

A DENSIDADE BÁSICA E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS VARIAM RADIALMENTE NA MADEIRA DE *Astronium graveolens* Jacq. (ANACARDIACEAE)¹

BASIC DENSITY AND ANATOMICAL FEATURES VARY IN THE RADIAL DIRECTION IN THE WOOD OF *Astronium graveolens* Jacq. (ANACARDIACEAE)

Camila Moura SANTOS²; Israel Luiz de LIMA^{3,5};
Eduardo Luiz LONGUI³; Diego ROMEIRO⁴;
Antonio Carlos Scatena ZANATTO³; Eurípedes MORAIS³;
Marcelo ZANATA³; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM³

RESUMO – Estudos sobre variações nas dimensões celulares de espécies arbóreas de clima tropical são escassos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a variação da densidade básica e da anatomia no sentido radial da madeira de *Astronium graveolens* Jacq. Coletaram-se cinco indivíduos da espécie, provenientes da Estação Experimental Luiz Antônio (SP). Os métodos empregados nas análises foram os usualmente utilizados em pesquisas de densidade e anatomia de madeira. De acordo com os resultados foram constatadas altas correlações entre densidade básica, comprimento de fibra, espessura da parede da fibra, diâmetro de vaso e frequência de vaso com a distância da medula. A densidade básica da madeira é altamente dependente do comprimento das fibras, espessura da parede das fibras e diâmetro dos vasos, ocorrendo aumento no sentido da medula para a casca.

Palavras-chave: anatomia da madeira; *Astronium graveolens*; madeiras tropicais; densidade básica, variação medula-casca.

ABSTRACT – Studies on variations in cell sizes of tree species in tropical climate are scarce. Thus, the aim was characterize the radial variation of basic density and wood anatomy of *Astronium graveolens* Jacq. Five specimens were collected at the Luiz Antônio Experimental Station, (SP). Standard methods for studying the density and wood anatomy were employed. According to the results we observed high correlation among basic density, fiber length, fiber wall thickness, vessel diameter and vessel frequency with distance from the pith. The wood density is highly dependent on fiber length, fiber wall thickness and vessel diameter, there was an increase towards the pith to bark.

Keywords: wood anatomy; *Astronium graveolens*; tropical woods; basic density, pith-bark variation.

1 INTRODUÇÃO

Astronium graveolens Jacq. – Anacardiaceae, popularmente conhecido como guaritá, gonçalo alves, gibatão ocorre naturalmente em floresta pluvial da encosta atlântica e floresta latifoliada semidecídua com ampla distribuição nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul (Paraná) do Brasil.

As árvores adultas podem atingir de 15-25 metros, possuem tronco liso de 40 a 60 cm de diâmetro, madeira pesada (densidade aparente 0,97 g.cm⁻³), dura ao corte, de grande durabilidade, cerne de coloração uniforme e bem diferenciado do alburno (Lorenzi, 2002). Sendo, por isso, considerada uma das melhores madeiras de lei da América do Sul.

¹Recebido para análise em 11.05.11. Aceito para publicação em 09.08.11. Publicado *online* em 29.12.11.

²Acadêmica do curso de Ciências Biológicas, Universidade Nove de Julho. Bolsista FUNDAP. santosmcamila@hotmail.com

³Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

⁴Aluno de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica. diego.romeiro@gmail.com

⁵Autor para correspondência: Israel Luiz de Lima – israeluizde.lima@yahoo.com.br

Segundo Lima (2009), nos últimos anos, o estudo sobre a anatomia do lenho vem ganhando grande importância. Para Urbinati et al. (2003), dentre os trabalhos realizados em anatomia da madeira, os estudos sobre a variação na dimensão dos elementos celulares (traqueídes, fibras e elementos de vaso) são antigos, sendo realizados há pelo menos cem anos. Estudos avaliativos da variação celular da madeira possuem grande importância comercial, visto que possibilitam a melhor escolha da matéria-prima para determinada aplicação nas diferentes áreas (Mainieri e Chimelo, 1989).

A variação radial das dimensões dos elementos celulares da madeira, no sentido medula-casca, pode apresentar certas tendências que representariam a maturação do lenho (Zobel e Buijtenen, 1989). Vários estudos sobre a variabilidade das características do lenho demonstram diminuição ou aumento nas propriedades da madeira no sentido medula-casca. Assim, ocorre uma variação radial das características do lenho, frequentemente descrita em zonas de madeira juvenil e adulta (Gatto et al., 2010).

Apesar da grande utilização da madeira de *A. graveolens* no comércio e do uso da espécie em processos de revegetação da Mata Atlântica, um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta, reduzido a menos de 8% de sua extensão original (Gomes et al., 2009), há poucos trabalhos que investigaram o lenho desta espécie e não foi encontrado nenhum que caracterizasse a variação radial da densidade básica e anatômica. Nesse contexto, justifica-se o presente trabalho, cujo objetivo foi caracterizar a variação radial da densidade básica e dimensões celulares de amostras

do lenho de árvores provenientes de plantio homogêneo e com idade de 20 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Coleta e Amostragem

As amostras são provenientes de árvores plantadas de forma homogênea na Estação Experimental Luiz Antônio-SP – EELA localizada nas coordenadas 21°40'S, 47°49'W, altitude de 550 m, onde ocorre clima tropical (Cwa), inverno seco, precipitação média anual de 1.280 mm e solo do tipo Latossolo Vermelho (Sebbenn et al., 2000).

As árvores foram plantadas em 1990 no espaçamento 3 m x 3 m, e em 2010 foi feito um desbaste retirando-se cinco árvores de *Astronium graveolens*, com 20 anos de idade, para a realização do trabalho. De cada indivíduo coletaram-se discos à altura do peito (1,30 m do solo – DAP), destes retiraram-se corpos de prova com dimensões de 1,5 cm x 1,5 cm x 2,0 cm no sentido medula-casca. Nos indivíduos 1 e 2, devido ao apodrecimento da medula, foram retiradas apenas três e quatro amostras, respectivamente (Tabela 1). As amostras foram nomeadas com base na distância da medula em centímetros, sendo os números correspondentes ao valor central de cada corpo de prova, por exemplo, a medida da amostra mais próxima da medula vai de 0 até 1,5 cm, sendo que a metade é 0,75 cm; o mesmo foi considerado para as demais posições: 0,75 cm (medula); 2,25 cm, 3,75 cm, 5,25 cm e 6,75 cm (casca).

Tabela 1. Informações sobre as árvores de *Astronium graveolens*.

Table 1. Informations about *Astronium graveolens* trees.

| Indivíduo | DAP (cm) | Altura total (m) | Número de amostras |
|-----------|----------|------------------|--------------------|
| 1 | 16,5 | 14,7 | 3 |
| 2 | 17,0 | 14,1 | 4 |
| 3 | 18,9 | 15,7 | 5 |
| 4 | 15,5 | 12,9 | 5 |
| 5 | 18,8 | 15,0 | 5 |

2.2 Caracterização, Densidade e Anatomia da Madeira

A caracterização microscópica da madeira seguiu as recomendações de Coradin e Muniz (1992). Para determinar a densidade básica (DB) utilizou-se o método da balança hidrostática, descrito por Foelkel et al. (1971). Os corpos de prova foram saturados com auxílio de bomba de vácuo para obtenção do peso úmido e, posteriormente, secos em estufa a 105 °C.

Para a mensuração dos elementos celulares do lenho, fragmentos de cada corpo de prova foram dissociados de acordo a técnica descrita por Berlyn e Miksche (1976). Para a confecção das lâminas histológicas, os corpos de prova foram amolecidos por meio de cozimento em água, etanol e glicerina (1:1:1) por cerca de uma hora e depois seccionados em micrótomo de deslize marca Leitz 1208 nos planos transversal e longitudinal (tangencial e radial) com espessuras entre 16 e 25 µm, sendo tratadas de acordo com a metodologia usual para anatomia da madeira, conforme Johansen (1940) e Sass (1951). As mensurações das células seguiram as recomendações do IAWA Committee (1989), sendo determinadas as seguintes variáveis: comprimento dos elementos de vasos (CV), diâmetro dos vasos (DV), frequência dos vasos (FV), pontoações raiovasculares (PR), pontoações intervaseculares (PI), comprimento das fibras (CF), espessura da parede das fibras (EPF), altura dos raios (AR), largura dos raios (LR), frequência dos raios (FR), altura dos raios em número de células (ARC), largura dos raios em número de células (LRC) com n = 25. Para a determinação do ângulo de microfibrilas (AM) foi empregada a metodologia da luz polarizada, que consiste em rotacionar a lâmina com a secção de madeira que está sobre a platina do microscópio, que possui marcação de 0 a 360°. O processo é iniciado com as fibras dispostas longitudinalmente, em seguida a platina é girada até a parede celular tornar-se mais escura – máxima posição de extinção (Donaldson, 2008). Nesta técnica foi adotado n = 10.

Todas as mensurações foram feitas em microscópio de luz com polarização, equipado para captura de imagens e com sistema de medições (Marca Olympus modelo CX 31 acoplada com câmera OLYMPUS EVOLT E-330 e software de análise de imagens Image-Pro Express versão 6.3).

As hipóteses testadas foram: a) a densidade básica e as dimensões celulares não diferem entre árvores de *Astronium graveolens* ao longo de 20 anos; b) existem variações na densidade básica e nas dimensões celulares no sentido medula-casca no tronco de *Astronium graveolens*, aos 20 anos, e c) existe relação entre a densidade básica da madeira e as dimensões celulares da madeira de *Astronium graveolens*.

Foram realizadas a análise descritiva, a análise de variância (ANOVA) e o estudo das correlações entre as variáveis com a posição radial e características anatômicas com a densidade básica. Foi efetuada, também, uma análise de regressão linear simples. Os testes estatísticos foram executados através do software SAS para Windows (SAS, 1999).

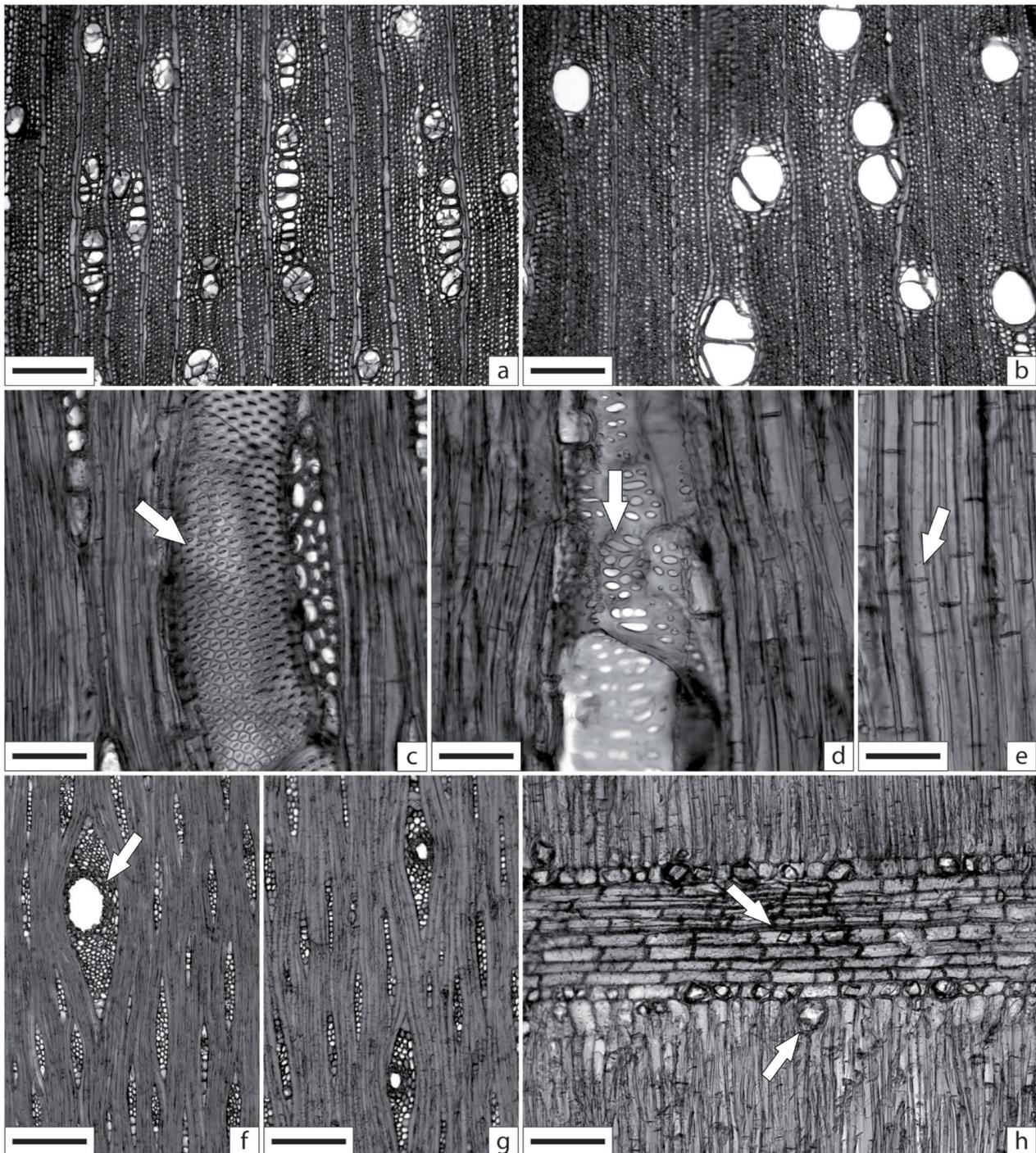
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da Madeira

Em todas as amostras observaram-se vasos com porosidade difusa, arranjo tangencial, solitários (66,2%), geminados (19,8%), múltiplos de três (8,1%) e múltiplos de quatro ou mais (5,7%), sendo que foram observados múltiplos de até doze vasos, arredondados (Figura 1a-b), com apêndices em ambas as extremidades, placas de perfuração simples, quase totalmente obstruídos por tilos no cerne (Figura 1a), pontoações intervaseculares areoladas, alternas, inclusas (Figura 1c), pontoações raiovasculares com bordas reduzidas de dois tamanhos distintos no mesmo raio (Figura 1d); fibras libriiformes, septadas (Figura 1e), curtas, com paredes delgadas a espessas; parênquima axial paratraqueal escasso (Figura 1a-b); raios unisseriados e multisseriados, com até oito células de largura (Figura 1f-g), heterogêneos com células procumbentes no corpo e quadradas ou eretas nas extremidades (Figura 1h), presença de canais radiais (Figura 1f-g) e cristais prismáticos (Figura 1h).

3.2 Comparação Quantitativa entre as Árvores

Apenas a frequência dos raios e as pontoações intervaseculares diferiram significativamente entre os indivíduos amostrados (Tabela 2).



Figuras 1a-b. Secções transversais, mostram parênquima axial paratraqueal escasso. a. Diâmetro, frequência e obstrução dos vasos na região da medula. b. Região próxima da casca, comparada à foto anterior. c. Pontoações intervasculares (seta). d. Pontoações raiovasculares (seta). e. Detalhe de fibras septadas (seta). f-g. Secções tangenciais destacando a variação nas dimensões dos raios e a presença de canais radiais (seta). h. Secção radial destacando um raio com cristais distribuídos em várias células (setas).

Figures 1a-b. Transverse sections, show axial parenchyma scanty paratracheal. a. Diameter, frequency and vessel tyloses in the pith region. b. Region close to bark, compared with the previous figure. c. Intervessel pits (arrow). d. Vessel-ray pits (arrow). e. Detail of septate fibers (arrow). f-g. Tangential sections highlighting the variation in the ray dimensions and radial canals (arrow). h. Radial section showing a ray with crystals spread over several cells (arrows).

Tabela 2. Valor médio da densidade básica e características anatômicas da madeira em cinco árvores de *Astronium graveolens* e resultado da análise de variância.Table 2. Average value of the basic density and anatomical features of the wood in five trees of *Astronium graveolens* and result of ANOVA tests.

| Propriedade | mínima | média | máxima | desvio-padrão | significância |
|--------------------------|--------|-------|--------|---------------|---------------|
| DB (g cm ⁻³) | 0,39 | 0,64 | 0,81 | 0,10 | n.s. |
| AM (°) | 17,1 | 18,9 | 20,6 | 0,95 | n.s. |
| CF (µm) | 622 | 959 | 1340 | 182 | n.s. |
| EPF (µm) | 2,8 | 3,7 | 4,7 | 0,55 | n.s. |
| CV (µm) | 357 | 463 | 598 | 52,63 | n.s. |
| DV (µm) | 67,4 | 95,8 | 116,8 | 15,49 | n.s. |
| FV (n° mm ²) | 9,5 | 15,8 | 24,1 | 4,20 | n.s. |
| PI (µm) | 7,6 | 9,7 | 11,9 | 1,15 | * |
| PR (µm) | 11,1 | 13,7 | 16,7 | 1,38 | n.s. |
| AR (µm) | 161 | 228 | 308 | 29,48 | n.s. |
| LR (µm) | 12,7 | 25 | 33,8 | 4,89 | n.s. |
| FR (n° mm) | 6,0 | 7,6 | 9,0 | 0,96 | * |
| ARC (n°) | 9,1 | 10,9 | 14,4 | 139 | n.s. |
| LRC (n°) | 1,0 | 2,0 | 2,7 | 0,45 | n.s. |

Nota: n.s. = não significativo; * = significativo a 5%; DB = densidade básica; AM = ângulo de microfibrila; CF = comprimento da fibra; EPF = espessura da parede das fibras; CV = comprimento do elemento de vaso; DV = diâmetro de vaso; FV = frequência de vaso; PI = pontoação intervascular; PR = pontoação raiovascular; AR = altura do raio; LR = largura do raio; FR = frequência do raio; ARC = altura do raio em número de células; LRC = largura do raio em número de células.

3.3 Correlação entre Densidade Básica, Características Anatômicas e Variação Radial

A Tabela 3 mostra que as variáveis: densidade básica, comprimento de fibra, espessura da parede da fibra, diâmetro de vaso e frequência de vaso apresentaram correlação significativa com a distância da medula.

Por outro lado, o comprimento das fibras, espessura da parede da fibra e o diâmetro dos vasos apresentaram correlação significativa com a densidade básica.

Para uma observação mais detalhada, também foram realizadas análises de regressão simples para as características que apresentaram correlações significativas (Figuras 2 e 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson, obtidos nas correlações entre as variáveis estudadas em *Astronium graveolens*.
 Table 3. Pearson's Coefficient obtained in the correlations among the variables studied in *Astronium graveolens*.

| | DM | DB | AM | CF | EPF | CV | DV | FV | AR | LR | FR |
|----|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| DM | – | 0,94 | 0,28 | 0,97 | 0,91 | 0,79 | 0,94 | -0,91 | 0,74 | 0,86 | -0,76 |
| | | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. |
| DB | 0,94 | – | 0,35 | 0,93 | 0,93 | 0,84 | 0,89 | -0,79 | 0,50 | 0,69 | -0,76 |
| | ** | | n.s. | ** | ** | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

Nota: n.s. = não significativo; ** = significativo a 1%; DM = distância da medula; DB = densidade básica; AM = ângulo de microfibrila; CF = comprimento da fibra; EPF = espessura da parede das fibras; CV = comprimento do elemento de vaso; DV = diâmetro de vaso; FV = frequência de vaso; AR = altura do raio; LR = largura do raio; FR = frequência do raio.

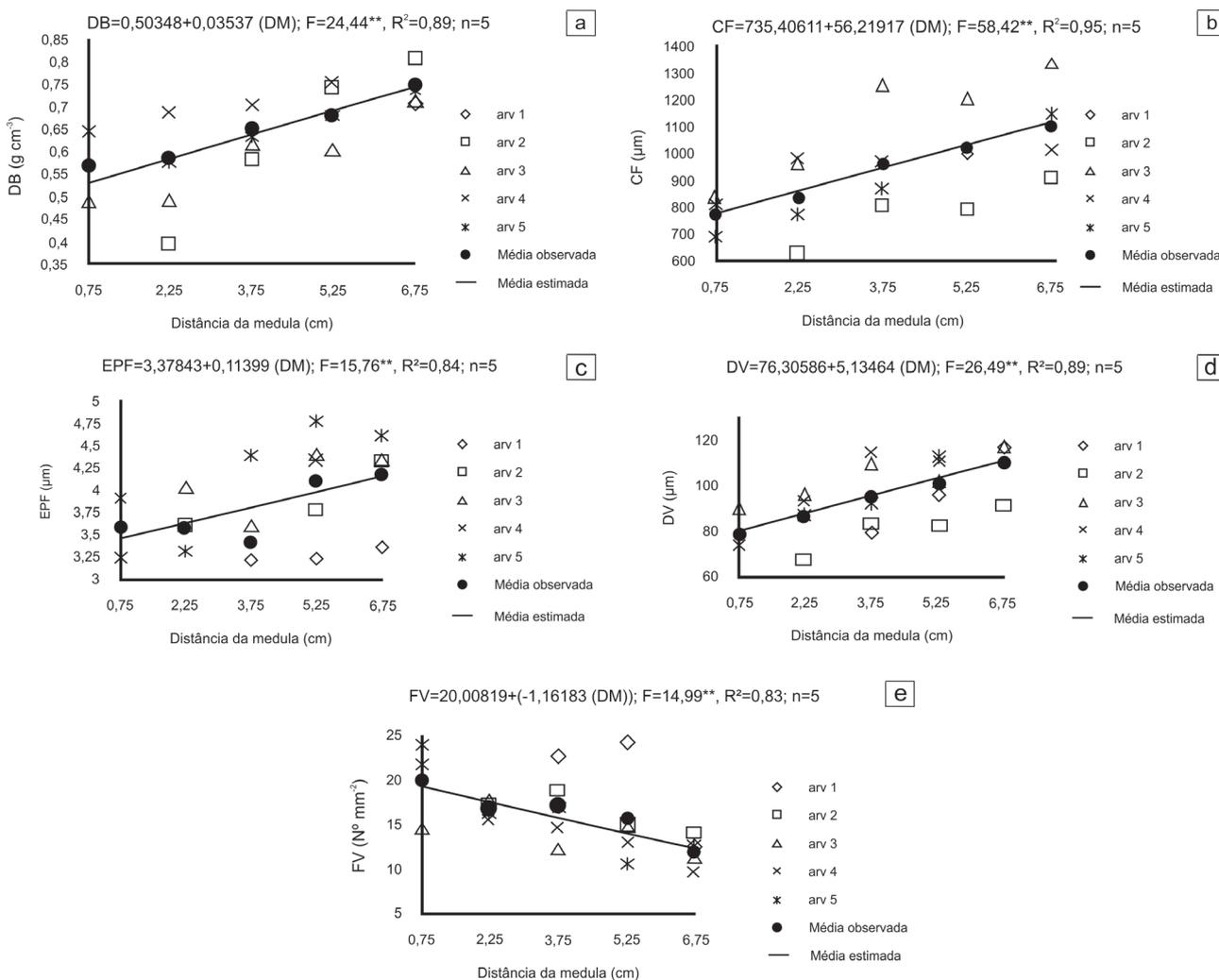


Figura 2. Dispersão e linhas de tendência representativas da regressão, entre a) densidade básica (DB), b) comprimento das fibras (CF), c) espessura da parede da fibra (EPF), d) diâmetro dos vasos (DV), e e) frequência dos vasos (FV) em cinco amostras de *Astronium graveolens*, aos 20 anos de idade, em relação à variação radial (distância da medula), em cm.

Figure 2. Dispersion and trend lines representing the regression of a) basic density (DB), b) length of fiber (CF), c) wall thickness of the fiber (EPF), d) vessel diameter (DV) and e) frequency of vessels (FV) in five samples of *Astronium graveolens*, at 20 years old, in relation to radial variation (distance from the pith) in cm.

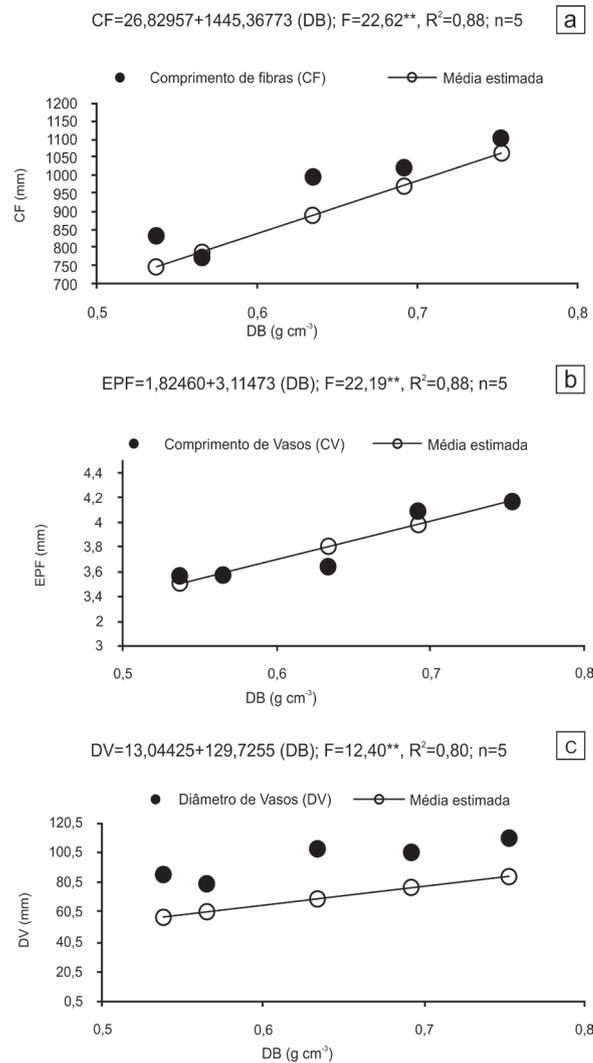


Figura 3. Dispersão e linhas de tendência representativas da regressão entre a) comprimento das fibras (CF), b) espessura da parede das fibras (EPF), e c) diâmetro dos vasos (DV) em cinco amostras de *Astronium graveolens*, aos 20 anos de idade, em relação à densidade básica (DB).

Figure 3. Dispersion and trend lines representing the regression of a) length of fiber (CF), b) wall thickness of the fibers (EPF), and c) vessel diameter (DV) in five samples of *Astronium graveolens*, at 20 years old, in relation to basic density (DB).

Foram observados aumentos significativos na direção da casca para as seguintes variáveis: densidade básica, diâmetro do vaso, comprimento e espessura da parede da fibra, enquanto a frequência dos vasos diminuiu significativamente na mesma direção (Figura 2). As demais características não apresentaram variações radiais significativas.

Para as relações das características anatômicas com a densidade básica, verificou-se que as melhores relações lineares foram obtidas com o comprimento e espessura de fibra, nas quais ocorreu relação positiva entre estas variáveis (Figura 3a e 3b).

De maneira geral, as características anatômicas estão de acordo com as mencionadas por Richter e Dallwitz (2011) para o gênero. Contudo, é interessante destacar que Woodcock (1994), em estudo com 66 espécies de árvores em floresta tropical seca na Costa Rica, encontrou em muitas, dentre elas *A. graveolens*, variação no diâmetro dos vasos dentro da camada de crescimento. Esse resultado não foi observado no presente estudo. Essa variação na porosidade dos vasos deve estar associada às variações climáticas, especialmente nas diferenças de precipitação e déficit hídrico, bem como da capacidade do solo em armazenar água.

O valor da densidade de 0,69-0,95 g.cm⁻³ ficou abaixo e a frequência de vasos de 7-13 ficou acima do que foi observado em Manieri e Chimelo (1989) (Tabela 2). Fato que pode ser explicado pela idade das árvores, uma vez que de acordo com Gandolfi et al. (1995), *A. graveolens* é considerada espécie secundária, portanto, os troncos das árvores do presente estudo com 20 anos devem ser constituídos, em sua maioria, por madeira juvenil, sugerindo que a densidade deva aumentar com o passar do tempo. Apesar das variações, os valores citados no presente trabalho são importantes, uma vez que representam as características de indivíduos com idade, procedência e espaçamento de plantio conhecidos, podendo ser empregados como referência para a espécie aos 20 anos. É interessante citar que os vasos são quase completamente obstruídos por tilos, fato que pode se relacionar com as dimensões dos poros das pontoações raiovasculares (Burger e Richter, 1991). Uma vez que as pontoações raiovasculares em *A. graveolens* atingem mais de 16 micrometros de diâmetro, este fato deve propiciar a expansão das células parenquimáticas através das pontoações para o interior dos vasos quando estes deixam de transportar água.

Em termos quantitativos, as madeiras das cinco árvores praticamente não apresentaram variação significativa (Tabela 2). Esse resultado revela homogeneidade entre os indivíduos, ainda que os mesmos sejam provavelmente provenientes de árvores-mães diferentes possuem baixa variação em sua madeira, o que pode ser um indicativo de alto aproveitamento da madeira para fins comerciais.

A variação radial das características anatômicas, e conseqüentemente da densidade, está relacionada com a maturação do câmbio vascular e influencia diretamente na variação da densidade da madeira (Zobel e Buitjnen, 1989). Os resultados encontrados para as fibras e vasos são reportados por muitos autores, sendo em alguns casos empregados para separar a madeira juvenil da adulta. Gatto et al. (2008) em *Luehea divaricata* e Gatto et al. (2010) em *Carya illinoensis* concluíram que o comprimento das fibras foi o melhor parâmetro para separar a madeira juvenil da adulta.

Nos dois trabalhos os autores observaram que o comprimento das fibras aumenta de maneira significativa nos primeiros anos de vida, seguido de estabilização e decréscimo a partir de uma determinada camada de crescimento. Esse padrão não foi observado em *A. graveolens*, mas se especula que a espécie possui o mesmo padrão supracitado, o que reforça a hipótese que a madeira analisada seja juvenil, pois o comprimento das fibras em todos os indivíduos estudados apresentou aumento sem indício de estabilização dos valores até a casca. Já o aumento da espessura da parede das fibras deve acompanhar o aumento no comprimento das células.

O padrão de aumento do diâmetro dos vasos com a diminuição da sua frequência é observado em muitas espécies. Baas et al. (2004) explicam esse fato relacionando as adaptações das plantas em resposta ao ambiente, e mencionam que isto pode ocorrer, pois madeiras com vasos de maior diâmetro podem ser mecanicamente tão fortes e ter maior eficiência na condução de água do que madeiras com vasos de menor diâmetro. Usando o mesmo raciocínio para interpretar a variação radial, pode-se considerar que há aumento da demanda por água e reforço mecânico do fuste conforme a árvore cresce. Infere-se, portanto, que o padrão observado em *A. graveolens* supra as exigências de crescimento das árvores estudadas.

A densidade da madeira de *A. graveolens* também aumentou na direção da casca. Segundo Wiemann e Williamson (1988, 1989), esse aumento nas madeiras tropicais está relacionado com o grupo ecológico, uma vez que espécies pioneiras crescem rapidamente no sentido vertical para ultrapassar o dossel, o que ocasiona madeira mais leve. Williamson e Wiemann (2011), em estudo com 12 espécies ocorrentes em floresta tropical, completam que a variação radial da densidade está relacionada com a idade e não com o tamanho da árvore. Esse padrão foi observado por Lima et al. (2010) em *Croton floribundus*, espécie pioneira e de ampla ocorrência natural em vários tipos de vegetação. *A. graveolens*, espécie considerada secundária (Gandolfi et al., 1995), também apresentou o mesmo padrão de aumento no sentido medula-casca.

A comparação entre os resultados de diferentes trabalhos deve considerar as variações no tamanho amostral e as características do material vegetal utilizado em cada estudo. Dentre as características mais importantes do material vegetal, estão o DAP e a idade das plantas, as características ontogenéticas do lenho e os fatores ambientais que atuaram durante a formação do lenho. Por isso, comparações com outros trabalhos devem resguardar as particularidades de cada procedimento e, principalmente, as características genéticas das espécies e populações avaliadas, e as condições ambientais onde elas ocorrem.

De maneira geral, variações nas dimensões das células implicam em aumento ou diminuição da densidade da madeira (Wiedenhoeft, 2010). Normalmente, densidade mais alta se relaciona com a menor frequência de vasos (Rao et al., 1997; Green et al., 1999; Lima et al., 2010) e maiores proporções, comprimento e espessura de parede das fibras (Gasson, 1987; Downes et al., 1997; Lima et al., 2010).

Em *A. graveolens* as fortes correlações positivas entre o comprimento e a espessura da parede das fibras com a densidade básica (Figura 3a-b) decorrem do fato de que o aumento na proporção de paredes celulares espessas aumenta a massa e, portanto, a densidade, ainda mais no caso das fibras que ocorrem em maior proporção quando comparadas com as outras células da madeira das angiospermas. Ishiguri et al. (2009) verificaram que a espessura das paredes está altamente relacionada ao aumento da densidade.

No caso da relação positiva entre o diâmetro dos vasos com a densidade básica, intuitivamente parece mais lógico que a relação fosse negativa, pois o aumento nesta característica anatômica implica, respectivamente, em aumento de espaços vazios que resultam em menor densidade. No entanto, neste estudo o diâmetro dos vasos se relacionou positivamente com a densidade. Dessa forma, sugere-se que as relações encontradas com as fibras (Quilhó et al., 2006) e a diminuição da frequência de vasos (Alves et al., 2008) na direção da medula tenham compensado o resultado do diâmetro dos vasos.

Embora em diversos trabalhos sejam apontadas variações significativas ao longo da

madeira para o ângulo de microfibrilas e sua influência nas propriedades da madeira (Butterfield, 2003), no presente estudo não foi encontrada relação significativa com a densidade, o mesmo resultado mencionado por Lachenbruch et al. (2010) para *Pseudotsuga menziesii*.

Outra característica que influenciou na densidade e, conseqüentemente, nas propriedades das madeiras é a quantidade de parênquima axial. Embora no presente estudo essa característica não tenha sido determinada, foi observado paratraqueal escasso, isto significa uma porcentagem muito baixa deste tipo de célula quando comparado com as fibras e vasos, o que de acordo com Burger e Richter (1991) pode contribuir para alta resistência mecânica.

4 CONCLUSÃO

A madeira das árvores de *A. graveolens*, ao longo de 20 anos de idade em plantio homogêneo, não mostrou variação na densidade básica e, de forma geral, nas características anatômicas entre os indivíduos, este resultado sugere que a madeira desta espécie, nestas condições de plantio, deve possuir bom aproveitamento e mantém a qualidade independente do indivíduo cortado.

As variações radiais e as correlações entre a densidade e as características anatômicas do lenho analisadas, devem ser decorrentes do crescimento do indivíduo e maturação do câmbio vascular que permitem o equilíbrio entre a condução de água e a resistência mecânica da árvore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.S.; LONGUI, E.L.; AMANO, E. Pernambuco wood (*Caesalpinia echinata*) used in the manufacture of bows for string instruments. **IAWA Journal**, n. 29, p. 323-335, 2008.
- BAAS, P.; WERKER, E.; FAHAN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA J.**, n. 4, p. 141-160, 2004.
- BERLYN, G.P.; MIKSCHE, J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Iowa: The Iowa University Press, 1976. 326 p.

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

BUTTERFIELD, B.G. Wood anatomy in relation to wood quality. In: BARNETT, J.R.; JERONIMIDIS, G. (Ed.). **Wood quality and its biological basis**. Cornwall: Blackwell Publishing: CRC Press, 2003. p. 30-52. (Biological Sciences Series).

CORADIN, V.T.R.; MUNIZ, G.B. de. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira**: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação, Laboratório de Produtos Florestais, 1992. 17 p. (Série Técnica, 15).

DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and relationships – a review. **IAWA Journal**, v. 29, n. 4, p. 345-386, 2008.

DOWNES, G.M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Collingwood: CSIRO Publishing, 1997. 132 p.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n. 2/3, p. 65-74, 1971.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessionial das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GASSON, P. Some implications of anatomical variations in the wood of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) including comparisons with comoron beech (*Fagus sylvatica* L.). **IAWA Bulletin**, n. 8, p. 149-166, 1987.

GATTO, D.A. et al. Características tecnológicas das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus x acerifolia* quando submetidas ao vergamento. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 121-131, 2008.

_____. et al. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto de *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch por meio de parâmetros anatômicos da madeira. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 675-682, 2010.

GOMES, J.G. et al. Efeito de diferentes substratos e condições de luminosidade na emergência de plântulas de Gibatão. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

GREEN, D.W.; WINANDY, J.E.; KRETSCHMANN, D.E. Mechanical properties of wood. In: **WOOD handbook: wood as an engineering material**. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. p. 1-46. (Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113).

IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

ISHIGURI, F. et al. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. **IAWA Journal**, v. 30, n. 3, p. 343-351, 2009.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechniques**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

LACHENBRUCH, B.; JOHNSON, G.R.; EVANS, R. Relationships of density, microfibril angle, and sound velocity with stiffness and strength in mature wood of Douglas-fir. **Can. J. For.**, n. 40, p. 55-64, 2010.

LIMA, I.L. et al. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares de *Croton floribundus*. **Floresta**, v. 40, n. 3, p. 663-670, 2010.

LIMA, R.S.; OLIVEIRA, P.L.; RODRIGUES, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasil. Bot.**, v. 2, p. 361-374, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 382 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989. 420 p.

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**, n. 27, p. 243-254, 2006.

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

RICHTER, H.G.; DALLWITZ, M.J. **Commercial timbers**: descriptions, illustration, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish, 2000, Version: 25th June 2009. Disponível em: <<http://delta-intkey.com>>. Acesso em: 16 maio 2011.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide. Version 8 (TSMO)**. Cary, 1999. 454 p.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique**. Ames: The Iowa State College Press, 1951. 326 p.

SEBBENN, A.M. et al. Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa-*Cariniana legalis* (Mart.) O.Ktze. **Rev. Inst. Flor.**, v. 12, n. 1, p. 13-23, 2000.

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

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of wood. In: ROSS, R.J. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Centennial ed. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 1-17. (Gen. Technical Report FPL-GTR-190).

WIEMANN, M.C.; WILLIAMSON, G.B. Extreme radial changes in wood specific-gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v. 20, p. 344-349, 1988.

_____. Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees. **Forest Science**, v. 35, p. 197-210, 1989.

WILLIAMSON, G.B.; WIEMANN, M.C. Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity: lessons from eccentrics. **Trees**, v. 25, n. 1, 2011, DOI: 10.1007/s00468-010-0535-5. Disponível em: <<https://springerlink3.metapress.com/content/p2h5r84120384wh8/resource-ecured/?target=fulltext.pdf&sid=waodr55dhqf1n45fqw1dz3a&sh=www.springerlink.com>>. Acesso em: 16 maio 2011.

WOODCOCK, D.W. Occurrence of woods with a gradation in vessel diameter across a ring. **IAWA Journal**, v. 15, n. 4, 1994, p. 377-385.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. van. **Wood variation**: its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361 p.