode contribuir para o conhecimento dessas essências tropicais, auxiliando na correta identificação, uso sustentável e utilização pelo mercado. Os representantes dessa família são denominados de breu, pois possuem uma característica de grande importância à sua identificação da família que é a presença quase sempre visível de uma resina aromática com o mesmo nome, presente em quase todas as partes da planta, utilizada como repelente de insetos, para iluminação e para calafetar embarcações, além do uso no preparo da tinta e verniz, também uma importante fonte de linalol, monoterpene empregado na composição de perfumes. Os óleos essenciais podem ser obtidos de diferentes partes da planta, como da resina, caule, folhas e frutos. O isolamento dessas substâncias naturais fornece matéria-prima importante para o preparo de diversos produtos industrializados, o que requer o conhecimento de suas propriedades físicas e químicas. O desenvolvimento de manejo madeireiro de baixo impacto em florestas nativas certificadas são alternativas viáveis economicamente, ao mesmo tempo em que asseguram a conservação da floresta, valorizando seus serviços ambientais; apesar da Floresta Amazônica ser rica em biodiversidade, há necessidade de mais estudos científicos, pois existem muitas áreas ainda não estudadas botanicamente, assim como há populações arbóreas cuja ecologia, principalmente no que refere à estrutura, é desconhecida. Esse é o caso das espécies de *Burseraceae*, ocorrente no Município de Paragominas-PA, após a exploração florestal na área, pesquisas deram ênfase à importância ecológica das espécies *Protium subserratum*, *Tetragastris panamensis*, *Trattinickia rhoifolia* e às do grupo de *Protium* spp, constatando a presença garantida na comunidade arbórea dessas espécies na área estudada. Um estudo mais detalhado na identificação botânica, contemplando aspectos como a ecologia, a silvicultura e o potencial da utilização de suas madeiras, ainda é o maior entrave para se conduzir pesquisas sobre essas espécies, pois há um grande número de espécies ainda não identificadas. Nesse contexto, o conhecimento das espécies de *Burseraceae*, como a constituição química e anatômica da madeira pode contribuir com o aproveitamento e melhor utilização destas pelas indústrias e pela medicina. O trabalho teve como objetivo contribuir para o conhecimento das essências tropicais pertencentes à *Burseraceae* visando sua correta identificação e uso sustentável e melhor utilização pelo mercado das espécies *Protium altsonii*; *Tetragastris altissima*; *Trattinickia burserifolia* e *Trattinickia rhoifolia* ocorrentes na região amazônica. As amostras foram coletadas em uma área sob o manejo florestal sustentável na fazenda Rio Capim

no município de Paragominas, as espécies estudadas possuem homogeneidade quanto os caracteres anatômicos da madeira e quanto à morfologia externa, já nas dimensões dos elementos não foi possível estabelecer um padrão de variação radial, no entanto, para densidade básica da madeira no sentido medula-casca foi observado um aumento gradual. E os sesquiterpenos, α -calacoreno e epi- α -muurolol foram os componentes majoritários encontrados no óleo essencial das espécies.

Palavras-chave: Anatomia da madeira. Óleos essenciais. Breu. *Burseraceae*.

GENERAL ABSTRACT

The knowledge of wood anatomical structure is essential when it comes to their qualification to meet the wide variety of uses, preventing waste and inadequate use. There are few anatomical studies of wood *Burseraceae* species, thus its study can contribute to the knowledge of tropical essences, aiding in proper identification, sustainable use and use by the market. The representatives of this family are known as pitch a characteristic of great importance to the family identification, which is almost always visible presence of an aromatic resin with the same name present in almost all parts of the plant used as a repellent insects, for lighting and for caulking boats, besides use in the preparation of paint and varnish, also an important linalool source, monoterpene composition used in perfumes. Essential oils can be obtained from plant parts, such as resin, stem, leaves and fruits. The isolation of these natural substances provides important raw material for the preparation of various industrial products, which requires knowledge of their physical and chemical properties. The development of low-impact, wood management in natural forests are certified economically viable alternatives, while ensuring the forest conservation, valuing environmental services, despite the Amazon rainforest, is rich in biodiversity, there is need for more scientific studies, because there are many areas not studied botanically, just as there are tree populations whose ecology, especially as regards the structure is unknown. This is the case *Burseraceae* species, occurring in the city of Paragominas-PA, after entering in the area, research emphasized the ecological importance of the species *Protium subserratum*, *panamensis Tetragastris*, *rhoifolia Trattinickia* and *Protium* spp group, noting the guaranteed presence in the tree community of these species in the study area. A more detailed study on botanical identification, considering aspects such as silviculture, ecology, and the potential use of their woods, is still the biggest barrier to conducting research on these species, as there are a large number of species not yet identified. In this context, knowledge of *Burseraceae* species, as the chemical and anatomical composition of wood may contribute to the better utilization by these industries and medicine, the study had as objective to contribute to the knowledge of tropical essences belonging to its identification order *Burseraceae* correct and sustainable use and best utilization by species market *altsonii Protium*; *Tetragastris altissima*; *Trattinnickia burserifolia* and *Trattinnickia rhoifolia*, occurring in the Amazon region. The samples were collected in an area of sustainable forest management on the farm in the municipality of Rio Capim Paragominas, the species studied have homogeneity as the anatomical characters of wood and as the external morphology, since the elements dimensions was not possible to establish a pattern of radial variation, however, for basic wood density from pith to bark was observed a gradual

increase. And the sesquiterpenes, α -calacoreno and epi- α -muurolol were the major components found in the essential oil of the species.

Keywords: Wood anatomy. Essential oils. Pitch. *Burseraceae*.

CAPÍTULO 1

Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

As espécies arbóreas nativas da Amazônia são de grande importância para o setor econômico, tanto madeireiro como não madeireiro, porém a prática de exploração ainda vem sendo feita de forma descontrolada, o que acaba causando grandes distúrbios na floresta, alterando a ecologia, estrutura e conservação dessas espécies, muitas das quais, devido à alta especificidade ecológica e potencialidades de uso, ainda são pouco conhecidas (CARVALHO et al., 2009).

A falta de conhecimento tecnológico sobre grande parte das espécies tropicais comercializadas e a falta de interesse comercial por algumas delas, devido a pouca divulgação de suas características tecnológicas, são responsáveis pelo pouco uso ou pela aplicação inadequada da madeira, além de contribuir para a desvalorização dessa matéria-prima (SIQUEIRA, 2002 Apud RAZERA NETO, 2005).

A anatomia da madeira envolve o estudo dos diversos tipos de células que integram o xilema secundário (lenho), sua organização, funções e particularidades estruturais (ZENID, 2008); podendo fornecer subsídios importantes à identificação de grupos taxonômicos em diversos níveis (GOMES, 1981). Segundo Metcalfe e Chalk (1950), caracteres anatômicos, como porosidade, comprimento, diâmetro, frequência de vasos por mm², tipos de parênquima axial, altura e largura de raios, fibras, presença de canais secretores e estratificação são importantes no reconhecimento das espécies.

O valor dos caracteres anatômicos do xilema para auxiliar na solução de problemas taxonômicos é reconhecido desde o século 19. De Candolle (1818), empregou a ausência ou presença de vasos na classificação botânica. Através dos tempos, diversos autores não só reconheceram a importância do caráter anatômico, mas o tem empregado sistematicamente em estudos comparativos

(BAILEY, 1933; CHALON, 1868; CHATTAWAY, 1956; METCALF; CHALK, 1950). Os sistemas de classificação modernos, como os de Cronquist (1968), Dahlgren (1980), Takhtajan (1980) e Thorne (1976), têm utilizado os caracteres anatômicos da madeira significativos para a sistemática (BAAS, 1982).

O xilema secundário do caule tem sido muito estudado como subsídio à pesquisa básica e aplicada. A pesquisa básica tem colaborado na solução de problemas taxonômicos, e para avaliação relação planta e meio ambiente. Como pesquisa aplicada, é utilizado nos inventários florestais, fornecendo subsídios à ação dos órgãos de fiscalização, auxiliando em trabalhos de tecnologia da madeira como qualificação de madeiras para produção de energia e papel, madeiras para a construção e na dendrocronologia (COSTA, 2001).

Já outros autores afirmam que, a estrutura anatômica (BURGER; RICHTER, 1991), composição química (SJOSTROM, 1993) e a determinação da densidade básica (VITAL, 1984) formam os parâmetros que constituem a base para quaisquer estudos tecnológicos efetuados na madeira, auxiliando a interpretação e permitindo empregá-la corretamente para determinado tipo de uso.

Para Metcalfe e Chalk (1983), o estudo das estruturas secretoras do xilema secundário, além de fornecer dados para subsidiar o seu uso, relações entre famílias botânicas e o estabelecimento de afinidades entre espécies ou grupos específicos. Quanto à sua composição química, a madeira pode ser definida como um polímero biológico tridimensional, composto por uma rede interconectada de celulose, hemiceluloses e lignina, além de uma porção minoritária de extrativos orgânicos e componentes inorgânicos, os quais são geralmente considerados componentes secundários (LEPAGE et al., 1986).

Para Rowell et al. (2005), os extrativos são componentes químicos da madeira que podem ser retirados utilizando-se solventes, e sendo, geralmente,

classificados de acordo com o tipo de solvente utilizado, a exemplo dos extrativos solúveis em água e extrativos solúveis em álcool tolueno. Para Buchanan (1981), os extrativos de espécies de um mesmo gênero são geralmente similares, assim como a ocorrência de extrativos em comum na família botânica, adquirindo, assim, importância taxonômica.

Os extrativos têm como característica, entre outras, o fato de não constituírem parte da estrutura da parede celular, assim como possuir baixa massa molecular, somando pequenas quantidades ($3 \pm 2\%$ da composição química da madeira das folhosas). Geralmente, são representados pelos óleos essenciais, resinas, taninos, e pigmentos (MORAES; NASCIMENTO; MELO, 2005). Vale ressaltar que, apesar de, geralmente, apresentar-se em pequenas proporções, os extrativos estão entre os principais responsáveis pela resistência da madeira ao ataque de fungos e insetos (BUCHANAN, 1981; OLIVEIRA et al., 2005).

Esses materiais também são responsáveis muitas vezes por certas propriedades organolépticas. Embora contribuam com uma pequena porcentagem da massa da madeira, podem apresentar influência nas propriedades e na qualidade de processamento. Dependendo da espécie e condições de secagem da madeira, ocorrem a migração e concentração de extrativos na superfície, com a formação da chamada superfície inativa ou contaminada, prejudicando o contato adesivo-madeira (MARRA, 1992; PIZZI, 1994).

Na dependência da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo. Jankowsky (1988) considerava tal fato ao concluir que madeiras com elevados teores de extrativos apresentam dificuldades de colagem.

Segundo Panshin e Zeeuw (1980), a densidade básica é uma característica resultante da interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira, portanto, as variações na densidade são provocadas por diferenças nas dimensões celulares, das interações entre fatores e pela quantidade de componentes extraíveis presentes por unidade de volume e massa.

No sistema taxonômico proposto por Dahlgreen em 1980, as famílias *Rutaceae*, *Meliaceae*, *Burseraceae*, *Simaroubaceae* e *Cneoraceae* estão posicionadas na ordem *Rutales*, constituindo uma das fontes mais ricas e diversas de metabólitos secundários de angiospermas (DAHLGREEN, 1980; WATERMAN; GRUNDON, 1983).

A família *Burseraceae* representa um dos grandes táxons botânicos presente na Floresta Amazônica (SIQUEIRA, 1991). Na região as espécies são conhecidas como "breus", o mesmo nome dado a sua resina aromática encontrada em quase todas as partes da planta, que vêm sendo utilizadas ao longo dos anos como repelente de insetos, no calafeto de embarcações e na terapêutica (CORRÊA, 1926), algumas plantas possuem grande importância histórica, como a mirra (*Commiphora*) e o olíbano (*Boswellia*) (LANGENHEIM, 2003).

O gênero *Protium* é o maior representante, com mais de 80% das espécies de *Burseraceae* (SIQUEIRA, 1991), e também o que possui grande quantidade de trabalhos publicados na literatura (OLIVEIRA et al., 2004; OTUKI et al., 2005; SIANI et al., 1999), envolvendo o estudo da resina, folhas, frutos e lenho de suas espécies (BANDEIRA et al., 2002; RUDIGER; SIANI; VEIGA JÚNIOR, 2007), tendo como um dos principais objetivos, o isolamento e a identificação de metabólitos secundários, assim como, a análise dos constituintes voláteis (MARQUES, 2010).

2 JUSTIFICATIVA

A Floresta Amazônica Brasileira é rica em sua biodiversidade, e há necessidade de mais estudos científicos para aumentar o conhecimento sobre sua biodiversidade. Existem muitas áreas ainda não estudadas botanicamente, assim como populações arbóreas cuja ecologia, principalmente no que refere à estrutura, é desconhecida. Esse é o caso das espécies da família *Burseraceae* (BATISTA; CARVALHO, 2006).

A maior parte dos levantamentos florísticos realizados na Amazônia indica uma alta importância da família *Burseraceae* (MILLIKEN, 1998), principalmente devido à heterogeneidade ambiental (DALY, 1987).

Batista e Carvalho (2006) analisaram a estrutura das populações de *Burseraceae* ocorrentes na Fazenda Rio Capim, no Município de Paragominas PA, após a exploração florestal e registraram na área, importância ecológica na floresta estudada das espécies que constituem o grupo dos breus (*Protium* sp., *Tetragastris panamensis*, *Protium nitidum*, *Trattinickia rhoifolia* e *Protium subserratum*), constatando a presença na comunidade arbórea na área. Os autores ainda recomendam um estudo mais detalhado dessas espécies, contemplando aspectos como a ecologia, a silvicultura e o potencial da utilização de suas madeiras.

Carvalho et al. (2009), desenvolveram estudo em duas florestas naturais sob manejo no Estado do Pará, dentre elas a área da Fazenda Rio Capim, e afirmam que as espécies do grupo dos breus, são pouco conhecidas, e não estão sendo comercializadas (principalmente quanto ao uso da madeira). Concluindo que com o conhecimento da ecologia, da dinâmica de crescimento e dos usos potenciais de suas madeiras, essas espécies poderão substituir, nas próximas colheitas, aquelas que foram colhidas na exploração passada, contribuindo para a sustentabilidade do ecossistema florestal.

A exploração madeireira na Amazônia é realizada, quase sempre com base em nomes vulgares, e frequentemente, o mesmo nome é usado para identificar madeiras de espécies diferentes. Não raro, o nome vulgar de determinada madeira varia de uma área para outra, dentro da mesma região, estado ou município brasileiro, assim há necessidade de um método que dê precisão científica à identificação da madeira (LISBOA, 1991).

Segundo Araújo e Matos Filho (1980), a falta de conhecimentos que conduzam à identificação precisa e imediata dessas madeiras, geram consequências ao comércio madeireiro, como a recusa por parte de compradores que recebem espécies as quais aparentemente apresentam características organolépticas, como: cor, cheiro, textura e peso, semelhantes, mas que possuem estruturas anatômicas totalmente diferentes.

Na região amazônica existem aproximadamente 4.000 espécies produtoras de madeira, mas apenas poucas dezenas apresentam valor econômico expressivo; essa situação é atribuída, entre outras causas, ao desconhecimento das características de usinagem e do uso final das madeiras (STERNADT; CAMARGOS, 1990).

O estudo dos caracteres anatômicos serve como apoio indispensável às pesquisas de caracterização e utilização de madeiras ocorrentes no Brasil e no mundo, pois possibilita a correlação entre a estrutura do lenho e as diversas propriedades da mesma, constituindo-se em grande auxílio na interpretação de resultados obtidos, quando o material é submetido a diferentes testes e tratamentos (FEDALTO; MENDES; CORADIN, 1989).

Para Ribeiro et al. (1999), a falta de identificação botânica ainda é o maior entrave para se conduzir pesquisas sobre as espécies de *Burseraceae*, pois há um grande número de espécies ainda não identificadas. Nesse contexto, o conhecimento das espécies da família *Burseraceae*, assim como a constituição

química e anatômica da madeira pode contribuir com o aproveitamento e melhor utilização destas pelas indústrias química e farmacológica e pela medicina.

Face à carência de estudos anatômicos da madeira de espécies de *Burseraceae*, o presente trabalho tem como objetivo contribuir para o conhecimento de espécies tropicais pertencentes à família *Burseraceae* visando sua correta identificação e uso sustentável.

Como objetivos específicos: pretende-se caracterizar macro e microscopicamente a madeira das espécies *Protium altsonii* Sandwith; *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw; *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. ocorrentes na região amazônica, realizando a comparação anatômica entre as espécies; verificar a variação radial sentido medula-casca das dimensões dos elementos anatômicos da madeira; analisar a variação radial da densidade básica e das estruturas anatômicas das fibras da madeira; realizar identificação qualitativa e quantitativa dos principais componentes voláteis da madeira e verificar os extrativos totais da madeira das espécies estudadas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 *Burseraceae*

Burseraceae é uma família de plantas angiospérmicas (divisão *Magnoliophyta*), pertencente à ordem *Sapindales* (SOUZA; LORENZI, 2008). A família compreende aproximadamente 600 espécies e 21 gêneros distribuídos em três tribos: *Protieae* (4 gêneros), *Bowellieae* (8 gêneros) e *Canarieae* (9 gêneros) (SIANI et al., 2004).

No Brasil ocorrem sete gêneros (*Bursera*, *Commiphora*, *Crepidospermum*, *Dacryodes*, *Protium*, *Tetragastris* e *Trattinnickia*) e 100 espécies, 20 são endêmicas, ocorrendo nos domínios fitogeográficos, Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (DALY, 2012). A maioria das espécies é nativa da região amazônica (BARROSO, 1991; SOUZA; LORENZI, 2008).

As espécies apresentam indivíduos de porte pequeno e outras cujos exemplares podem atingir o dossel da floresta, como as das espécies *Tetragastris* spp. e *Protium altsonii* (RIBEIRO et al., 1999). As *Burseraceae* fornecem madeira para a indústria de construção pesada, construção leve, embarcações, chapas, instrumentos musicais, caixas e engradados, móveis e artigos domésticos e torneados.

Segundo Paula e Alves (1997), os representantes dessa família são conhecidos por breu ou almêcego e no que tange a produção de madeira, o gênero *Protium* no Brasil é o mais importante, apresentando-se com múltiplas utilizações, inclusive na produção de papel.

O mercado internacional é muito receptivo a esse tipo de resina, como fonte de fixadores para tintas artísticas, uma propriedade que deriva da riqueza de triterpenos nas resinas de *Protium* sp (FREITAS, 2010).

A resina é também uma importante fonte de linalol, monoterpene empregado na composição de perfumes (QUEIROZ et al., 2006), como exemplo, temos a empresa de cosméticos, que utiliza o óleo essencial da resina de *Protium*, na fabricação de alguns produtos.

Partes das plantas (cascas e folhas) são reconhecidas na medicina popular como anti-inflamatório, antitumoral e adstringente (QUEIROZ et al., 2006; SUSUNAGA, 1996). Otuki et al. (2005) descrevem excelentes resultados utilizando o extrato etéreo da resina de *Protium kleinii*, como anti-inflamatório de uso tópico.

A resina é secretada naturalmente, ou através de injúrias, pelo tronco da árvore, e a mesma quando entra em contato com o ar começa a endurecer (PLOWDEN, 2001). Alguns estudos ecológicos demonstram que insetos xilófagos, como os *Corcullionidae*, são responsáveis pela perfuração da casca e a exudação da resina (LANGENHEIM, 1969; PLOWDEN, 2001), podendo essas ser também de origem mecânica.

Comunitários de uma floresta em Manaus AM, relatam que se pode obter quantidades consideráveis, entre 20 e 40 quilos em poucos dias/árvore, e que a planta demora um ano ou mais para produzir uma quantidade comercialmente viável novamente (FERNANDEZ, 2008).

3.2 Óleo

Os óleos essenciais ou óleos voláteis são misturas complexas que podem conter mais de uma centena de componentes químicos pertencentes a diferentes classes de substâncias, sendo os terpenos e os fenilpropanoides os mais comumente encontrados (BRUNETON, 1991).

Outros componentes também são de ocorrência comum nos óleos essenciais, como álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos,

peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas e cumarinas, além de compostos sulfurados. Esses constituintes estão presentes em diferentes concentrações, um deles, é o componente majoritário, em outros ocorrem em teores menores e alguns em baixíssimas quantidades (SIMÕES; SPITZER, 2003).

A composição dos óleos essenciais das plantas é determinada geneticamente, podendo variar com a origem botânica; a espécie; o quimiotipo; o ciclo vegetativo; fatores climáticos; tipo de solo e o processo de extração (BRUNETON, 1991).

Os óleos essenciais são raramente encontrados no grupo das Gimnospermas (com exceção das coníferas). Ao contrário, as Angiospermas são plantas ricas em óleos essenciais, tais como os encontrados nas famílias *Lauraceae*, *Fabaceae*, *Piperaceae*, *Rutaceae* e *Burseraceae* (HARBONE, 1984).

Dependendo da família, a síntese e o acúmulo dos óleos essenciais vêm associados à presença de estruturas histológicas especializadas, localizadas em determinados pontos do tecido vegetal, como em tricomas glandulares, células parenquimáticas diferenciadas, canais secretores e cavidades que podem estar presentes nas flores, frutos, lenhos, cascas, raízes e sementes (BRUNETON, 1991; HARBONE, 1984).

É importante salientar, que diferenças quantitativas e qualitativas, na composição química desses óleos são encontradas quando se trabalha com óleos extraídos de partes diferentes de uma mesma planta (BANDEIRA et al., 2002; SIANI et al., 1999; ZOGHBI; ANDRADE, 2002). Os processos de extração variam conforme a localização do óleo essencial na planta e com a finalidade de utilização do mesmo (SILVA, 2006).

Siani et al. (2004), pesquisando os constituintes voláteis da resina, frutos e folhas da espécie *Protium icicariba*, encontraram predominantemente

monoterpenos no óleo extraído da resina, enquanto que na amostra de óleo extraída das folhas, houve a prevalência de sesquiterpenos.

O estudo de produtos naturais tem avançado bastante nos últimos tempos, em função do desenvolvimento de novas técnicas espectroscópicas e cromatográficas. O isolamento dessas substâncias naturais fornece matéria-prima importante para o preparo de diversos produtos industrializados, o que requer o conhecimento de suas propriedades físicas e químicas (HATAKEYAMA; QUINN, 1999).

Os produtos químicos produzidos pelos vegetais podem ser divididos em dois grandes grupos, os metabólitos primários, ou macromoléculas, como os lipídios, proteínas carboidratos e ácidos nucleicos que, devido à energia originam o segundo grupo, os metabólitos secundários, micromoléculas com estruturas complexas, possuindo atividades biológicas com funções variadas (HARBONE, 1984), que são necessárias à sobrevivência do vegetal em seu ecossistema, exercendo um papel fundamental na defesa contra microrganismos e predadores, e também na atração de insetos e outros agentes polinizadores e dispersores (SIANI et al., 2000) que atuam na reprodução das plantas (BAKKALI et al., 2008).

As propriedades desses constituintes obtidos de diferentes partes das plantas vêm sendo estudadas por vários pesquisadores, quanto à atividade antifúngica, antiviral, antioxidantes e inseticidas (BURT, 2004; KORDALI et al., 2005). Alguns desses óleos têm sido usados no tratamento de câncer (SYLVESTRE et al., 2006), na preservação de alimentos (FAID et al., 1995), aromaterapia (BUTTNER; WILLEKE; GRINSHPUN, 1996) e na indústria de perfumes e cosmético (VAN DE BRAAK; LEIJTEN, 1999).

Como exemplo dessas últimas propriedades, pode-se citar as espécies conhecidas por breu-branco, *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. e *Protium pallidum* Cuatrec que atualmente representam um insumo importante na

indústria de perfumaria nacional, através da incorporação do óleo essencial obtido da resina (PEREIRA, 2009).

Estudos farmacológicos realizados com o óleo essencial obtido das resinas de várias espécies do gênero *Protium* mostraram atividades anti-inflamatórias e antinociceptivas (SIANI et al., 1999).

Segundo Milhau et al. (1997), os óleos essenciais são fontes de compostos biologicamente ativos. Por isso, o grande interesse de conhecer o potencial químico da flora aromática por meio da identificação dos constituintes de óleos essenciais de espécies que crescem naturalmente em nossos biomas.

3.3 Estruturas secretoras

A família *Burseraceae* apresenta no caule canais esquizógenos proeminentes, contendo terpenoides e óleos etéreis, no caule; tecido parenquimatoso frequentemente com células mucilaginosas e cristais de oxalato de cálcio solitários ou agrupados com outras células; raios do xilema misto unisseriado ou plurisseriado, ou totalmente unisseriado, nesse caso homocelular ou heterocelular (CRONQUIST, 1981).

As estruturas ou tecidos secretores são células especializadas ou estruturas multicelulares que eliminam substâncias específicas (FAHN, 1979, 2000) variam quanto à estrutura, função, tipo de substância que secretam, a morfologia, fisiologia e na posição que ocupam no corpo da planta (CUTTER, 1978; ESAU, 1977; FAHN, 1988). Apresentam fisiologia complexa (ESAU, 1977; FAHN, 1989), o que gera dificuldades para a classificação.

Vale resaltar que o termo secreção é usado quando há eliminação de substâncias com função fisiológica especial, como defesa contra a herbivoria,

atração de polinizadores e adaptação ambiental, e quando não existe uma função conhecida ou específica, denomina de excreção (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

A atividade secretora é caracterizada por células que sintetizam, acumulam e/ou eliminam substâncias diversificadas, com função e natureza químicas distintas (poliacetileno, lactonas sesquiterpênicas, alcaloides e óleos essenciais) pouco conhecidas (METCALFE; CHALK, 1983) ou com alta especificidade (LÜTTGE, 1971) e com diferenças na morfologia, fisiologia e na posição que ocupam no corpo da planta (CUTTER, 1978; ESAU, 1977; FAHN, 1979, 1982, 1988). Essas substâncias serão produzidas pelos seus protoplasmas, e que podem permanecer no citoplasma e vacúolos ou serem lançadas para o exterior, nos espaços intercelulares ou expulsas para a superfície da planta (FAHN, 1988).

Morfologicamente, as células secretoras apresentam núcleo relativamente grande, vacúolos pequenos e numerosos, citoplasma denso com inúmeras mitocôndrias, sendo que a frequência de outras organelas é variável conforme o produto secretado (FAHN, 1979, 1982; ROSHCHINA; ROSHCHINA, 1993).

A posição da estrutura secretora no corpo da planta apresenta elevado grau de variação (FAHN, 1988). Podem ocorrer vários tipos de estruturas secretoras em um mesmo órgão, ou até mesmo o confinamento de determinadas estruturas a um único órgão (SOLEREDER, 1908). Quando esses parâmetros são constantes no grupo taxonômico avaliado, as estruturas secretoras podem constituir um importante caráter taxonômico (FAHN, 1979, 1988; METCALFE; CHALK, 1950, 1979, 1983; PYYKKÖ, 1966; SOLEREDER, 1908).

Pesquisas sobre os tecidos secretores enfocando sua anatomia e aplicação na sistemática; a natureza das substâncias secretadas e a respectiva importância econômica têm dado lugar aos estudos relacionados à ultraestrutura

celular, citoquímica e biofísica. A caracterização histoquímica da espécie pode se constituir num método rápido e de menor custo para avaliação da sua composição química (FAHN, 2000).

O estudo da natureza química do material secretado, juntamente com a anatomia dessas estruturas, pode contribuir para a compreensão do exato papel dessas estruturas, bem como a função do produto secretado pela planta (ESAU, 1977; FAHN, 1979; SCHNEPF, 1974; THADEO et al., 2009).

O tipo de estrutura secretora e a sua frequência também podem estar relacionados com a quantidade e a qualidade de substâncias produzidas por determinada espécie. Assim, vários autores, mediante estudos com microscopia de luz, microscopia eletrônica de varredura e de transmissão, aliados a testes histoquímicos, puderam associar a composição química de metabólitos produzidos a diferentes estruturas secretoras em diversas famílias de plantas (ASCENSÃO; MARQUES; PAIS, 1997; ASCENSÃO; MOTA; CASTRO, 1999; FAHN; SHIMONY, 1996; FERREIRA; JANICK, 1995; KOLBI; MÜLLER, 2004; MACHADO; GREGÓRIO; GUIMARÃES, 2006; PLATT; THOMSON, 1992; ZOBEL, 1986).

Castro, Leitão Filho e Monteiro (1997), evidenciaram que os tipos de estruturas secretoras e sua localização no vegetal possuem valor diagnóstico e taxonômico, na identificação dos gêneros de *Asteraceae*, o que permitiu a elaboração de uma chave para separação dos gêneros.

Da mesma forma, a ontogênese das estruturas secretoras pode fornecer dados para esclarecer o processo de desenvolvimento dessas estruturas, bem como evidenciar o processo de síntese e secreção dos compostos produzidos (ASCENSÃO; PAIS, 1987; CICCARELLI; ANDREUCCI; PAGNI, 2001; KALACHANIS; PSARAS, 2005; LIANG et al., 2006; MARIANI et al., 1989; MONTEIRO et al., 2001; MOURA et al., 2005; SILVA; MACHADO, 1999).

A classificação dessas estruturas tem sido estudada por vários pesquisadores (CUTTER, 1986; DICKINSON, 2000; FAHN, 1979, 2000; METCALFE; CHALK, 1979). Que as agruparam quanto à posição, como internas (idioblastos, canais, cavidades e laticíferos) e externas (tricomas glandulares, nectários e hidatódios) (CUTTER, 1978; ESAU, 1965, 1977) e outros, quanto à natureza química da secreção (LÜTTGE, 1971; SCHNEPF, 1974).

Vários são os produtos secretados que têm importância econômica, tais como borracha, ópio, bálsamo, cânfora, resinas, adoçantes e condimentos. Espécies são cultivadas, como plantas ornamentais e para produção de óleos essenciais utilizados na indústria de cosméticos e perfumes (FAHN, 1979; MARGARIS; KOEDAM; VOKOU, 1982).

3.4 Extrativos da madeira

Os extrativos são substâncias formadas a partir de alterações dos carboidratos produzidos na fotossíntese e podem responder por mais de 20% do peso seco em madeiras tropicais. Estão presentes nas células parenquimáticas e no lume dos vasos e são constituídos por uma série de compostos orgânicos. Atuam como material de reserva, ou como parte do mecanismo de defesa das plantas ao ataque de microrganismos (PANSHIN; ZEEUW, 1980; PETTERSEN, 1984).

Os extrativos são frequentemente responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e propriedades abrasivas. Sua composição e quantidade relativa dependem de diversos fatores, como espécie, idade e região de procedência, etc. (GUEDES, 2010).

Segundo Barrichelo e Brito (1985), os extrativos são componentes acidentais que não fazem parte da estrutura química da parede celular e lamela média. Incluem um elevado número de compostos orgânicos, sendo que a maioria é solúvel em água quente, álcool etílico, benzeno e outros solventes orgânicos neutros, sem afetar a estrutura física da madeira. Em geral apresentam baixo ou médio peso molecular, exceto alguns, como por exemplo, os taninos.

A distribuição dos extrativos dentro da mesma árvore não é homogênea. Açúcares e outros constituintes solúveis na seiva e materiais de reserva, como amido e gorduras, são encontrados no alburno; materiais fenólicos são usualmente depositados no cerne (HILLIS, 1962).

Essa variação é causada por vários fatores, como diferenças genéticas, variação sazonal, local de crescimento, posição da amostra na árvore e idade da árvore. O conhecimento da localização precisa dos extrativos nos tecidos (quimimorfologia) pode fornecer informação útil com respeito à qualidade da madeira (KRAHMER et al., 1970 citado por HILLIS, 1971) e à resistência à deterioração biológica (HILLIS, 1971).

Os extrativos estão presentes em maiores quantidades no cerne do que no alburno, e as mudanças no conteúdo podem ser muito abruptas na periferia do cerne. Os extrativos são encontrados quase sempre no parênquima, mas podem aparecer também nos vasos e nas fibras e, em alguns casos, em células especializadas. Grandes quantidades de extrativos polifenólicos podem estar presentes no cerne de algumas espécies (DADSWELL; HILLIS, 1962).

3.5 Caracterização da região do estudo

O município de Paragominas, pertencente à Mesorregião do Sudeste Paraense e possui uma área de 19.341,858 km² e aproximadamente 97.819 habitantes; situa-se a 310 km da capital Belém (INSTITUTO BRASILEIRO DE

GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). O clima é mesotérmico e úmido, com temperatura média anual em torno de 25°C; regime pluviométrico de 2.250 mm anuais, as chuvas regulares, sendo de janeiro a junho maior concentração (cerca de 80%); umidade relativa do ar fica em torno de 85%; a topografia apresenta níveis altimétricos que apresentam pouca variação e o tipo de solo mais comum é o Latossolo Amarelo.

A vegetação predominante é floresta ombrófila densa, caracterizada por um dos mais altos índices de biodiversidade do mundo. Outros tipos florestais também estão presentes em menor proporção, como a floresta ombrófila aluvial.

A Fazenda Rio Capim se localiza dentro do chamado arco de povoamento da região amazônica oriental, caracterizado pelo alto índice de desmatamento, provocado pelas principais atividades antrópicas da região. O histórico de ocupação da Amazônia vem demonstrando os impactos ecossistêmicos negativos provocados pelo avanço da fronteira agropecuária e madeireira na região, como a perda de biodiversidade, mudanças climáticas drásticas (dentro e fora da região) e perda de produtividade do solo amazônico. Nesse contexto, o desenvolvimento do manejo madeireiro de baixo impacto em florestas nativas certificadas, são alternativas viáveis economicamente, ao mesmo tempo em que asseguram a conservação da floresta, valorizando seus serviços ambientais (SCIENTIFIC CERTIFICATION SYSTEMS - SCS, 2006).

O processo de certificação das florestas naturais da Fazenda Rio Capim, na região de Paragominas, com uma área total de 140.658 ha já certificados, permite colher mais de 50 espécies nativas, sendo as de maior ocorrência são: Angelim, Amapá, Breu, Cumaru, Faveira, Freijó, Ipê, Jatobá, Louro, Maçaranduba, Muiracatiara, Pau Amarelo, Piquiá, Sucupira e Tauari. A área de exploração anual máxima corresponde a 4.000 ha e o volume anual de 50.000 m³, sendo em média 20 m³/ha.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. A. M.; MATTOS FILHO, A. M. A importância da anatomia do lenho para comercialização da madeira. **Rodriguésia** Rio de Janeiro, v. 53, p. 315-20, 1980.
- ASCENSÃO, L.; MARQUES, N.; PAIS, M. S. Peltate glandular trichomes of *Leonotis leonurus* leaves: ultrastructure and histochemical characterization of secretions. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 158, p. 249-258, 1997.
- ASCENSÃO, L.; MOTA, L.; CASTRO, M. M. Glandular trichomes on the leaves and flowers of *Plectranthus ornatus*: morphology, distribution and histochemistry. **Annals of Botany**, London, v. 84, p. 437-447, 1999.
- ASCENSÃO, L.; PAIS, M. S. Ultrastructure and histochemistry of secretory ducts in *Artemisia campestris* ssp. *Maritima* (Compositae). **Nordic Journal of Botany**, Copenhagen, v. 8, p. 283-292, 1987.
- BAAS, P. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy. History and perspectives. In: BAAS, P. (Ed.). **New perspectives in wood anatomy**. The Hague: M. Nijhoff, W. Junk, 1982. v. 2, p. 23-58.
- BAILEY, I. W. The cambium and its derivative tissues: structure, distribution and diagnostic significance of vestured pits in dicotyledons. **Journal of the Arnold Arboretum**, Cambridge, v. 14, p. 259-272, 1933.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, p. 446-475, 2008.
- BANDEIRA, P. N. et al. Metabólitos secundários de *Protium heptaphyllum* March. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 1078-1080, 2002.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **Química da madeira**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 125 p.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1991. v. 2.

BATISTA, R. W. C.; CARVALHO, J. O. P. **Efeito da exploração florestal nas populações de espécies arbóreas da família Burseraceae em uma floresta de terra firme, na Região de Paragominas, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 4 p. (Comunicada Técnico, 174).

BRUNETON, J. **Elementos de fitoquímica y de farmacognosia.** Zaragoza Acribia, 1991. 594 p.

BUCHANAN, M. A. **Extraneous components of wood the chemistry of wood.** New York: R. Krieger, 1981. 689 p.

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

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 94, p. 223–253, 2004.

BUTTNER, M.; WILLEKE, K.; GRINSHPUN, S. Sampling and analysis of airborne microorganisms. In: HURST, C. J. **Manual of environmental microbiology.** Washington: ASM, 1996. p. 629–640.

CARVALHO, J. O. P. et al. Identificação botânica de espécies arbóreas pouco conhecidas como contribuição ao planejamento do manejo de florestas naturais no estado do Pará. In: CONFERÊNCIA DO SUBPROGRAMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2008, Belém. **Anais...** Brasília: CNPq, 2009. 579 p.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal:** estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CASTRO, M. M.; LEITÃO FILHO, H. F.; MONTEIRO, W. R. Utilização de estruturas secretoras na identificação dos gêneros de Asteraceae de uma vegetação do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 163-174, 1997.

CHALON, J. Anatomie comparée des tiges ligneuse dicotylédonées. **Bulletin de la Société Botanique de France**, Paris, v. 16, p. 38-39, 1868.

CHATTAWAY, M. Crystals in wood tissues. **Tropical Woods**, New Haven, v. 104, p. 100-124, 1956. Part II.

CICCARELLI, D.; ANDREUCCI, A. C.; PAGNI, A. M. Translucent glands and secretory canals in *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae): morphological, anatomical and histochemical studies during the course of ontogenesis. **Annals of Botany**, London, v. 88, p. 637-644, 2001.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: IBDF, 1926. v. 1.

COSTA, A. **Coletâneas de Anatomia da Madeira**. 2001. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlindo/materiais/APOSTILA_NATOMIA1.pdf>. Acesso em: 6 out. 2011.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. New York: Botanical Garden, 1968. 396 p.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal: células e tecidos**. 2. ed. São Paulo: Roca, 1986. Parte I.

CUTTER, E. G. **Plant anatomy: cells and tissues**. London: E. Arnold, 1978. 315 p.

DADSWELL, H. E.; HILLIS, W. E. Wood. In: HILLIS, W. E. (Ed.). **Wood extractives and their significance to the pulp and paper industries**. New York: Academic, 1962. p. 3-55.

DAHLGREEN, R. M. T. A revised system of classification of the Angiosperms. **Botanical Journal Linnean Society**, London, v. 80, n. 2, p. 91-124, 1980.

DALY, D. C. **A taxonomic revision of *Protium* (Burseraceae) in Eastern Amazonia and the Guianas**. New York : City University of New York, 1987.

DALY, D. C. **Burseraceae in lista de espécies da flora do Brasil**: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000068>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

DE CANDOLLE, A. P. **Systema naturale regni vegetabilis**. Paris: Treuttel e Wurtz, 1818.

DICKINSON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. Califórnia: Academic, 2000.

- ESAU, K. **Anatomy of the seed plants**. New York: J. Wiley, 1977.
- ESAU, K. **Plant Anatomy**. New York: J. Wiley, 1965. 767 p.
- FAHN, A. **Plant Anatomy**. Oxford: Pergamon, 1982. 544 p.
- FAHN, A. **Plant Anatomy**. 4th ed. London: Pergamon, 1989.
- FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic, 1979. 302 p.
- FAHN, A. Secretory tissues in vascular plants. **New Phytologist**, Cambridge, v. 108, p. 229-257, 1988.
- FAHN, A.; SHIMONY, C. Glandular trichomes of *Fagonia* L. (Zygophyllaceae) species: structure, development and secreted materials. **Annals of Botany**, London, v. 77, p. 25-34, 1996.
- FAHN, A. Structure and function of secretory cells. In: HALLAHAN, D. L.; GRAY, J. C. (Ed.). **Advances in Botanical Research: plant trichomes**. London: Academic, 2000. v. 31, p. 37-75.
- FAID, M. et al. Physicochemical and microbiological characterizations and preservation with sorbic acid and cinnamon. **Journal of Food Products**, Binghamton, v. 58, n. 5, p. 547-550, 1995.
- FEDALTO, L. C.; MENDES, I. C. A.; CORADIN, V. T. R. **Madeiras da Amazônia: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional do Tapajós**. Brasília: IBAMA, 1989. 156 p.
- FERNANDEZ, M. H. **Anatomia, morfologia e identificação de espécies de breu (Burseraceae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Tupé, Manaus, AM**. Manaus: INPA, 2008. 88 p.
- FERREIRA, J. F. S.; JANICK, J. Floral morphology of *Artemisia annua* with special reference to trichomes. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 156, n. 6, p. 807-815, 1995.
- FREITAS, J. G. R. **Contribuição ao Conhecimento Químico de Plantas do Gênero Protium (Burseraceae) que Ocorrem em um Fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco**. 2010. 55 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

GOMES, J. I. **Estudo anatômico do xilema secundário das espécies de *Hevea da Amazônia brasileira***. 205 p. 1981. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, 1981.

HARBONE, J. B. **Phytochemical Methods a guide to modern techniques of plant analysis**. 2nd ed. New York: Chapman and Hall, 1984. 288 p.

HATAKEYAMA, T.; QUINN, F. X. **Thermal analysis fundamentals and applications to polymer science**. New York: J. Wiley, 1994.

HILLIS, W. E. Distribution, properties and formation of some wood extractives. **Wood Science and Technology**, New York, v. 5, n. 4, p. 272-289, 1971.

HILLIS, W. E. **Wood extractives and their significance to the pulp and paper industries**. New York: Academic, 1962. 513 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidades>>. Acesso em: 3 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção e rendimento total do Estado do Pará**. Belém, 1988.

JANKOWSKY, I. P. **Colagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 45 p.

KALACHANIS, D.; PSARAS, G. K. Structure and development of the secretory cavities of *Myrtus communis* leaves. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 49, n. 1, p. 105-110, 2005.

KOLB, D.; MÜLLER, M. Light, conventional and environmental scanning electron microscopy of the trichomes of *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca* and histochemistry of glandular secretory products. **Annals of Botany**, London, v. 94, p. 515-526, 2004.

KORDALI, S. et al. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *A. santonicum*, and *A. spicigera* essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 3, n. 24, p. 9452-9458, 2005.

LANGENHEIM, J. H. Amber: a botanical inquiry. **Science**, Washington, v.163, n. 3872, p. 1157-1169, Mar. 1969.

LANGENHEIM, J. H. **Plant resins**: chemistry, evolution, ecology and ethnobotany. Cambridge: Timber, 2003.

LEPAGE, E. S. et al. **Manual de preservação de madeiras**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1986. 708 p.

LIANG, S. et al. Secretory cavity development and its relationship with the accumulation of essential oil in fruits of *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* (Noot.) swingle. **Journal of Integrative Plant Biology**, Beijing, v. 48, n. 5, p. 573-583, 2006.

LISBOA, P. L. B. A anatomia da madeira. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 13, n. 74, p. 44-51, 1991.

LÜTTGE, U. Structure and function of plant glands. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 22, p. 23-44, 1971.

MACHADO, S. R.; GREGÓRIO, E. A.; GUIMARÃES, E. Ovary peltate trichomes of *Zeyheria montana* (Bignoniaceae): developmental ultrastructure and secretion in relation to function. **Annals of Botany**, London, v. 97, p. 357-369, 2006.

MARGARIS, N.; KOEDAM, A.; VOKOU, D. **Aromatic plant**: basic and applied aspects. The Hague: M. Nijhoff, 1982. v. 7, 446 p.

MARIANI, P. et al. Oil cell ultrastructure and development in *Liriodendron tulipifera* L. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 150, n. 4, p. 391-396, 1989.

MARQUES, D. D. **Contribuição ao conhecimento químico da flora acreana: *Protium hebetatum* Daly, *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand subsp. *ulei* (Swat) Daly e *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand subsp. *heptaphyllum***. 2010. 56 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**: principles and practice. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454 p.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Clarendon, Vol. II. Clarendon Press, Oxford. 1950.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**: systematic anatomy of the leaf and stem. New York: Oxford University, 1979. v. 1.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons, wood structure and conclusion of the general introduction**. Oxford: Clarendon, 1983. 297 p.

MILHAU, G. et al. In vitro antimalarial activity of eight essential oils. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 9, p. 329-333, 1997.

MILLIKEN, W. Structure and composition of one hectare of Central Amazonian terra firme forest. **Biotropica**, Washington, v. 30, n. 4, p. 530-537, 1998.

MONTEIRO, W. R. et al. Development and some histochemical aspects of foliar glandular trichomes of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bert. – Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 349-357, 2001.

MORAES, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I estudos dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

OLIVEIRA, F. A. et al. Gastroprotective and anti-inflammatory effects of resin from *Protium heptaphyllum* in mice and rats. **Pharmacology Research**, Madrid, v. 49, p. 105–111, 2004.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

OTUKI, M. F. et al. Topical antiinflammatory effects of the ether extracts from *Protium kleinii* and -amyrin pentacyclic triterpene. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam, v. 507, p. 253-259, 2005.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 4th ed. New York: Mc Graw Hill, 1980. 722 p.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas anatomia, dendrologia, produção e uso**. Brasília: MOA, 1997. 543 p.

PEREIRA, R. A. **Composição florística e estudo químico de plantas aromáticas em floresta de restinga da praia de Marieta Maracanã (PA), Brasil**. 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009. 173 p.

PETTERSEN, R. C. The chemical wood composition. In: ROWELL, R. **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. Cap. 2, p. 57-126.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994. 289 p.

PLATT, K. A.; THOMSON, W. W. Idioblast oil cells of avocado: distribution, isolation, ultrastructure, histochemistry and biochemistry. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 153, n. 3, p. 301-310, 1992.

PLOWDEN, J. C. **The ecology, Management and marketing of non-timber forest products in the Alto Rio Guamá Indigenous Reserve (Eastern Brazilian Amazon)**. 2001. 264 p. Tese (Ph.D.) - The Pennsylvania State University, State College, 2001.

PYYKKÖ, M. The leaf anatomy of east patagonian xeromorphic plants. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 3, p. 453-622, 1966.

QUEIROZ, G. A. C. L. et al. Extração do óleo essencial de folhas de *Bursera aloexylon* (Shiede ex. Schlecht) Engler e avaliação de linalol. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2006, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia**: SBQ, 2006. 1 CD ROM.

RAZERA NETO, A. **Espécies de madeiras tropicais brasileiras na produção de móveis com madeira sólida na região de Curitiba e municípios vizinhos**. 2005. 134 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

RIBEIRO, J. E. L. S. et al. **Flora da Reserva Ducke guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999. 816 p.

ROSHCHINA, V. V.; ROSCHINA, V. D. **The excretory function of higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1993.

ROWELL, R. M. et al. Cell wall chemistry. In ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. New York: CRC, 2005.

RUDIGER, A. L.; SIANI, A. C.; VEIGA JÚNIOR, V. F. The chemistry and pharmacology of the South America genus *Protium* Burm. f. (Burseraceae). **Pharmacognosy Review**, Karnataka, v. 1, p. 93-104, 2007.

SCHNEPF, E. Gland cells. In: ROBARDS, A.W. (Ed.). **Dynamic aspects of plant ultrastructure**. Maidenhead: MacGraw-Hill, 1974. p. 331-357.

SCIENTIFIC CERTIFICATION SYSTEMS. 2006. Disponível em: <<http://www.scs-certified.com>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

SIANI, A. C. et al. Evaluation of anti-inflammatory-related activity of essential oils from the leaves and resin of species of *Protium*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 66, p. 57-69, 1999.

SIANI, A.C; SAMPAIO, A.L.F; SOUSA, M.G; HENRIQUES, M.G.M.O; RAMOS, M.F.S Óleos essenciais. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento** v. 16: p. 38-43, 2000.

SIANI, A. C. et al. *Protium icicariba* as a source of volatile essences. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 32, p. 477-489, 2004.

SILVA, E. M. J; MACHADO, S. R. Estrutura e desenvolvimento dos tricomas secretores em folhas de *Piper regnellii* (Piperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 117-124, 1999.

SILVA, G. S. Substâncias naturais Uma alternativa para o controle de doenças. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 259, 2006.

SIMÕES, C. M. O. E.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Cap. 18, p. 467-495.

SIQUEIRA, J. B. G. **Contribuição ao estudo fitoquímico do gênero *Protium* *P. tenuifolium* (Engl.) Engl. e *P. laxiflorum* Engl. (Burseraceae)**. 1991. 118 p. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1991.

SIQUEIRA, J. D. P. **A administração das florestas**. São Paulo: Gazeta Mercantil, 2002.

SJOSTROM, F. **Wood chemistry fundamentals and application**. New York: Academic, 1993. 223 p.

SOLEREDER, H. **Systematic anatomy of the dicotyledons: a handbook for laboratories of pure and applied botany**. Oxford: Clarendon, 1908.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.

STERNADT, G. H.; CAMARGOS, J. A. A. **Ação da luz solar na cor de 62 espécies de madeiras na região amazônica**. Brasília: IBAMA, 1990. 14 p.

SUSUNAGA, G. S. **Estudo químico e biológico da resina produzida pela espécie Protium heptaphyllum March. (Burseraceae)**. 1996. 163p.
Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1996.

SYLVESTRE, M. et al. Essential oil analysis and anticancer activity of leaf essential oil of *Croton flavens* L. from Guadeloupe. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 103, p. 99-102, 2006.

TAKHTAJAN, A. L. Outline of the classification of flowering plant. (*Magnoliophyta*). **The Botanical Review**, Heidelberg, v. 46, p. 225-359, 1980.

THADEO, M. et al. Anatomia e histoquímica das estruturas secretoras da folha de *Casearia decandra* Jacq. (Salicaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 329-338, abr./ jun. 2009.

THORNE, R. F. A phylogenetic classification of the angiospermae. **Journal of Evolutionary Biology**, Basel, v. 935, p. 106, 1976.

VAN DE BRAAK, S.; LEIJTEN, G. **Essential oils and oleoresins: a survey in the Netherlands and other major markets in the European Union**. Rotterdam: CBI, 1999. p. 116.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1984. (Boletim Técnico, 1).

WATERMAN, P. G.; GRUNDON, M. F. **Chemistry and chemical taxonomy of the rutales**. London: Academic, 1983.

ZENID, G. J. Comercialização de madeiras no Brasil a importância da correta identificação das espécies. In _____. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p. 73-97.

ZOBEL, A. M. Localization of phenolic compounds in tannin-secreting cells from *Sambucus racemosa* L. Shoots. **Annals of Botany**, London, v. 57, p. 801-810, 1986.

ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A. Composition of the essential oils from leaves, woods, fruits and resin of *Protium spruceanum* (Benth.) Engl. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 14, p. 169-171, 2002.

CAPÍTULO 2 Caracterização e variação radial das estruturas anatômicas da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. (*Burseraceae*)

RESUMO

Estudos da análise das características anatômicas da madeira têm grande importância para os aspectos relacionados à tecnologia da madeira e proporcionam o conhecimento do arranjo estrutural dos elementos presentes no lenho das árvores, e dessa forma dá suporte à resolução quanto ao seu uso final e de seus subprodutos, assim como na identificação de espécies. Tais estudos podem ser de grande utilidade nas avaliações da estrutura e da dinâmica de florestas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar as características macro e microscópicas e verificar a variação radial sentido medula-casca das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. O material para estudo foi coletado na área sob Manejo florestal sustentável na Fazenda Rio Capim, localizada no município de Paragominas - Pará. Foram obtidas amostras dos discos da base do fuste de três indivíduos de cada espécie estudada e selecionadas aleatoriamente na floresta. Os estudos anatômicos foram desenvolvidos no Laboratório de Anatomia da madeira da Universidade Federal de Lavras/UFLA-MG; e seguiram a metodologia tradicional usada para estudo em anatomia da madeira. Na variação radial os parâmetros quantitativos foram analisados as fibras, vasos e raios. Em relação à estrutura anatômica da madeira e descrição macro e microscópica de *Protium altsonii*, não foram encontradas informações em literaturas, incluindo neste estudo uma nova contribuição para a espécie. A madeira das espécies estudadas apresentou características anatômicas homogêneas, o que torna difícil a identificação e separação entre as espécies. Quanto às características anatômicas microscópicas qualitativas, as espécies examinadas apresentaram similaridades, apenas se diferenciando em alguns caracteres; pontuações guarnecidas presente nas espécies *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia*; em *Tetragastris altissima* foi detectada a presença de canais radiais simples e/ou duplos (tubos), já em *Protium altsonii* a ocorrência dessa estrutura é ocasional. Foi evidenciado a ocorrência de corpúsculos silicosos em todas as espécies estudadas. Em relação ao posicionamento na direção radial do lenho, não apresentaram nenhuma tendência no sentido medula-casca das variáveis analisadas, sem diferenças significativas estatisticamente.

Palavras-chave: Anatomia da madeira. Variação medula-câmbio.

Burseraceae.

ABSTRACT

Studies analyzing the wood anatomical characteristics are great importance for the aspects related to wood technology and provides knowledge of the structural arrangement from elements present in the wood of trees, and thus supports the resolution as to its end use and its derivatives as well as for species identification. Such studies can be useful in assessments of the structure and dynamics of forests. In this context, the present study had as objective to assess the macro and microscopic features and check the radial variation pith-bark the size of the wood anatomical elements of *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. and *Trattinnickia rhoifolia* Willd. The material for the study was collected in the area under sustainable forest management in Rio Capim, located in samples Pará Paragominas were obtained from the base of the stem-discs from three individuals of each species were randomly selected and studied in the forest. The anatomical studies were developed in the Laboratory of wood anatomy UFLA /UFLA-MG, and followed the traditional methodology used to study in wood anatomy. Radial variation in the quantitative parameters were analyzed the fibers, vessels and rays. In relation to wood anatomy and macroscopic and microscopic description of *Protium altsonii*, no information was found in literature, including this study a new contribution to the species. The wood of the species studied showed homogeneous anatomical features, which makes it difficult to identify and separation among the species. As for qualitative microscopic anatomical features, the species examined showed similarities, differing only in certain characters; pits manned species present in *Trattinnickia burserifolia* and *rhoifolia* *Trattinnickia*; *Tetragastris altissima* was detected in the presence of simple radial canals and/or double (tubes) *Protium altsonii* already in the occurrence of this structure is casual. It was shown the occurrence of siliceous corpuscles in all species studied. Regarding the positioning in the radial direction of the wood showed no trend from pith to bark of variables, without statistically significant differences.

Keywords: Wood anatomy. Variation marrow-exchange. *Burseraceae*.

1 INTRODUÇÃO

As várias espécies vegetais diferem entre si em inúmeros aspectos morfológicos e anatômicos que se encontram geneticamente fixados. Essa variabilidade deve ser entendida tanto intraespecificamente, explicada pelo conjunto de fatores genéticos e ecológicos, como também internamente no tronco. As alterações nas dimensões dos elementos anatômicos nos sentidos radial e longitudinal são exemplos conhecidos dessa variabilidade, que possui grande influência no comportamento da madeira (PINHEIRO, 1999).

As variações de tamanho, forma e distribuição dos tipos de células servem para identificar as várias espécies de madeiras (DINWOODIE, 1981; STAMM, 1964), e também podem conferir propriedades como resistência mecânica elevada em relação à massa, isolamento térmico e acústico (ROCHA; FLORSHEIM; COUTO, 2004).

A madeira das folhosas geralmente apresenta distribuição dos elementos celulares, bastante característico, com a maioria dos estudos dirigidos para a avaliação das fibras, mas, além das fibras, outros elementos celulares devem ser estudados, como os elementos de vaso e parênquima axial e radial, por fornecerem informações importantes nas características superficiais dos papéis para impressão Rocha, Florsheim e Couto (2004). Além disso, afetam a movimentação dos líquidos no processo de preservação da madeira e podem ter relação com sua resistência (FLORSHEIM et al., 2000).

A variação medula-casca na madeira é influenciada pela relação da madeira juvenil próxima a medula e da madeira adulta próxima a casca, uma vez que, durante a maturação do lenho, ocorrem mudanças progressivas nas características celulares e conseqüentemente nas propriedades da madeira (PANSHIN; ZEEUW 1964; ZOBEL; BUIJTENEN, 1989).

No Brasil, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas sobre a variação radial no sentido medula-casca, com madeiras de espécies exóticas, principalmente *Eucalyptus* L'Hér. (FLORSHEIM et al., 2000; FLORSHEIM et al., 2009; ROCHA; FLORSHEIM; COUTO, 2004; SHIMOYAMA, 1990; VITAL; DELLA LUCIA, 1987), poucos são os estudos anatômicos que avaliam a variação radial em espécies nativas, comparado àqueles realizados com espécies de clima temperado (URBINATI et al., 2003). Tais estudos podem ser de grande utilidade nas avaliações da estrutura e da dinâmica de florestas (ALVARADO, 2009).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar as características macro e microscópicas e verificar a variação radial sentido medula-casca das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de coleta do material

O material para estudo foi coletado na área de Manejo Florestal Sustentável na Fazenda Rio Capim, pertencente à Empresa Cikel Brasil Verde S/A, situada no município de Paragominas, Pará, durante o período de exploração florestal (Latitude: 4° 09' 00'' S e Longitude: 46° 25' 00'' WGr) (Figura 1).

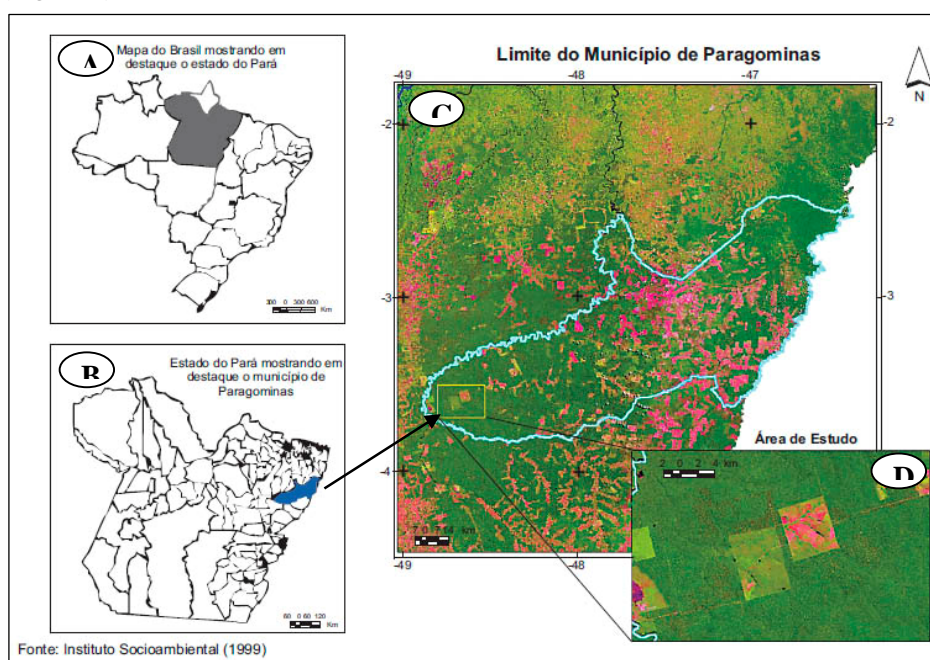


Figura 1 Mapas de localização da área coleta. A) Brasil. B) Estado do Pará C) Município de Paragominas PA. D) Localização da Fazenda Rio Capim com área de Manejo florestal sustentável

Fonte: Hirai, Carvalho e Pinheiro (2007)

Foram obtidas amostras de quatro espécies conhecidas como breu e de cada espécie estudada foram coletados três indivíduos, sendo selecionadas aleatoriamente na floresta. De cada indivíduo, foram retirados discos da base do fuste com aproximadamente 3 cm de espessura. Foram coletados também ramos contendo folhas e inflorescência de cada indivíduo, os quais foram enviados ao herbário da Embrapa Amazônia Oriental para confirmar a identificação por comparação com amostras da coleção, devidamente identificadas por especialistas botânicos.

2.2 Preparo dos corpos de prova e caracterização anatômica da madeira

Os estudos anatômicos foram desenvolvidos no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG). Para caracterização macroscópica das espécies selecionadas, foram confeccionados corpos de prova de cada espécie, a partir dos discos de madeira com dimensões de 2x2x2 cm, nos planos transversal, tangencial e radial, respectivamente em 5 diferentes posições no sentido medula-casca (0, 25, 50, 75 e 100% variação radial) (Figura 2).

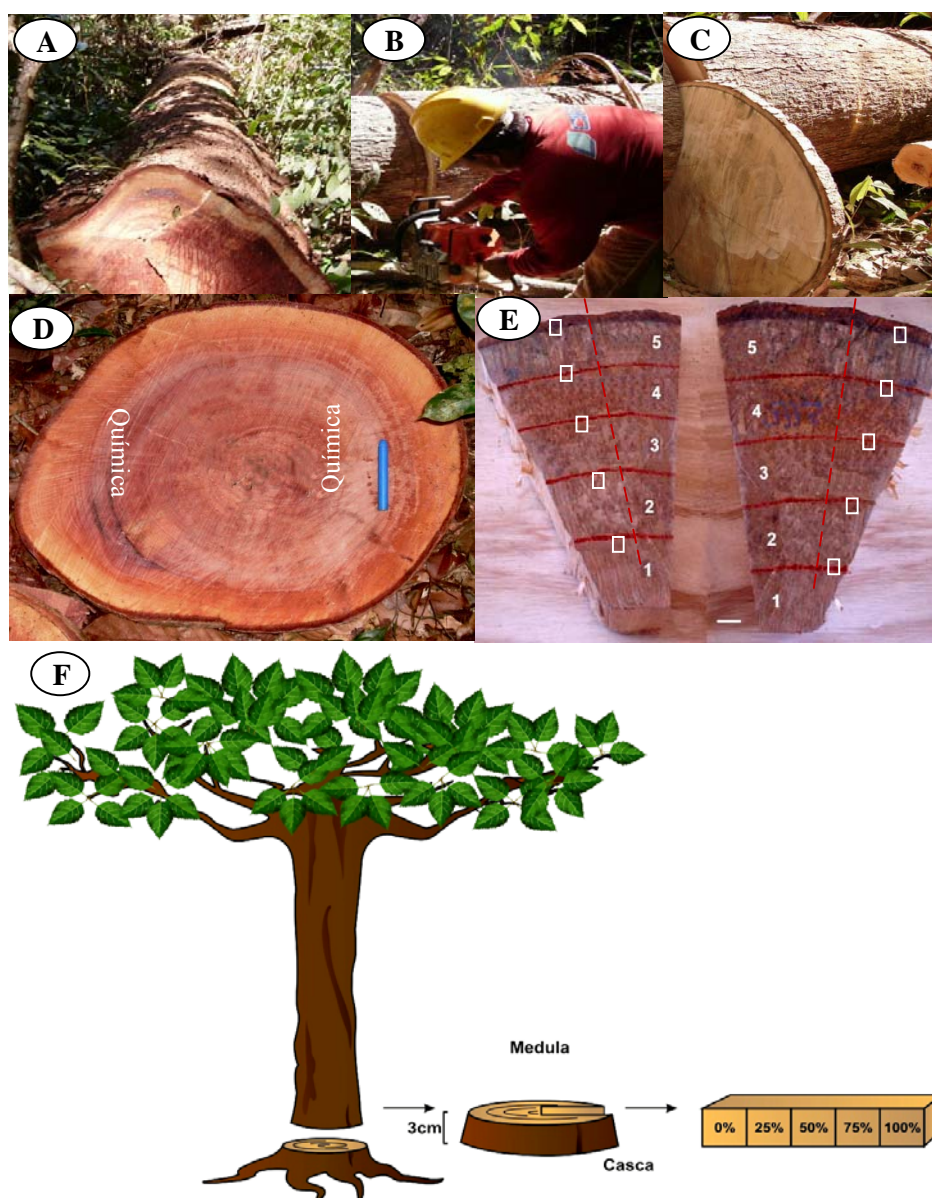


Figura 2 Coleta de material. A) Abate da árvore. B - C) Retirada dos discos da base. D) Seccionamento das cunhas. E - F) Esquema de obtenção dos corpos de prova para as análises, anatômica, química e física da madeira

Foram três indivíduos de cada espécie, sendo que foram estudadas 4 espécies, num total de 12 amostras. Tem-se 5 posições por amostra totalizando 60 corpos de prova. As descrições macroscópicas foram realizadas de acordo com as normas para procedimentos em estudos de anatomia de madeira (CORADIN; MUNIZ, 1992), com o auxílio de uma lupa conta-fios de 10x de aumento. Para facilitar a visualização das estruturas, as superfícies transversais dos corpos de prova, foram aplainadas com o auxílio de um micrótomo de deslize, as imagens foram obtidas utilizando-se um esteromicroscópio acoplado a uma câmera digital.

2.3 Preparo dos corpos de prova para obtenção de cortes histológicos

Para caracterização microscópica das madeiras, foram preparadas amostras, similares as da metodologia utilizada para macroscopia (item 4.2). Esses corpos de prova foram saturados e submetidos à fervura, em uma solução de água e glicerina, na proporção de 1:1, por aproximadamente duas horas (dependendo da dureza de cada espécie), para amolecimento e posterior aparos.

2.4 Preparo de lâminas permanentes

Após o amolecimento dos corpos de prova, foram obtidos os cortes histológicos micrométricos com auxílio de um micrótomo de deslize, de 15 a 20 μm de espessura. Esses cortes foram divididos em dois grupos, um deles submetido à clarificação e coloração e o outro, natural para observação de inclusões celulares e teste histoquímico com a solução de Sudam IV.

Para coloração do tecido foi usada a técnica de Johansen (1940), na qual utiliza-se safranina hidroalcoólica. Primeiramente, os cortes foram clarificados com uma solução de hipoclorito de sódio comercial (20%); em seguida, os

cortes foram imersos em série alcoólica: etanol 50% (5 min.), coloração com safranina hidroalcoólica (5 min), etanol 70% (5 min), etanol absoluto (5 min.), etanol-acetato 1:1 (5 min.) e acetato (5 min.). Após a coloração e desidratação, os cortes foram montados em lâmina e lamínula com a resina entellan, preparando-se seis lâminas permanentes para cada amostra.

2.5 Preparo do material macerado (estruturas celulares dissociadas)

Para obtenção do material macerado foi utilizado o método de Franklin (1945): lascas longitudinais de madeira foram retiradas dos corpos de prova e colocadas em uma solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1 em vidro, sendo posteriormente colocadas em estufa a 60° C, por 24 horas para dissociação dos elementos celulares. Em seguida, o material dissociado foi lavado em água corrente e corado com safranina hidroalcoólica. Para observação dos elementos celulares dissociados foram confeccionadas lâminas temporárias, misturando-se uma pequena quantidade de macerado em gotas de glicerina entre lâmina e lamínula.

2.6 Teste histoquímico

Foi realizado teste histoquímico com a solução de Sudam IV, para evidenciar lipídios. Os cortes histológicos foram tratados durante três minutos com o reagente Sudan IV em solução etanólica a 80%, segundo o protocolo proposto por Jensen (1962), com modificações.

2.7 Descrição microscópica qualitativa e quantitativa dos elementos anatômicos

As descrições microscópicas seguiram as recomendações da International Association of Wood Anatomists - IAWA Committee (1989); os parâmetros quantitativos foram analisados estatisticamente para obtenção dos valores médio, máximo, mínimo, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação. As mensurações foram realizadas com o auxílio do *software Visilog-Pro*; de cada parâmetro foram realizadas 30 contagens ou mensurações para cada parâmetro analisado, como: Vasos - frequência/mm², diâmetro e comprimento dos elementos de vaso; fibras - comprimento, espessura da parede e diâmetro do lume; raios - frequência/mm linear, altura e largura em número de células. As análises foram realizadas em microscópio óptico associado a um computador com *software* de análise de imagem *Win Cell-Pro*, previamente calibrado. Ao final foram obtidos os valores máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros analisados.

2.8 Microscopia eletrônica de varredura

Para a análise microscópica eletrônica de varredura os cortes histológicos foram produzidos segundo descrito no item 4.4, os cortes foram levados ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi, seguindo os procedimentos recomendados por Silveira (1989), com modificações. Os cortes foram desidratados em série etanólica e acetato de butila. Depois foram colados sobre lâminas de vidro com o auxílio de fita adesiva dupla face e codificados, em seguida levadas ao *Sputtering* para metalizar em banho de ouro de 20 nm para melhor resistência e condutividade das mesmas e depois feitas a varredura no microscópio de modelo Leo 1450 VP,

acoplado a uma sonda eletrônica de raio-X (EDS - Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X) capaz de detectar vários elementos minerais (Figura 3).

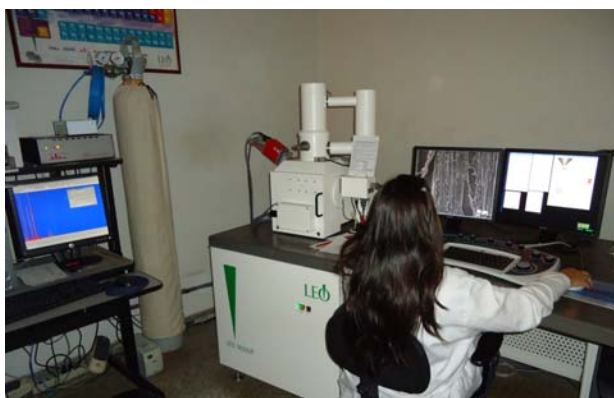


Figura 3 Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura

2.9 Análise estatística

O experimento foi analisado segundo um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5 (quatro espécies x cinco posições radiais), totalizando 20 tratamentos.

Para a avaliação de cada variável foram utilizadas 3 indivíduos de cada espécie, sendo cada repetição, originária de trinta repetições (medições e/ou contagens).

Os dados foram submetidos aos testes de *Lilliefors* para testar a normalidade, e *Cochran* para testar a homogeneidade das variâncias. Em seguida, procedeu-se à análise de variância pelo teste *F*, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey.

Considerou-se sempre o nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa *Statistica 9.0* (STATSOFT INC, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização anatômica da madeira das espécies estudadas

Os resultados das características gerais das madeiras segundo literatura pesquisada (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, 1997) e a análise qualitativa e quantitativa do lenho estão descritos nos itens abaixo de acordo com as normas utilizadas em anatomia da madeiras.

5.1.1 *Protium altsonii* Sandwith. (Figuras 4, 5 e 6)

- a) Características Gerais: árvores muito variáveis em tamanho com indivíduos pequenos, ritidoma liso e rígido e base do tronco com sapopema ou reta. Cerne/alburno pouco distintos a indistintos, cor marrom-claro (7,5YR 6/4); anéis de crescimento distintos; grã cruzada irregular; textura média; figura tangencial: não observada; figura radial causada por evidência dos raios e linhas longitudinais pouco destacadas, devido a anéis de crescimento; brilho moderado; odor indistinto; resistência ao corte transversal manual moderadamente dura (IBAMA, 1997).



Figura 4 Corte tangencial da madeira de *Protium altsonii* Sandwith

- b) Características Macroscópicas: parênquima axial visível somente sob lente de 10x, escasso e vasicêntrico escasso. Parênquima radial visível a olho nu nas seções transversal e tangencial, não estratificados, espelhado contrastado em seção radial. Poros visíveis a olho nu, difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente, solitários, tilos presente, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. Camadas de crescimento distintas, individualizadas por zonas fibrosas mais escuras.
- c) Características Microscópicas (Tabela 1): vasos/poros, seção circular e oval, arranjo radial, porosidade difusa, agrupamento predominantemente solitários (66%), e (34%) múltiplos; pequenos a médios, numerosos a muito numerosos; elementos vasculares com placas de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas; pontoações raio-vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples; pontoações horizontais a verticais; vasos diminutos presentes; vasos vazios e/ou obstruídos por tilos comum e esclerosados. Fibras libriformes, septadas, de muito curtas a curtas, finas. Parênquima axial escasso e vasicentrico escasso, 3-8 células por *strand* de parênquima. Parênquima radial heterogêneo com o corpo do raio formado por células procumbentes com uma fila de células marginais quadradas e/ou eretas; unisseriados a bisseriados, com predominância dos bisseriados, baixos, poucos a numerosos; presença de corpúsculos de sílica e cristais prismáticos dentro das células quadradas ou eretas dos raios, observado no plano tangencial; presença de depósitos nas células dos raios. Foi observada a presença de células radiais com morfologia característica e ocorrente apenas nessa espécie, evidenciada nas Figuras 5C e E (Seta).

Tabela 1 Resultado dos valores das características microscópicas da madeira de *Protium altsonii*

| Características | Mínimo | Média | Máximo | DP | CV (%) |
|---|--------|--------|----------|--------|--------|
| Diâmetro dos vasos (μm) | 68,76 | 107,89 | 143,33 | 19,3 | 17,88 |
| Frequência de poros/ mm^2 | 23 | 33 | 45 | 5,23 | 17,91 |
| Comprimento dos vasos (μm) | 210,53 | 302,06 | 390,97 | 51,84 | 17,17 |
| Comprimento de fibras (μm) | 641,23 | 953,44 | 1.240,99 | 137,16 | 15,10 |
| Espessura do lume (μm) | 5,08 | 8,17 | 12,12 | 1,77 | 23,94 |
| Espessura da parede (μm) | 1,96 | 3,62 | 5,84 | 0,97 | 29,07 |
| Altura dos raios em nº de células | 4 | 13 | 22 | 4,90 | 37,55 |
| Altura dos raios (mm) | 0,41 | 0,71 | 1,02 | 0,16 | 22,14 |
| Espessura dos raios em nº de células | 1 | 2 | 3 | 0,37 | 19,17 |
| Espessura dos raios (μm) | 37,22 | 60,69 | 82,71 | 11,03 | 18,44 |
| Frequência de raios/(mm linear) | 6 | 10 | 14 | 2,13 | 22,29 |

DV= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação

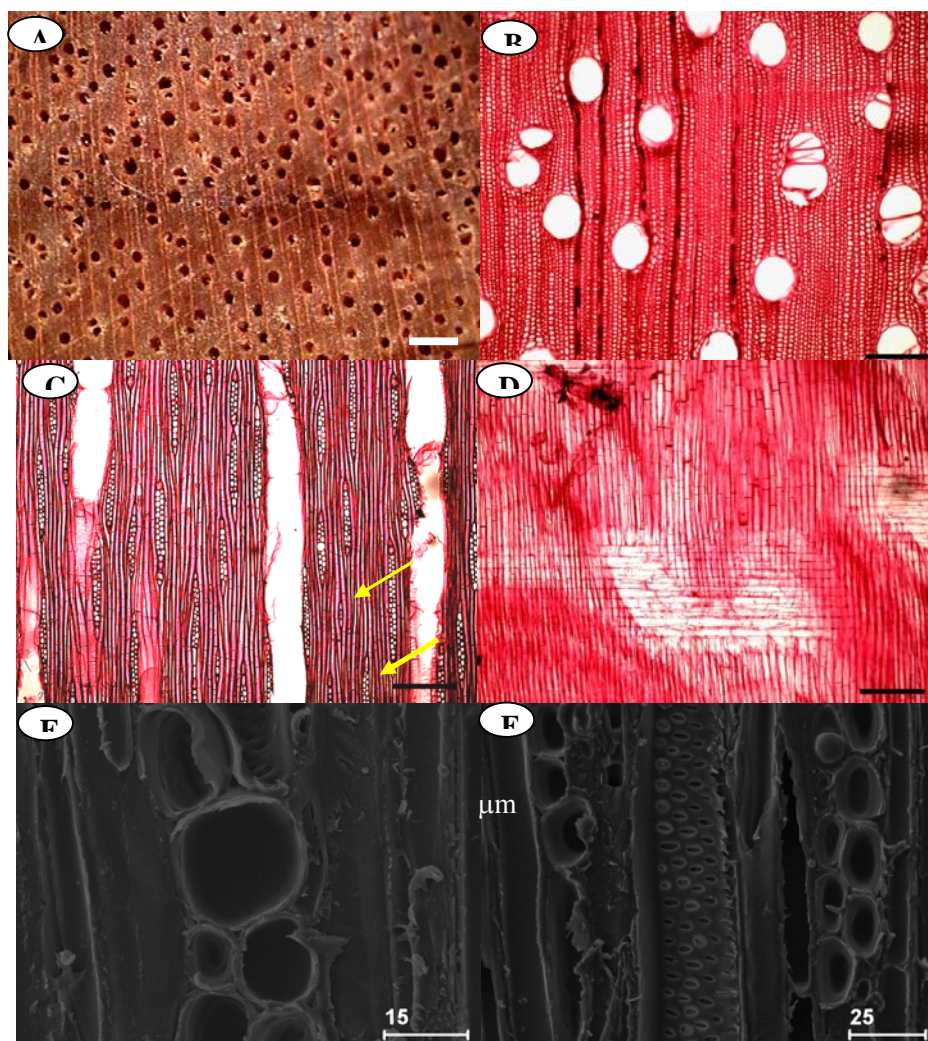


Figura 5 A-D - Características anatômicas gerais da madeira de *Protium altsonii* Sandwith. A: Secção transversal em macroscopia. B-F: Microscopias. B: Secção transversal. C: Secção tangencial evidenciando raios não estratificados e célula central do raio. D: Secção radial. E: Secção tangencial destacando a célula do raio em microscopia eletrônica de varredura (Seta). F: Secção tangencial mostrando detalhes das pontoações intervasculares alternas em microscopia eletrônica de varredura (Setas). Barras de escala: A=1 mm. B-D=100 μ m

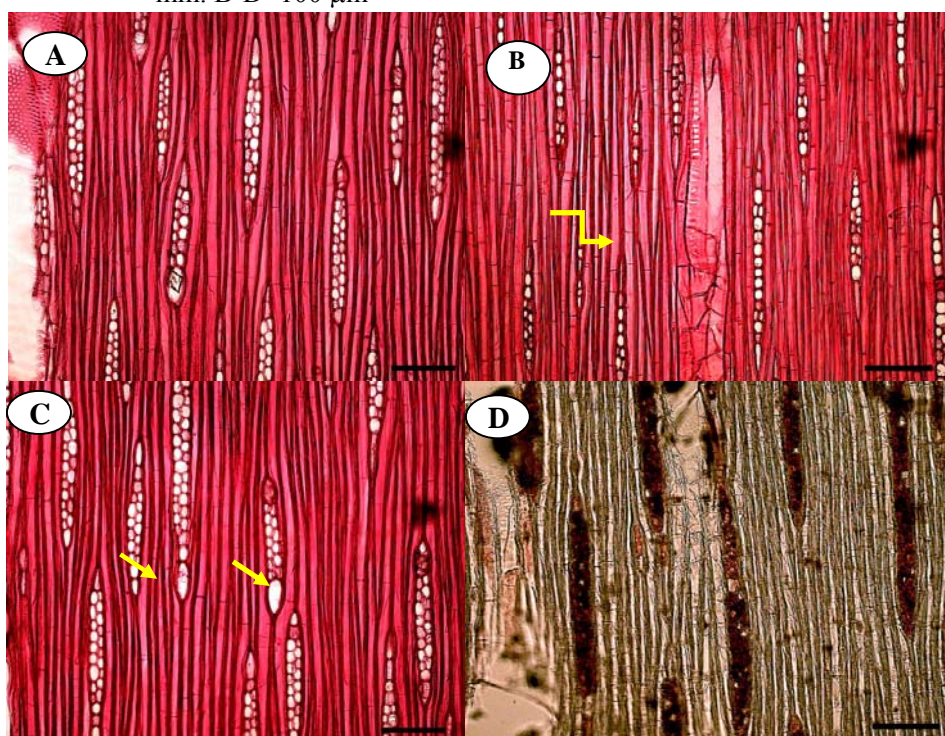


Figura 6 A-D - Características da madeira de *Protium altsonii* Sandwith. Secções tangenciais em microscopia. A: Predominância de raios unisseriados (Setas). B: Cristal dentro da célula ereta do raio (Seta). C: Células cristalíferas (Setas). D: Corte histológico submetido ao teste do Sudan IV. Barras de escala: A=1 mm. B-D=100 μ m

5.1.2 *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw. (Figuras 7, 8 e 9)

- a) Características Gerais: árvore de dossel, troco retilíneo com sapopema baixa, base do tronco com sapopema. Cerne/alburno indistintos; cor cinza-rosado (5YR 7/2); anéis de crescimento distintos; grã cruzada revessa; textura média; figura tangencial em linhas causadas por anéis de crescimento pouco destacados e pela grã revessa; figura radial em faixas longitudinais pouco destacadas, causadas por anéis de crescimento e grã; brilho moderado; cheiro indistinto; resistência ao corte transversal manual dura (IBAMA, 1997).



Figura 7 A - Corte tangencial da madeira de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw

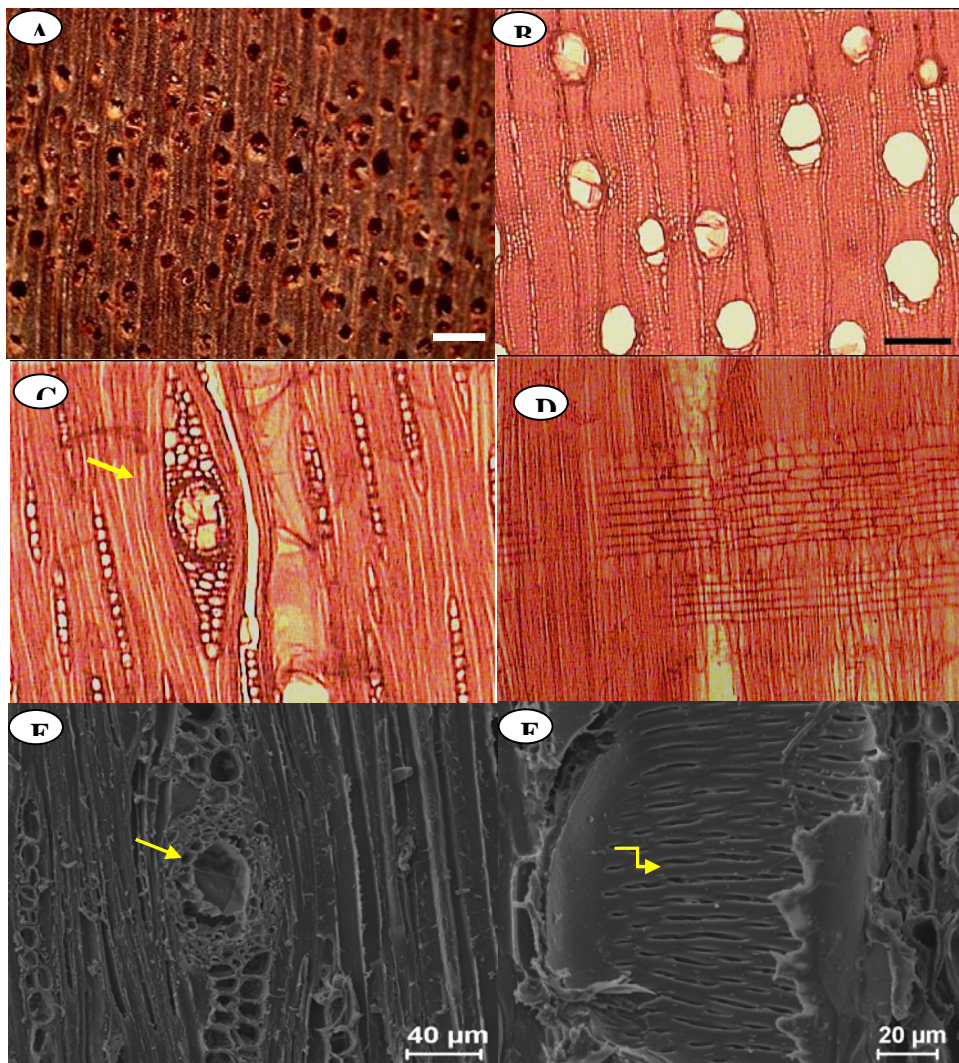
- b) Características Macroscópicas: parênquima axial visível somente sob lente de 10x, escasso e vasicêntrico escasso. Parênquima radial visível somente sob lente de 10x nas seções transversal e tangencial, não estratificados, espelhado contrastado em seção radial. Poros visíveis a olho nu, difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente, solitários, obstruídos por tilos, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. Camadas de crescimento distintas, individualizadas por zonas fibrosas mais escuras.

- c) Características Microscópicas (Tabela 2): vasos/poros, difusos, arranjo radial, agrupamento predominantemente solitários (62%) e múltiplos (38%), seção circular e oval, de pequenos a médios, de poucos a numerosos; elementos vasculares com placas de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas e escalariformes; pontoações raio-vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples; pontoações horizontais a verticais; vasos vazios e/ou obstruídos por tilos comuns; presença de poros diminutos. Fibras libriformes, septadas, de muito curtas a curtas, finas. Parênquima axial escasso e vasicentrico escasso, 5-12 células por *strand* de parênquima. Parênquima radial heterogêneo, não estratificado; corpo do raio formado por células procumbentes com uma fileira de células marginais quadradas e/ou eretas; unisseriados, bisseriados e trisseriados com predominância dos unisseriados, baixos, poucos; presença de sílica e cristais prismáticos nas células quadradas dos raios observados no plano tangencial, e presença de canais radiais simples e duplos observados nos planos tangencial e radial.

Tabela 2 Resultado dos valores das características microscópicas da madeira de *Tetragastris altissima*

| Características | Mínimo | Média | Máximo | DP | CV (%) |
|---|--------|--------|----------|--------|--------|
| Diâmetro dos vasos (μm) | 61,83 | 90,04 | 117,49 | 13,40 | 69,55 |
| Frequência de poros/ mm^2 | 16 | 24 | 35 | 14,86 | 23,57 |
| Comprimento dos vasos (μm) | 162,37 | 294,65 | 447,78 | 4,85 | 19,79 |
| Comprimento de fibras (μm) | 637,20 | 915,55 | 1.161,11 | 131,52 | 14,26 |
| Espessura do lume (μm) | 10,39 | 10,39 | 17,88 | 1,84 | 13,45 |
| Espessura da parede (μm) | 2,61 | 3,70 | 5,06 | 0,58 | 15,67 |
| Altura dos raios em nº de células | 4 | 11 | 20 | 4,52 | 41,41 |
| Altura dos raios (mm) | 0,30 | 0,53 | 0,93 | 0,14 | 25,88 |
| Espessura dos raios em nº de células | 1 | 2 | 2 | 0,47 | 28,74 |
| Espessura dos raios (μm) | 26,77 | 45,91 | 74,68 | 11,29 | 24,94 |
| Frequência de raios/(mm linear) | 4 | 6 | 11 | 2,03 | 32,56 |

DV= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação



Microscopia. B: Secção transversal. C: Secção tangencial evidenciando raios não estratificados e a presença de canal radial (Seta). D: Secção radial. E: Secção tangencial detalhando o canal radial em microscopia eletrônica de varredura (Seta). F: Secção tangencial destacando as pontuações intervasculares escalariformes em microscopia eletrônica de varredura (Seta). Barras de escala: A=1 mm. B-D=100 μ m

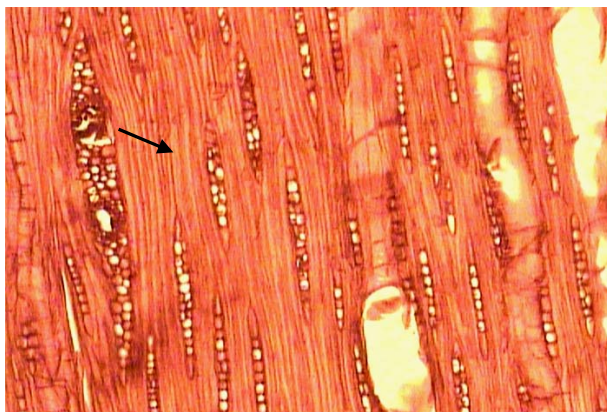


Figura 9 Secção tangencial evidenciando a presença de canais na madeira de *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw. Barra de escala: 100 μ m

5.1.3 *Trattinnickia burserifolia* Mart. (Figuras 10 e 11)

- a) Características Gerais: árvore de dossel, tronco retilíneo a levemente torcido, base do tronco com sapopema. Cerne/alburno pouco distintos a indistintos; cor marrom-claro (7,5YR 6/4); grã direita ou irregular; textura média; figura radial causada por destaque de raios e linhas longitudinais pouco destacadas, devido a anéis de crescimento; brilho moderado; cheiro e gosto indistinto; resistência ao corte transversal manual, moderadamente dura e densidade baixa (IBAMA, 1997; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1988).



Figura 10 Corte tangencial da madeira de *Trattinnickia burserifolia* Mart

- b) Características Macroscópicas: parênquima axial invisível mesmo sob lente de 10x, escasso e vasicêntrico escasso. Parênquima radial visível somente sob lente de 10x nas seções transversal e tangencial, não estratificados, espelhado pouco contrastado em seção radial. Poros visíveis somente sob lente de 10x, difusos, arranjo com padrão indefinido, predominantemente, solitários, obstruídos por tilos, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. Camadas de crescimento distintas, individualizadas por zonas fibrosas mais escuras.
- c) Características Microscópicas (Tabela 3): vasos/poros, difusos, arranjo radial, agrupamento solitários (58%), e (41%) múltiplos 2 a 5, seção circular e oval, de pequenos a médios, poucos a numerosos; elementos vasculares com placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas; pontoações raio-vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples; pontoações horizontais a verticais, presença de pontoações guarnecidas; presença de vasos diminutos e vasos vazios e/ou obstruídos por tilos comuns. Fibras libriformes, septadas; curtas a longas, finas. Parênquima axial escasso e vasicentrico escasso, 3-4 células por *strand* de parênquima. Parênquima Radial heterogêneo, não estratificado; corpo do raio formado por células procumbentes com uma fila de células marginais quadradas e/ou eretas; unisseriados a bisseriados com predominância dos bisseriados, baixos, poucos a numerosos. Presença de sílica e de cristais nas células eretas e procumbentes dos raios observados na seção tangencial; substância depositada nas células dos raios e das fibras.

Tabela 3 Resultado dos valores das características microscópicas da madeira de *Trattinnickia burserifolia*

| Características | Mínimo | Média | Máximo | DP | CV (%) |
|---|--------|----------|----------|--------|--------|
| Diâmetro dos vasos (μm) | 90,62 | 151,06 | 210,19 | 31,90 | 21,06 |
| Frequência de poros/ mm^2 | 10 | 16 | 25 | 3,61 | 23,35 |
| Comprimento dos vasos (μm) | 192,12 | 398,44 | 646,95 | 113,44 | 28,66 |
| Comprimento de fibras (μm) | 701,05 | 1.159,08 | 1.439,33 | 204,68 | 17,59 |
| Espessura do lume (μm) | 6,72 | 10,87 | 16,08 | 2,27 | 21,65 |
| Espessura da parede (μm) | 2,28 | 4,44 | 6,83 | 1,19 | 26,02 |
| Altura dos raios em nº de células | 4 | 12 | 21 | 4,95 | 40,16 |
| Altura dos raios (mm) | 0,32 | 0,79 | 1,11 | 0,19 | 24,55 |
| Espessura dos raios em nº de células | 1 | 2 | 3 | 0,58 | 26,42 |
| Espessura dos raios (μm) | 41,07 | 67,45 | 106,20 | 16,78 | 25,03 |
| Frequência de raios/(mm linear) | 6 | 10 | 15 | 2,35 | 24,14 |

DV= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação

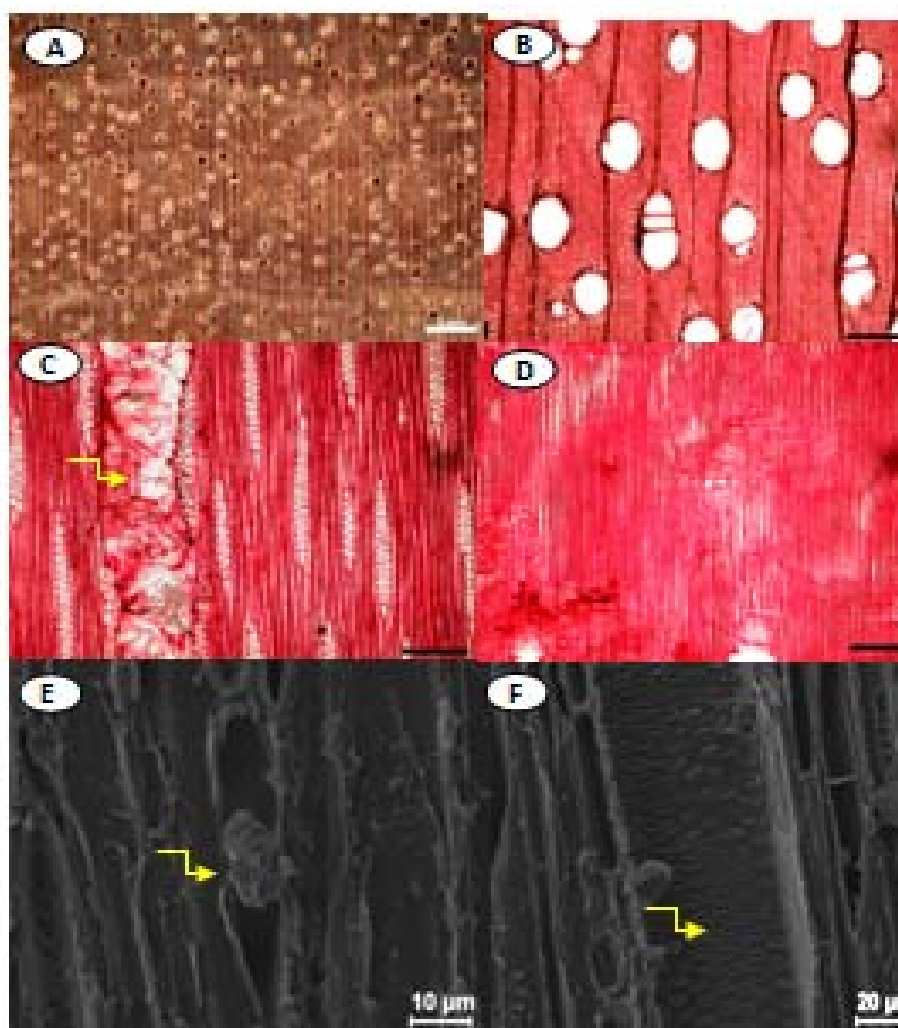


Figura 11 A-D Características gerais da madeira de *Trattinnickia burserifolia* Mart. A: Secção transversal em macroscopia. B-D: - Microscopia. B: Secção transversal. C: Secção tangencial evidenciando raios não estratificados e vaso obstruído por tilos (Seta). D: Secção radial destacando o corpo dos raios. E: Secção tangencial destacando a presença de sílica nas células do raio (Seta). F: Secção tangencial destacando as pontoações intervasculares alternas em microscopia eletrônica de varredura (Seta). Barras de escala: A=1 mm. B-D=100 μm

5.1.4 *Trattinnickia rhoifolia* Willd. (Figuras 12 e 13)

- a) Características Gerais: árvore de dossel, tronco retilíneo, base do tronco com sapopema. Cerne/alburno pouco distintos a indistintos; cor marrom-claro (7,5YR 6/4); anéis de crescimento distintos; grã cruzada irregular; textura média; figura radial causada por destaque de raios e linhas longitudinais pouco destacadas, devido a anéis de crescimento; brilho moderado; cheiro indistinto e moderadamente dura (IBAMA, 1997).



Figura 12 Corte tangencial da madeira de *Trattinnickia rhoifolia* Willd.

- b) Características Macroscópicas: parênquima axial visível somente sob lente de 10x, escasso e vasicêntrico escasso. Parênquima radial visível a olho nu nas seções transversal e tangencial, não estratificados, canais secretores radiais ausentes, espelhado contrastado em seção radial. Poros visíveis a olho nu, difusos,

arranjo com padrão indefinido, predominantemente, solitários, conteúdo ausente, linhas vasculares irregulares em seção tangencial. Camadas de crescimento indistintas.

- c) Características Microscópicas (Tabela 4): vasos/poros, difusos, arranjo radial, agrupamento predominantemente solitários (57%), e (43%) múltiplos; seção circular e oval, de pequenos a médios, poucos a numerosos; elementos vasculares com placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas; pontoações raio-vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples; pontoações horizontais a verticais, presença de pontoações guarnecidas; presença de vasos diminutos, vasos vazios e/ou obstruídos por tilos comum e esclerosado. Fibras libriformes septadas curtas a longas e finas. Parênquima axial escasso e vasicentrico escasso, 3-8 células por *strand* de parênquima. Parênquima radial heterogêneo, não estratificado, corpo do raio formado por uma fileira de células procumbentes e/ou células quadradas na extremidade dos raios, bisseriados a trisseriados com predominância dos bisseriados, unisseriados ocasionais baixos, poucos a numerosos. Presença de sílica e cristais nas células eretas e procumbentes dos raios observados na seção tangencial.

Tabela 4 Resultado dos valores das características microscópicas da madeira de *Trattinnickia rhoifolia*

| Características | Mínimo | Média | Máximo | DP | CV (%) |
|---|--------|----------|----------|--------|--------|
| Diâmetro dos vasos (μm) | 96,92 | 149,44 | 195,22 | 23,71 | 16,22 |
| Frequência de poros/ mm^2 | 13 | 21 | 31 | 3,89 | 21,40 |
| Comprimento dos vasos (μm) | 215,33 | 401,92 | 627,99 | 108,42 | 27,75 |
| Comprimento de fibras (μm) | 787,39 | 1.106,15 | 1.463,87 | 170,46 | 15,44 |
| Espessura do lume (μm) | 7,25 | 10,86 | 13,67 | 1,37 | 12,46 |
| Espessura da parede (μm) | 2,80 | 4,34 | 5,49 | 0,72 | 16,46 |
| Altura dos raios em nº de células | 7 | 13 | 19 | 3,62 | 30,59 |
| Altura dos raios (mm) | 0,35 | 0,82 | 1,11 | 0,18 | 33,15 |

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Espessura dos raios em nº de células | 2 | 2 | 3 | 0,57 | 41,60 |
| Espessura dos raios (μm) | 57,73 | 78,97 | 106,93 | 13,69 | 19,01 |
| Frequência de raios/(mm linear) | 6 | 11 | 15 | 2,60 | 29,99 |

DV= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação

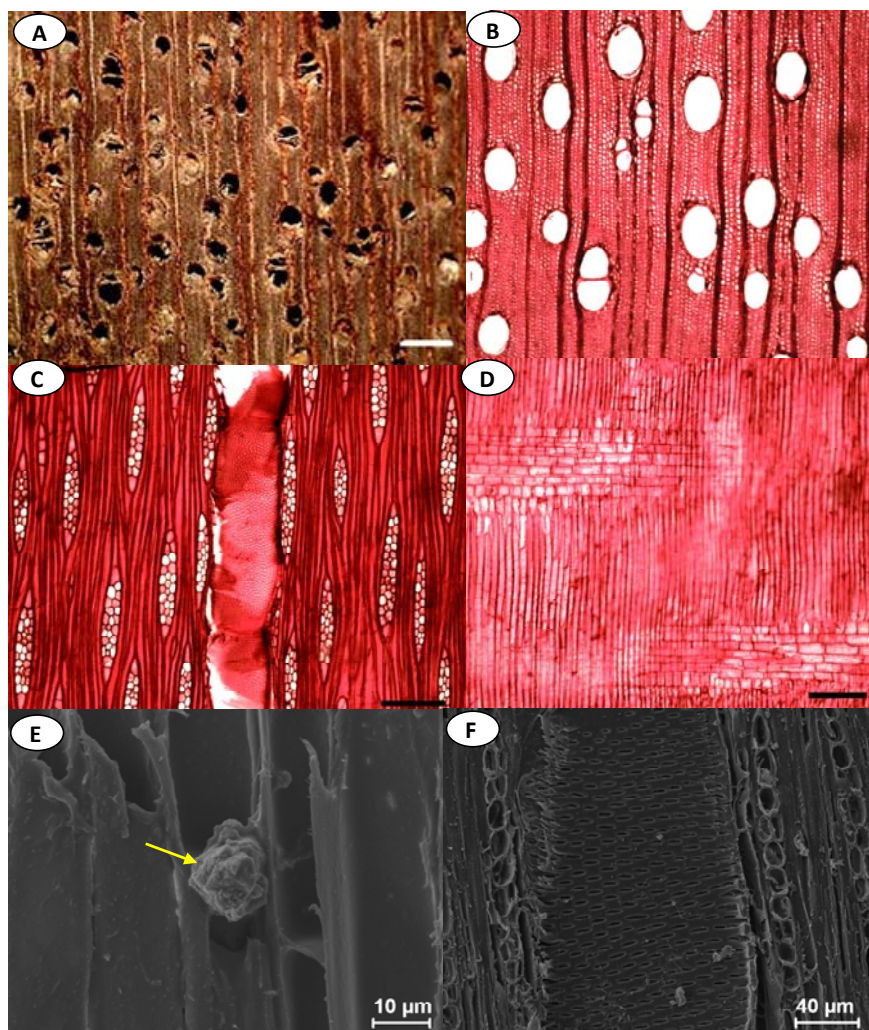


Figura 13 A-D Características gerais da madeira de *Trattinnickia rhoifolia* Willd. A: Secção transversal em macroscopia. B-D: - Microscopia. B: Secção transversal. C: Secção tangencial evidenciando raios não estratificação e a presença de cristais nas células dos raios. D: Secção

radial evidenciando a estrutura do corpo dos raios. E: Secção tangencial detalhando a presença de sílica em microscopia eletrônica de varredura (Seta). F: Secção tangencial, com elementos de vasos com pontuações intervasculares alternas em microscopia eletrônica de varredura (Seta). Barras de escala: A=1 mm. B-D=100 µm

A partir das descrições do lenho realizadas em conformidade com as normas propostas por Coradin e Muniz (1992) e pela IAWA Committee (1989), foram agrupadas as características qualitativas comuns para as quatro espécies estudadas: *Protium altsonii*, *Tetragastris altissima*, *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia*.

Observa-se que as espécies analisadas, apesar de apresentarem características anatômicas qualitativas e quantitativas muito similares, se diferenciam em alguns caracteres, podendo utilizar o conjunto desses caracteres para diferenciá-las ou agrupá-las, conforme descrito nas Tabelas 5 e 6, em conformidade com as recomendações de Coradin e Muniz (1992) e IAWA Committee (1989).

Tabela 5 Valores médios das contagens e mensurações dos caracteres anatômicos do lenho de quatro espécies de *Burseraceae*

| Características | <i>Protium altsonii</i> | <i>Tetragastris altissima</i> | <i>Trattinnickia burserifolia</i> | <i>Trattinnickia rhoifolia</i> |
|---|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Diâmetro dos vasos (μm) | 107,89 | 90,04 | 151,06 | 149,44 |
| Frequência de poros/ mm^2 | 33 | 24 | 16 | 21 |
| Comprimento dos vasos (μm) | 302,06 | 294,65 | 398,44 | 401,92 |
| Comprimento de fibras (μm) | 953,44 | 915,55 | 1.159,08 | 1.106,15 |
| Espessura do lume (μm) | 8,17 | 10,39 | 10,87 | 10,86 |
| Espessura da parede (μm) | 3,62 | 3,70 | 4,44 | 4,34 |
| Altura dos raios em n° de células | 13 | 11 | 12 | 13 |
| Altura dos raios (mm) | 0,71 | 0,53 | 0,79 | 0,82 |
| Espessura dos raios em n° de células | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Espessura dos raios (μm) | 60,69 | 45,91 | 67,45 | 78,97 |
| Frequência de raios (mm linear) | 10 | 6 | 10 | 11 |
| Células por <i>strand</i> de parênquima | 3-8 | 5-12 | 3-4 | 3-8 |

Tabela 6 Caracteres anatômicos microscópicos do lenho de quatro espécies de *Burseraceae*

| Características | <i>Protium altsonii</i> | <i>Tetragastris altissima</i> | <i>Trattinnickia burserifolia</i> | <i>Trattinnickia rhoifolia</i> |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Frequência dos vasos | numerosos a muito numerosos | poucos a numerosos | poucos a numerosos | poucos a numerosos |
| Pontoações intervasculares | alternas | alternas e escalariformes | alternas | alternas |
| Pontoações guarnecidas | ausentes | ausentes | presentes | presentes |
| Linhas vasculares | retilíneas | retilíneas | retilíneas | irregulares |
| Fibras | muito curtas a curtas | muito curtas a curtas | curtas a longas | curtas a longas |
| Espessura dos raios | 1-3 células | 1-2 células | 1-3 células | 2-3 células |
| Espelhado dos raios | contrastado | contrastado | pouco contrastado | contrastado |
| Canais radiais | ausentes | simples e duplos | ausentes | ausentes |
| Camadas de crescimento | distintas | distintas | pouco distintas | indistintas. |

O lenho das espécies estudadas apresentou características anatômicas macroscópicas homogêneas, tornando difícil a identificação em nível de espécie, podendo esse parâmetro ser utilizado para identificar apenas gênero e/ou família.

A madeira de diversas espécies de *Burseraceae* é explorada economicamente, porém dificilmente há qualquer diferenciação entre elas, e são chamadas simplesmente de breu, a mesma denominação da resina (FERNANDEZ, 2008). O que reforça o fato de que as *Burseraceas* vêm sendo agrupadas com base nas características organolépticas e denominadas por um mesmo nome vernacular.

Detienne e Jacquet (1983) destacaram essa homogeneidade nas características anatômicas de espécies do gênero *Protium*, tornando difícil a identificação e separação entre as espécies.

Essa observação também foi constatada por León Hernández (2002), precursor em descrever as características anatômicas de sete espécies de *Protium*, sendo *Protium amazonicum* (Cuatrec.) D.C. Daly, *P. aracouchini* (Aubl.) Marchand, *P. colombianum* Cuatrec, *P. copal* (Schltdl. e Cham.) Engl., *P. grandifolium* Engl., *P. robustum* (Swart) D. M. Porter e *P. sagotianum* (Marchand), e evidenciou que as espécies analisadas quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos apresentam estruturas anatômicas muito similares entre si, o que dificulta sua identificação, porém essas características podem indicar a existência de uma certa homogeneidade quanto as propriedades físicas e mecânicas da madeira, determinando a indicação de mesmo uso.

Mady (2000), afirma que todas as características das células da madeira irão influenciar o seu uso. O tamanho, a disposição, o conteúdo, a distribuição no lenho, a abundância de elementos celulares, enfim, todos os detalhes da estrutura anatômica da madeira irão contribuir para que o comportamento de uma espécie seja satisfatório sob determinada condição de uso.

Os caracteres descritos para as espécies analisadas foram: parênquima axial paratraqueal vasicêntrico escasso, espelhado contrastado a pouco contrastado em seção radial. Parênquima radial não estratificado. Poros com arranjo padrão indefinido, difusos e em anéis semiporosos, predominantemente solitários (*Protium altsonii*, *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia*) e múltiplos em *Tetragastris altissima*, linhas vasculares retilíneas a irregulares em seção tangencial. Coradin et al. (1991) encontraram dados similares em *Trattinnickia burserifolia*.

A porosidade da madeira considerada de forma isolada possui baixo valor diagnóstico para a identificação e/ou diferenciação entre espécies, uma vez que essa característica anatômica está sujeita a variações provocadas pela adaptação da planta às condições ecológicas (BURGER; RICHTER, 1991).

Quanto às características anatômicas microscópicas, como frequência dos vasos, todas as espécies estudadas apresentaram vasos poucos a numerosos, exceto em *Protium altsonii*, que são numerosos a muito numerosos. Pontoações guarnecidas presentes nas espécies *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia*.

Fibras libriformes, septadas finas, com comprimento variando de muito curtas a curtas, em *Protium altsonii* e *Tetragastris altissima* e curtas a longas em *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia*. As dimensões das fibras são indicações importantes das propriedades de uma determinada espécie de madeira e sua adequação na fabricação de um tipo específico de papel (HUGHES, 1971). Madeiras que possuem fibras de paredes finas e lumes largos tendem a apresentar massa específica baixa (MADY, 2000). Paredes espessas e lume delgado conferem às espécies elevada massa específica e conseqüentemente maior resistência a esforços mecânicos (PAULA; ALVES, 1997).

Parênquima radial heterogêneo, não estratificado, com o corpo do raio formado por células procumbentes com uma fila de células marginais quadradas

e/ou eretas; baixos, poucos a numerosos, unisseriados, bisseriados e trisseriados. *Tetragastris altissima* com predominância dos unisseriados e em *Trattinnickia rhoifolia* unisseriados são ocasionais.

Em relação à estrutura anatômica da madeira e descrição macro e microscópica de *Protium altsonii*, não foram encontradas informações na literatura, incluindo neste estudo uma nova contribuição para a espécie. No gênero *Protium* há ocorrência de parênquima radial unisseriado e bisseriado, no entanto em algumas espécies desse gênero os raios são predominantemente unisseriados. *Protium altisonii* apresenta caracteres anatômicos semelhantes à madeira de *Tetragastris altissima*.

A presença de tilos comum ou esclerosado foi observada em todas as espécies dessa pesquisa. Os tilos são invaginações da fina parede primária das pontoações das células parenquimáticas que se distendem e arrebentam, preenchendo total ou parcialmente as cavidades dos vasos (DESCH; DINWOODIE, 1981). São formados durante o processo de transformação do alburno em cerne (PANSHIN; ZEEUW, 1970), devido às diferenças de pressão que existem entre as células de parênquima e os elementos de vasos adjacentes que perderam a função de condução. Essas diferenças de pressão ocorrem quando os vasos param de conduzir seiva (DESCH; DINWOODIE, 1981).

Burger e Richter (1991) ressaltam que a ocorrência desses conteúdos possui grande importância para a taxonomia, pois nem todas as espécies apresentaram essa obstrução e por serem típicas em determinados grupos botânicos. O desenvolvimento de depósitos de tilos afeta de forma negativa a permeabilidade da madeira, podendo gerar problemas no processo de secagem e preservação da madeira.

Em *Tetragastris altissima* a presença de canais radiais simples e/ou duplos é frequente, observados nos planos tangenciais. Alguns autores (DETIENNE; JACQUET, 1983; FERNANDEZ, 2008; MILLER; DÉTIENNE,

2001) constataram a presença dos canais nas espécies: *Tetragastris altissima*, *T. hostmanni*, *T. panamensis*.

A ocorrência dos canais radiais em *Tetragastris altissima* também foi reportada por IAWA Committee (1989), relatando que essas estruturas secretoras, apresentam lume revestido por células epiteliais e secretam substâncias lipídicas, predominantemente de natureza terpenoide.

A presença de canais radiais e tubos secretores nos raios de madeira, por muitos anos, tem sido considerada uma característica de diagnóstico confiável, para fins de identificação, pois eles raramente são traumáticos, mas é uma característica normal das madeiras de determinados gêneros (METCALFE; CHALK, 1950).

Segundo Burger e Richter (1991), os canais secretores radiais, que ocorrem dentro de um raio; são tubos forrados com células epiteliais (células parenquimáticas de paredes finas) e geralmente ocorrem no lenho tardio.

A informação sobre a estrutura, a distribuição, e fatores que influenciam a formação de canais intercelulares na madeira de árvores dicotiledôneas é muito fragmentada, embora em algumas espécies os canais sejam tão frequentes que são importantes recursos de diagnóstico para a identificação da madeira (GOTTWALD, 1980; GOTTWALD; PARAMESWARAN, 1966; WHEELER; BAAS; GASSON, 1989). Como por exemplo, *Burseraceae*, *Dipterocarpaceae* e *Leguminosae*, onde são estruturas comuns observadas em suas espécies (COSTA et al., 2001).

Nas espécies, *Protium altsonii*, *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia* as células eretas dos raios são parecidas no tamanho e na forma com as células oleíferas descritas no IAWA Bulletin (1981), no entanto, de acordo com os testes histoquímicos com a solução de SUDAN IV, constatou-se que não se tratam de células oleíferas e sim idioblastos cristalíferos (Figura 5C). Durante o processo de preparação e montagem das lâminas permanentes pode ter ocorrido

o desprendimento dos cristais de dentro das células dos raios, o que gerou o equívoco.

Foram encontrados cristais prismáticos de oxalato de cálcio em todas as espécies estudadas. Resultados similares foram encontrados por vários autores na madeira das espécies *Protium decandrum*, *P. paniculatum* var. *riedelianum*, *Tetragastris altissima*, *T. hostmanni*, *T. panamensis*, onde detectaram os cristais nas células, eretas e quadradas dos raios (DETIENNE; JACQUET, 1983; KRIBS, 1968; METCALFE; CHALK, 1950; MILLER; DÉTIENNE, 2001) Também observado por Fernandez (2008), em *Tetragastris altissima* procedente do Amazônas.

Vasconcellos, Freitas e Silva (1995) detectaram a ocorrência de inclusões minerais na madeira de espécies tropicais, verificando a presença de grãos de sílica nas fibras de *Protium neglectum* Swartz. e de cristais nas fibras de *Protium lewelyni* Macbr. No entanto, destacam a importância da realização de novos estudos sobre o valor taxonômico dessas inclusões e da influência delas no processamento mecânico das madeiras.

Os cristais são comuns no floema secundário de angiospermas (PARAMESWARAN; LIESE 1972; ROTH, 1981). Segundo Metcalfe e Chalk (1983) a sua forma e distribuição podem ter valor taxonômico e para Zindler-Frank (1987) são importantes ferramentas para a pesquisa filogenética e taxonômica.

O caráter diagnóstico dos cristais foi confirmado por Monteiro (2006) e Solereder (1908), na família *Sapotaceae*, onde a distribuição dos cristais difere em nível de gênero, podendo-se citar os seguintes exemplos: Em *Chrysophyllum* são solitários e dispersos no mesofilo; *Elaeoluma*, solitários na epiderme abaxial; *Palaquium*, agrupados na paliçada; *Pouteria* e *Pradosia*, solitários nas células da paliçada das folhas e *Sideroxylon*, agrupados no mesofilo.

Na família *Asteraceae* o tipo de estrutura secretora, a posição e o órgão onde ocorrem são também considerados como parâmetros taxonômicos (FAHN, 1979, 1988; METCALFE; CHALK, 1950, 1979, 1983; PYYKKÖ, 1966; SOLEREDER, 1908), podendo servir para o reconhecimento de espécies semelhantes (CASTRO, 1987; CASTRO; LEITÃO FILHO; MONTEIRO, 1997) e para confirmação da identidade de fragmentos vegetais em fitoterápicos (SIMÕES et al., 2001) e, em amostras de própolis (FREIRE, 2000; OLIVEIRA; BASTOS, 1998).

Foi evidenciada a ocorrência de corpúsculos silicosos em todas as espécies analisadas. Sendo realizado microanálises em microscopia eletrônica de varredura por sonda EDS Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X, para confirmar da presença de sílica (Figura 14).

Miller e Détienne (2001) em sua pesquisa também constataram a presença de sílica nas espécies *Trattinnickia burserifolia* e *T. demerarae*.

Richter e Dallwitz (2000) observaram a presença de sílica nas células do parênquima radial e das fibras da espécie *Trattinnickia burserifolia*.

A sílica é comumente encontrada em várias famílias de madeiras tropicais e menos frequente em madeiras de zonas temperadas (RODRIGUES; SANTANA, 2008). Em geral são encontradas nas células procumbentes dos raios na forma arredondadas e amorfas, os quais aumentam de tamanho no sentido do alburno para o cerne (PANSHIN; ZEEUW, 1980).

Plantas com elevado teor de Si são menos suscetíveis ao ataque de agentes xilófagos, e, isto é, aumenta a durabilidade natural da madeira devido ao efeito tóxico sobre os agentes biodeterioradores (BURGER; RICHTER, 1991), além disso, possuem maior rigidez estrutural (CHIMELO, 2007; JONES, 1978; PANSHIN; ZEEUW, 1980; XIA et al., 2000), alterando suas propriedades físicas e mecânicas.

Dessa forma, o conhecimento prévio do teor de sílica existente nas espécies é útil ao desenvolvimento de melhores estratégias de processamento industrial da madeira (RODRIGUES; SANTANA, 2008), pois a presença da sílica dificulta o desdobro da tora, devido ao seu efeito abrasivo sobre os dentes das serras e equipamentos, fazendo com que as mesmas sejam levadas mais vezes do que o usual para afiação (VASCONCELLOS; FREITAS; SILVA, 1995).

Para Rihter (1982), a ocorrência da sílica na madeira também possui valor diagnóstico. O autor utilizou a presença de sílica como característica para separar os gêneros *Couropita* Aubl. e *Couratari* Aubl., ambos pertencentes à família *Lecythidaceae*, cujas madeiras são similares em aparência e indistinguíveis macroscopicamente; no qual foi verificada a ocorrência de grãos de sílica apenas no xilema de *Couratiri*.

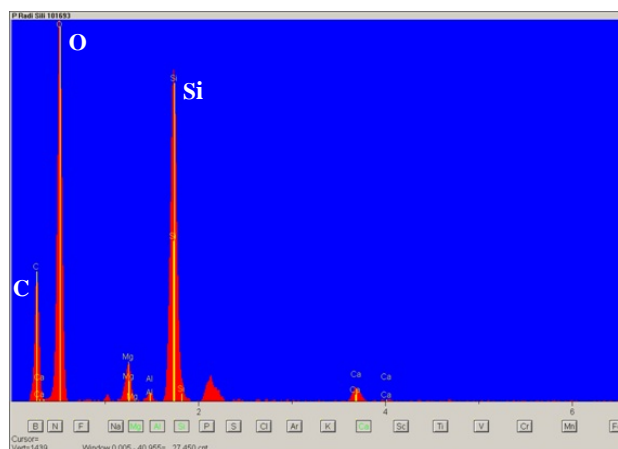


Figura 14 Microanálises em microscopia eletrônica de varredura - MEV, por sonda EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X) confirmando a presença de sílica na madeira de *Trattinnickia rhoifolia* Willd

Os extrativos influenciam na resistência da madeira a microrganismos. A presença de sílica, alcaloides e taninos aumentam a durabilidade natural da

madeira, devido ao efeito tóxico sobre os agentes biodeterioradores (BURGER; RICHTER, 1991). Porém, o conteúdo das células parenquimáticas (amido, proteínas e açúcares) é atrativo alimentar de insetos, proporcionando hábitat favorável para seu desenvolvimento (NOCK; RICHTER; BURGER, 1975). Entre os solventes orgânicos, a água quente extrai, além de gomas, açúcares, taninos e corantes, também os amidos.

Esse estudo apresentou alguns resultados similares aos encontrados na literatura quanto aos aspectos anatômicos qualitativos de espécies de *Burseraceae*, como exemplo, destacam-se os trabalhos de Fernandez (2008) e León Hernández (2002).

A partir das características anatômicas qualitativas e quantitativas do lenho Fernandez (2008) elaborou uma chave analítica para determinação das espécies de *Protium* e *Tetragastris*, (*Tetragastris* cf. *panamensis*, *T.* cf. *altissima*, *Protium* cf. *crassipetalum*, *P.* cf. *guianense*, *P.* *opacum*, *P.* cf. *grandifolium*, *P.* cf. *calendulinum*, *P.* *paniculatum* var. *riedelianum*, *P.* cf. *spruceanum*, *P.* cf. *pilosissimum* e *P. divaricatum* subsp. *divaricatum*) ocorrentes na Reserva do Tupé no Amazonas.

León Hernández (2002) ao descrever anatomia da madeira sete espécies de *Protium* (*Protium amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. colombianum*, *P. copal*, *P. grandifolium* e *P. sagotianum*), da Venezuela, concluiu não haver diferenças significativas entre as espécies, devido suas similaridades anatômicas, pois segundo Fernandez (2008), esse resultado se deu devido à abordagem envolver apenas análise estatística de medidas quantitativas, como diâmetro dos vasos, comprimento dos elementos de vaso e das fibras. Caracteres que tiveram seus índices de confiabilidade reduzidos ou excluídos na elaboração da chave no seu estudo, utilizando um conjunto de caracteres na determinação de cada espécie.

Para determinar possíveis aplicações de diferentes espécies de madeira, é primordial um estudo detalhado de sua estrutura anatômica, dessa forma é

possível classificar e agrupar espécies, direcionando-as então para estudos tecnológicos específicos, visando confirmar ou não a indicação obtida através da análise da estrutura anatômica (PAULA; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2000).

5.4 Análise da variação radial das estruturas anatômicas

Foram avaliadas as variações das dimensões dos elementos anatômicos da madeira (vasos, fibras e raios) no sentido medula-casca das espécies estudadas, os quais estão descritos nos itens abaixo.

5.4.1 Poros/Vasos

Os resultados das análises de variância dos valores das dimensões dos vasos estão representados nas Tabelas 7, 9 e 11; nas quais observa-se que quanto à frequência dos vasos/mm², diâmetro e comprimento dos elementos de vaso, não houve diferenças significativas nos valores médios das dimensões dos caracteres anatômicos nas posições no sentido da medula ao câmbio das espécies estudadas. E não houve interação para essas variáveis, isto é, relação entre espécie e as posições no sentido radial.

Observa-se certa homogeneidade nas dimensões dos elementos constituintes do lenho no sentido medula-casca. Ocorrendo apenas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade dos valores médios entre as espécies, quando aplicado o teste Tukey para comparação das médias, conforme representado nas Tabelas 8, 10 e 12.

Quanto aos valores médios da frequência dos vasos por mm², *Protium altsonii* apresentou maiores valores entre as espécies estudadas. E no diâmetro e comprimento dos elementos de vasos, *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia* apresentaram valores médios das dimensões celulares similares.

Tabela 7 Resultado da análise de variância da frequência dos vasos por mm² (Anova)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|--------|--------|---------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 2150,5 | 716,83 | 13,8273 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 379,6 | 94,89 | 1,8305 | 0,14196 |
| F1*F2 | 12 | 700,0 | 58,33 | 1,1252 | 0,36794 |
| Resíduo | 40 | 2073,6 | 51,84 | | |
| Total | 59 | 5303,7 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Grau de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 8 Resultado do teste de médias (Tukey) para frequência dos vasos por mm²

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|--------|--------|--------|---------|----------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 30,11 | 34,51 | 29,46 | 36,41 | 32,85 | 32,67 A |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 13,76 | 20,91 | 20,82 | 14,51 | 12,02 | 16,40 C |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 14,05 | 32,78 | 15,01 | 17,25 | 24,20 | 20,66 BC |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 22,47 | 23,45 | 26,07 | 24,44 | 25,77 | 24,44 B |
| Média | 20,10 a | 27,91a | 22,84a | 23,15a | 23,71 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições, não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Ramos (2011) encontrou resultados similares aos apresentados neste estudo para *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*. Belini et al. (2008) atribuem a homogeneidade dos elementos estruturais dos vasos da madeira dessa espécie, por apresentar porosidade difusa, não demonstrando assim, variação relevante nos diâmetros desses elementos. No entanto, Rocha, Florsheim e Couto (2004) em trabalho com a mesma espécie, observaram uma variação crescente no sentido medula-casca e estatisticamente significativa.

Honjo, Furukawa e Sahri (2005), em estudo com *Acacia mangium*, não encontrou variação radial no comprimento dos elementos de vaso.

Em geral o aumento do diâmetro dos vasos, está diretamente associado à redução da frequência dos vasos por mm² (BAMBER; HORNE; GRAHAN-HIGGS, 1982; VITAL; DELLA LUCIA, 1987).

Moreira (1999), pesquisando variabilidade das dimensões das estruturas anatômicas no sentido medula-casca da madeira de 23 espécies, encontrou uma tendência linear crescente para os caracteres dos vasos de *Trattinickia burserifolia*.

A mesma tendência do aumento gradual no diâmetro e do comprimento dos elementos de vaso nas posições no sentido radial foram observadas por vários autores, como: Urbinati et al. (2003) em *Terminalia ivorensis*, e em espécies de *Eucalyptus* por, Bamber e Humphrey (1963), Baptista, Carneiro Tomazello e Tomazello Filho (2003), Bhat, Bhat e Dhamodaran (1990), Brasil e Ferreira (1971), Florsheim et al. (2000), Florsheim et al. (2009), Malan e Gericher (1987), Rocha, Florsheim e Couto (2004), Shimoyama (1990), Taylor (1973) e Vital e Della Lucia (1987).

Tomazello Filho (1985) relata que a madeira de eucalipto apresenta uma estrutura heterogênea, resultante das variações de seus elementos anatômicos, tornando-se importante determinar os padrões de variação existentes, visando, principalmente, definir sua utilização mais adequada.

Tabela 9 Resultado da análise de variância do diâmetro dos vasos (µm). (Anova)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|-------|---------|--------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 41739 | 13913,1 | 56,706 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 1353 | 338,4 | 1,379 | 0,25844 |
| F1*F2 | 12 | 2848 | 237,3 | 0,967 | 0,49467 |
| Resíduo | 40 | 9814 | 245,4 | | |
| Total | 59 | 55754 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 10 Resultado do teste de Tukey para o diâmetro dos vasos (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 104 | 104 | 113 | 112 | 108 | 108 B |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 152 | 138 | 144 | 164 | 158 | 151 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 158 | 134 | 168 | 152 | 135 | 149 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 88 | 90 | 91 | 90 | 91 | 90 C |
| Média | 125 a | 117 a | 129 a | 130 a | 123 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 11 Resultado da análise do teste de médias do comprimento dos elementos de vasos (μm). (Anova)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|--------|-------|---------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 156021 | 52007 | 22,5348 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 3558 | 889 | 0,3854 | 0,81778 |
| F1*F2 | 12 | 9175 | 765 | 0,3313 | 0,97853 |
| Resíduo | 40 | 92314 | 2308 | | |
| Total | 59 | 261068 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 12 Resultado do teste de Tukey para o comprimento dos elementos de vasos (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 301 | 301 | 306 | 302 | 299 | 302 B |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 380 | 394 | 406 | 405 | 408 | 398 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 434 | 388 | 413 | 359 | 416 | 402 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 301 | 288 | 297 | 284 | 303 | 295 B |
| Média | 354 a | 343 a | 356 a | 338 a | 357 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

5.4.2 Fibras

Os resultados das análises de variância e do teste Tuckey dos valores das dimensões das fibras estão representados nas Tabelas 13, 14, 15, 16, 17 e 18 respectivamente.

Nas dimensões das fibras, os resultados não mostraram variação significativa no sentido medula-casca para o comprimento das fibras. E não houve interação entre as dimensões das fibras das espécies e as posições no sentido casca. Os resultados observados são semelhantes aos encontrados por Urbinati et al. (2003) em *Terminalia ivorensis*.

Tabela 13 Resultado da análise de variância para o comprimento das fibras (μm).
(Anova)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|---------|--------|---------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 567429 | 189143 | 18,0582 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 23623 | 5906 | 0,5638 | 0,69024 |
| F1*F2 | 12 | 167351 | 13946 | 1,3315 | 0,23966 |
| Resíduo | 40 | 418962 | 10474 | | |
| Total | 59 | 1177365 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 14 Resultado do teste de Tukey para o comprimento das fibras (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 913 | 918 | 946 | 1088 | 891 | 951 B |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 1206 | 1155 | 1180 | 1111 | 1143 | 1159 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 1179 | 1070 | 1003 | 1022 | 1097 | 1074 A |
| <i>Tetragastris altissima</i> | 895 | 887 | 1009 | 934 | 853 | 916 B |
| Média | 1048 a | 1007 a | 1035 a | 1039 a | 996 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Para as dimensões da espessura do lume e da parede das fibras as espécies, *Protium altsonii*; *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia* apresentaram uma variação poligonal no sentido medula-casca, não sendo possível uma tendência de variação. Para a espessura do lume, necessitou desdobrar os valores originais mesurados, para realizar a análise estatística. Já *Tetragastris altissima* os resultados da espessura da parede e do lume não mostraram variação no sentido medula-casca, os valores são quase constantes e não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

No estudo realizado por Vieira (2011), com *Protium heptaphyllum* procedente do cerrado mineiro, constatou que os valores e padrões da variação radial das dimensões das fibras foram compatíveis às informações relatadas na literatura (BAMBER; HUMPHREY, 1963; BAPTISTA; CARNEIRO TOMAZELLO; TOMAZELLO FILHO, 2003; BHAT; BHAT; DHAMODARAN, 1990; BRASIL; FERREIRA, 1971; BUTTERFIELD, 1993; FLORSHEIM et al., 2009; MALAN; GERICHER, 1987; QUILHÓ; MIRANDA; PINHEIRO, 2006; SHIMOYAMA, 1990; VITAL; DELLA LUCIA, 1987). Isto é, as dimensões das fibras em relação ao posicionamento na direção radial do tronco são crescentes no sentido da medula para a casca.

Quanto aos valores médios do comprimento das fibras, espessura da parede e do lume, as espécies podem ser agrupadas segundo os resultados das dimensões desses caracteres, sendo, *Tetragastris altissima* e *Protium altsonii* que apresentaram valores próximos, *Trattinnickia burserifolia* com *T. rhoifolia*.

Tabela 15 Resultado da análise de variância para a espessura do lume (μm).
(Anova)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|--------|--------|--------|----------|
| Espécie (F1) | 3 | 233,35 | 77,783 | 58,788 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 89,86 | 22,465 | 16,979 | 0* |
| F1*F2 | 12 | 36,24 | 3,02 | 2,283 | 0,025333 |
| Resíduo | 40 | 52,92 | 1,323 | | |
| Total | 59 | 412,38 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 16 Resultado do teste de Tukey para a espessura do lume (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|-----------|----------|-----------|----------|-------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 6,89 Cb | 10,16 Ba | 6,89 Cb | 10,06 Ba | 6,66 Cb | 8,13 |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 10,00 Bb | 13,48 Aa | 8,53 BCb | 13,44 Aa | 8,91 BCb | 10,87 |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 10,36 Ba | 11,97 ABa | 10,41 Ba | 12,43 ABa | 9,79 Ba | 10,99 |
| <i>Tetragastris altissima</i> | 13,91 Aa | 13,88 Aa | 13,59 Aa | 13,81 Aa | 13,34 Aa | 13,71 |
| Média | 10,29 | 12,37 | 9,86 | 12,44 | 9,68 | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 17 Resultado da análise de variância para a espessura da parede (μm).
(Anova)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|--------|---------|--------|----------|
| Espécie (F1) | 3 | 8,322 | 2,77386 | 7,937 | 0,00029* |
| Posição (F2) | 4 | 6,446 | 1,61153 | 4,6112 | 0,00372* |
| F1*F2 | 12 | 4,629 | 0,38573 | 1,1037 | 0,38378 |
| Resíduo | 40 | 13,979 | 0,34948 | | |
| Total | 59 | 33,376 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 18 Resultado do teste de Tukey para a espessura da parede (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 3,93 | 3,28 | 3,61 | 3,54 | 3,68 | 3,61 B |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 5,64 | 3,72 | 4,79 | 3,75 | 4,31 | 4,44 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 4,88 | 3,71 | 4,30 | 4,09 | 4,72 | 4,34 A |
| <i>Tetragastris altissima</i> | 3,75 | 3,67 | 3,64 | 3,68 | 3,73 | 3,70 B |
| Média | 4,55 a | 3,60 b | 4,09 ab | 3,77 b | 4,11 ab | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

5.4.3 Raios

Nas Tabelas 19 a 28 são representados os resultados das análises de variância e teste Tuckey dos valores das dimensões dos raios.

Quanto às dimensões dos raios nas posições no sentido radial, não foram observadas diferenças estatísticas significativas dos valores das dimensões dos raios em micrômetros, avaliadas neste estudo.

Entre as espécies estudadas, *Tetragastris altissima* foi a que apresentou os menores valores das dimensões do comprimento dos raios (μm), espessura (μm), espessura dos raios em número de células e frequência dos raios por mm linear.

No caractere comprimento dos raios em número de células os valores foram semelhantes para todas as espécies e não houve interação para essa variável, isto é, relação entre espécie e posição no sentido medula-câmbio.

Florsheim et al. (2000) constataram que ocorreu uma tendência gradual das dimensões dos raios, se apresentando mais altos e largos da medula para a casca. Em *Eucalyptus saligna*, porém na frequência dos raios por mm² a tendência foi inversa. O mesmo resultado, quanto à frequência dos raios foi relatada por Rocha, Florsheim e Couto (2004), na espécie *Eucalyptus grandis*, mas os autores identificaram maiores dimensões dos raios na região da medula.

Urbinati et al. (2003), não encontraram variação na altura dos raios no sentido radial para *Terminalia ivorensis* A. Chev., no entanto, na frequência dos raios, identificaram menores na região próxima da casca. Os autores atribuem essa variação na frequência, à redução das células iniciais radiais no câmbio, gerando conseqüentemente mais células iniciais fusiformes, o que aumentaria a proporção de fibras nessa região.

Florsheim et al. (2009) avaliaram que as dimensões dos raios de *Eucalyptus dunnii* na altura em micrômetros foram crescentes da medula para o câmbio, e o inverso ocorreu na altura em número de células.

Tabela 19 Resultado da análise de variância do comprimento dos raios (μm)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|---------|----------|--------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 0,76106 | 0,253686 | 14,528 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 0,02169 | 0,005422 | 0,3105 | 0,86924 |
| F1*F2 | 12 | 0,12802 | 0,010669 | 0,611 | 0,81998 |
| Resíduo | 40 | 0,69847 | 0,017462 | | |
| Total | 59 | 1,60925 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Alone e Zimmermann (1983) observaram que as variações no sentido medula-casca das dimensões dos raios no lenho ocorrem em resposta a um decréscimo do nível de auxinas em relação ao aumento da idade das árvores.

Tabela 24 Resultado do teste de Tukey para o comprimento dos raios (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|---------|------------|---------|---------|---------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 0,700 | 0,689 | 0,750 | 0,726 | 0,663 | 0,705 A |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 0,869 | 0,842 | 0,637 | 0,796 | 0,784 | 0,785 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 0,808 | 0,891 | 0,795 | 0,768 | 0,841 | 0,821 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 0,560 | 0,477 | 0,536 | 0,522 | 0,549 | 0,529 B |
| Média | 0,734 a | 0,725 a | 0,679 a | 0,703 a | 0,709 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 20 Resultado da análise de variância da espessura dos raios (μm)

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|---------|---------|---------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 8581,9 | 2860,65 | 18,1935 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 264 | 66 | 0,4197 | 0,79341 |
| F1*F2 | 12 | 2694,1 | 224,51 | 1,4279 | 0,19379 |
| Resíduo | 40 | 6289,4 | 157,23 | | |
| Total | 59 | 17829,4 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 25 Resultado do teste de Tukey para a espessura dos raios (μm)

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 54,3 | 71,0 | 65,8 | 59,9 | 52,5 | 60,7 B |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 76,2 | 63,7 | 61,8 | 63,5 | 72,1 | 67,5 AB |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 65,2 | 66,9 | 90,1 | 84,2 | 88,4 | 79,0 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 45,5 | 45,5 | 45,9 | 44,5 | 48,1 | 45,9 C |
| Média | 60,3 a | 61,8 a | 65,9 a | 63,0 a | 65,3 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 21 Resultado da análise de variância do comprimento dos raios em número de células

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|--------|---------|---------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 51,09 | 17,0314 | 1,77632 | 0,16718 |
| Posição (F2) | 4 | 12,81 | 3,2025 | 0,33401 | 0,85343 |
| F1*F2 | 12 | 210,23 | 17,5194 | 1,82722 | 0,07647 |
| Resíduo | 40 | 383,52 | 9,588 | | |
| Total | 59 | 657,66 | | | |

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr = F tabelado.

Tabela 26 Resultado do teste de Tukey para o comprimento dos raios em número de células

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 12,889 | 11,089 | 13,122 | 15,522 | 12,333 | 12,991 A |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 10,500 | 11,000 | 14,511 | 12,022 | 12,133 | 12,033 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 13,278 | 18,511 | 10,400 | 9,367 | 14,633 | 13,238 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 10,422 | 11,011 | 11,400 | 10,111 | 11,522 | 10,893 A |
| Média | 11,772a | 12,903a | 12,358a | 11,756 a | 12,656 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 22 Resultado da análise de variância da espessura dos raios em número de células

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|--------|---------|--------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 4,6649 | 1,55495 | 47,087 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 0,1151 | 0,02877 | 0,871 | 0,48966 |
| F1*F2 | 12 | 0,1511 | 0,0126 | 0,381 | 0,96261 |
| Resíduo | 40 | 1,3209 | 0,03302 | | |
| Total | 59 | 6,252 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 27 Resultado do teste de Tukey para a espessura dos raios em número de células

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 1,911 | 2,011 | 2,011 | 1,878 | 1,967 | 1,956 C |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 2,133 | 2,111 | 2,122 | 2,289 | 2,200 | 2,171 B |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 2,278 | 2,356 | 2,456 | 2,500 | 2,511 | 2,420 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 1,600 | 1,656 | 1,622 | 1,700 | 1,733 | 1,662 D |
| Média | 1,981 a | 2,033 a | 2,053 a | 2,092 a | 2,103 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 23 Resultado da análise de variância da frequência dos raios por mm linear

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|--------------|----|---------|--------|--------|---------|
| Espécie (F1) | 3 | 158,687 | 52,896 | 33,986 | 0* |
| Posição (F2) | 4 | 2,198 | 0,55 | 0,353 | 0,84032 |
| F1*F2 | 12 | 17,366 | 1,447 | 0,93 | 0,52769 |
| Resíduo | 40 | 62,255 | 1,556 | | |
| Total | 59 | 240,506 | | | |

* Significativo ao nível de 5% (0,05).

FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrado médio; Fc = F calculado Valor calculado; Pr= nível de significância que torna o F da variável significativo.

Tabela 28 Resultado do teste de Tukey para a frequência dos raios por mm linear

| Espécie | Posição radial | | | | | Média |
|-----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| <i>Protium altsonii</i> | 9,033 | 10,167 | 10,267 | 9,633 | 8,867 | 9,593 A |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | 11,233 | 10,322 | 9,756 | 9,700 | 9,067 | 10,016 A |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | 10,722 | 10,344 | 11,011 | 10,567 | 10,344 | 10,598 A |
| <i>Tetragastris altíssima</i> | 5,756 | 6,111 | 5,911 | 7,400 | 6,844 | 6,404 B |
| Média | 9,186 a | 9,236 a | 9,236 a | 9,325 a | 8,781 a | |

Letras maiúsculas entre espécies e minúsculas entre posições não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Os trabalhos sobre variação radial na anatomia da madeira revelam diferentes padrões dependendo da espécie avaliada. Há espécies que apresentam aumento nas dimensões e frequência das células no sentido medula-casca, em outras há diminuição e em alguns casos praticamente não há variação (LONGUI et al., 2009).

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados para a madeira das espécies *Protium altsonii* Sandwith; *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw; *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd., verificou-se que, apesar dos caracteres anatômicos qualitativos e quantitativos do lenho apresentarem similaridade, as características anatômicas microscópicas da madeira contribuem na distinção dessas espécies.

Não ocorreu variação radial das dimensões dos caracteres anatômicos (frequência dos vasos por mm², diâmetro dos vasos, comprimento dos elementos de vasos, comprimento das fibras, espessura do lume e parede, comprimento dos raios, espessura dos raios, comprimento dos raios em número de células, espessura dos raios em número de células e frequência dos raios por mm linear), da madeira das espécies estudadas no sentido medula-câmbio.

As características que apresentaram diferenças significativas entre as regiões da madeira no sentido medula-casca foram: espessura do lume e da parede das fibras; não foi possível estabelecer um padrão de variação radial dos elementos das espécies estudadas.

Não houve interação para as variáveis estudadas e as regiões da madeira no sentido medula-casca, isto é, relação entre espécie e posição no sentido radial.

As características anatômicas da madeira podem subsidiar na taxonomia de *Burseraceae*. O estudo anatômico seguido de informações tecnológicas são fundamentais ao conhecimento e melhor utilização dessas espécies pelos mercados.

REFERÊNCIAS

ALONE, R.; ZIMMERMANN, M. The control of vessel size and density along the plant axis—a new hypothesis. **Differentiation**, Saint Paul, v. 24, p. 203-208, 1983.

ALVARADO, J. R. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru**. Dissertação (Mestrado Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAN-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forest Research**, Melbourne, n. 12, p. 163-167, 1982.

BAMBER, R. K.; HUMPHREY, F. R. A. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, Buckinghamshire, v. 11, n. 1, p. 66-70, 1963.

BAPTISTA, V. R.; CARNEIRO TOMAZELLO, M. G.; TOMAZELLO FILHO, M. **Caracterização da madeira de eucaliptos: anatomia, densidade básica e densitometria de raios X**. Disponível em: <<http://143.107.70.222/informa/floresta.html>>. Acesso em: 21 mar. 2012.

BELINI, U. L. et al. Alterações na estrutura anatômica da madeira de cavacos de *Eucalyptus grandis* EM TRÊS condições de desfibramento para a confecção de painéis MDF. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 523-532, 2008.

BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fibre Science**, Kansas, v. 22, n. 1, p. 54-61, 1990.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., *E. alba* Reinw e *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, 1971.

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

BUTTERFIELD, R. P. et al. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two Central American hardwoods: *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation-grown trees. **IAWA Journal**, Leiden, v. 14, n. 2, p. 153-161, 1993.

CASTRO, M. M. **Estruturas secretoras em folhas de espécies de Asteraceae: aspectos estruturais e histoquímicos**. 1987. 118 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

CASTRO, M. M.; LEITÃO FILHO, H. F.; MONTEIRO, W. R. Utilização de estruturas secretoras na identificação dos gêneros de Asteraceae de uma vegetação do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 163-174, 1997.

CHIMELO, J. Anatomia e propriedades gerais da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2007. p. 107-124.

CORADIN, V. T. R. et al. **Chave de identificação das principais madeiras da florestas nacional de Tapajós**. Brasília: IBAMA, DIRPED, 1991. 38 p. (Serie Técnica).

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia de madeira: Angiospermae e Gymnospermae**. Brasília: IBAMA, 1992. 19 p.

COSTA, C. G. et al. Xilema. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 50-61.

DESCH, H. E.; DINWOODIE, J. M. **Timber: its structure, properties and utilisation**. 6th ed. London: Macmillan Education, 1981. 410 p.

DETIENNE, P.; JACQUET, P. **Atlas d'identification des bois de l'amazonie et des regions voisines**. Paris: Centre Technique Forestier Tropical, , 1983. 640 p.

DINWOODIE, J. M. **Timber: its nature and behaviour**. Wokingham: Van Nostrand Reinhold, 1981. 190 p.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic, 1979. 302 p.

FAHN, A. Secretory tissues in vascular plants. **New Phytologist**, Cambridge, v. 108, p. 229-257, 1988.

FERNANDÉZ, M. G. V.; MORALES, J. B.; ÂNGELES, G. Estudio anatómico de *Hippocratea excelsa* HBK. (Hippocrateaceae). **Acta Botánica Mexicana**, Mexico, v. 43, n. 7-21, 1998.

FERNANDEZ, M. H. **Anatomia, morfologia e identificação de espécies de breu (Burseraceae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Tupé, Manaus, AM**. Manaus: UFAM, 2008.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2000.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 79-91, jun. 2009.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, London, v. 155, p. 51, 1945.

FREIRE, U. S. **Origem da própolis verde e preta produzida em Minas Gerais**. 2000. 50 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

GOTTWALD, H.; PARAMESWARAN, N. Das secundäre Xylem der Familie Dipterocarpaceae, anatomische Untersuchungen zur Taxonomie und Phylogenie. **Botanische Jahrbücher für Systematik**, Stuttgart, v. 85, p. 410-508, 1966.

GOTTWALD, H. **Tropical hardwoods containing resins**. 1980. 22 p. Disponível em: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19800666966.html>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

HIRAI, E. H.; CARVALHO, J. O. P.; PINHEIRO, K. A. O. Comportamento populacional de cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) em floresta de terra firme na fazenda rio capim, Paragominas (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 89-101, jan./jun. 2007.

HONJO, K.; FURUKAWA, I.; SAHRI, M. H. Radial variation of fiber length increment in *Acacia mangium*. **IAWA Journal**, Leiden, v. 26, n. 3, p. 339-352, 2005.

HUGHES, J. F. The wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. In: BURLEY, J.; NIKLES, D. G. **Selection and breeding to improve some tropical conifers**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1971. p. 13-22.

IAWA COMMITTEE. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, p. 234-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais técnicos em Geociências/Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1999. v.1 p.16.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa.php?idioma=portugues>>. Acesso em: 21 mar. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. ed. São Paulo: IPT/SENAI, 1988. 558 p.

JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry**. San Francisco: Freeman, 1962. 408 p.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940.

JONES, L. P. H. Mineral components of plant cell walls. **The American Journal of Clinical nutrition**, New York, v. 31, p. 94-97, 1978. Suppl.

KRIBS, D. A. **Commercial foreign woods on the American market**. New York: Dover, 1968.

LEÓN HERNÁNDEZ, W. J. Estudio anatómico de la madera e incidencias tecnológicas en 7 especies del género *Protium* Burm. f. (Burseraceae). **Revista Forestal Venezoelana**, Mérida, v. 1, n. 46, p. 73-82, 2002.

LONGUI, E. L. et al. Variação anatômica radial do lenho de acoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 181-190, dez. 2009.

- MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira**: informações sobre 90 espécies comerciais. Manaus: SEBRAE, 2000. 212 p.
- MALAN, F. S.; GERISCHER, G. E. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress intensity. **Holzforrschung**, Berlin, v. 41, p. 331-335, 1987.
- METCALFE, C. F.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. Oxford: Clarendon, 1950. v. 2, 724 p.
- METCALFE, C. F.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**: systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject. 2nd ed. Oxford: Clarendon, 1979. v. 1, 294 p.
- METCALFE, C. F.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**: wood structure and conclusion of the general introduction. 2nd ed. Oxford: Clarendon, 1983. 308 p.
- MILLER, R. B.; DÉTIENNE, P. **Major timber trees of Guyana**: wood anatomy. Wageningen: Tropenbos International, 2001. 218 p. Disponível em: <[http:// www.tropenbos.n](http://www.tropenbos.n)>. Acesso em: 22 jan. 2012.
- MONTEIRO, M. H. D. A. **Taxonomia e anatomia das espécies de Pouteria Aublet (Sapotaceae) do estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 2006. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.
- NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. “Preservação de Madeiras” In: **TECNOLOGIA da madeira**. Curitiba: UFPR, 1975. p. 163-200.
- OLIVEIRA, V. C.; BASTOS, E. M. Aspectos morfo-anatômicos da folha de *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae) visando a identificação da origem botânica da própolis. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 431-439. 1998.

- PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw-Hill, 1970. 795 p.
- PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.
- PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**: structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1964. 772 p.
- PARAMESWARAN, N.; LIESE, M. Studies in bark anatomy. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 3, p. 12-16, 1972.
- PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, 1997. 544 p.
- PAULA, J. E.; SILVA JÚNIOR, F. G.; SILVA, A. P. P. Caracterização anatômica demadeiras nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 73-89, 2000.
- PINHEIRO, A. L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1999. 144 p.
- PYYKKÖ, M. The leaf anatomy of east patagonian xeromorphic plants. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 3, p. 453-622, 1966.
- QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **IAWA Journal**, Leiden, v. 27, n. 3, p. 243-254, 2006.
- RAMOS, L. M. A. **Características anatômicas do lenho juvenil e adulto da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2011. 18 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **Commercial timbers**: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 2000. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/wood/pt/www/chars.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2012.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

RODRIGUES, L. C.; SANTANA, M. A. E. Metodologia para determinação do teor de sílica em madeira via espectrofotometria UV-VIS. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: LPF/IBAMA, 2008.

ROTH, I. 1981. **Structural patterns of tropical barks**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1981.

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

SILVEIRA, M. O. O preparo de amostras biológicas para microscopia de varredura eletrônica de varredura. In: SOUZA, W. (Ed.). **Manual sobre técnica básicas em microscopia eletrônica de varredura, técnicas básicas**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, 1989. v. 1, p. 71-82.

SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3. ed. ver. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2001. 833 p.

SOLEREDER, H. **Systematic anatomy of dicotyledons**. Oxford: Clarendon, 1908. 1182 p.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald, 1964. 541 p.

STATSOFT INC. **Statistica**: data analysis software system: version 9.0. 2010.

TAYLOR, F. W. Anatomical wood properties of South African *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 84, p. 20-24, 1973.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, abr.1985.

URBINATI, C. V. et al. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev. Combretaceae. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 421-437, 2003.

VASCONCELLOS, F. J.; FREITAS, J. A.; SILVA, A. C. Observação microscópica de inclusões minerais no xilema de espécies tropicais da Amazônia. **Acta Amazônica, Botânica**, Manaus, v. 25, n. 1/2, p. 55-68, 1995.

VIEIRA, C. F. **Variação radial de algumas propriedades físicas e anatômicas da madeira de *Protium heptaphyllum***. 2011. 11 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Effect of tree spacing on wood production and wood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* at 52 months. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 11, p. 132-145, 1987.

WHEELER, E. A. P.; BAAS, P. E.; GASSON. (Ed.). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, p. 219-232, 1989.

XIA, X. et al. Development and validation method for silica determination by spectrophotometry in some herbs and pharmaceutical formulations. **Analytical Letters**, New York, v. 33, n. 3, p. 455-463, 2000.

ZINDLER-FRANK, E. Calcium oxalate crystals in legumes. In: STIRTON, C. H. (Ed.). **Advances in Legume Systematics** 3th. ed. Kew: Royal Botanic Gardens, 1987. p. 279-316.

ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer Verlag, 1989. 363 p.

CAPÍTULO 3 Variação radial da densidade básica e dos elementos anatômicos da fibra da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. (*Burseraceae*)

RESUMO

A anatomia da madeira é o estudo dos diversos tipos de células que integram o xilema secundário, sua organização, funções e particularidades estruturais. Tendo como finalidade conhecer a madeira, visando sua correta aplicação, identificação de espécies e diferenciação de madeiras aparentemente semelhantes. O presente estudo teve como objetivo, analisar a variação radial da densidade básica e das estruturas anatômicas das fibras da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. O material para estudo foi coletado na área submetida ao Manejo florestal sustentável na Fazenda Rio Capim, situada no município de Paragominas, Pará. Foram obtidas amostras de discos da base do fuste de três indivíduos de cada espécie estudada, selecionadas aleatoriamente. Os estudos anatômicos foram desenvolvidos no Laboratório de Anatomia da madeira da Universidade Federal de Lavras UFLA - Lavras, MG. A partir das amostras dos discos foram confeccionados corpos de prova nas dimensões de 2x2x2 cm, nos planos transversal, tangencial e radial, em 5 diferentes posições no sentido medula-casca (0, 25, 50, 75 e 100% da variação radial). As mensurações foram realizadas com o auxílio do *software Visilog-Pro*; As análises foram realizadas em microscópio óptico associado a um computador com *software* de análise de imagem *Win Cell-Pro*, previamente calibrado. Ao final foram obtidos os valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação dos caracteres analisados. Os valores médios de comprimento, diâmetro do lume e espessura das paredes das fibras, obtidos nas posições medula-casca para as espécies estudadas foram relacionados segundo análise de correlação simples. A determinação da densidade básica foi realizada de acordo com a norma 011941/2003 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). A densidade básica média da madeira das espécies estudadas foi classificada como leve e baixa densidade para *Trattinnickia burserifolia* (0,45g/cm³) e *T. rhoifolia* (0,41g/cm³), média para *Protium altsonii* (0,53g/cm³) e pesada para *Tetragastris altissima* (0,86g/cm³); Quanto ao modelo de variação radial, foi detectada uma tendência, caracterizada pelo aumento gradual da densidade básica da madeira no sentido medula-casca nas espécies *Protium altsonii* e *Trattinnickia burserifolia*. As demais espécies (*Tetragastris altissima* e *Trattinnickia rhoifolia*), não apresentaram esse modelo de variação. Quanto à variação radial dos caracteres da fibra (comprimento, largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede) no sentido medula-casca, as espécies estudadas não mostraram um padrão definido.

Palavras-chave: *Burseraceae*. Densidade da madeira. Variação medula-casca.

ABSTRACT

The wood anatomy is the study of the various cell types that comprise the secondary xylem, its organization, functions and structural features. For purposes of knowing the wood for its correct identifying the species of application and differentiation of apparently similar woods. The present study had as objective to analyze the radial variation of the basic density and anatomical structures of the wood fibers of *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw, *Trattinnickia burserifolia* Mart. and *Trattinnickia rhoifolia* Willd. The material for the study was collected in the area submitted to sustainable forest management in Rio Capim, located in the municipality of Paragominas-Pará. Samples were obtained from the base of the stem-discs from three individuals of each species were selected randomly. The anatomical studies were developed in the Laboratory of wood anatomy UFLA - Lavras, MG. From the discs samples were made test samples with dimensions of 2x2x2 cm in the transverse, radial and tangential in five different positions in the pith - Shield (0, 25, 50, 75 and 100% of the radial variation). For obtaining and preparing the material macerated method was adopted Franklin (1945). The measurements were performed with help of software Visilog-Pro; analyses were performed under an optical microscope linked to a computer with image analysis software Win-Cell Pro, previously calibrated. At the end was obtained the maximum, minimum, average, standard deviation and coefficient of variation from characters analyzed. The average length, lumen diameter and wall thickness of the fibers obtained at positions pith to shell species studied, were recorded by simple correlation analysis. The density determination was performed according to ABNT NBR 11941/2003. The average basic density of the wood from the species were classified as mild and low density for *Trattinnickia burserifolia* (0.45 g/cm³) and *rhoifolia* T. (0.41 g/cm³), average for *Protium altsonii* (0.53 g/cm³) and heavy for *Tetragastris altissima* (0.86 g/cm³). The radial variation of the model, it was detected a trend, characterized by gradual increase wood density of base pith from the bark in *Protium altsonii* and *burserifolia* *Trattinnickia* species. The other species (*Tetragastris altissima* and *Trattinnickia rhoifolia*), did not show this pattern of variation. As the radial variation of fiber characters (length, width, fiber, lumen diameter and wall thickness) from pith to bark, the species did not show a definite pattern.

Keywords: *Burseraceae*. Wood density. Pith to bark variation.

1 INTRODUÇÃO

A estrutura interna da madeira das diferentes espécies apresenta-se de maneira bastante distinta devido à ocorrência dos elementos anatômicos em diversas proporções e nos mais variados arranjos estruturais, condicionados pelas características genéticas de cada árvore, logo, cada espécie possui densidade própria, pois é influenciada pelas características, variações das condições do meio (PINHEIRO, 1999) e pela combinação dos constituintes anatômicos da madeira (SILVA et al., 2004).

A massa específica é de grande importância, pois fornece informações sobre as características da madeira, devido sua íntima relação com outras propriedades, sendo assim, um parâmetro utilizado para avaliar as propriedades mecânicas e físicas da madeira nos diversos segmentos da atividade industrial (PERES et al., 2012).

A diferença básica entre o lenho juvenil e o lenho adulto é a variação das dimensões dos componentes anatômicos da madeira. Segundo Ramsay e Briggs (1986), a madeira juvenil caracteriza-se anatomicamente por um progressivo acréscimo nas dimensões das células e por correspondentes alterações na sua forma, estrutura e disposição em sucessivos anéis de crescimento, além do aumento na massa específica. Tal afirmação possibilita a determinação da segregação dos lenhos em função dos caracteres anatômicos e também em função da variação radial da massa específica.

A variação natural de peso em madeiras de iguais dimensões reflete a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou a quantidade de espaços vazios nelas existente, sendo que a presença de extrativos e inclusões minerais pode aumentar o peso da madeira, como a composição anatômica que é peculiar a cada espécie (BURGER; RICHTER, 1991; HAYGREEN; BOWYER, 1982; PANSIN; ZEEUW, 1980).

O comprimento, a largura, o diâmetro do lume e a espessura da parede celular são considerados fundamentais, destacando-se, entre elas, o comprimento, que permite selecionar a madeira dentro de dois grupos conhecidos como madeiras de fibras curtas, entre as quais se enquadram a maioria das folhosas, e madeiras de fibras longas, características da quase totalidade das coníferas (BARRICHELO; BRITO, 1979).

A qualidade de uma dada madeira, para um uso específico só pode ser entendida após um conhecimento de sua variabilidade entre espécies e dentro da espécie (ZOBEL, 1974). Para determinar possíveis aplicações de diferentes espécies de madeira, é primordial um estudo detalhado de sua estrutura anatômica; dessa forma é possível classificar e agrupar espécies, direcionando-as então para estudos tecnológicos específicos, visando confirmar ou não a indicação obtida através da análise da estrutura anatômica (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1988; PAULA; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2000).

Dessa forma, para tornar mais eficaz o desdobro e o aproveitamento da madeira de cada espécie é necessário compreender como o arranjo e as dimensões das células variam no sentido radial dentro do tronco (LONGUI et al., 2009).

A variação das propriedades da madeira dentro do lenho das árvores de *Eucalyptus* de diferentes idades e procedências tem sido estudada por diversos pesquisadores (BAMBER; HUMPHREY, 1963; BAPTISTA; CARNEIRO TOMAZELLO; TOMAZELLO FILHO, 2003; BHAT; BHAT; DHAMODARAN, 1990; BRASIL; FERREIRA, 1971; MALAN; GERICHER, 1987; OLIVEIRA et al., 1999; REZENDE; SAGLIETTI; CHAVES, 1998; SHIMOYAMA, 1990; TAYLOR, 1973; TOMAZELLO FILHO, 1985, 1987; VITAL; DELLA LUCIA, 1987), mas poucos são os estudos realizados com espécies nativas, quando comparada às plantadas.

Este trabalho teve como objetivo, analisar a variação radial da densidade básica e dos elementos anatômicos das fibras da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O local e a coleta do material foram realizados conforme descrito no item 4.1 do capítulo anterior. Foram obtidas amostras de três indivíduos de cada espécie estudada, selecionadas aleatoriamente na floresta. De cada indivíduo, foram retirados discos da base do fuste com aproximadamente 3 cm de espessura. Foi coletado também material botânico de cada indivíduo, os quais foram enviados ao herbário da Embrapa Amazônia Oriental para confirmar a identificação por comparação com amostras da coleção, devidamente identificadas por especialistas botânicos.

Os estudos anatômicos foram desenvolvidos no Laboratório de Anatomia da madeira da Universidade Federal de Lavras, MG. A partir das amostras dos discos foram confeccionados corpos de prova nas dimensões de 2x2x2 cm, nos planos transversal, tangencial e radial, em 5 diferentes posições no sentido medula-casca (0, 25, 50, 75 e 100% da variação radial).

Para obtenção e preparação do material macerado foi adotado o método de Franklin (1945). Onde os fragmentos foram retirados do plano tangencial das amostras com auxílio de um estilete, e colocados em vidro com tampa, com capacidade para 20 ml, contendo 5 ml de ácido acético PA (CH_3COOH) e 5 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), deixando-se macerar por um período de 24 horas, em estufa à temperatura de 60°C.

As mensurações foram realizadas com o auxílio do *software Visilog-Pro*; de cada parâmetro analisado foram realizadas 30 mensurações do comprimento das fibras, espessura da parede e do lume, os quais seguiram as recomendações do IAWA Committee (1989). As análises foram realizadas em microscópio ótico associado a um computador com *software* de análise de imagem *Win Cell-Pro*, previamente calibrado. Ao final foram obtidos os valores

máximo, mínimo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação dos caracteres analisados.

A determinação da densidade básica foi realizada de acordo com a norma da ABNT NBR 11941/2003, e obtida pela relação massa seca do material em gramas, dividida pelo seu volume totalmente saturado. Foram utilizados corpos de prova retirados das cunhas de disco da base com 3 cm de espessura, obtendo-se, assim, uma média para cada espécie (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003).

Os valores médios de comprimento, diâmetro do lume e espessura das paredes das fibras, obtidos nas posições da medula à casca para as espécies estudadas, foram relacionados segundo a análise de correlação simples. Em seguida, procedeu-se a análise pelo teste F , sendo as médias comparadas pelo teste Tukey. Considerou-se o nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa STATISTICA 9.0 (STATSOFT INC, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diâmetro e altura

Foram coletados discos da base de três árvores de cada espécie estudada, com diâmetro e altura descritos na Tabela 1.

3.2 Densidade básica

A densidade básica média da madeira das espécies estudadas foi classificada como leve e baixa densidade para *Trattinnickia burserifolia* (0,45 g/cm³) e *T. rhoifolia* (0,41 g/cm³), média para *Protium altsonii* (0,53 g/cm³) e pesada para *Tetragastris altissima* (0,86 g/cm³).

Coradin et al. (1991) e Moreira (1999) encontraram valores similares para a massa específica da madeira de *Trattinnickia burserifolia*, com 0,39 g/cm³ e 0,44 g/cm³ respectivamente.

Segundo Paula e Alves (1997), dentre as *Burseraceas* o gênero *Protium* é o mais importante no que tange à produção de madeira, a qual pode ser classificada como moderadamente leve e moderadamente pesada. As espécies do gênero possuem múltiplas utilizações, inclusive para energia e papel. *Protium altsonii* e *Tetragastris* spp. fornecem madeira para a indústria (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 1 Valores da altura e diâmetro das árvores das espécies estudadas

| Amostra | <i>Protium altsonii</i> | | <i>Tetragastris altissima</i> | | <i>Trattinnickia burserifolia</i> | | <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | |
|-------------|-------------------------|---------|-------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| | Altura (m) | DAP (m) | Altura (m) | DAP (m) | Altura (m) | DAP (m) | Altura (m) | DAP (m) |
| Árvore 1 | 25 | 0,60 | 20 | 0,60 | 29 | 0,70 | 30 | 1,00 |
| Árvore 2 | 26 | 0,74 | 25 | 0,70 | 30 | 0,70 | 29 | 0,70 |
| Árvore 3 | 28 | 1,80 | 30 | 1,30 | 35 | 0,72 | 38 | 1,30 |
| Valor Médio | 26 | 1,05 | 25 | 0,87 | 31 | 0,71 | 32 | 1,00 |

DAP: Diâmetro na altura do peito a (1,30 m do solo).

A massa específica é um fator relevante na qualificação da madeira. Segundo Panshin e Zeeuw (1980), a densidade básica é uma propriedade física importante da madeira, pois é um parâmetro que pode afetar outras de suas propriedades. É considerada a propriedade física mais importante, relacionando-se com outras propriedades e a sua utilização, assim, madeira de maior densidade corresponde, em geral, a uma maior resistência mecânica e alto valor energético. Isso porque, a densidade está diretamente relacionada à quantidade de celulose, lignina e hemicelulose que a constitui Chimello (1980).

Quanto à variação radial da densidade básica ao longo do lenho foi detectado um aumento gradual da densidade básica da madeira no sentido medula-casca nas espécies *Protium altsonii* e *Trattinnickia burserifolia*. Em *Tetragastris altissima* ocorreu aumento dos valores da densidade até a posição 50%, decrescendo em 75% e depois permanecendo constante até 100%, próximo a casca. *Trattinnickia rhoifolia* a densidade aumentou gradualmente até 50%, decrescendo aos 75% e aumentando aos 100%. Observados na Figura 1 e na Tabela 2.

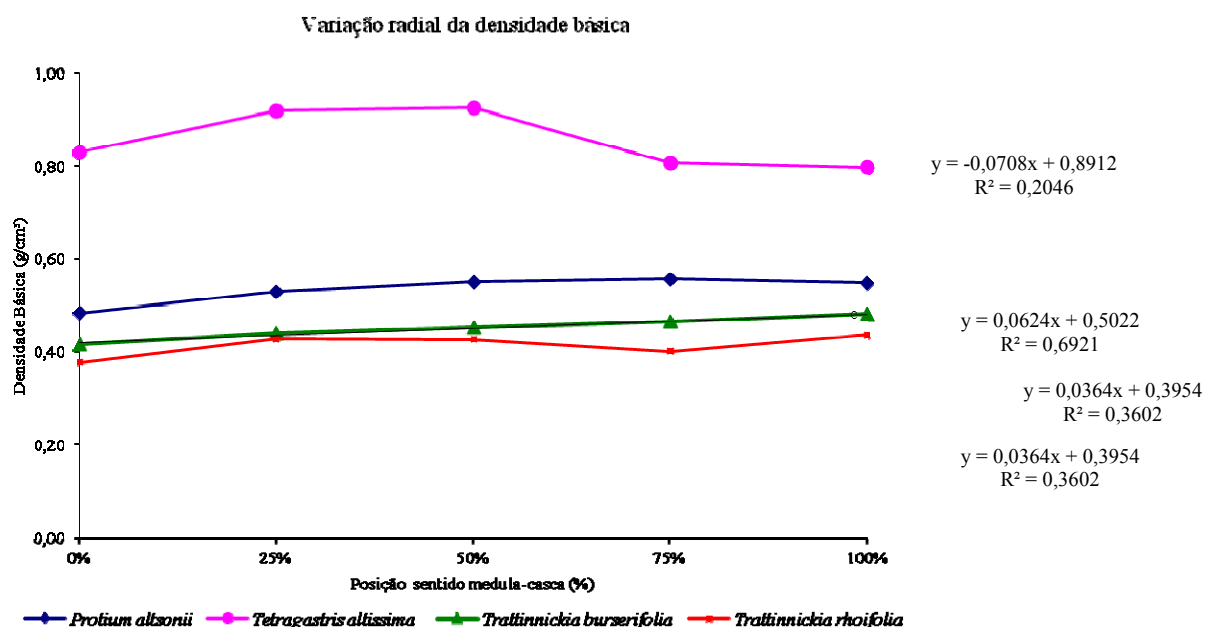


Figura 1 Variação radial da densidade básica da madeira de *Protium altsonii*, *Tetragastris altissima*, *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia*

Tabela 2 Variação radial da densidade básica (g/cm³) da madeira das espécies estudadas

| Espécies | Valores | Posição | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| <i>Protium altsonii</i> | Média | 0,48 | 0,53 | 0,55 | 0,56 | 0,55 |
| | DP | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | CV | 9,59 | 3,00 | 1,78 | 1,83 | 1,75 |
| <i>Tetragastris altissima</i> | Média | 0,83 | 0,92 | 0,93 | 0,81 | 0,80 |
| | DP | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |
| | CV | 20,30 | 16,19 | 13,99 | 14,48 | 16,40 |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | Média | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,48 |
| | DP | 0,02 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |
| | CV | 6,06 | 13,27 | 13,44 | 11,42 | 10,47 |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | Média | 0,38 | 0,43 | 0,43 | 0,40 | 0,44 |
| | DP | 0,05 | 0,06 | 0,11 | 0,05 | 0,04 |
| | CV | 5,66 | 6,73 | 11,44 | 6,64 | 5,08 |

DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação.

A densidade da madeira aumenta com a idade da árvore (HAYGREEN; BOWYER, 1989) e a região do lenho juvenil e apresenta densidade menor quando comparada a outras áreas na direção radial do lenho (TREVISAN et al., 2008).

A região do lenho juvenil é composta por camadas formadas quando a madeira iniciou seu crescimento secundário, sendo assim, tecidos parenquitosos, de parede fina, e lume espesso, portanto, madeira menos resistente, que não deve ser usada para geração de energia, por apresentar baixo teor de celulose, lignina e hemicelulose. Na verdade, trata-se de madeira leve de baixa densidade (PAULA; ALVES, 1997). Já a região da periferia, próximo à casca, denominada de lenho adulto, a madeira apresenta características favoráveis para a produção de laminados, serraria e móveis.

A correlação com as características celulares a densidade, é uma ferramenta utilizada na avaliação da qualidade da madeira. Uma árvore em crescimento está sujeita a diversos fatores bióticos e abióticos (luz, umidade, fertilidade e competição) que determinam variações na dimensão das células (diâmetro, comprimento e espessura da parede celular), na proporção de lenho inicial e tardio, nas diferentes proporções de volume dos tecidos e conseqüentemente, no arranjo dos elementos anatômicos.

Tomazello Filho (1985, 1987), estudando a variação das propriedades anatômicas nas árvores de *E. saligna*, *E. grandis*, *E. pellita* e *E. acmenoides* aos dez anos de idade, observou o modelo de aumento de densidade básica no sentido medula-casca, afirmando que esse constituiu-se no modelo mais comum para espécies do gênero *Eucalyptus*. Apesar dessa tendência estar relacionada com a idade da árvore, com genótipo e com as condições ambientais onde a espécie se desenvolve.

O aumento da massa específica no sentido radial está em conformidade com os resultados encontrados por Carmo (1996), que observou as alterações da

densidade de seis espécies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*, *E. cloeziana*, *E. grandis*, *E. maculata*, *E. pilularis*, e *E. saligna*).

No entanto, pesquisadores observaram variantes a esse comportamento em *Eucalyptus*. Bamber, Horne e Grahan-Higgs (1982) relatam que a densidade básica da madeira diminui no sentido medula-casca de árvores de crescimento lento, como *E. grandis* aos 2,5 anos de idade. E Ferraz (1983), pesquisando árvores com nove anos de idade, verificou que a densidade básica nas espécies *Eucalyptus alba* permanece constante no sentido medula-casca.

Paula (2003) estudando espécies amazônicas (*Bellucia grossularioides*, *Cecropia palmata*, *Duguetia cauliflora*, *Eschweilera matamata*, *Parkia multijuga*, *Myrocarpus frondosus* e *Sloanea grandis*) com mais de 15 anos de idade, também evidenciou um aumento nos valores da densidade do centro em direção ao alburno.

5.3 Fibras

Todas as espécies estudadas apresentam fibras libriformes, septadas e de paredes finas. *Protium altsonii* e *Tetragastris altissima* com comprimento médio 953,44 μ m e 915,55 μ m, respectivamente, dessa forma, se classificaram como muito curtas a curtas, e *Trattinnickia burserifolia* (1.159,08 μ m) e *T. rhoifolia* (1.106,15 μ m) como curtas a longas (Figura 2).

As fibras libriformes são os elementos celulares mais importantes no que diz respeito à resistência mecânica do lenho das dicotiledôneas; estudos comprovam existir estreita relação entre volume das fibras, peso específico e resistência mecânica (ESAU, 1953). O caráter parede fina confere a essas espécies baixo coeficiente de rigidez, isto é, quanto mais fina for a parede maior será o grau de colapso em função da maior flacidez (PAULA; ALVES, 1997).

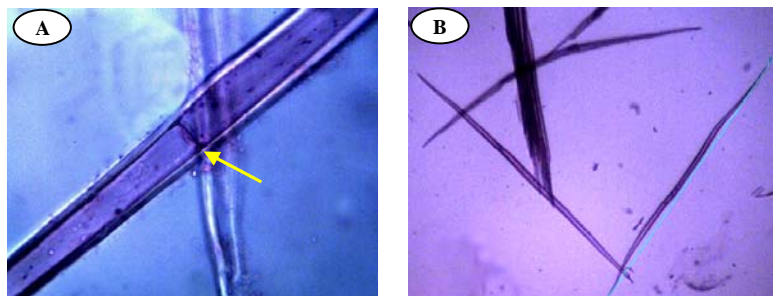


Figura 2 Fibras septadas em *Protium altsonii* desassociadas em solução macerado
A) Detalhe do sépto da fibra (Seta) Aumento 40x. B) Detalhes do comprimento das fibras, Aumento 4x

Segundo Hughes (1971), as dimensões das fibras são indicações importantes das propriedades de uma determinada espécie de madeira e sua adequação na fabricação de um tipo específico de papel.

Mady (2000) ressalta que madeiras que apresentam fibras de parede fina e lume largo tendem a apresentar massa específica baixa; concluindo que, todas as características das células da madeira irão influenciar o seu uso. Tamanho, disposição, conteúdo, distribuição no lenho, abundância de elementos celulares, enfim, todos os detalhes da estrutura anatômica da madeira irão contribuir para que o comportamento de uma espécie seja satisfatório sob determinada condição de uso.

As fibras podem determinar a resistência, rigidez, peso e composição química da madeira, logo, esse caracter influencia nas propriedades bem como no produto derivado da madeira, como por exemplo, diretamente relacionadas a certas qualidades do papel (CASTRO E SILVA et al., 1994).

As fibras septadas, apresentam subdivisões no lume por finas paredes transversais, Castro e Silva et al. (1992) relatam que essas subdivisões podem ter uma significativa relação com algumas propriedades mecânicas da madeira,

embora ainda não confirmado cientificamente. Os séptos servem para deposição de amido, óleo ou resina (BUTTERFIELD; MEYLAN, 1976). Compostos de celulose e pectina, com completa ausência de lignina.

Paula e Alves (1997), ao analisarem as fibras de cinco espécies de *Protium* detectaram fibras de paredes finas (3 μ m) a moderadamente finas (5 μ m) para *Protium heptaphylum*, as mais curtas *P. araguense* (758 a 1.235 μ m). Citam como espécies produtoras de madeira de múltipla utilização inclusive para energia e papel (*Protium paniculatum*, *P. brasiliense* e *P. araguense*).

Paula (2003) afirma que madeiras que possuem a partir de 60% de fibras com fração parede espessa e com densidade alta (0,60g/cm³), devem ser recomendadas para geração de energia.

5.4 Variação radial dos caracteres da fibra

Quanto à variação radial dos caracteres da fibra (comprimento, largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede) no sentido medula-casca, as espécies estudadas não mostraram um padrão definido, como observado nos resultados representados na Figura 3 e Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Com relação ao comprimento médio das fibras verificou-se que há variações entre espécies. Nas espécies *Trattinnickia bursarifolia* e *T. rhoifolia* houve um decréscimo nas dimensões na região do cerne próximo à medula até a posição 25%, apresentando um pequeno aumento na posição 50%, decrescendo novamente em 75% e aumento até 100% região próxima a casca. Em *Protium altsonii* e *Tetragastris altissima* o comprimento permaneceu estável até 25% em ambas as espécies, sendo que em *Protium altsonii* houve um aumento até os 50% e decrescendo até 100%, já para *Tetragastris altissima* ocorreu aumento de 50 a 75%, diminuindo próximo ao câmbio nos 100%.

Em relação à largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede, em *Protium altsonii* não foi observado aumento significativo das dimensões nas diferentes posições, para os parâmetros analisados, apresentando uma tendência linear o sentido medula-casca. Nas demais espécies as dimensões desses caracteres sofreram oscilações ao longo das posições, logo, não apresentaram modelo de variação.

Do ponto de vista tecnológico, as fibras são os elementos celulares constituintes da madeira mais importantes, por essa razão o conhecimento da quantidade desses elementos e de sua estrutura é de fundamental importância no que tange a qualificação de madeiras para atividades diversas. Além disso, a análise dos parâmetros referentes às fibras fornece subsídios seguros no contexto de qualificação de madeiras para geração de energia e produção de papel (PAULA, 2003).

Paula e Alves (1997) aferiram que o espessamento da parede aumenta, bem como o comprimento, a quantidade de fibras e a espessura da parede das fibras no sentido medula-câmbio. Madeiras que apresentam paredes de fibras muito espessas e lume reduzido tendem a apresentar massa específica alta (RAO; AEBISCHER; DENNE, 1997).

Tabela 3 Valores médios dos caracteres anatômicos no sentido medula-casca da madeira de *Protium altsonii*

| Espécies | Valores | Posição | | | | |
|--|---------|---------|--------|--------|----------|--------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Comprimento da Fibra (μm) | Média | 913,06 | 923,57 | 945,80 | 1.093,90 | 890,88 |
| | DP | 207,10 | 157,59 | 119,36 | 196,16 | 183,32 |
| | CV | 24,45 | 16,56 | 11,24 | 15,78 | 20,91 |
| Largura da Fibra (μm) | Média | 14,94 | 16,78 | 14,12 | 17,18 | 14,04 |
| | DP | 3,97 | 2,88 | 3,88 | 2,29 | 4,25 |
| | CV | 26,47 | 17,23 | 27,81 | 13,31 | 30,25 |
| Diâmetro do Lume (μm) | Média | 6,89 | 10,27 | 6,89 | 10,14 | 6,66 |
| | DP | 1,32 | 1,90 | 1,18 | 1,27 | 1,96 |
| | CV | 17,46 | 17,83 | 18,29 | 12,81 | 28,74 |
| Espessura da Parede (μm) | Média | 3,93 | 3,31 | 3,61 | 3,58 | 3,68 |
| | DP | 1,08 | 0,62 | 1,18 | 0,57 | 1,72 |
| | CV | 26,35 | 18,47 | 35,50 | 16,39 | 43,79 |

DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação.

Tabela 4 Valores médios dos caracteres anatômicos no sentido medula-casca da madeira de *Tetragastris altíssima*

| Característica | Valores | Posição | | | | |
|--|---------|---------|--------|----------|--------|--------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Comprimento da Fibra (μm) | Média | 894,84 | 886,70 | 1.009,06 | 934,29 | 852,83 |
| | DP | 126,35 | 126,95 | 165,67 | 124,58 | 114,03 |
| | CV | 13,55 | 15,18 | 22,56 | 11,98 | 11,79 |
| Largura da Fibra (μm) | Média | 21,41 | 21,22 | 20,88 | 21,18 | 20,81 |
| | DP | 2,59 | 2,25 | 2,87 | 2,33 | 2,59 |
| | CV | 12,07 | 10,58 | 13,71 | 11,02 | 12,42 |
| Diâmetro do Lume (μm) | Média | 13,91 | 13,88 | 13,59 | 13,81 | 13,34 |
| | DP | 1,86 | 1,61 | 2,04 | 1,72 | 1,95 |
| | CV | 13,56 | 10,25 | 15,04 | 13,24 | 15,86 |
| Espessura da Parede (μm) | Média | 3,75 | 3,67 | 3,64 | 3,68 | 3,73 |
| | DP | 0,52 | 0,54 | 0,63 | 0,58 | 0,62 |
| | CV | 13,29 | 14,71 | 15,57 | 16,28 | 15,82 |

DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação.

Tabela 5 Valores médios dos caracteres anatómicos das fibras no sentido cedula-casca da madeira de *Trattinnickia burserifolia*

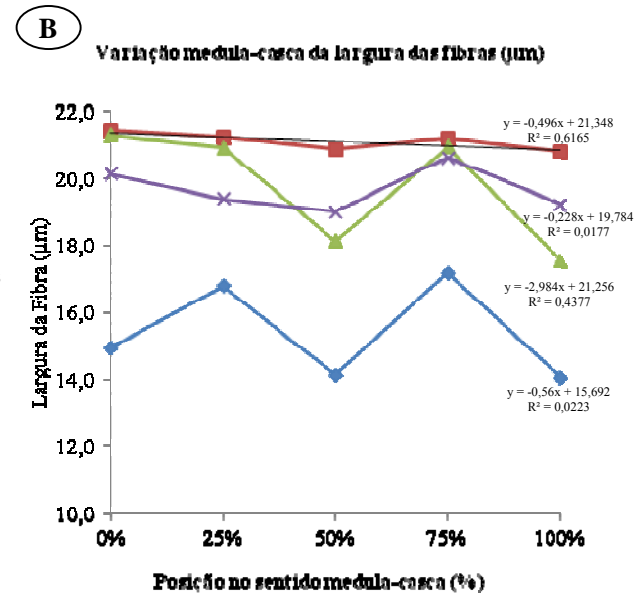
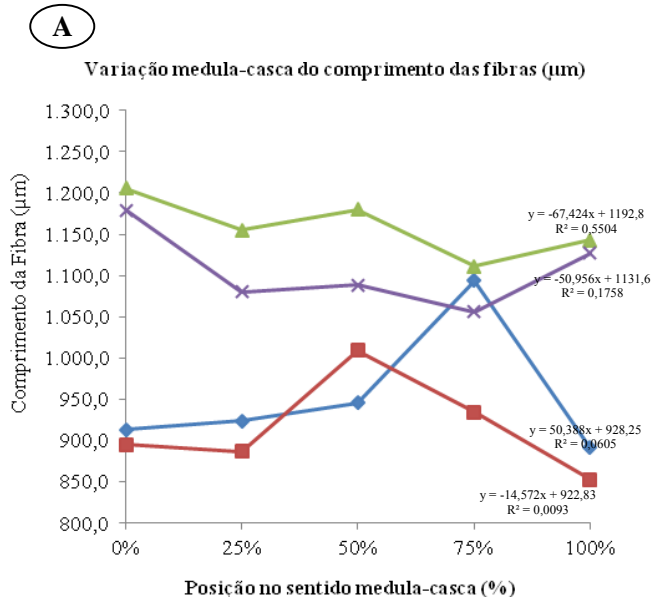
| Característica | Valores | Posição | | | | |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Comprimento da Fibra (μm) | Média | 1.205,74 | 1.154,97 | 1.180,09 | 1.111,37 | 1.143,26 |
| | DP | 195,80 | 231,86 | 167,18 | 213,89 | 214,67 |
| | CV | 16,27 | 19,54 | 13,90 | 19,37 | 18,87 |
| Largura da Fibra (μm) | Média | 21,28 | 20,93 | 18,12 | 20,95 | 17,54 |
| | DP | 4,71 | 3,07 | 5,44 | 2,85 | 3,94 |
| | CV | 21,96 | 14,61 | 29,88 | 13,66 | 23,30 |
| Diâmetro do Lume (μm) | Média | 10,00 | 13,48 | 8,53 | 13,44 | 8,91 |
| | DP | 2,01 | 2,45 | 2,38 | 2,33 | 2,17 |
| | CV | 20,24 | 17,90 | 27,98 | 17,47 | 24,66 |
| Espessura da Parede (μm) | Média | 5,64 | 3,72 | 4,79 | 3,75 | 4,31 |
| | DP | 1,74 | 0,59 | 1,74 | 0,58 | 1,28 |
| | CV | 31,48 | 15,87 | 36,68 | 15,66 | 30,42 |

DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação.

Tabela 6 Valores médios dos caracteres anatómicos no sentido medula-casca da madeira de *Trattinnickia rhoifolia*

| Característica | Valores | Posição | | | | |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Comprimento da Fibra (μm) | Média | 1.178,94 | 1.079,79 | 1.088,78 | 1.056,18 | 1.127,05 |
| | DP | 164,90 | 193,98 | 163,26 | 160,42 | 169,73 |
| | CV | 14,03 | 17,94 | 14,98 | 15,27 | 14,99 |
| Largura da Fibra (μm) | Média | 20,12 | 19,39 | 19,00 | 20,62 | 19,22 |
| | DP | 2,37 | 1,77 | 1,85 | 2,20 | 2,11 |
| | CV | 11,75 | 9,25 | 9,70 | 10,75 | 11,22 |
| Diâmetro do Lume (μm) | Média | 10,36 | 11,97 | 10,41 | 12,43 | 9,79 |
| | DP | 1,09 | 1,35 | 1,11 | 2,04 | 1,28 |
| | CV | 10,53 | 11,06 | 10,63 | 16,52 | 13,58 |
| Espessura da Parede (μm) | Média | 4,88 | 3,71 | 4,30 | 4,09 | 4,72 |
| | DP | 0,98 | 0,62 | 0,76 | 0,47 | 0,75 |
| | CV | 19,90 | 17,07 | 17,53 | 11,73 | 16,05 |

DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação.



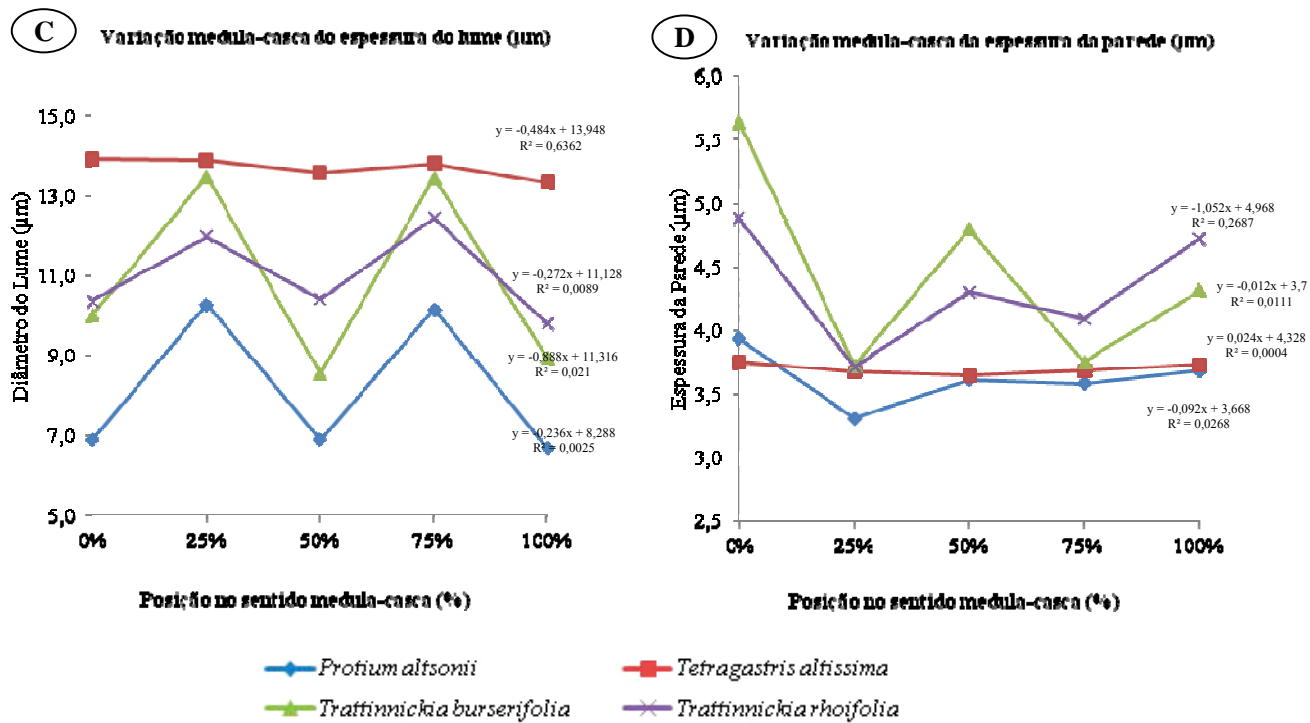


Figura 3 A-D Variação radial das dimensões das fibras de *Protium altsonii*, *Tetragastris altissima*, *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia*. A: Variação medula-casca do comprimento das fibras (µm). B: Variação medula-casca da largura das fibras (µm). C: Variação medula-casca da espessura do lume (µm). D: Variação medula-casca da espessura da parede (µm)

5.5 Correlações entre densidade básica e os caracteres anatômicos das fibras

Os resultados obtidos para a análise de correlação simples, entre posição medula-casca (0%; 25%; 50%; 75%; 100%), densidade básica e as dimensões dos elementos anatômicos das fibras da madeira, pode ser observada na Tabela 7.

De acordo com a análise de correlação simples, apenas a espécie *Protium altsonii* apresentou correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade, entre a posição radial e a densidade básica. As demais variáveis não correlacionaram com a variação radial.

Em *Protium altsonii* ocorrendo um aumento gradual do comprimento das fibras e da massa específica nas posições de 0% a 50%.

Florsheim et al. (2009), verificaram que as dimensões das fibras de *Eucalyptus dunnii* em relação ao posicionamento na direção radial do tronco foram crescentes no sentido da medula-casca, com diferenças estatisticamente significativas para todas as características avaliadas (comprimento, largura e espessura do lume e da parede).

Tomazello Filho (1987), analisando as variações nas dimensões das fibras de *Eucalyptus acmenoides*, *E. globulus* e *E. pellita*, observou que o comprimento das fibras no sentido radial, apresentou maior porcentagem de fibras longas na região do alburno, próximo a casca em relação à região do cerne próximo à medula, e um aumento na largura das fibras da medula para a casca, o que coincide com o modelo de variação apresentado pelo autor, porém para o diâmetro do lume não foram verificados modelos de variação definidos para as três espécies. No entanto, Urbinati et al. (2003) encontraram redução no comprimento das células próximas ao câmbio.

Tabela 7 Estimativa dos coeficientes de correlação da densidade básica e as dimensões das fibras do lenho no sentido medula-casca

| Espécie | | Posição | Comprimento (μm) | Largura (μm) | Lume (μm) | Parede (μm) | Densidade Básica (g/cm^3) |
|-----------------------------------|------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| <i>Protium altsonii</i> | Posição | 1,00 | - | - | - | - | - |
| | Comprimento | 0,17 | 1,00 | - | - | - | - |
| | Largura | -0,10 | 0,24 | 1,00 | - | - | - |
| | Lume | -0,04 | 0,36 | 0,87* | 1,00 | - | - |
| | Parede | -0,11 | -0,16 | 0,44* | -0,06 | 1,00 | - |
| | Densidade Básica | 0,37* | 0,37* | -0,05 | 0,08 | -0,26 | 1,00 |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | Posição | 1,00 | - | - | - | - | - |
| | Comprimento | -0,20 | 1,00 | - | - | - | - |
| | Largura | -0,35 | 0,45* | 1,00 | - | - | - |
| | Lume | -0,12 | 0,29 | 0,70* | 1,00 | - | - |
| | Parede | -0,33 | 0,27 | 0,52* | -0,24 | 1,00 | - |
| | Densidade Básica | 0,33 | -0,49* | -0,79* | -0,34 | -0,67* | 1,00 |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | Posição | 1,00 | - | - | - | - | - |
| | Comprimento | -0,25 | 1,00 | - | - | - | - |
| | Largura | -0,06 | -0,05 | 1,00 | - | - | - |
| | Lume | -0,07 | -0,34 | 0,59* | 1,00 | - | - |
| | Parede | 0,01 | 0,31 | 0,48* | -0,42* | 1,00 | - |
| | Densidade Básica | 0,27 | -0,25 | 0,24 | 0,17 | 0,08 | 1,00 |
| <i>Tetragastris altissima</i> | Posição | 1,00 | - | - | - | - | - |
| | Comprimento | -0,17 | 1,00 | - | - | - | - |
| | Largura | 0,04 | 0,11 | 1,00 | - | - | - |
| | Lume | -0,03 | 0,17 | 0,84* | 1,00 | - | - |
| | Parede | 0,11 | -0,05 | 0,56* | 0,02 | 1,00 | - |
| | Densidade Básica | -0,13 | 0,16 | -0,12 | -0,11 | -0,06 | 1,00 |

*Correlações simples, significativas a 5% de probabilidade pelo teste t .

Paula (2003) afirma que, do ponto de vista tecnológico, as fibras são os elementos celulares constituintes da madeira mais importantes, por essa razão o conhecimento da quantidade desses elementos e de sua estrutura é de fundamental importância no que tange a qualificação de madeiras para atividades diversas. Além disso, a análise dos parâmetros referentes às fibras fornece subsídios seguros no contexto de qualificação de madeiras para geração de energia e produção de papel, como se pode aferir no decorrer dessa discussão.

Segundo Downes et al. (1997) o comprimento, a espessura das paredes e o lume das fibras influenciam, diretamente, na densidade básica, determinando a massa de polpa para a produção de papel em um dado volume de madeira.

Taylor (1973), em um estudo com *Eucalyptus grandis* aos cinco anos, verificou variabilidade nas dimensões do comprimento das fibras próximas ao câmbio em relação as próximas a medula. Resultados similares foram encontrados por Bamber e Humphrey (1963), Baptista, Carneiro Tomazello e Tomazello Filho (2003), Bhat, Bhat e Dhamodaran (1990), Brasil e Ferreira (1971), Malan e Gericher (1987), Shimoyama (1990) e Vital e Della Lucia (1987, ao caracterizarem a madeira de híbridos de *E. grandis*, analisaram essa mesma tendência do aumento do comprimento das fibras, no sentido medula-casca .

Silva (2002), estudando árvores de *E. grandis* com idades entre 10 e 25 anos constatou que houve tendência de aumento da densidade básica da madeira no sentido medula-casca.

Tomazello Filho (1985) constatou que o comprimento das fibras, a largura e o diâmetro do lume e a espessura das paredes das fibras aumentaram no sentido medula-casca da madeira de *E. grandis* e *E. saligna* com dez anos de idade. Resultados similares foram encontrados pelo mesmo autor (1987), para *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioide* com dez anos de idade. No entanto, para o diâmetro do lume das fibras não foram verificados modelos de

variação definidos para as três últimas espécies. Já Roque (2005), também verificou uma variação radial significativa das fibras da madeira de *Gmelina arborea* com idade variando de oito a doze anos.

6 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, conclui-se que as espécies estudadas *Protium altsonii*, *Tetragastris altissima*, *Trattinnickia burserifolia* e *T. rhoifolia*, quanto à variação radial, foi detectada uma tendência, caracterizada pelo aumento gradual da densidade básica da madeira no sentido medula-casca nas espécies *Protium altsonii* e *Trattinnickia burserifolia*. As demais espécies (*Tetragastris altissima* e *Trattinnickia rhoifolia*) não apresentaram modelo de variação no sentido radial.

Para a variação radial dos caracteres das fibras (comprimento, largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede) as espécies estudadas não apresentaram padrão definido das dimensões dos caracteres nas diferentes posições (0%; 25%; 50%; 75%; 100%) no lenho.

Na análise de correlação simples, apenas a espécie *Protium altsonii* apresentou correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre a posição radial e a densidade. As demais variáveis não correlacionaram com a variação radial.

Todas as espécies estudadas apresentam fibras libriiformes, septadas e de paredes finas. *Protium altsonii* e *Tetragastris altissima* com comprimento médio 953,44 μm e 915,55 μm , respectivamente, dessa forma, se classificaram como muito curtas a curtas, e *Trattinnickia burserifolia* (1.159,08 μm) e *T. rhoifolia* (1.106,15 μm) como curtas a longas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAM-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 12, p. 163-167, 1982.
- BAMBER, R. K.; HUMPHREY, F. R. A. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, Buckinghamshire, v. 11, n. 1, p. 66-70, 1963.
- BAPTISTA, V. R.; CARNEIRO TOMAZELLO, M. G.; TOMAZELLO FILHO, M. **Caracterização da madeira de eucaliptos**: anatomia, densidade básica e densitometria de raios X. Disponível em: <<http://143.107.70.222/informa/floresta.html>>. Acesso em: 19 ago. 2003.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 18, p. 81-102, jun. 1979.
- BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fibre Science**, Kansas, v. 22, n. 1, p. 54-61, 1990.
- BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., *E. alba* Reinw e *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, 1971.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- BUTTERFIELD, B.G; MEYLAN, B. A. 1976. The occurrence of septate fibres in some New Zealand woods. **New Zealand Journal of Botany**, Victoria, v. 14, p. 123-130, 1976.
- CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

CASTRO E SILVA, A. et al. **Noções básicas de anatomia da madeira**. Manaus: SEDUC/AM/UTAM, 1994. 28 p.

CASTRO E SILVA, A. et al. Ocorrência de fibras lenhosas septadas em madeiras da Amazônia. **Boletim Museu Goeldi**, Belém, v. 8, n. 2, p. 191-201, 1992.

CORADIN, V. T. R. et al. **Chave de identificação das principais madeiras da floresta nacional de Tapajos**. Brasília: IBAMA/ DIRPED/LPF, 1991. 38 p. (Serie Técnica, 14).

ESAU, K. **Plant anatomy**. New York: J. Wiley, 1953.

FERRAZ, E. S. B. Growth rings and climate in *Eucalyptus*. **Silvicultura**, São Paulo, v. 21, p. 821-822, 1983.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 79-91, jun. 2009.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, London, v. 155, p. 51, 1945.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Iowa State University, 1982. 459 p.

HAYGREEN, J. C.; BOWYER, J. L. **Forest production and wood science**. 2nd. ed. Ames: Iowa State University, 1989. 500 p.

HUGHES, J. F. The wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. In: BURLEY, J.; NIKLES, D. G. **Selection and breeding to improve some tropical conifers**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1971. p. 13-22.

IAWA COMMITTEE. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Lieden, v. 10, p. 234-332, 1989.

LONGUI, E. L. et al. Variação anatômica radial do lenho de acoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 181-190, dez. 2009.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira**: informações sobre 90 espécies comerciais. Manaus: SEBRAE, 2000. 212 p.

MALAN, F. S.; GERISCHER, G. F. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress intensity. **Holzforschung**, Berlin, v. 41, p. 331-335, 1987.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

OLIVEIRA, J. I. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para construção civil: 1- avaliação dendrométrica das árvores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, 1999.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: MC Graw-Hill Book, 1980. 705 p.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, 1997. 544 p.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: MOA, 1997. 543 p.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta amazônica**, Manaus, v. 33, n. 2, p. 243-262, 2003.

PAULA, J. E. ; SILVA JÚNIOR, F. G. ; SILVA, A. P. P. Caracterização anatômica de madeiras nativas de Matas Ciliares do Centro-Oeste Brasileiro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 73-89, 2000.

PERES, M. L. et al. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1596-1602, set. 2012.

PINHEIRO, A. L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1999. 144 p.

RAMSAY, W.; BRIGGS, D. Juvenile wood: has it come of age. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1., 1985, Washington. **Proceedings...** Madison: Forest Products Research Society, 1986. p. 5-11.

RAO, R. V.; AEBISCHER, D. P.; DENNE, L. Latewood density in relation to wood fiber diameter, wall thickness, and fiber and vessel percentages in *Quercus robur* L. **IAWA Journal**, Leiden, v. 18, p. 127-138, 1997.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 71-78, 1998.

RIBEIRO, J. E. L. S. et al. **Flora da reserva ducke**: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999. 816 p.

ROQUE, R. A. M. **Variação da anatomia e da densidade básica da madeira de Gmelina arborea (Roxb.), em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica**. 2005. 181 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variação da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus spp.** 1990. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia Floresta) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. MAIDEN. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, 2004.

STATSOFT INC. **Statistica**: data analysis software system - version 9.0. [S. l.: s. n.], 2010.

TAYLOR, F. W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. **PPITA Journal**, Victoria, v. 27, p. 171-178, 1973.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, abr. 1985.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 35-42, 1987.

TREVISAN, R. et al. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, jul./set. 2008.

URBINATI, C. V. et al. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev. Combretaceae. **Acta Botanica Brasileira**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 421-437, 2003.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Effect of tree spacing on wood production and wood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* at 52 months. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 11, p. 132-145, 1987.

ZOBEL, B. J. **Tree improvement**. Raleigh: North Carolina State University, 1974. p. 85-102.

CAPÍTULO 4 Caracterização química da madeira e do óleo essencial da madeira de *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. (*Burseraceae*)

RESUMO

A *Burseraceae* é constituída por espécies lenhosas e arbustivas que caracterizam-se pela presença de secreções resiníferas de odor aromático. Vários metabólitos terpenicos têm sido isolados a partir do óleo essencial de partes vegetativas e da resina das espécies dessa família, dentre eles destacam-se os monoterpenos e sesquiterpenos. O presente trabalho teve como veificar a composição química da madeira no sentido medula-casca e identificar os constituintes químicos do óleo essencial da madeira das espécies *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. da Região Amazônica. As madeiras foram coletadas no Município de Paragominas, Pará. As extrações dos óleos essenciais foram realizadas pela técnica hidrodestilação em sistema de vidro do tipo Clevenger modificado, acoplado ao sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação entre 10-15°C, durante 3 horas. A identificação dos constituintes químicos dos óleos essenciais foi feita em cromatografia em fase gasosa, acoplado a espectrometria de massas em sistema Thermo DSQ-II. A composição química da madeira no sentido medula-casca das espécies *Protium altsonii*, *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia* não apresentou valores significativos dos teores de extrativos totais ao logo das posições (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) no sentido radial. *Tetragastris altissima*, apresentou variações dos valores dos teores de extrativos, mas não destacando uma tendência definida. Foram identificados 20 constituintes sesquiterpenicos, sendo que calacoreno- α e epi- α -Muurolol foram os componentes majoritários encontrados no óleo essencial de todas as espécies estudadas, com valores médios para *Protium altsonii* (24,97% e 20,64%); *Tetragastris altissima* (22,09% e 18,10%); *Trattinnickia burserifolia* (24,17% e 23,87%) e *Trattinnickia rhoifolia* (23,66% e 15,30%).

Palavras-chave: Óleo essencial. *Burseraceae*. Terpenos. Sesquiterpenos.

ABSTRACT

The Burseraceae comprises shrubs and woody species that are characterized by presence of secretions aromatic odor resin. Several terpene metabolites have been isolated from the essential oil of vegetative parts and resin from species of this family, which stand out among the monoterpenes and sesquiterpenes. This work was verifying the wood chemical composition from pith to bark and identify the wood essential oil chemical constituents of *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. *Trattinnickia rhoifolia* willd species from Amazon region. The woods were collected in the city of Paragominas, Pará. The essential oils extraction were performed by hydrodistillation technique on system type Clevenger glass modified coupled to cooling system maintenance for water condensation among 10-15°C per 3 hours. The essential oils chemical constituents' identification was made on gas chromatography coupled to mass spectrometry system in Thermo DSQ-II. The wood chemical composition from pith to bark of *Protium altsonii*, *Trattinnickia burserifolia* and *Trattinnickia rhoifolia* species showed no significant values of the extractives levels for the logo position (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) in the radial direction. *Tetragastris altissima* showed variations in the levels of extractable values, highlighting a trend but not defined. Twenty sesquiterpenes constituents were identified and calacoreno- α and Murrolol epi- α were the major components found in the essential oil of all species studied, with average values of *Protium altsonii* (24.97% and 20.64%); *Tetragastris altissima* (22.09% and 18.10%); *Trattinnickia burserifolia* (24.17% and 23.87%) and *Trattinnickia rhoifolia* (23.66% and 15,30%).

Keywords: Essential oil. *Burseraceae*. Terpenes. Sesquiterpenes.

1 INTRODUÇÃO

A flora brasileira é uma fonte rica de biodiversidade, grande parte dessas espécies são fontes de matéria-prima que podem ser utilizadas em diversos setores da atividade industrial, motivo pelo qual esse item torna-se muito importante para a valorização econômica das florestas nativas, no entanto, é vital se estabelecer estratégias para o uso desse potencial biológico de maneira sustentável.

Na região amazônica, dentre as espécies que possuem potencial econômico, desde suas madeiras até os extrativos existentes em várias partes vegetativas, pode-se citar o grupo das plantas aromáticas.

As principais famílias de plantas aromáticas que normalmente predominam na região da Amazônia Legal são (em ordem decrescente): *Piperaceae*, *Asteraceae*, *Myrtaceae*, *Lamiaceae*, *Annonaceae*, *Lauraceae*, *Euphorbiaceae*, *Verbenaceae*, *Scrophulariaceae*, *Anacardiaceae*, *Burseraceae* e *Rutaceae* (MAIA; ANDRADE, 2009).

Burseraceae está posicionada na ordem Rutales, constituindo uma das fontes mais ricas em diversos metabólitos secundários de angiospermas (DAHLGREEN, 1980; WALTERMAN, 1993). Onde se destacam estudos fitoquímicos com terpenos, lignanas e flavonoides (AREVALO, 1993).

A família é constituída por espécies lenhosas e arbustivas que se caracterizam pela presença de secreções resiníferas aromáticas, que exsudam de quase todos os órgãos vegetativos, sendo seus óleos essenciais predominantes os monoterpenos e sesquiterpenos que dão um particular odor à madeira, casca e galhos (CORREIA, 1926; KHALID, 1983; LETOUZEY, 1986).

Entre as *Burseraceae* destacam-se as espécies *Protium*, cujo óleo dessas espécies tem sido utilizado na indústria de perfumes devido à sua fragrância (OLIVEIRA et al., 2006), como por exemplo o *Protium heptaphyllum* (Aubl.)

March. e o *Protium pallidum* Cuatrec., conhecidas por breu-branco que representa atualmente um insumo importante na indústria de perfumaria nacional através da incorporação do óleo essencial obtido da resina.

O conhecimento da constituição química dessas espécies para contribuir com o aproveitamento e o controle na medicina e na indústria.

Esse estudo teve como objetivo verificar a composição química da madeira no sentido medula-casca e identificar os constituintes químicos do óleo essencial da madeira das espécies *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. da Região Amazônica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de material

O local e a coleta do material foram realizados conforme descrito no item 4.1 do capítulo 2. Foram obtidas amostras de três indivíduos de cada espécie estudada, selecionadas aleatoriamente na floresta. De cada indivíduo, foram retirados discos da base do fuste com aproximadamente 3 cm de espessura. Foi coletado também material botânico de cada indivíduo, os quais foram enviados ao herbário da Embrapa Amazônia Oriental para confirmar a identificação por comparação com amostras da coleção, devidamente identificadas por especialistas botânicos.

2.2 Caracterização química dos extrativos

Para o preparo do material para a realização da análise química as amostras foram retiradas das cunhas dos discos das bases das árvores de cada indivíduo. Para análise dos extrativos totais, as cunhas foram transformadas em cavacos e posteriormente em serragem, com auxílio de moinho-martelo. Em seguida foram peneiradas e classificadas com peneiras sobrepostas de 40 e 60 *mesh*. As análises foram realizadas com a fração retida na peneira de 40 *mesh* e seguindo as normas da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – ABTCP (1974) (Tabela 1), e feitas em duplicata no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal de Lavras MG. O material foi armazenado em frascos abertos e condicionados em sala de climatização com $20 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura e $60 \pm 5\%$ de umidade relativa até atingir a massa constante, com o intuito de estabilizar a umidade do material (Figura 1).

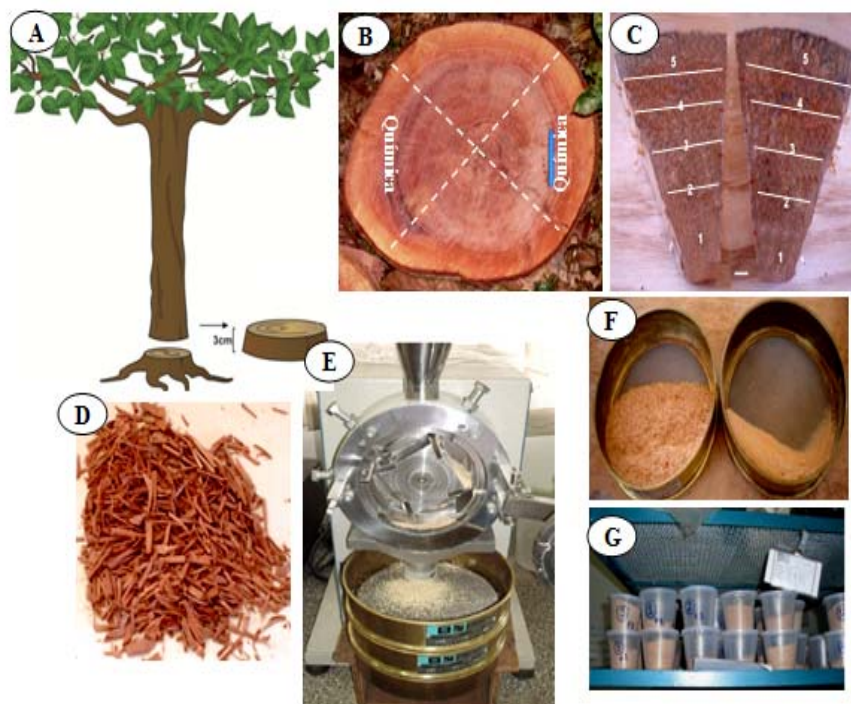


Figura 1 Coleta de material. A) Retirada do disco da base. B) Secsionamento das cunhas. C) Cunhas opostas. D) Maravalhas. E) Moinho martelo. F) Peneiras de 40 e 60 mesh. G) Armazenamento do material em sala de climatização

Tabela 1 Ensaio e normas utilizadas para análises química da madeira de extrativos totais

| Análise | Norma |
|---|------------|
| Madeira livre de extrativos | ABCP M3/69 |
| Solubilidade da madeira em água | ABCP M4/68 |
| Solubilidade da madeira em álcool tolueno | ABCP M6/68 |

2.3 Extração do óleo essencial

Para o preparo do material para extração do óleo essencial foram retiradas das cunhas dos discos da base das árvores de cada indivíduo, que posteriormente foram transformadas em maravalhas (Figura 2).

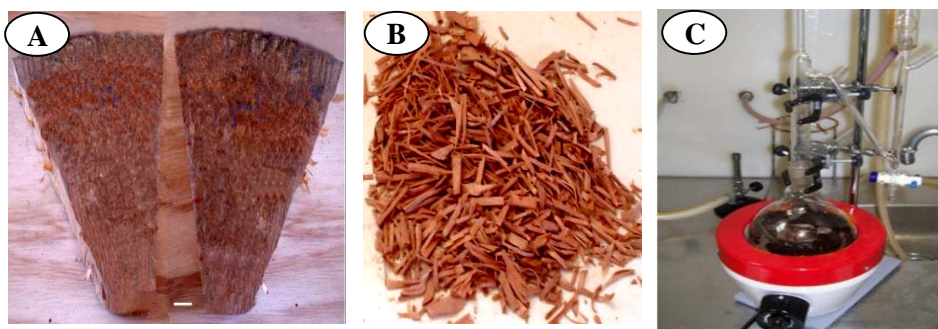


Figura 2 Obtenção do material para extração do óleo essencial. A) Cunhas opostas. B) Maravalhas. C) Hidrodestilação com Clevenger

A extração do óleo essencial foi feita por hidrodestilação em sistema de vidro do tipo Clevenger modificado, acoplado ao sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação entre 10-15° C, durante 3 horas.

Os óleos essenciais obtidos foram centrifugados, desidratados com Na₂SO₄ anidro, armazenado em ampolas de vidro âmbar, na ausência de oxigênio e mantido em ambiente refrigerado a 5°C.

2.4 Identificação dos constituintes químicos

A composição química dos óleos essenciais foi analisada por meio de Cromatografia de Fase Gasosa/Espectrometria de Massas em sistema Thermo DSQ-II equipado com coluna capilar de sílica DB-5MS (30 m x 0,25 mm; 0,25 mm de espessura do filme) nas seguintes condições operacionais: programa de temperatura: 60°-240°C, com gradiente de 3°C/min; temperatura do injetor:

250°C; gás de arraste: hélio (velocidade linear de 32 cm/s, medida a 100°C); injeção sem divisão de fluxo (0,1 µL de uma solução: 2:1000 de *n*-hexano); temperatura da fonte de íons e outras partes 200°C. O filtro de quadrupolo varreu na faixa de 39 a 500 Daltons a cada segundo. A ionização foi obtida pela técnica de impacto eletrônico a 70 eV.

A identificação dos componentes voláteis foi baseada no índice de retenção linear calculado em relação aos tempos de retenção de uma série homóloga de *n*-alcanos e no padrão de fragmentação observado nos espectros de massas, por comparação destes com amostras autênticas existentes nas bibliotecas do sistema de dados e da literatura (ADAMS, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do teor de extrativos

De acordo com os resultados obtidos do teor de extrativos totais das espécies estudadas, verifica-se que não ocorreram diferenças significativas entre as posições no sentido radial. Entretanto, observou-se uma tendência linear dos valores médios do teor de extrativos no sentido radial, com exceção de *Tetragastris altissima*, que apresentou uma diminuição na posição 25% até 50%, aumentando em 75% e permanecendo constante até 100% (Figura 3).

Observa-se que todas as espécies apresentaram maior concentração do teor de extrativos totais na posição 0% próxima à medula com valores percentuais médios de 5,97% para *Protium altsonii*; 10,15% para *Tetragastris altissima*; (9,67%) para *Trattinnickia burserifolia* e 6,81% para *Trattinnickia rhoifolia*.

Longui et al. (2010) encontraram uma tendência de diminuição do teor de extrativos da medula para a casca em *Luhea divaricata*.

Essa variação nos componentes químicos no sentido medula-casca se dá devido à madeira juvenil apresentar menor percentagem de celulose, maiores teores de holocelulose, de extractivos e de lignina quando comparada com a do lenho adulto (BENDTSEN, 1978; SJÖSTRÖM 1981; ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989).

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

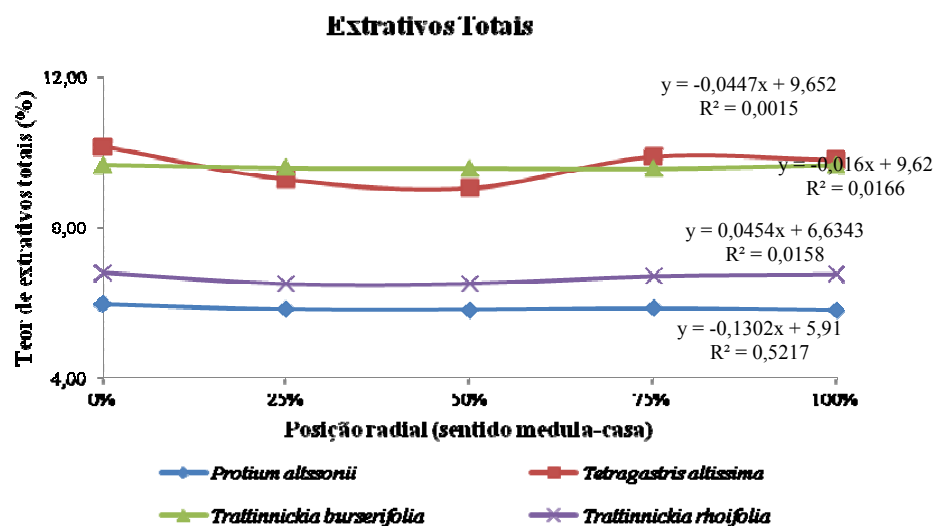


Figura 3 Resultados médios do teor de extrativos totais das madeiras analisadas ao longo do lenho no sentido radial

Os resultados referentes aos valores médios dos teores de extrativos totais das espécies estudadas no sentido medula-casca podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 Valores Médios do teor de extrativos totais das espécies estudadas

| Espécie | Valores | Posição (Medula-Casca) | | | | |
|-----------------------------------|---------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| <i>Protium altsonii</i> | Média | 5,97 | 5,82 | 5,81 | 5,85 | 5,79 |
| | DP | 1,11 | 1,22 | 1,15 | 0,94 | 0,95 |
| | CV(%) | 18,54 | 20,97 | 19,89 | 16,13 | 16,38 |
| <i>Tetragastris altissima</i> | Média | 10,15 | 9,28 | 9,05 | 9,88 | 9,79 |
| | DP | 0,43 | 0,70 | 1,39 | 1,06 | 1,51 |
| | CV(%) | 4,25 | 7,54 | 15,34 | 10,71 | 15,43 |
| <i>Trattinnickia burserifolia</i> | Média | 9,67 | 9,59 | 9,58 | 9,56 | 9,66 |
| | DP | 1,38 | 0,69 | 0,87 | 3,92 | 2,34 |
| | CV(%) | 14,25 | 8,04 | 9,06 | 40,97 | 24,97 |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | Média | 6,81 | 6,50 | 6,51 | 6,71 | 6,76 |
| | DP | 1,15 | 1,04 | 1,05 | 0,87 | 0,99 |
| | CV(%) | 16,93 | 16,05 | 16,17 | 12,96 | 14,72 |

DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de Variação.

Os valores médios do teor de extrativos totais das espécies analisados foram: *Protium altsonii* (5,85%); *Tetragastris altissima* (9,63%); *Trattinnickia burserifolia* (9,61%); *Trattinnickia rhoifolia* (6,66%).

Matoski e Rocha (2006), avaliando a madeira de *Trattinnickia burserifolia*, encontraram percentuais médios de 5,11% para extrativos solúveis em água quente. Carvalho (1994) obteve o mesmo resultado médio do valor percentual de extrativos para a mesma espécie, destacando que a madeira possui substâncias tóxicas presentes nos *extrativos* em quantidades suficientes para inibir o ataque do *bostrichideo Dinoderus minutus*.

Moreira (1999), estudando a variabilidade de 23 madeiras no sentido medula-casca destaca que o valor do teor de extrativos em álcool/tolueno e em água quente para *Trattinnickia burserifolia* são 7,3% e 7,7%; respectivamente.

A variação radial no teor de extrativos pode influenciar, entre outras características, a cor e resistência natural das madeiras, uma vez que as regiões do tronco com maior resistência são aquelas com maiores teores de extrativos (OLIVEIRA et al., 1986).

3.2 Extração do óleo essencial

Apenas das amostras de *Tetragastris altissima* foram obtidos o rendimento do óleo essencial. A Tabela 2 indica o rendimento dos óleos essenciais da madeira da espécie *Tetragastris altissima*.

Tabela 2 Rendimento dos óleos essenciais de *Tetragastris altissima* extraídos por hidrodestilação

| Árvore | Rendimento (%) v/m | Umidade (%) |
|--------|--------------------|-------------|
| 1 | 0,45 | 0,52 |
| 2 | 0,45 | 0,50 |
| 3 | 0,45 | 0,50 |

3.3 Composição química

Foram identificados 20 compostos no óleo essencial da madeira de *Protium altsonii*, *Tetragastris altissima*, *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia*. Verificou-se que o óleo essencial da madeira das espécies analisadas é constituído predominante por sesquiterpenos (100%). Os resultados dos compostos obtidos e seus percentuais estão representados na Tabela 3. Os cromatogramas encontram-se em anexo nas Figuras 5 a 8.

E os componentes majoritários identificados no óleo essencial da madeira de todas as espécies analisadas foram o α -calacoreno e epi- α muurolol. Com valores médios de (24,97%) e (20,64%) para *Protium altsonii*; (22,09%) e (18,10%) *Tetragastris altissima*; (24,17) e (23,87) para *Trattinnickia burserifolia* e (23,66%) e (15,30%) para *Trattinnickia rhoifolia*, respectivamente.

Foram analisadas amostras de três indivíduos de cada espécie estudada, no entanto, em *Trattinnickia burserifolia* e *Trattinnickia rhoifolia*, apenas uma amostra de cada espécie demonstrou rendimento, nas demais amostras dessas espécies os rendimentos em óleo essencial foram muito baixos.

Tabela 3 Composição química do óleo essencial da madeira das espécies estudadas

| RT | RI | Compostos | (%) | | | |
|-------|------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| | | | <i>Protium altsonii</i> | <i>Tetragastris altissima</i> | <i>Trattinnickia burserifolia</i> | <i>Trattinnickia rhoifolia</i> |
| 42,03 | 1489 | β -Selineno | 0,21 | 0,19 | | |
| 42,45 | 1496 | Viridifloreno | 1,24 | 0,99 | 1,21 | 1,17 |
| 42,62 | 1500 | α -Muuroleno | 0,86 | 0,92 | 0,95 | 0,86 |
| 42,80 | 1509 | α -Bulneseno | 0,20 | 0,24 | 0,19 | 0,20 |
| 43,08 | 1513 | γ -Cadineno | 0,57 | 0,50 | 0,55 | 0,55 |
| 43,53 | 1522 | Delta-Cadineno | 5,20 | 5,86 | 5,33 | 5,42 |
| 43,56 | 1521 | <i>Trans-Calamenene</i> | 0,44 | 0,30 | 0,31 | 0,31 |
| 43,87 | 1533 | <i>trans-Cadina-1,4-diene</i> | 0,31 | 0,33 | | |
| 44,40 | 1544 | α -Calacoreno | 24,97 | 22,09 | 24,17 | 23,66 |
| 45,02 | 1564 | β -Calacoreno | 0,14 | 0,13 | 0,20 | 0,20 |
| 45,83 | 1586 | Gleenol | 0,97 | 0,82 | 0,99 | 1,01 |
| 46,18 | 1595 | Cubeban-11-ol | 1,57 | 1,37 | 1,62 | 1,66 |
| 47,06 | 1618 | 1,10-di-epi-Cubenol | 5,81 | 2,93 | 2,00 | 2,00 |
| 47,48 | 1627 | 1-epi-Cubenol | 6,67 | 5,73 | 6,76 | 6,98 |
| 47,60 | 1630 | γ -Eudesmol | 1,10 | 1,64 | 1,25 | 1,16 |
| 48,10 | 1638 | epi- α -Cadinol | 8,03 | 10,22 | 5,20 | 12,95 |
| 4812 | 1640 | epi- α -Muurolol | 20,64 | 18,10 | 23,87 | 15,30 |
| 48,15 | 1644 | α -Muurolol | 2,07 | 2,17 | 1,97 | 2,09 |
| 48,48 | 1652 | α -Cadinol | 3,84 | 3,93 | 4,08 | 4,12 |
| 49,20 | 1675 | Cadaleno | 9,46 | 13,67 | 9,60 | 10,05 |

RI: Índice de Retenção e RT: Tempo de Retenção.

Rüdiger, Siani e Veiga Júnior (2007), em revisão compilada dos compostos químicos ocorrentes nas espécies do gênero *Protium*, relataram a ocorrência dos sesquiterpenos: α -calacoreno e epi- α -muurolol, no óleo essencial das folhas de *Protium llewelynii*, e no óleo essencial das folhas das espécies *P. grandifolium*; *P. strumosum* e *P. baianus* apenas o composto epi- α -muurolol.

Siani et al. (1999) constataram a ação farmacológica anti-inflamatório e antitumoral do óleo essencial das folhas das espécies *Protium grandifolium*, *P. llewelynii* e *P. strumosum*. Segundo Quignard et al. (2004), óleo essencial das folhas de *Protium baianus* possui atividade citotóxica para as larvas *Artemia salina*, isto é, apresentam ação tóxica em células e tecidos, detendo o seu desenvolvimento.

Os constituintes α -calacoreno e epi- α -muurolol foram reportados como compostos minoritários nas espécies de *Protium*. Resultados inversos aos encontrados neste trabalho, onde esses sesquiterpenos foram descritos como majoritários.

As diferenças quantitativas dos constituintes podem ser atribuídas às influências bióticas e abióticas e das variabilidades genéticas das espécies (FREITAS, 2010).

Freitas (2010) e Moraes et al. (2009) caracterizaram o óleo essencial das folhas de *Protium aracouchini* o constituinte químico α -epi-muurolol e em *P. giganteum* o α -calacoreno. E ambos os compostos foram descritos no óleo essencial dos frutos de *P. hebetatum*.

Siqueira (1991), em estudo fitoquímico dos extratos etéreo e metanólico da madeira de *Protium tenuifolium* e *P. laxiflorum*, respectivamente permitiu o isolamento e identificação de terpenoides e lignoides.

Castro (1990) e Tamai (1989) relatam que os triterpenos de maior ocorrência em *Burseraceae* são aqueles com esqueleto ursano, encontrados principalmente nos gêneros *Boswellia*, *Bursera*, *Commiphora* e *Canarium*, no

entanto, Arevalo (1993) destaca a presença dos triterpenos na classe de metabólitos secundários já identificados nos gêneros *Protium*, *Tetragastris* e *Trattinnickia*.

Os óleos obtidos das madeiras analisadas neste estudo apresentaram apenas sesquiterpenos. O material muito seco justifica o fato de não aparecerem os constituintes monoterpenicos. Segundo Loaysa et al. (1995) e Mann (1987), em geral os monoterpenos são mais voláteis que os sesquiterpenos, e podem influenciar sensivelmente o odor dos óleos em que ocorrem.

A volatilidade de alguns terpenos faz com que os mesmos sejam facilmente perceptíveis no odor que emana das plantas (LOAYSA et al., 1995; MANN, 1987).

4 CONCLUSÃO

A composição química da madeira no sentido medula-casca das espécies *Protium altsonii* Sandwith, *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd não apresentaram valores significativos dos teores de extrativos totais ao longo das posições (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) no sentido radial. E *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., apresentou variações dos valores dos teores de extrativos, mas não destacando uma tendência definida.

Foram identificados 20 compostos químicos no óleo essencial da madeira das espécies *Protium altsonii* Sandwith, *Tetragastris altissima* (Aubl.) Sw., *Trattinnickia burserifolia* Mart. e *Trattinnickia rhoifolia* Willd.

Dos constituintes químicos identificados no óleo essencial da madeira das espécies analisadas predominaram os sesquiterpenos (100%).

Os componentes majoritários encontrados no óleo essencial da madeira de todas as espécies estudadas foram o α -calacoreno e o epi- α -muurolol.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography**: mass spectroscopy. 4th ed. Carol Stream: Allured, 2007. 804 p.
- AREVALO, A. G. A. **Estudo químico das espécies *Trattinnickia glaziovii* Swartz e *Trattinnickia rhoifolia* Willd. (Burseraceae)**. 1993. 176 p. Dissertação (Mestrado em química de produtos naturais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas**. São Paulo, 1974. 18 p.
- BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, Madison, v. 28, n. 10, p. 61-72, 1978.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**. Brasília: EMBRAPA/CNPF/SPI, 1994. p. 460-463.
- CASTRO, F. B. G. **Estudo quimiossistemático da família Burseraceae e suas inter-relações na ordem Rutales**. 1990. 211p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1990.
- CORREIA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926. 747 p.
- DAHLGREEN, R. M. T. A revised system of classification of the Angiosperms. **Botanical Journal Linnean Society**, London, v. 80, n. 2, p. 91-124, 1980.
- FREITAS, J. G. R. **Contribuição ao Conhecimento Químico de Plantas do Gênero Protium (Burseraceae) que Ocorrem em um Fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco**. 2010. 55 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- KHALID, S. A. Chemistry of the Burseraceae. In: WATERMAN, P. G.; GRUNDON, M. F. **Chemistry and chemical taxonomy of the Rutales**. London: Academic, 1983. p. 281-299, 1983.
- LETOUZEY, R. **Manual of forest botany in tropical Africa**. Norgent-Sur-Marne: CTFT, 1986. p. 204, v. 2A.

LOAYSA, I. et al. Essential oils of *Baccharis salicifolia*, *B. latilifolia* and *B. dracunculifolia*. **Phytochemistry**, New York, v. 38, p. 381-389, 1995.

LONGUI, E. L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luhea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 22 n. 2, p. 177-187, dez. 2010.

MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A. Database of the Amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

MANN, J. **Secondary metabolism**. 2nd ed. Oxford: Claredon, 1987.

MATOSKI, S. L. S.; ROCHA, M. P. Influência do fotoperíodo no ataque de *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) em lâminas torneadas de espécies tropicais. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, set./dez. 2006.

MORAES, M. M. et al. **Composição química do óleo essencial das folhas de duas espécies do gênero *Protium* (Burseraceae)**. 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/eventosufrpe/jepex2009/cd/resumos/R0441-2.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo, 1986. v. 1, p. 99-256.

OLIVEIRA, J. C. S. et al. **Monitoramento da variação do óleo essencial de folhas de *Protium bahianum* (Burceraceae), que ocorre em Pernambuco**. 2006. Disponível em: <<https://sec.s bq.org.br/cd29ra/resumos%5CT1428-2.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

QUIGNARD, L. J. et al. Median lethal concentrations of amazonian plant extracts in the brine shrimp assay. **Pharmaceutical Biology**, Lisse, v. 42, n. 3, p. 253-257, 2004.

RÜDIGER, A. L.; SIANI, A. C.; VEIGA JÚNIOR, V. F. The chemistry and pharmacology of the South America genus *Protium* Burm. f. (*Burseraceae*). **Pharmacognosy Reviews**, Bethesda, v. 1, p. 93-104, 2007.

SIANI, A. C. et al. Evaluation of anti-inflammatory-related of essential oils from the leaves and resin of species of *Protium*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 66, n. 1, p. 57-69, 1999.

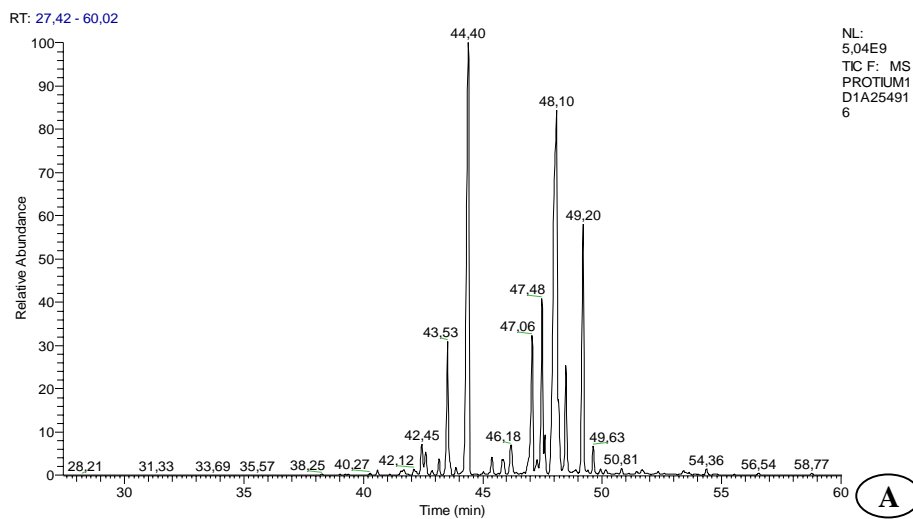
SIQUEIRA, J. B. G. **Contribuição ao estudo fitoquímico do gênero *Protium* *P. tenuifolium* (Engl.) Engl. e *P. laxiflorum* Engl. (*Burseraceae*)**. 1991. 118 p. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1991.

TAMAI, M. et al. "New hepatoprotective triterpenes from *Canarium album*". **Planta Medica**, Stuttgart, v. 55, p. 44-47, 1989.

WALTERMAN, P. G. "Phytochemical diversity in the order Rutales". In: DOWNUM, K. R.; ROMEO, J. T.; STAFFORD, H. (Ed.). **Phytochemical Potential of Tropical Plants**. New York: Plenum, 1993. p. 203-233.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 1989. 363 p.

ANEXOS



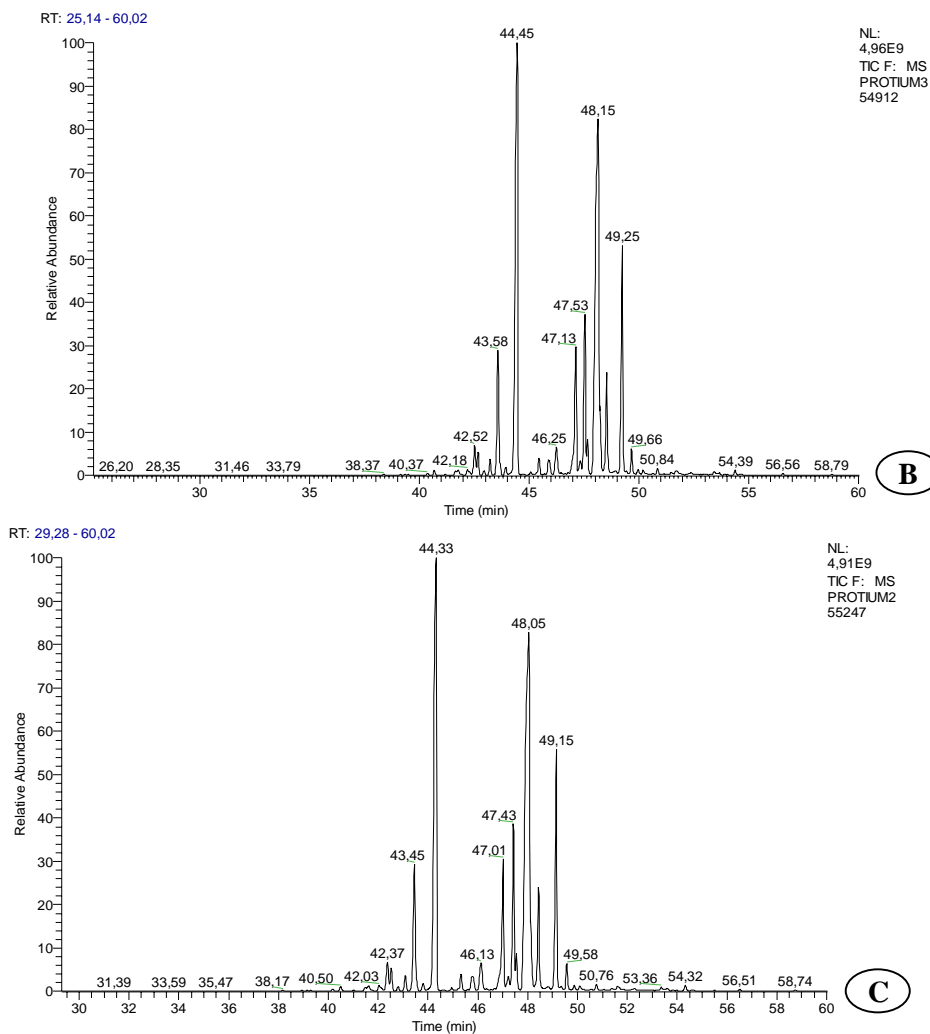
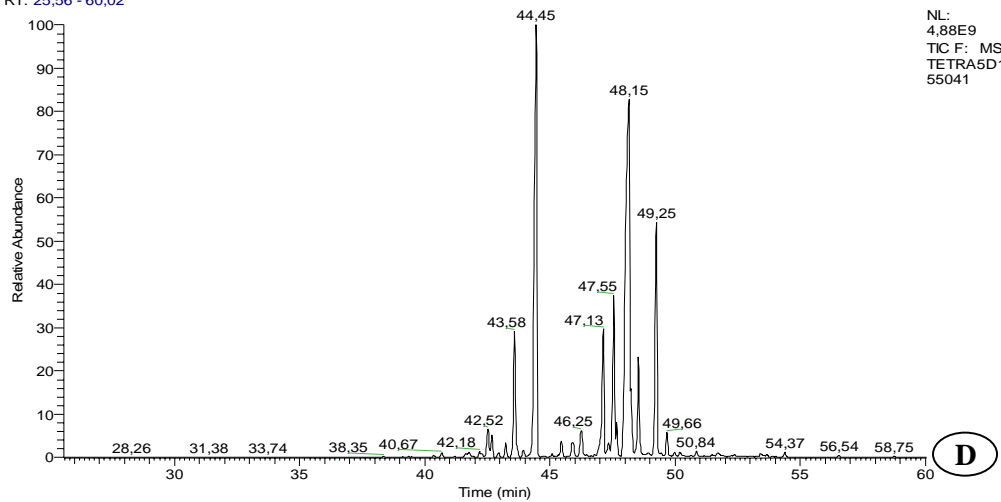
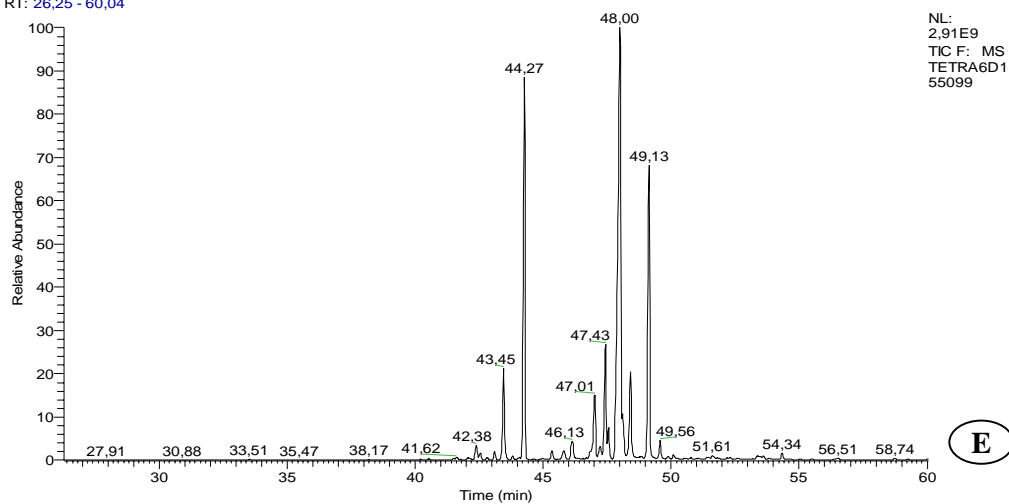


Figura 5 A-B - Cromatogramas em fase gasosa do óleo essencial da madeira de três árvores *Protium altsonii*

RT: 25.56 - 60.02

NL:
4,88E9
TIC F: MS
TETRA5D1
55041

RT: 26.25 - 60.04

NL:
2,91E9
TIC F: MS
TETRA6D1
55099

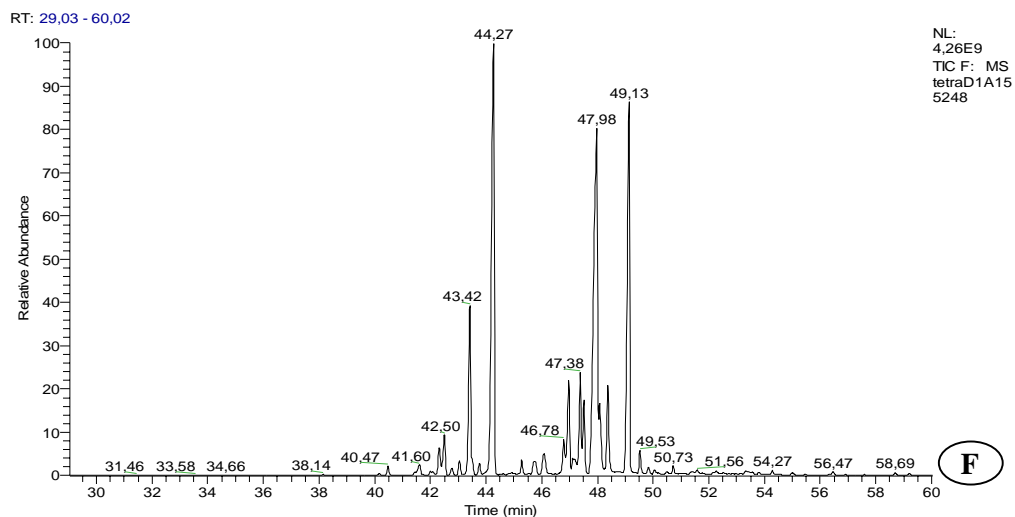


Figura 6 D-F: Cromatograma em fase gasosa do óleo essencial da madeira de três árvores *Tetragastris altissima*

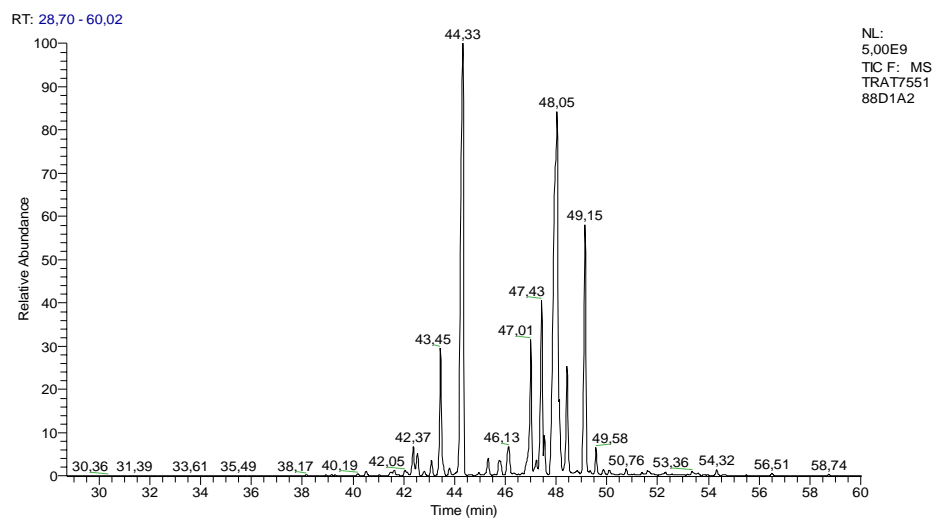


Figura 7 Cromatograma em fase gasosa do óleo essencial da madeira de *Trattinnickia burserifolia*

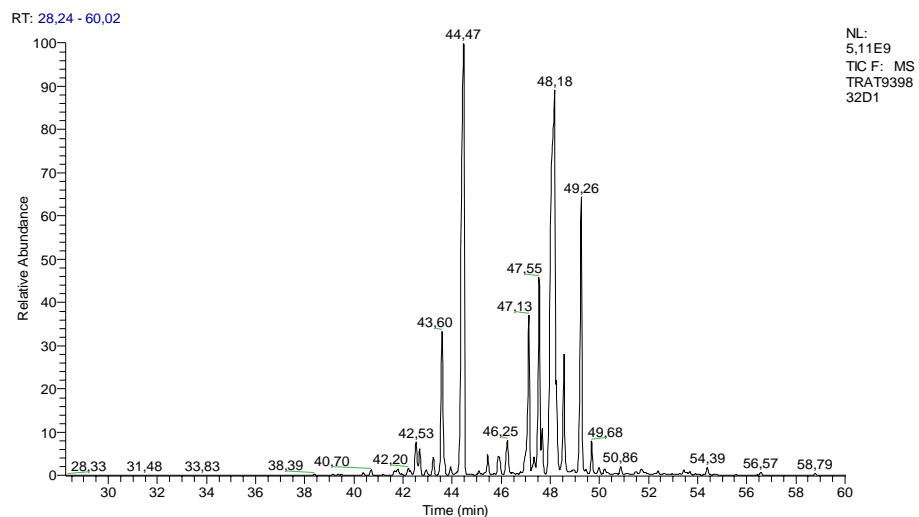


Figura 8 Cromatograma em fase gasosa do óleo essencial da madeira de *Trattinnickia rhoifolia*