



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Botânica

**Caracterização anatômica e dendrométrica da madeira
de *Xylopia emarginata* Mart. (Annonaceae) com vistas
à sua utilização mais apropriada**

Iris Almeida dos Santos

Brasília, Distrito Federal

Junho de 2007

**Caracterização anatômica e dendrométrica da madeira de
Xylopia emarginata Mart. (Annonaceae) com vistas à sua
utilização mais apropriada**

Dissertação submetida à Universidade de Brasília como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Botânica.

Iris Almeida dos Santos

Orientador: Professor Doutor José Elias de Paula

Brasília, Distrito Federal

Junho de 2007

**Caracterização anatômica e dendrométrica da madeira de
Xylopia emarginata Mart. (Annonaceae) com vistas à sua
utilização mais apropriada**

Autora: Iris Almeida dos Santos

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Botânica, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Elias de Paula
Departamento de Botânica, UnB
(Presidente - Orientador)

Prof. Dr. José Imaña-Encinas
Departamento de Engenharia Florestal, UnB
(Membro Externo)

Prof^a Dr^a. Sueli Maria Gomes
Departamento de Botânica, UnB
(Membro Interno)

Prof. Dr. Luís Alfredo Rodrigues Pereira
Departamento de Botânica, UnB
(Membro Suplente)

Dedicatória

Ao pequeno e ao grande, racional e irracional, vivo ou bruto. A todos os que compõem a Mãe Natureza, em especial, aos que pertencem ao bioma Cerrado.

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, cuja sabedoria tentamos decifrar através da ciência.

Aos meus pais em sua contínua educação e cuidados. E aos meus familiares pelo suporte, companheirismo e apoio.

Ao Instituto de Botânica da Universidade de Brasília pela possibilidade de desenvolver o curso de Pós-Graduação ao longo deste período.

Ao meu orientador, Dr. José Elias de Paula, cujo ensinamento e paciência espiritual me permitiram a condução da pesquisa.

À equipe de professores do laboratório de Anatomia Vegetal e aos demais professores do Departamento de Botânica pelos pela disposição e ajuda.

Ao pesquisador, Dr. Dario, pela valiosa e constante orientação paciente em todos os momentos do curso, pelas discussões, cálculos estatísticos, pelo profundo carinho e amizade.

Aos técnicos Eli e Daiane, pelo apoio técnico nos experimentos. Aos secretários Iriodes, Viviane e Flávia, pela orientação administrativa.

À pesquisadora Regina Célia pelo incentivo nos primeiros passos do conhecimento científico e pela inspiração e amizade.

Aos colegas de curso, em especial à Silvia, Denise, Zan, Luciano e Manuel; companhias eventuais e agradáveis durante o percurso.

À psicóloga Aila Palhares, pela cimentação do crescimento individual. E a Sra. Yoshie Sebata, em sua sabedoria messiânica, os quais me trouxeram sabedoria e crescimento espiritual.

A todas as pessoas não mencionadas, porém não esquecidas.

Resumo da Dissertação apresentada à UnB como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de mestre em Botânica.

Xylopia emarginata Mart. (Annonaceae) conhecida pelos vernáculos pindaíba ou pindaíba do brejo é uma espécie arbórea adaptada a mata ripária permanentemente inundada. São plantas emergentes, de copa reduzida. Registros bibliográficos apontam o uso da madeira para produção de papel e múltipla utilização. Foram coletados dois espécimes pertencentes à APA São Bartolomeu, Distrito Federal, destinados aos estudos anatômicos e dendrométricos. Para a determinação do volume e da biomassa, foram medidos o diâmetro inferior, o diâmetro superior e o DAP (diâmetro na altura do peito). A partir de amostras circulares de cinco diferentes alturas, obteve-se corpos de prova equidistantes entre si, no sentido medula-casca, denominados área 1, área 2 e área 3, destinados aos cortes histológicos e cálculos de densidade. *Xylopia emarginata* apresenta tronco ereto, com alto grau de conicidade, na ordem de 0,4. O valor da biomassa foi de 1 317,96kg. O valor da densidade foi 0,67g/cm³ para todas as áreas e alturas. Analisando quantitativamente as células presentes em área conhecida, o espaço ocupado pelas fibras em área conhecida foi de 45,98%. A fração parede foi de 45,9%, o coeficiente de flexibilidade das fibras foi em média 36,63. O índice de Runkel, 0,512. A madeira é recomendada para o uso de papel ou para o uso energético, em se tratando de árvores mais velhas.

Palavras-chaves: madeira, anatomia, *Xylopia*, dendrometria.

Wood anatomy and dendrometric characteristics of *Xylopia emarginata*
Mart for to determine the best suitable technological use.

The study on wood anatomy and dendrometric characteristics of *Xylopia emarginata* Mart. was carried out to determine the best suitable technological use of de wood. For the study, two specimens were collected at APA São Bartolomeu (Brasília). The most important dendrometric parameters were: the coefficient of conicity, the basal area and the wood density along the trunk. Moreover, the following physical parameters of the wood cells were determined: the wall fraction of the fibers, the coefficients of rigidity and flexibility, the Runkel's index and the percentage of parenchyma and fibers. These parameters were measured in three different areas of trunk from the centre of the wood to the outer part. There was an increase in the wood density from the lower to the upper regions of the trunk. Similarly, the density grew from the centre of the trunk to the periphery. The wood of *Xylopia emarginata* presented a medium density equal to 0,69g/cm³. The shape coefficient was 0,4. The coefficient of flexibility of the fibers was 36,63. Runkel index was 0,512 and the coefficient of rigidity was 0,64%. In conclusion, the wood is recommended for pulp productions or paper. Old trees can be recommended for energy.

Key words: wood, anatomy, *Xylopia*, dendrometry.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1-1. Anatomia da madeira relacionada ao ecossistema.....	3
1.1-2. Utilização da madeira relacionada à anatomia do lenho.....	4
1.1-3. Propriedades da madeira.....	6
1.1-4. Características gerais da madeira de Annonaceae.....	8
2. OBJETIVO.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1- Anatomia.....	10
3.2- Dendrometria.....	12
4. RESULTADOS.....	14
4.1- Anatomia.....	14
4.2- Dendrometria.....	21
5. DISCUSSÃO.....	27
6. CONCLUSÕES.....	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

ÍNDICE DE TABELA

1- Tabela 1.....	13
2- Tabela 2.....	16
3- Tabela 3.....	17
4- Tabela 4.....	18
5- Tabela 5.....	19
6- Tabela 6.....	20
7- Tabela 7.....	22
8- Tabela 8.....	22
9- Tabela 9.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

1-	Figura 1.....	23
2-	Figura 2.....	23
3-	Figura 3.....	23
4-	Figura 4.....	24
5-	Figura 5.....	24
6-	Figura 6	24
7-	Figura 7.....	24
8-	Figura 8.....	24
9-	Figura 9.....	24
10-	Figura 10.....	25
11-	Figura 11.....	25
12-	Figura 12.....	25
13-	Figura 13.....	25
14-	Figura 14.....	26
15-	Figura 15.....	26
16-	Figura 16.....	26
17-	Figura 17.....	26

SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

Símbolos utilizados nas fórmulas dos parâmetros anatômicos.

D=diâmetro total das fibras

d=diâmetro do lume

e=espessura da parede

L=comprimento da fibra

W= largura da fibra.

Símbolos utilizados nas fórmulas dos parâmetros dendrométricos.

Di=Diâmetro inferior

Ds=Diâmetro superior

DAP=diâmetro na altura do peito

$A_1=Di^2 \times 0,7854$

$A_2=Ds^2 \times 0,7854$

h=altura ou comprimento

d=densidade

m=massa

m_s =amostra saturada

v=volume.

1. INTRODUÇÃO

A família Annonaceae foi criada por Jussieu a partir do gênero *Annona*, descrito por Lineu, o qual em latim significa “farta colheita anual”, em analogia aos saborosos frutos que várias espécies desse gênero produzem, como a ata (*Annona squamosa* L.), graviola (*Annona muricata* L.), araticum (*Annona crassiflora* Mart.). Algumas espécies de Annonaceae são utilizadas em tratamentos fitoterápicos (Almeida *et al.*, 1988) no combate à leishmaniose e tripanossomas (Mesquita *et al.*, 2005), devido à presença de terpenóides e alcalóides (Judd *et al.*, 1999). A família Annonaceae corresponde a uma das principais famílias de angiospermas (Judd *et al.*, 1999). Trata-se da maior família da ordem Magnoliales, com cerca de 2.300 espécies. (Metcalfe & Chalk, 1950, 1987).

São plantas lenhosas tropicais aromáticas, com folhas simples, alternas, dísticas sem estípulas; é natural a presença de pêlos ou tricomas e cristais epidérmicos (Metcalfe & Chalk, 1987). Flores trímeras, conadas no centro. No androceu há a presença de vários estames; o gineceu é multicarpelar, sincárpico ou apocárpico. Embora a família apresente algumas características tidas como primitivas, a trimeria floral é típica das monocotiledôneas, o grupo vegetal mais evoluído. Este aspecto é bastante peculiar e interessante, pois tratam-se de dicotiledôneas, mas com flores trímeras.

Xylopia L. é um nome de origem grega que significa “lenho amargo” (Martius, 1967). Apresenta flores trímeras, hermafroditas, axilares; androceu com vários estames; o gineceu é multicarpelar e apocárpico (Barroso *et al.*, 1999); frutos do tipo polifolículo apocárpico, não drupóides (Castellani *et al.* 2001); semente pericalazal, bitegmentada com padrão de deposição de tanino nos óvulos (Svoma, 1998), albuminosa, ruminada. Na parte externa formam arilos carnosos. Apresenta frutículos livres entre si, oblongos, carnosos, externa e internamente artropurpúreos, com sementes elipsóides contendo arilóide (Barroso *et al.*, 1999). No cerrado *stricto sensu*, *Xylopia aromatica* ocorre com frequência (Aguiar & Camargo, 2004). Seu uso é direcionado a tratamentos fitoterápicos; os frutos têm uso condimentar, são utilizados como temperos e corantes de alimentos (Mistry, 2000). *Xylopia brasiliensis* ocorre em ambientes de mata (Corrêa

& Berg, 2002). *Xylopia sericea*, também conhecida como pindaíba, ocorre em matas ciliares em galeria do Planalto Central brasileiro. Sua madeira é dura, com densidade na ordem de 0,80g/cm³. O cerne é pouco distinto do alburno, amarelado, duro, de múltipla utilização, como tábuas, tacos, mourões e construção civil em geral (De Paula & Alves, 1997 e 2007).

Xylopia emarginata Mart. é muito bem representada nas matas ciliares em galeria (De Paula, 2006) do Centro-Oeste brasileiro (Heringer & De Paula, 1989; De Paula *et al.*, 1990; De Paula *et al.*, 1996), ocorrendo sempre em ambiente com grande suprimento de água (Lorenzi, 1998), como veredas (brejos) e mata ciliar em galeria inundável, segundo Ribeiro & Walter (1998). A espécie popularmente é conhecida como pindaíba ou pimenta-do-brejo. São árvores emergentes, ou seja, as copas se formam acima do dossel da floresta, (Figura 1) podendo atingir até dezoito metros de altura e 45 centímetros de diâmetro (Salles & De Paula, 1979). A copa é piramidal e reduzida, o fuste é reto, com casca fina, aromática e fibrosa (De Paula & Alves, 1997). Os ramos mais jovens apresentam pêlos de cor marrom. As folhas são oblongo-lanceoladas, tomentosas, emarginadas, com um pouco de pilosidade na superfície abaxial. As flores são axilares, aos pares ou isoladas, com pétalas externas com até 16 mm de largura; frutos apocárpicos (Figura 2), baciformes, constituídos de 3 a 5 carpídios que abrem através de uma fenda longitudinal. Na parte externa formam arilos carnosos. Grão de polen tétrade, semi-circular, inaperturiado. Floração de novembro a janeiro; frutos com maturação em setembro (Salles & De Paula, 1979). A planta não frutifica o ano todo. A madeira é clara, moderadamente leve, com cerne pouco distinto do alburno.

Em áreas abertas e com muita insolação (Figura 2), como em savanas ou em áreas desflorestadas, as copas em geral se formam a baixa altura, entre 20cm e 2m. Portanto, nesse caso, a maior quantidade de madeira é formada pelos ramos, que não servem para confecção de tábuas, mas sim para aplicações diversas, como carvão, fonte primária de energia, compensados, pasta de celulose, dentre outros.

1.1 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1. Anatomia da Madeira Relacionada ao Ecossistema

As matas ciliares em galeria, também conhecidas como matas ripárias, são ecossistemas do Bioma Cerrado (Dias, 1996). São formações florestais de porte arbóreo médio a alto, que crescem às margens de córregos, rios ou grotas, comuns no Centro-Oeste brasileiro (Ribeiro & Walter, 1998). Representa um importante corredor ecológico na preservação de espécies animais silvestres e de grande importância para a regularização das fontes d'água e para a conservação das margens contra a ação erosiva (Mantovani, 1989, Vilela, 2006).

Porto *et al.* (1976), Silva Júnior. *et al.* (1996), Walter (1995), Sampaio *et al.* (1997) citam a composição florística das matas ciliares em galeria como bastante variável em função de uma grande heterogeneidade ambiental. Dentro desta diversidade, é notável a existência de espécies adaptadas ou quase exclusivas de áreas mais alagadas (Luchi 1990, 2004).

A anatomia ecológica do lenho adiciona informações acerca das relações ambientais com as características do tecido condutor da planta (Carlquist 1975, 1977). Estudos anatômicos do lenho contribuem como subsídio no campo taxonômico, da sistemática e filogenética (Bass, 1982; IAWA Committeè, 1989; Metcalfe & Chalk, 1950). As dimensões dos constituintes celulares do lenho dependem das potencialidades genéticas e ontogenéticas, além dos fatores ecológicos do meio (Carlquist, 1977). Estas são confirmadas por Zimmermann (1971), na relação largura e comprimento dos elementos de vasos em função da eficiência da condução de água, além de vários outros aspectos, como a eficiência condutiva relacionada à força mecânica e ao armazenamento de água (Carlquist, 1988). A poluição pode representar uma variável considerada no estudo da alteração dos elementos celulares do lenho (Santos, 2005).

Alves & Angyalossy-Alfonso (2000), Luchi (1990, 1998, 2004), Luchi *et al.* (2005) através da análise dos elementos celulares do lenho de espécies de diferentes ecossistemas do bioma Cerrado, forneceram dados relevantes à compreensão da dinâmica da formação do lenho em função do ecossistema: no estudo de vinte e uma espécies arbóreas ocorrentes na Mata Ciliar da Serra do Cipó, Minas Gerais, Luchi

(1990) verificou que a quantidade e a qualidade dos elementos celulares correspondem às estratégias necessárias à eficiência e garantia do fluxo hídrico em condições favoráveis e desfavoráveis, estando diretamente relacionados à pluviosidade da região e às condições hídricas do solo. Também foi registrado que as matas ciliares não são ambientes com suprimento hídrico constante. Em seu trabalho com espécimes de *Hymenaea courbaril* L. presentes em diferentes solos de duas áreas de mata ciliar de Moji-Guaçu (1998), foi apontado que as espécies estavam sujeitas ao estresse hídrico, resultante da baixa pluviosidade em alguns períodos do ano (Luchi, 1998). A autora também verificou que os elementos celulares diferenciaram em função dos períodos de grande suprimento hídrico e de estiagem, apresentando camadas de crescimento. Condições minerais do solo também podem influenciar a formação de anéis de crescimento (Brito *et al.* 1986; Luchi, 2005).

1.1.2 Utilização da madeira relacionada à anatomia do lenho

O uso da madeira por parte do ser humano é tão antigo que não é possível precisar exatamente quando começou. Segundo o Dicionário da Bíblia (1980) e Zohary (1972), a Arca da Aliança foi construída com madeira de *Acacia raddianus*, e a cruz de madeira usada no martírio de Cristo foi de carvalho (*Quercus ithaburensis*).

Nos países em desenvolvimento a madeira ainda é um dos produtos mais utilizados como fonte primária de energia (Vale & Brasil, 1997). Nos cerrados, a madeira geralmente é usada pra este fim (Heringer & De Paula, 1976; De Paula, 1981). Os estudos estruturais da madeira têm sido limitados (escassos), especialmente no que diz respeito às suas possíveis aplicações tecnológicas, como por exemplo, na produção de papel.

Segundo o Anuário Estatístico (ABRACAVE – Anuário Estatístico, 1993) 71,2% do carvão produzido no ano de 1989 foram de madeiras nativas e apenas 28,8% de madeira de *Eucalyptus* spp. No Brasil, cerca de 4,2 milhões de toneladas de ferro gusa foram produzidos utilizando como fonte de energia carvão vegetal de florestas nativas (Medeiros, 1995). O rendimento da produção de carvão a partir de madeira de espécies nativas é maior em comparação com o da produção a partir de madeira exótica, como *Eucalyptus* spp. (Silva-Júnior & Felfili, 1996; De Paula *et al.*, 1998).

De Paula (2005) tem enfatizado a ausência de maiores interesses no estudo da madeira, não só do ponto de vista anatômico, mas do tecnológico, notadamente com vistas à geração de energia. Na análise de 20 espécies típicas da Amazônia, De Paula & Heringer (1977), por meio da análise das características estruturais da madeira, direcionaram o uso mais adequado das mesmas, bem como os modos de conservação.

Para as espécies com potencial de uso presentes no Bioma Cerrado, Heringer & De Paula (1977), De Paula (2005), De Paula *et al.* (1990, 1993, 1996, 1998, 2000), Imaña-Encinas & De Paula (1994), por meio de estudos voltados ao ecossistema de matas ciliares, apontam as espécies com potencial de uso energético, carvão e lenha. Registraram formações de porte baixo, porém com um bom potencial de crescimento (De Paula *et al.*, 1996), o que sugere a possibilidade de futuros planos de manejo de rendimento sustentado, permitindo o cultivo de espécies que apresentam madeiras de múltipla utilização.

Imaña-Encinas & De Paula (1994) analisaram parâmetros volumétricos e de biomassa em mata ciliar do Rio São Bartolomeu, citando *Xylopia emarginata* como uma das 10 espécies com potencial a serem utilizadas na regeneração natural.

Heringer & De Paula (1989), De Paula *et al.* (1990, 1993, 1996) enfatizaram a importância de realizar estudos dendrométricos e ecológicos nessas formações florestais. Enfatizaram que o uso de parâmetros, tais como a distribuição das espécies, área basal e o estado da sucessão vegetal natural oferecem sólidos subsídios para a definição ecológica de correspondentes ações silviculturais. De Paula (1981) enfatizou que a escassez de estudos para esta formação constitui um grande obstáculo para a definição de ações silviculturais, bem como para a exploração de biomassa com aptidão para o aproveitamento energético e papelero.

Segundo De Paula & Alves (1997 e 2007), o estudo de qualquer essência florestal nativa é justificável e necessário, no sentido de gerar conhecimento biológico e tecnológico que no futuro possa servir de subsídio aos planos de reflorestamento e exploração seletiva e de manejo e enriquecimento, com vistas a produzir madeira para uso específico ou de múltiplo uso. O presente estudo se enquadra dentro deste contexto.

Xylopia emarginata Mart. apresenta características propícias para a recuperação de ecossistemas ciliares (Oliveira, 2003). O estudo anatômico do fuste aponta a espécie

como boa para a produção de papel (Salles & De Paula, 1979; De Paula e Alves, 1997). A literatura (De Paula & Alves, 2007) infere que outras espécies de Annonaceae, também conhecidas popularmente como envira, tais quais, *Xylopia brasiliensis*, *Xylopia aromatica*, *Duguetia cauliflora*, *Rollinia excelsa*, *Rollinia insignis* (bobó), *Unonopsis guatterioides* (envira surucucu) também apresentam vocação papeleira. *X. brasiliensis* é indicada para a produção de energia (De Paula, 2003), outra com vocação para a produção de energia é *X. sericea* (Oliveira *et al.*, 1990).

1.1.3. Propriedades da madeira

As propriedades da madeira podem ser definidas como características de resistência e de elasticidade (Carneiro, 2006), as quais variam conforme a espécie, a composição química da madeira, o local geográfico, clima e condições do solo (Pettersen, 1984). A celulose corresponde a cerca de 40-50% da madeira (Lima *et al.*, 1988). A densidade da madeira é uma propriedade resultante de fatores, como dimensões das células, espessura de parede e sua e composição química e percentuais de ocupação dos variados tipos de células (Panshin & De Zeew, 1980). A densidade da celulose é de 1,2g/cm³, sendo assim, teoricamente, essa seria a densidade máxima do lenho (Angyalossy, 2005). Segundo Foelkel *et al.* (1983) as dimensões dos elementos celulares variam em função da idade do vegetal. Por exemplo, a densidade aferida em *Pinus oocarpa* varia conforme o desenvolvimento e a maturação da árvore.

Martins *et al.* (2004) através de estudos da qualidade da madeira de *Ilex microdonta*, confirmam que a utilização intensiva da madeira como matéria-prima só pode ocorrer com o conhecimento adequado de suas propriedades, de suas características e comportamento como matéria-prima.

Brito & Barrichelo (2004) apontam que o lenho tardio, quando comparado com o inicial, se caracteriza por apresentar maior densidade. As fibras apresentam parede relativamente espessa quando comparadas com a respectiva largura e diâmetro do lume, o que se traduz em elevados valores para a fração parede e índice de Runkel.

De Paula & Cardoso (1995) realizaram estudo em três áreas de amostras do fuste, na altura do DAP de *Pterodon pubescens* Benth. e *P. polygalaeiflorus*, orientadas do centro à periferia em direção ao alburno, denominadas área 1, área 2 e área 3, com 20

indivíduos de cada espécie, demonstrando aumento da densidade do centro para a periferia. Este aumento de densidade ocorre tanto no tronco como na raiz. Vale *et al.* (1999) registrou variação axial da densidade em *Acacia mangium*. Por sua vez *Annona glabra* (De Paula & Heringer, 1974) apresenta a densidade da raiz da ordem de 0,099g/cm³, algo raramente registrado na literatura em se tratando de madeira de raiz: tal densidade é semelhante à da cortiça.

De Paula (2003), com base nas características anatômicas e densidade de sete espécies amazônicas com mais de 15 anos de idade, aponta o conhecimento da madeira como de importância fundamental no que tange à sua qualificação para atender a grande variedade de usos, evitando-se emprego inadequado e desperdício.

De Paula & Alves (1997 e 2007) aferiram que tende a haver maior número de vasos por mm² no lenho juvenil, reduzindo em direção ao alburno. Porém o espessamento da parede aumenta, bem como o comprimento, a quantidade de fibras e a espessura da parede das fibras. De Paula *et al.* (2000) também demonstram a importância do conhecimento da estrutura anatômica da madeira aplicada ao uso tecnológico.

Foelkel & Barichello (1971, 1975) relacionam o coeficiente de rigidez com o grau de colapso das fibras durante a fabricação do papel: quanto mais fina for a parede celular da fibra, maior será o grau de achatamento, oferecendo maior resistência física ao papel.

Moreschi (1975) salientou que o coeficiente de flexibilidade é a relação do comprimento (L) da fibra sobre a largura (W). Esse parâmetro é conhecido também como índice de feltragem. Quando o papel é produzido com polpa que apresenta grandes proporções de fibras de parede fina, terá alta resistência ao estouro e à tração. Contudo, à medida que essa proporção seja diminuída em favor das fibras com fração parede alta reduzir-se-ão, conseqüentemente as resistências mencionadas e se elevará a resistência ao rasgo. Isso é explicado pelo aumento do índice de Runkel e pela redução do coeficiente de rigidez, diminuindo a intensidade de colapso das fibras e com efeito direto, reduzem-se as áreas de contatos entre as mesmas. Neste caso a compensação em favor da resistência ao rasgo é proporcionada unicamente pela resistência da fibra individual. As fibras com o coeficiente de flexibilidade alto possuem resistência de

tração baixa, implicando que em polpas de fibras curtas existem mais cruzamentos de fibras e mais áreas de ligações disponíveis por unidade de peso, em relação à polpa de fibras mais longas. O oposto é um alto coeficiente de flexibilidade que evidencia alta resistência ao rasgo, como efeito do comprimento das fibras. Corrêa (1970) aponta o extrativismo em florestas nativas direcionadas à produção de celulose; Kerr (1977) pronuncia-se a favor de planos de reflorestamento de espécies nativas utilizadas na produção de celulose, além de *Pinus* e *Eucalyptus*. De Paula (2003) analisou sete espécies típicas da Amazônia, apontando suas características estruturais, direcionando seu uso adequado e conservação. Heringer & De Paula (1989) descrevem a importância do estudo biológico e dendrométrico de matas ripárias (ciliares) da região Centro-Oeste brasileira, com vista à prática de manejo de rendimento sustentado .

Carneiro (2006) confirmou que a densidade aumenta da base do tronco em direção à copa e do centro para a periferia. Tal função pode estar relacionada ao torque e sustentação dos galhos (Vasconcelos, 2000).

Espanha (1977) menciona que a área basal é um parâmetro importante para futuros planos silviculturais de enriquecimento, relacionando área ocupada por árvore na cobertura florestal, determinado pela fórmula citada na Tabela 1.

De Paula & Alves (1997) confirmam que para fins de definição de valores econômico, ecológico e uso potencial das espécies, a celulose, hemicelulose, lignina, inulina, amido e óleo vegetal são as melhores matérias primas renováveis disponíveis para a produção de energia. Com o crescente interesse pelas espécies folhosas para a obtenção de celulose e papel, cresce a demanda de informações principalmente relacionadas com as condições de crescimento, variação da densidade e relativo à complexidade anatômica.

1.1.4. Características gerais da madeira de Annonaceae

As anonáceas (Metcalf & Chalk 1950, 1987; Loureiro 1968, 1970) apresentam vasos tipicamente solitários e em grupo, comumente abaixo de 10 por mm². Placa de perfuração simples. Parênquima axial apotraqueal, 1-2 células de largura, raramente acima de 3 células. Raios homogêneos constituídos de células procumbentes com 4-8

células de largura. Em *Xylopi*a podem ocorrer 7 ou mais raios por mm; cristais e células secretoras, são sempre observados. As fibras apresentam parede pouco espessa, com pontoações simples.

Segundo De Paula & Alves (1997) a madeira das Annonaceae é clara, com cerne indistinto do alburno ou pouco distinto, apresentando geralmente baixa densidade, ou seja, é mole e leve como *Unonopsis guatternoides*, *Xylopi*a *emarginata* – 0,52, *Rollinia insignis*-0,421g/cm³, *Annona crassiflora*-0,386g/cm³; às vezes moderadamente pesada como *Duguetia lanceolata*– 0,730g/cm³. Há algumas exceções, como vistas em *Xylopi*a *sericea* – 0,80g/cm³, que apresenta madeira pesada e cerne pouco distinto. Em quase todas as espécies pertencentes à família, a madeira é de boa qualidade para a produção de papel. Apenas algumas podem ser utilizadas para geração de energia, como *Xylopi*a *sericea* e *Duguetia lanceolata*.

*Xylopi*a *emarginata* Mart. É uma espécie emergente típica de matas ciliares em galeria. A espécie apresenta características propícias para a recuperação de ecossistemas ciliares. Salles & De Paula (1979), por meio da análise dos parâmetros anatômicos e dendrométricos no DAP, apontaram o uso da madeira para a produção de papel. Fonseca *et al.* (2005) sugeriram o uso da espécie para a geração de energia, múltipla utilização e produção de móveis.

2. OBJETIVO

Conhecer a estrutura anatômica da madeira de *Xylopia emarginata* Mart. (Annonaceae) para definir a utilização mais apropriada dentro do contexto tecnológico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de *Xylopia emarginata* Mart., foi coletada de duas árvores plenamente adultas, ocorrentes em matas ciliares em galeria próximo à Ponte Mestre D'Armas e ao posto Itiquira, BR 020, Sobradinho, Distrito Federal. A coleta incluiu o material botânico fértil (ramos com folhas, flores e frutos), que está depositado no Herbário da Universidade de Brasília (UB s/n) sob a identificação J. Elias de Paula 3690.

3.1. ANATOMIA

Foram preparadas amostras circulares (discos) de duas árvores plenamente desenvolvidas. Os discos foram obtidos na altura de 40cm, a 1,30m (DAP), a 5,30m, a 9,30m, e a 13,30m (Figura 4). De cada disco foram retirados corpos de prova, denominados área 1, área 2 e área 3, orientadas do centro em direção ao alburno (Figura 5), sendo que para cada área foram obtidos no mínimo três corpos de prova.

Os corpos de prova foram postos em autoclave para diminuir a dureza, à temperatura da ordem de 120°C a 1 atm. O tempo de permanência das amostras dentro da autoclave teve duração de 26 horas.

Os cortes histológicos nos planos transversal, tangencial e radial (Figura 6), de espessura variando entre 20 e 40µm, foram obtidos em micrótomo de deslize, marca Jung, clarificados em hipoclorito de sódio a 1,5%, em seguida corados com safranina diluída a 1%; desidratados em série álcool-xilol e montados com verniz vitral (Paiva *et. al.*, 2006).

As medidas dos constituintes celulares do lenho foram determinadas utilizando uma escala micrométrica ocular com fator de correção conhecido (Figura 7), sobre uma base amostral de 30 medições de cada característica. Os fatores de correção foram 10 para a lente objetiva de 10X e fator de correção 2,3 para a objetiva de 40X (De Paula & Alves, 2007). Adotou-se a terminologia recomendada por IAWA (1989) e o Glossário Internacional dos Termos Usados em Anatomia de Madeira (1970). Foi utilizado o teste t de Student para a comparação das médias a 5% (Beiguelman, 2002).

Para determinar a quantidade de vasos por mm², utilizou-se uma câmara clara adaptada ao microscópio com a projeção de uma área correspondente a 1 mm² no aumento utilizado (Figura 8). Vasos geminados e múltiplos, para efeito de frequência, foram considerados como unidades (De Paula & Alves, 1997 e 2007; IAWA, 1989).

A contagem de raios por mm linear (Figura 9) foi realizada construindo-se um traço correspondente a 1mm relativo ao aumento utilizado e projetando-se a imagem através de uma câmara clara adaptada ao microscópio.

A partir da análise das lâminas em corte transversal foram calculados os parâmetros relativos as fibras: a fração parede, o coeficiente de rigidez, o coeficiente de flexibilidade e o índice de Runkel (De Paula & Alves, 1997).

A dissociação dos elementos celulares foi feita com a mistura de Jeffrey que consta da solução A- ácido crômico a 10% e solução B – ácido nítrico a 10%, na proporção 1:1, conforme a metodologia aplicada para técnicas anatômicas (Kraus & Arduin, 1997).

As fórmulas dos parâmetros calculados encontram-se na Tabela 1. O percentual de parede da célula em relação ao espaço ocupado pela fibra foi avaliado pela fração parede. (De Paula, 2003 e 2007; Foelkel & Barrichelo, 1975; Moreschi, 1975). O grau de colapso (achatamento) que as fibras sofrem durante o processo de fabricação do papel foi estimado por meio do coeficiente de rigidez. A capacidade das fibras formarem feltro foi avaliada pelo coeficiente de flexibilidade. O Índice de Runkel (1952) foi calculado para avaliar as fibras com relação ao fabrico de papel: para valores até 0,25, a fibra é considerada excelente para papel – grupo I; de 0,25 a 0,50 é muito boa – grupo II; de 0,50 a 1,0 é boa – grupo III, de 1,0 a 2,0, a fibra é considerada

regular para produção de papel – grupo IV; e acima de 2,0 não deve ser recomendada para papel – grupo V.

A determinação do percentual dos constituintes da madeira foi avaliada pelo método de pesagem do papel da fotografia de cortes transversais, com área conhecida (De Paula, 2003).

Para as escalas das fotomicrografias, registrou-se a escala micrométrica objetiva correspondente ao aumento observado em fotomicroscópio, em câmara fotográfica digital, marca Sony, modelo Cybershot 4.0, sendo as imagens processadas em computador.

3.2. DENDROMETRIA

Foram estimados o volume, a área basal, o fator de forma (índice de forma) e a avaliação da biomassa seca em termos de tonelada para as duas árvores coletadas.

Para a determinação do volume dos troncos (fustes), usou-se a fórmula de Smalian (Tabela 1). Foram medidos o diâmetro inferior a 40 cm do solo, o diâmetro superior a poucos centímetros abaixo da bifurcação e a altura foi medida da base até a inserção do ramo mais grosso da copa. A área basal foi determinada pela fórmula de Espanha (1977) descrita na Tabela 1. O coeficiente de Lidier (Tabela 1), também conhecido como índice de forma ou fator de forma, foi utilizado para a determinação do grau de conicidade do fuste de *Xylopia emarginata*.

A secagem das amostras foi feita em estufa à temperatura de 105°C (Vital, 1984). Após atingir o peso constante, determinou-se a densidade seca (Tabela 1) das amostras das 3 áreas, partindo do centro em direção ao alburno, de todas as alturas do fuste conforme preconizado por Tomazello (1985). Para a densidade básica, utilizou-se o peso seco sobre o volume da amostra saturada (peso constante). Foi utilizado um total de 30 medições para cada área e para cada altura, sendo as médias comparadas entre si pelo teste t de Student.

Para os cálculos da biomassa, utilizou-se a densidade média básica de todas as alturas e áreas.

Tabela 1– Fórmulas utilizadas nos cálculos dos parâmetros anatômicos e dendrométricos (De Paula & Alves, 1997).

Parâmetros anatômicos	Fórmula
Coeficiente de flexibilidade	L/W
Coeficiente de rigidez	$100.d/D$
Fração parede	$100.2e/D$
Índice de Runkel	$2.e/d$
Parâmetros dendrométricos	Fórmula
Fórmula de Smalian	$V = (A_1 + A_2) / 2 \cdot h.$
Área basal	$A = 0,7854 \cdot DAP^2$
Índice de Forma (coeficiente de Lidier)	D_s/D_i
Densidade	$d = m/v$
Densidade básica	$D = m_s/v$

4. RESULTADOS

4.1- ANATOMIA

As tabelas de 2 a 6 mostram a variação morfométrica dos elementos da madeira às diversas alturas e entre as diversas áreas. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre as alturas de 40cm, 1,30m, e 5,30m, tampouco, dentro de cada altura, entre as porções mais internas (área 1) e mais externas do fuste (áreas 2 e 3). As diferenças mais marcantes ocorreram às alturas de 9,30 m e 13,30 m, onde o diâmetro dos vasos tendeu a ser menor que às demais alturas ($P < 0,05$), a frequências dos vasos, maior ($P < 0,05$) e as fibras apresentaram paredes mais espessas ($P < 0,05$), também foi notada diferença estatisticamente significativa na quantidade de raios em algumas alturas. Todos os demais parâmetros biométricos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas com as demais alturas.

Vasos de distribuição difusa, solitários, geminados e múltiplos radiais de até quatro elementos nas três áreas (Figuras 12, 13 e 14). As tabelas 2 a 6 mostram as médias e as variações mensuradas em cada altura e em cada área. (Tabela 3). **Elementos de vaso** com placa de perfuração simples nas três áreas; **Pontuações** intervasculares alternas, com abertura inclusa circular. Foram observados elementos de vaso com apêndice em uma das extremidades (Figura 10). **Parênquima axial** do tipo apotraqueal subagregado, disposto em linhas estreitas e curtas entre os raios, em geral com uma camada de 2 a 3 células de largura (Figura 12) nas 3 áreas. Presença de **camadas de crescimento** (Figura 13). **Raios** predominantemente 2-3 seriados (Figuras 15 a 17), observados em cortes tangenciais das 3 áreas. Em geral são homogêneos (Figura 18) constituídos de células procumbentes nas 3 áreas, pode haver a ocorrência de raios heterogêneos, constituídos de células procumbentes e células quadradas (Figura 19). **Fibras** abundantes nas três áreas (Figura 11), ocorrendo também fibrotraqueídes com pontuações areoladas muito pequenas observadas em material dissociado. As fibras ocupam aproximadamente quase a metade (45%) do espaço. O **Índice de Runkel** se enquadra no grupo II, sendo que ocasionalmente algumas fibras se classificavam no grupo III (tabelas 2 a 6). A **fração parede** variou de 32,25% a 36,73%. O **coeficiente de rigidez** foi respectivamente 63,26%, 67,74% e 67,31% para as áreas 1, 2 e 3. O

coeficiente de flexibilidade, foi 49,01% para a área 1, 46,02% para a área 2 e 42,42% para a área 3. A ocorrência de fibras, em termos percentuais apresentou aumento discreto do centro em direção à periferia. **Camadas de crescimento** pouco evidentes, compostas de fibras achatadas no sentido radial e vasos de diâmetro reduzido, foram ocasionalmente observadas.

Tabela 2- Parâmetros anatômicos dos elementos celulares da madeira na altura de 40cm.

	Área 1	Área 2	Área 3	Md/DP
ELEMENTO DE VASO				
Diâmetro (µm)	119± 34,972 ^a (60-120)	136,667± 36,601 ^a (50-130)	149,667± 23,413 ^a (60-150)	135,111±12568
Quantidade/ área (mm ²)	4,267 ± 1,048 ^a (2-6)	4,167 ± 1,147 ^a (2-6)	4,067 ± 1,112 ^a (2-6)	4,167±0,082
Comprimento (µm)*	540,333±120,157 ^a (300-740)	459,667±101,284 ^b (250-700)	373,667±120,787 ^b (140-710)	457,889±68,052
Largura (µm)	119±34,972 ^a (60-200)	136,667±36,609 ^a (60-190)	149,667±23,413 ^a (110-190)	135,11±12,568
Área ocupada/células (%)	7,1	8,72	10,1	8,64
RAIOS				
Altura (µm)	658,333±123,709 ^a (390-930)	644,333±143,687 ^a (350 - 920)	651,806±117,806 ^a (350 - 920)	651,49±5,72
Largura (µm)	28,673±6,122 ^a (23-46)	26,683±5,53 ^a (18,4 - 39,2)	29,213±6,102 ^a (23 - 43,7)	28,189±1,088
Quantidade/mm*	6,2±0,45669 ^a (5-8)	7,4±0,77 ^{a,b} (6 - 9)	7,567±0,8172 ^b (6 - 9)	7,055±0,609
Área ocupada /células (%)	14,5	18,7	22	18,4
FIBRAS				
Comprimento (µm)	1042,333±141,194 ^a (860 - 1410)	981,667±249,525 ^a (640 - 1660)	1108,33±116,858 ^a (900 - 1430)	1044,111±51,726
Largura (µm)	28,673±4,543 ^a (20,7-34,5)	28,144±4,375 ^a (20,7 - 34,5)	29,593±3,66 ^a (20,7-36,8)	28,803±0,599
Diâmetro (µm)	28,93±4,728428 ^a (20,7 - 39,9)	29,67±4,411752 ^a (20,7 - 36,8)	28,06±4,95714 ^a (16,1 - 34,5)	28,886±0,658
Espessura da parede (µm)*	4,561±0,263 ^a (3,45 - 5,06)	4,836±0,411 ^{a,b} (4,6 - 5,75)	5,124±0,557 ^b (4,14 - 5,75)	4,840±0,23
Fração parede (%)	36,521	32,603	31,535	33,553
Índice de Runkel	0,4609	0,483	0,575	0,506
Coefficiente de Rigidez (%)	63,478	68,464	67,396	66,446
Coefficiente de Flexibilidade	31,006	30,713	31,508	31,075
Grupo de Runkel	II	II	III	
Área ocupada/ células (%)	45,2	41,6	45,6	44,133
PARÊNQUIMA AXIAL (%)	30,2	30	22,3	27,5

Valores correspondentes a média, desvio padrão (amplitude).

* Letras diferentes correspondem à diferença estatisticamente significativa (P<0,05) entre as áreas. Md= média de todas as alturas; DP= Desvio padrão (±).

Tabela 3- Parâmetros anatômicos dos elementos celulares da madeira na altura de 1,30m (DAP).

	Área 1	Área 2	Área 3	Md/DP
ELEMENTO VASO				
Diâmetro (µm)	85,33 ± 18,332 ^a (50-120)	98,333 ± 31,303 ^b (20-130)	92,667 ± 22,732 ^b (50-150)	92,11 ± 5,323
Quantidade/ área (mm ²)*	3,6 ± 0,813 ^a (2 - 5)	3,46 ± 0,89 ^b (2 - 5)	3,5 ± 0,973 ^b (2 - 5)	3,52 ± 0,589
Comprimento (µm)*	520,333 ± 94,813 ^a (350 - 690)	491,333 ± 0,878 ^b (300 - 630)	426,667 ± 0,746 ^b (240 - 560)	479,444 ± 39,152
Largura (µm)*	164,482 ± 31,234 ^a (60 - 230)	155,862 ± 36,89 ^b (100 - 230)	117,58 ± 27,73 ^b (70 - 160)	145,976 ± 20,384
Área ocupada/células (%)	11	10,6	10,5	10,7
RAIOS				
Altura (µm)*	715,357 ± 160,242 ^a (560-940)	989,642 ± 278,825 ^a (580 - 1330)	720,714 ± 222,55 ^a (380 - 1070)	808,5714 ± 128,055
Largura (µm)*	48,571 ± 7,052 ^a (40 - 60)	61,071 ± 8,751 ^b (40 - 80)	62,142 ± 11,661 ^b (40 - 90)	57,261 ± 6,161
Quantidade/mm*	4,785 ± 0,832 ^a (4 - 7)	5,535 ± 0,99 ^b (4 - 7)	5,571 ± 1,168 ^b (4 - 7)	5,297 ± 0,362
Área ocupada /células (%)	14,5	17,6	14,7	15,6
FIBRAS				
Comprimento (µm)*	1040,34 ± 204,24 ^a (730 - 1540)	1096 ± 131,866 ^{a,b} (850 - 1350)	1200 ± 173,904 ^b (900 - 1510)	112,113 ± 66,17
Largura (µm)	24,482 ± 3,713 ^a (13,8 - 29,9)	23,793 ± 2,835 ^a (18,4 - 29,9)	23,82 ± 4,65 ^a (17,1 - 36,8)	24,031 ± 0,319
Diâmetro (µm)	28,710 ± 4,280 ^a (20,7 - 34,5)	29,662 ± 5,006 ^a (20,7 - 34,5)	28,089 ± 5,89 ^a (18,4 - 36,8)	28,820 ± 0,647
Espessura da parede (µm)*	4,630 ± 0,197 ^a (4,14 - 5,06)	4,784 ± 0,602 ^a (3,45 - 5,75)	5,1596 ± 0,489 ^a (4,6 - 5,75)	4,857 ± 0,222
Fração parede (%)	32,256 ^a	32,258 ^a	36,7373	33,750
Índice de Runkel	0,476 ^a	0,48	0,581	0,5123
Coefficiente de Rigidez (%)	63,263 ^a	67,742	67,306	66,103
Coefficiente de Flexibilidade	35,643 ^a	33,932	33,602	34,392
Grupo de Runkel	II	II	III	
Área ocupada/ células (%)	45,4	44,2	47,8	45,8
PARÊNQUIMA AXIAL (%)	29,1	27,6	27	27,9

Valores correspondentes a média, desvio padrão (amplitude). * Letras diferentes correspondem à diferença estatisticamente significativa (P<0,05) entre as áreas. Md= média de todas as alturas; DP= Desvio padrão (±).

Tabela 4- Parâmetros anatômicos dos elementos celulares da madeira na altura de 5,30m.

	Área 1	Área 2	Área 3	Md/DP
ELEMENTO DE VASO				
Diâmetro (µm)	124,332± 24,45 ^a (80-180)	126,667 ± 23,828 ^a (80 - 180)	130 ± 24,494 ^a (90 - 170)	126,991±2,32 6
Quantidade/ área (mm ²)	3,55 ± 0,783 ^a (2 - 5)	3,31 ± 0,849 ^a (2 - 5)	3,068 ± 0,923 ^a (2 - 5)	3,309±0,197
Comprimento (µm)	487,586 ± 103,29 ^a (250- 700)	437,586±104,767 ^a (230 - 740)	502,414±96,756 ^a (300 - 650)	475,862±27,7 33
Largura (µm)	133,793 ± 26,914 ^a (100 - 190)	128,276 ± 30,48 ^a (70 - 200)	142,069±29,806 ^a (80 - 210)	134,712±5,66 7
Área ocupada/células (%)	17,8	10,8	12,7	13,767
RAIOS				
Altura (µm)	635,862±160,924 ^a (340 - 940)	616,551±155,94 ^a (340 - 940)	575,86±164,001 ^a (340 - 920)	609,425±25,0 08
Largura(µm)	43,103 ± 8,064 ^a (30 - 60)	45,172 ± 9,495 ^a (30 - 60)	53,793 ± 9,416 ^a (40 - 70)	47,356±4,629
Quantidade/mm*	5,678 ± 1,056 ^a (4 - 9)	5,354 ± 0,951 ^{a,b} (4 - 7)	5,785 ± 1,524 ^b (4 - 9)	5,605±0,183
Área ocupada /células (%)	15,6	13,6	18,4	15,866
FIBRAS				
Comprimento (µm)	963,793 ± 147,78 ^a (700 - 1410)	976,551±131,537 ^a (790 - 1350)	994,827±134,84 ^a (770 - 1220)	978,390±12,7 36
Largura (µm)*	29,69±3,804 ^a (25,3-39,1)	29,823±5,212 ^{a,b} (18,4-34,5)	29,44±3,742 ^b (20,7-34,5)	29,589±0,159
Diâmetro (µm)	29,821 ± 4,628 ^a (20,7 - 39,2)	29,653 ± 4,982 ^a (20,7 - 43,7)	29,182 ± 4,711 ^a (20,7 - 41,4)	29,552±0,27
Espessura da parede (µm)*	4,756± 0,468 ^a (3,45 - 5,52)	4,756 ± 0,719 ^{a,b} (3,45 - 5,75)	5,167± 0,478 ^b (4,6 - 5,75)	4,893±0,194
Fração parede (%)	31,897	35,410	32,077	33,128
Índice de Runkel	0,468	0,4728	0,5482	0,508
Coefficiente de Rigidez (%)	68,103	67,92244	64,5894	66,346
Coefficiente de Flexibilidade	35,180	34,258	35,305	35,014
Grupo de Runkel	II	II	III	
Área ocupada/ células (%)	37,9	44,3	47,4	42,65
PARÊNQUIMA AXIAL (%)	28,7	31,3	21,5	25,1

Valores correspondentes a média, desvio padrão (amplitude). * Letras diferentes correspondem à diferença estatisticamente significativa (P<0,05) entre as áreas. Md= média de todas as alturas; DP= Desvio padrão (±).

Tabela 5- Parâmetros anatômicos dos elementos celulares da madeira na altura de 9,30m.

	Área 1	Área 2	Área 3	Md/DP
ELEMENTO DE VASO				
Vasos Diâmetro (µm)	81 ± 14,73 ^a (50-120)	83,667 ± 20,924 ^a (40-120)	88,333 ± 15,554 ^a (60 - 120)	84,333±3,031
Quantidade/ área (mm ²)	3,43 ± 0,971 ^a (2 - 5)	3,3 ± 0,987 ^a (2 - 5)	3,267 ± 1,112 ^a (2 - 5)	3,332±0,07
Comprimento (µm)	449 ± 79,971 ^a (220 - 570)	448 ± 64,615 ^a (320 - 550)	545,333 ± 109,591 ^a (230 - 780)	480,777±45,649
Largura (µm)	152,667 ± 34,977 ^a (80 - 230)	141 ± 27,335 ^a (100 - 190)	138,333 ± 38,245 ^a (70 - 220)	144±6,224
Área ocupada/células (%)	10,5	12,3	12,8	11,866
RAIOS				
Altura (µm)	624,138 ± 126,11 ^a (350 - 860)	639,65±153,797 ^a (420 - 960)	622,07 ± 158,08 ^a (320 - 930)	628,621±7,848
Largura (µm)	27,063 ± 5,815 ^a (23 - 46)	25,453 ± 3,57 ^a (23 - 34,5)	27,603 ± 4,437 ^a (23 - 36,8)	26,705±0,913
Quantidade/mm	5,448 ± 1,241 ^a (4 - 8)	5,551 ± 1,212 ^a (4 - 8)	5,655 ± 1,173 ^a (4 - 8)	5,551±0,085
Área ocupada /células (%)	11,5	13,5	14,7	13,233
FIBRAS				
Comprimento (µm)	1001 163,82 ^a (690 - 1330)	984,333±250,94 ^a (100-1610)	1036,67±202,473 ^a (660 - 1510)	1007,333±21,829
Largura (µm)	23,153 ± 3,67 ^a (16,1 - 29,9)	22,616 ± 5,23 ^a (13,8 - 36,8)	24,3933 ± 4,066 ^a (16,1 - 32,2)	27,779±0,744
Diâmetro (µm)	27,243± 4,338 ^a (20,7 - 37,6)	27,167 ± 4,093 ^a (20,77 - 37,6)	26,987± 3,72 ^a (20,7 - 34,5)	27,132±0,107
Espessura da parede (µm)	4,875 ± 0,453 ^a (4,6 - 5,92)	4,941 ± 0,524 ^a (4,6 - 5,98)	5,218 ± 0,551 ^a (4,6 - 5,75)	5,011±0,149
Fração parede (%)	35,279	36,375	38,675	36,776
Índice de Runkel	0,557448	0,571	0,6303	0,586
Coefficiente de Rigidez (%)	64,20759	63,624	61,32445	63,052
Coefficiente de Flexibilidade	37,146	36,131	38,526	37,267
Grupo de Runkel	III	III	III	
Área ocupada/ células (%)	49,5	43,5	51,1	48,333
PARÊNQUIMA AXIAL (%)	28,5	30,7	21,4	26,866

Valores correspondentes a média, desvio padrão (amplitude). * Letras diferentes correspondem à diferença estatisticamente significativa (P<0,05) entre as áreas. Md= média de todas as alturas; DP= Desvio padrão (±).

Tabela 6 - Parâmetros anatômicos dos elementos celulares da madeira na altura de 13,30m.

	Área 1	Área 2	Área 3	Md/DP
ELEMENTO DE VASO				
Diâmetro (µm)*	85,333 ± 18,332 ^a (50 - 120)	98,333± 31,303 ^{a,b} (40 - 130)	92,667 ± 22,733 ^b (50 - 150)	92,111±5,322
Quantidade/ área (mm ²)	2,31 ± 0,849 ^a (1 - 4)	2,413 ± 0,907 ^a (1 - 4)	2,724 ± 0,921 ^a (2 - 4)	2,482±0,176
Comprimento (µm)	448,667 ± 82,951 ^a (250 - 570)	407,333 ± 93,03 ^a (220 - 580)	443,333 ± 97,426 ^a (330 - 760)	433,111±18,357
Largura (µm)	113,103 ± 24,509 ^a (70 - 150)	112,414 ±28,867 ^a (50 - 150)	136,552 ± 17,337 ^a (100 - 170)	120,689±11,22
Área ocupada/células (%)	8,7	11,7	13,1	11,167
RAIOS				
Altura (µm)	537,586 ± 220,027 ^a (260-980)	719,6552 ± 235,182 (350-950)	711,724 ± 167,355 ^a (420 - 940)	656,321±84,021
Largura (µm)	20,245 ± 2,836 ^a (15,1 - 25,3)	20,517 ± 2,902 (15,1 - 25,3)	20,017 ± 3,395 ^a (15,1 - 25,3)	20,259±0,204
Quantidade/mm*	10,62 ± 1,320 ^a (8 - 12)	9,379 ± 1,373 ^{a,b} (7 - 11)	8,31 ± 2,156 ^b (5 - 11)	9,436±0,944
Área ocupada /células (%)	14,4	10,7	10,7	11,933
FIBRAS				
Comprimento (µm)	908,667 ± 147,99 ^a (590 - 1150)	906,667±142,788 ^a (680 - 1130)	939,667 ± 83,727 ^a (740 - 1070)	918,333±15,107
Largura (µm)	25,147±4,268 ^a (20,7-34,5)	24,533±4,452 ^a (20,7-32,2)	25,137±2,884 ^a (20,7-29,9)	24,938±0,287
Diâmetro (µm)	25,027 ± 5,638 ^a (15,1 - 34,5)	24,313 ± 3,304 ^a (18,4 - 29,9)	24,824 ± 2,33 ^a (20,7 - 27,6)	24,721±0,300
Espessura da parede (µm)	4,512759 ± 0,493 ^a	4,6317 ± 0,626 ^a	4,822069 ± 0,557 ^a	4,655±0,127
Fração parede (%)	37,771	38,739	38,849	38,453
Índice de Runkel	0,577	0,587	0,635319	0,599
Coefficiente de Rigidez (%)	63,407	62,986	61,15016	62,514
Coefficiente de Flexibilidade	47,783	44,073	44,482	45,446
Grupo de Runkel	III	III	II	
Área ocupada/ células (%)	45,9	48,31	51,7	48,63
PARÊNQUIMA AXIAL (%)	28,6	31,7	24,5	28,266

Valores correspondentes a média, desvio padrão (amplitude).* Letras diferentes correspondem à diferença estatisticamente significativa (P<0,05) entre as áreas. Md= média de todas as alturas; DP= Desvio padrão (±).

4.2. DENDROMETRIA

Os resultados referentes aos parâmetros dendrométricos para as duas árvores (fuste e galho grosso) são representados na Tabela 7.

Os valores relativos às densidades seca e básica a diferentes alturas e nas três áreas em estudo são apresentadas nas tabelas 8 e 9. Observou-se para nesta espécie um aumento da densidade da base para a copa e não sendo observada diferença estatisticamente significativa do centro para a periferia. Em particular, a densidade ao nível do DAP foi ligeiramente inferior (porém não estatisticamente significante) ao aferido para a altura de 40 cm (Tabela 8).

Tabela 7: Dados dendrométricos do tronco de *Xylopia emarginata* Mart.

	Árvore 1	Árvore 2
Diâmetro inferior dos troncos (cm)	41	30
Diâmetro na altura do peito – DAP (1,30 m)	35	22
Diâmetro superior dos troncos (cm)	15	10
Altura do tronco (m)	13,3	12
Área basal do tronco (m ²)	0,0962	0,0380
Fator forma do tronco	0,36	0,33
Volume do tronco (m ³)	0,994	0,87538
Volume dos galhos (m ³)	0,10198	0,003996
Biomassa total das árvores (kg)	1 343,16	1 290,56

Tabela 8: Densidade seca de *Xylopia emarginata* a diferentes alturas:

Densidade Seca (g/cm³)				
Alturas (m)	Área 1	Área 2	Área3	Média/áreas
0,40	0,663 ^a	0,664 ^a	0,678 ^a	0,668
1.30	0,662 ^a	0,675 ^a	0,665 ^a	0,667
5,30	0,687 ^a	0,690 ^a	0,697 ^a	0,691
9,30	0,707 ^b	0,710 ^b	0,710 ^b	0,709
13,30	0,710 ^c	0,719 ^c	0,716 ^c	0,715
Média de todas as áreas e alturas: 0,69				
Índices diferentes significam diferença estatisticamente significativa (P<0,05)				

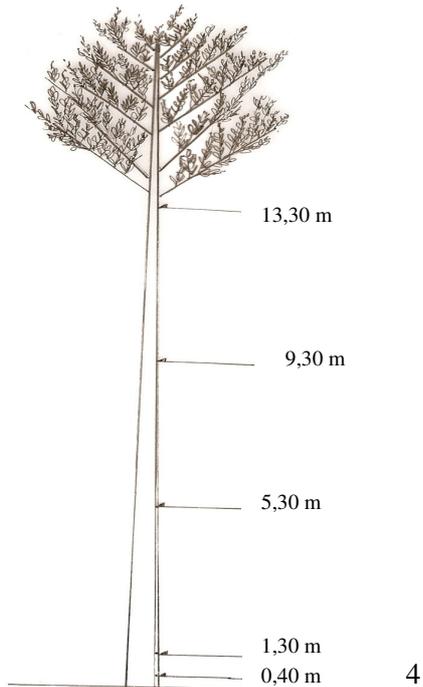
Tabela 9: Densidade básica de *Xylopia emarginata* a diferentes alturas.

Densidade Básica (g/cm³)				
Altura (m)	Área 1	Área 2	Área 3	Média/áreas
0,40	0,661 ^a	0,603 ^a	0,624 ^a	0,629
1.30	0,623 ^a	0,658 ^a	0,629 ^a	0,637
5,30	0,632 ^a	0,648 ^a	0,644 ^a	0,641
9,30	0,665 ^b	0,679 ^b	0,676 ^b	0,674
13,30	0,706 ^c	0,708 ^c	0,718 ^c	0,711
Média de todas as áreas: 0,65				
* Índices diferentes significam diferença estatisticamente significativa (P<0,05)				

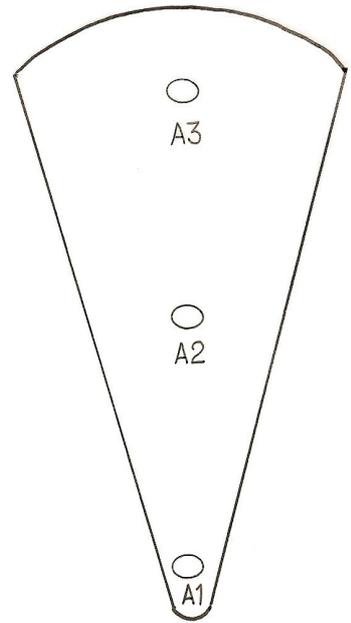
4.3- FIGURAS



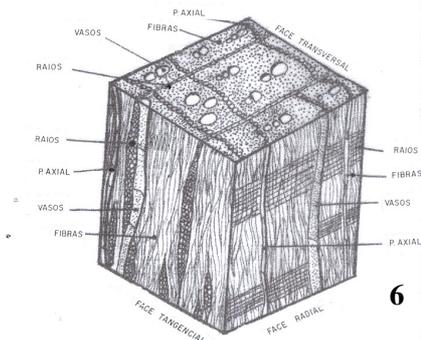
Figura 1: Perfil de espécimes emergentes acima do dossel da floresta, presentes em mata ciliar em galeria, no centro, *Xylopia emarginata* Mart. (seta). **Figura 2:** Formação das copas em áreas abertas com muita insolação, mostrando a formação de copas a baixas alturas. **Figura 3:** aspecto geral da exsicata de *Xylopia emarginata* Mart. (Herbário UB s/n , J. Elias de Paula 3690); folhas emarginadas; frutos apocárpicos baciformes (seta).



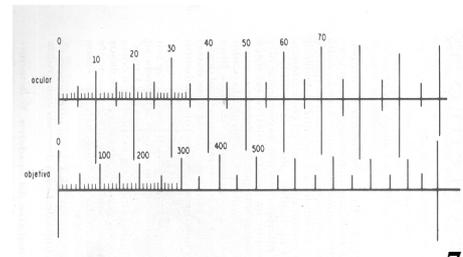
4



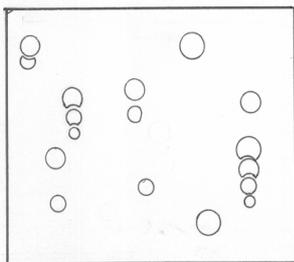
5



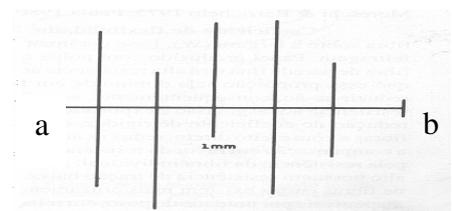
6



7



8



9

Figura 4: Altura dos discos no fuste. **Figura 5:** Amostra em forma de cunha (áreas destinadas aos cortes histológicos e medidas de densidade). **Figura 6:** Cortes nos planos radial, tangencial. **Figura 7:** Fator de correlação na escala ocular. **Figura 8:** Área utilizada na contagem de vasos por mm², conforme. **Figura 9:** Contagem de raios por mm linear (método de contagem), onde a__b corresponde a 1mm (De Paula e Alves, 1997).

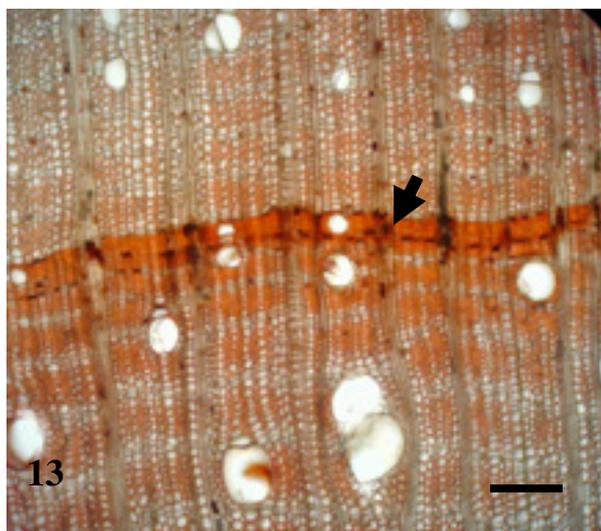
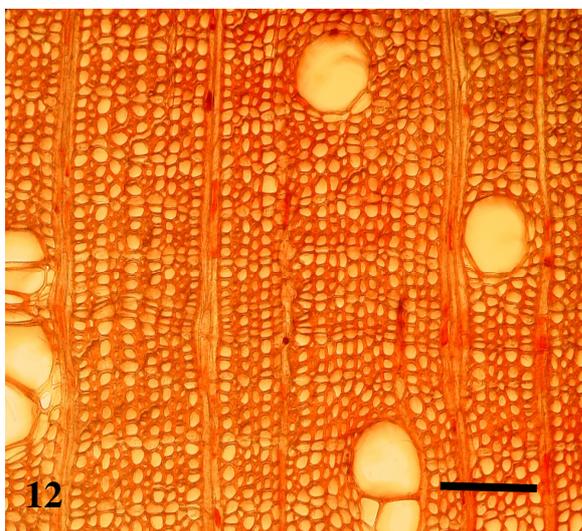
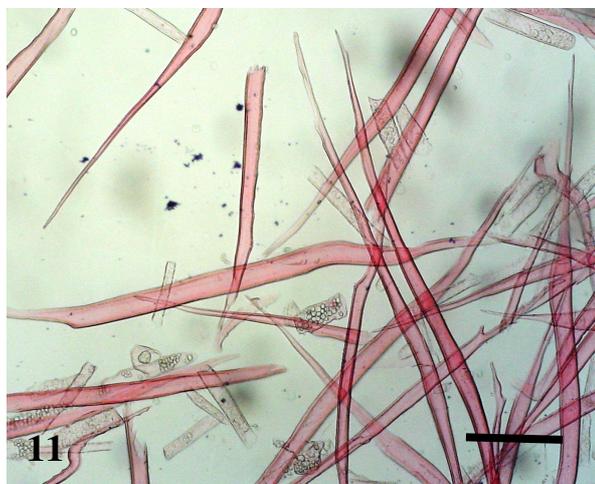
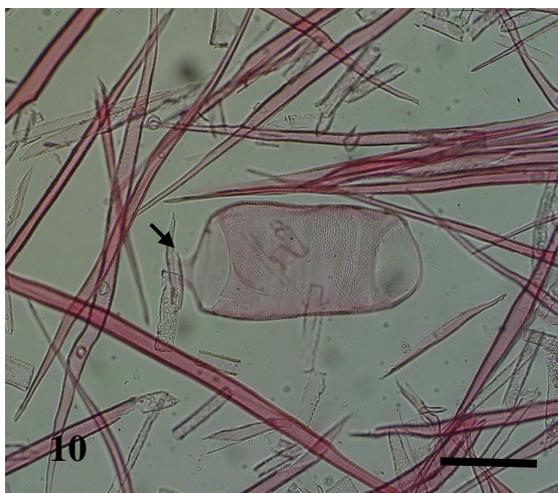


Figura 10: Material dissociado evidenciando elemento de vaso com placa de perfuração simples com apêndice em uma das extremidades (seta); barra 200 μ m. **Figura 11:** Fibras libriformes na altura de 40cm; barra 200 μ m. **Figura 12:** Plano transversal na altura de 1,30m; presença de vasos difusos, solitários, geminados e múltiplos, parênquima axial de duas a 3 células de largura; barra 200 μ m. **Figura 13:** plano transversal, a 1,30m, área 3, presença de camadas de crescimento (seta), evidenciadas pela presença de vasos de diâmetro pequeno e fibras achatadas; barra 150 μ m.

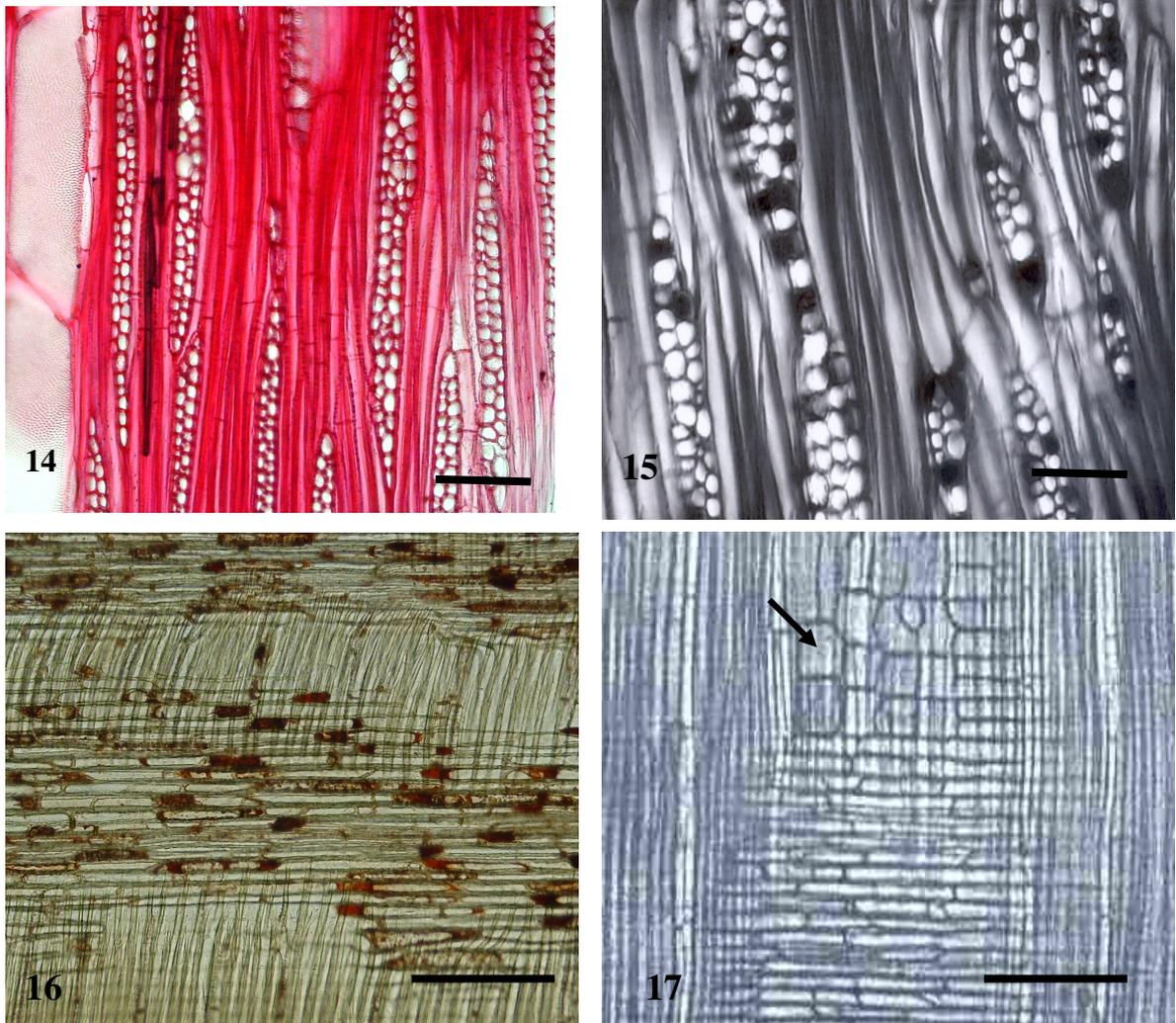


Figura 14: Plano tangencial, à altura de 1,30m, área 1: evidenciando raios 2-3 seriado; barra 200 μ m. **Figura 15:** Plano tangencial, à altura de 40cm, área 2, mostrando raios 3-4 seriados; barra 100 μ m. **Figura 16:** Plano radial, à altura de 1,30m, área 2, evidenciando raios homogêneos; barra 300 μ m. **Figura 17:** Corte radial, área 1, evidenciando raios heterogêneos com células procumbentes e quadradas; barra 300 μ m.

5- DISCUSSÃO

Abordaram-se no presente estudo aspectos anatômicos e dendrométricos de *Xylopia emarginata* com o objetivo de obter informações sobre as características anatômicas e referenciais dendrométricos com vistas a orientar o uso mais apropriado da madeira, notadamente para a produção de energia e produção de polpa para papel. A pesquisa das características anatômicas e dendrométricas de madeira são quesitos básicos para se inferir seu melhor aproveitamento como matéria-prima (De Paula & Alves, 1997; Magalhães, 1988). De todo modo, o uso tecnológico também sofre influências de quaisquer outros fenômenos físicos que possam ocorrer na madeira durante o beneficiamento, e pesquisas nesses sentidos são facilitadas se houver como base um sólido conhecimento anatômico.

Com relação aos parâmetros dendrométricos, a área basal é um parâmetro que orienta também a elaboração de plano de manejo e enriquecimento florestal, tendo em vista a revelação da área ocupada por cada tronco das espécies ocorrentes nos hectares, objeto de manejo. O fator ou índice de forma é um parâmetro que avalia o grau de conicidade do tronco e varia de zero a 1. Quanto mais perto de 1, maior é a tendência a semelhar a um cilindro e quanto mais perto de zero maior é o grau de conicidade. O estudo da densidade é um dos parâmetros utilizados na qualificação da madeira para o uso tecnológico (IPT, 1988).

A área basal média das duas árvores foi de 0,0671m², portanto muito baixa. Em função disso a copa da espécie estudada é muito reduzida, piramidal, ocupando, portanto pouco espaço, porém alta, entre 15 e 20m.

O fator de forma médio das duas árvores foi de 0,38. A determinação desse parâmetro permitiu indicar que as seções dos fustes de *Xylopia emarginata* assemelham-se aos dos sólidos truncados, ou seja, com grau de conicidade alto. De Paula *et al.* (1996) indicou o valor médio do índice de 12 troncos de *Xylopia emarginata* da ordem de 0,40.

Xylopia emarginata apresenta quantidade de biomassa moderada, visto se tratar de uma madeira com densidade em valores médios. O alto grau de conicidade, infere

que o tronco não é apropriado para o uso madeireiro, pois implicaria em grande desbaste e desperdício (De Paula & Alves, 2007), embora haja citações de seu uso para este fim (Fonseca *et. al.*, 2005). Árvores de maior idade apresentam maiores valores de biomassa (De Paula, 2006, De Paula & Alves, 2007).

Observou-se para esta espécie aumento da densidade da base para a copa, porém não do centro (cerne) para a periferia (alburno). A densidade depende da distribuição percentual dos elementos celulares no lenho (IPT, 1988) principalmente da quantidade e da qualidade das fibras presentes no lenho. Em *Xylopia emarginata*, as fibras ocupam quase a metade do espaço, com valores aproximados a 45%, junto a outros elementos celulares. A literatura mencionada registra a densidade de *Xylopia emarginata* da ordem de 0,52 g/cm³ no DAP (De Paula & Alves, 1997).

Tomazello (1985, 1987) enfatiza o aumento da densidade no sentido centro-casca. De Paula (2003) também constatou aumento da densidade partindo do centro (lenho juvenil) em direção ao alburno. O aumento da densidade partindo da base para a copa e do centro para a periferia também foi constatado nas pesquisas feitas por e Carneiro (2006). De Paula *et al.* (inédito) também aferiram em *Copaifera langsdorffi* Desf. aumento da densidade da base em direção à copa.

A variação nos valores de densidade também pode ser decorrente de amostras obtidas na região de um nó do galho ou próximo, onde a madeira é mais dura, cujas fibras possuem parede bem mais espessa em relação às fibras das partes sem nó (“entre-nó”). Enfatiza-se que o aumento de densidade próximo à copa deve-se a um reforço contra o efeito de alavanca exercido pelos galhos. Se a densidade na base da copa fosse menor, o torque exercido pelos galhos promoveria a ruptura de toda a estrutura do fuste (Vasconcelos, 2000). Além disso, a madeira da parte superior é formada quando a árvore tem mais idade, como efeito é mais densa como ficou claro no parágrafo anterior. Por exemplo, a densidade na altura de 5,30m é maior em relação à densidade na altura de 1,30m, portanto mais dura e resistente; nas partes mais baixas do tronco a madeira é mais leve, menos resistente, contudo a compensação em termos de resistência é decorrente do aumento do diâmetro, incremento resultante da atividade do meristema secundário lateral (câmbio vascular). Panshin & Zeeuw (1980) afirmam que dependendo da espécie a densidade da madeira aumenta da base em direção ao ápice ou

aumenta e diminui em determinada altura ou diminui e depois aumenta, o que reflete as diferentes sobrecargas mecânicas que atuam no vegetal em função do torque exercido pelo próprio fuste diante das intempéries climáticas (ventos). Magalhães (1988) também constatou aumento da densidade da madeira de *Terminalia phaeocarpa* da base em direção à copa.

Em outros trabalhos consultados, a densidade da madeira foi medida apenas à altura do DAP (a 1,30m). De acordo com os nossos resultados, o estudo realizado em amostras do alburno colhidas somente na altura de 1,30m pode não representar o tronco como um todo. Para o planejamento de plantio, manejo de florestas com vistas à produção de madeira destinada à produção de papel e geração de energia o ideal é estudar a madeira em várias alturas e áreas das amostras circulares do fuste, fornecendo aos empresários do ramo a densidade média; assim eles podem calcular com maior segurança a quantidade de madeira que suas empresas vão consumir.

Aferiu-se que a densidade básica (Tabela 9) foi menor em relação à densidade seca (Tabela 8), isso é explicado porque a amostra teve seu volume aumentado em função da re-hidratação até atingir o peso constante. A densidade básica reflete o grau de umidade do ambiente onde está a madeira para ser usada, pois quando se usa a madeira para produzir carvão ou papel, por exemplo, ela não está a 12% ou 13% (densidade seca) de umidade, ou seja, a umidade está mais alta, razão pela qual a ABNT recomenda a densidade básica para efeito de cálculos.

De Paula *et al.* (1996) constataram 12 árvores de *Xylopia emarginata* num hectare de mata ciliar em galeria do Córrego dos Macacos, município de Santo Antônio do Descoberto, Goiás e o rendimento per capita foi da ordem de 62,35kg de madeira seca. Essa diferença acentuada reside no menor diâmetro das 12 árvores estudadas pelos autores citados, cuja média foi de 12cm no DAP, pois estudaram árvores com DAP a partir de 5cm. Além disso, se o diâmetro foi menor é evidente que a altura certamente foi menor. Isso indica que as 12 árvores eram mais jovens em relação às duas árvores estudadas neste trabalho, razão pela qual, nestas duas a densidade foi bem maior em relação à constante da literatura (0,52g/cm³). O rendimento médio per capita das duas árvores estudadas foi da ordem de 690,6kg. Por outro lado, Heringer & De Paula

(1989) constataram 134 árvores de *Xylopia emarginata* em 3,525 hectares, sendo que o diâmetro médio foi de 20,7 cm e o volume per capita de 0,212 m³ de madeira.

Com relação aos parâmetros anatômicos, o coeficiente de rigidez, conhecido também na literatura equivocadamente por coeficiente de flexibilidade avalia o grau de colapso (achatamento) que as fibras sofrem durante o processo de fabricação do papel em relação à espessura da parede. Um tipo de papel produzido com polpa que apresenta grandes proporções de fibras de parede fina apresenta alta resistência ao rasgo, estouro e à tração, porém à medida que essa proporção diminui em favor das fibras de parede espessa reduzir-se-ão conseqüentemente as resistências referidas e se elevará a resistência ao rasgo. Isso pode ser explicado pelo aumento do Índice de Runkel e pela redução do coeficiente de rigidez, diminuído a intensidade de colapso das fibras e com efeito direto, reduz as áreas de contatos da parede de cada fibra. Neste caso a compensação em favor da resistência ao rasgo é proporcionada unicamente pela resistência da fibra individual. Portanto quanto mais fina for a parede das fibras, maior será o grau de colapso em função da maior flacidez, resultando em maior partes de contatos da parede, proporcionando maior resistência da fibra individual e conseqüentemente do papel como um todo.

Fibras com maior coeficiente de flexibilidade possuem resistência de tração baixa, implicando que em polpas refinadas de fibras curtas apresentam mais cruzamentos entre si e mais áreas de ligações disponíveis por unidade de peso, em relação à polpa de fibras longas. O oposto é um alto coeficiente de flexibilidade que evidencia alta resistência ao rasgo, que como efeito do comprimento das fibras (Moreschi, 1975; De Paula, 1981).

Também, deixa-se bem claro que dentro do contexto tecnológico, não é importante o tipo de parênquima axial, ou seja, se é paratraqueal ou apotraqueal, vasicêntrico ou confluyente, ou se os raios são homogêneos ou heterogêneos. O que importa é a quantidade de parênquima axial, parênquima radial, fibras e vasos.

Os dados obtidos neste estudo estão de acordo com trabalhos presentes na literatura tanto para as características anatômicas (Metcalf & Chalk, 1950; De Paula e Alves, 1997) quanto para as dendrométricas (Salles & De Paula, 1979; De Paula & Alves, 1997 e 2007). Entretanto, consta que as fibras a partir da altura de 9,30

apresentaram um aumento mais acentuado na quantidade destas em relação às alturas inferiores, igualmente a espessura da parede e a fração parede, refletindo na elevação da densidade.

Xylopia emarginata apresenta quantidade de biomassa moderada, visto se tratar de uma madeira com densidade em valores médios.. Árvores de maior idade apresentam maiores valores de biomassa (De Paula, 2006, De Paula & Alves).

Também, a espécie utilizada possui vasos de diâmetro pequeno, poucos numerosos e curtos, ocupando até 11% do espaço total da madeira. O parênquima axial geralmente é apotraqueal em faixas curtas e estreitas (De Paula & Alves, 1997), escasso, ocupando em média 29% do espaço celular. O parênquima radial, acerca de 15%, o que representa uma madeira com pouca tendência ao fendilhamento. As fibras são moderadamente abundantes, de parede pouco espessa, ocupando um espaço em torno de 40% no espaço total de células. Segundo De Paula & Alves (1997) a espécie é apontada para a fabricação de celulose e papel. Deixa-se bem claro que dentro do contexto tecnológico, não é importante o tipo de parênquima axial, ou seja, se é paratraqueal ou apotraqueal, vasicêntrico ou confluyente, ou se os raios são homogêneos ou heterogêneos. O que importa é a quantidade de parênquima axial, parênquima radial, fibras e vasos.

Xylopia emarginata ocorre em solo hidromórfico, não obstante apresenta camadas de crescimento bem características (Figura 13). Outras espécies que vivem neste tipo de ambiente e em solos hidromórficos de mangues também apresentam camadas de crescimento, tais como, *Calophyllum brasiliense* Camb., *Talauma ovata* St. Hil., *Avicena nitida* Jacq. (do mangue), *Annona glabra* L. (estuarina) e *Virola urbaniana* Warm. de mata ciliar (De Paula, 2006; De Paula & Alves, 1997; De Paula & Mendonça, 1979). Luchi (2004) relata que a diminuição da atividade cambial é consequência da baixa umidade no solo. De Paula (2006) cita fatores desconhecidos ou poucos conhecidos, como oligotrofismo do solo, fatores genéticos, acidez do solo, alta salinidade do solo, como também determinantes na formação de camadas de crescimento.

Embora a aferição dos elementos celulares permite inferir sobre as características da madeira destinadas ao uso energético ou à produção de papel, várias

medidas simples e usualmente utilizadas para caracterização taxonômica não foram considerados. Inúmeras espécies catalogadas e identificadas quanto aos caracteres biológicos e à qualificação de madeira destinada à produção de papel e celulose. Dentre os parâmetros utilizados para esta qualificação estão o índice de Runkel, o coeficiente de rigidez e o coeficiente de flexibilidade. Em *X. emarginata*, a aferição média de todos os padrões confirmam o potencial da madeira para a fabricação de papel. O valor médio do índice de Runkel foi 0,53 para todas as alturas, indicando que a madeira como um todo é boa para a produção de papel, embora as alturas de 9,30m e 13,30m apresentassem valores mais altos. Esta diferença pode estar associada ao aumento da espessura da parede, maior nestas alturas. Ecologicamente os vasos obedecem à descrição de lenhosas tropicais (Baas, 1982; Carlquist, 1975, 1977, 1988). Embora contasse vários vasos múltiplos e em cacho, a baixa frequência dos mesmos por área milimétrica, o afeta a qualidade de conservação da madeira (Coradin & Muñiz, 1992; De Paula & Alves, 1997).

A qualidade das fibras, semelhantes às utilizadas presentes em espécies papeleiras, como *Pinus* (Brito & Barrichello, 2004), apontam a espécie propícia para produção de papel.

O valor médio do índice de Runkel foi 0,53 pra todas as alturas, indicando que a madeira como um todo, é boa para a produção de papel, embora nas alturas de 9,30m e 13,30m, a madeira apresente valores mais altos. Esta diferença pode estar associada ao aumento da espessura da parede. Ecologicamente os vasos obedecem à descrição de lenhosas tropicais (Baas, 1982; Carlquist, 1975, 1977, 1988).

6- CONCLUSÕES

Analisando os parâmetros anatômicos e dendrométricos, conclui-se que:

A – Há semelhança anatômica em todas as alturas do fuste.

B – Segundo os resultados anatômicos e dendrométricos, a madeira de *Xylopia emarginata* pode ser recomendada para produção de papel.

C – Embora as características anatômicas da madeira indiquem como sendo boa para obtenção de laminados, porém a mesma não deve ser recomendada para essa finalidade, tendo em vista o grau de conicidade elevado.

D - A densidade da madeira aumenta da base em direção à copa.

E - O estudo da densidade em árvores deve ser conduzido em amostras de várias alturas do fuste e em três ou mais áreas, a partir do lenho juvenil até ao alburno.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE (Associação Brasileira de Carvão Vegetal). **Anuário Estatístico**. Belo Horizonte, 1993.
- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (eds.) **Cerrado: Ecologia e Caracterização. Planaltina** - DF. Embrapa Cerrados, 2004.
- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, 464 p.,1988.
- ALVES, E. & V. ANGYALOSSY-ALFONSO. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v.21, p. 3-30. 2000.
- ANGYALOSSY, V.; AMARO, E.; ALVES, E. S. Madeiras utilizadas na fabricação de arcos pra instrumentos de corda. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, n.4, p.819-834, 2005.
- BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 443 p., 1999.
- BARRICHELO, L. E. G.; FOEKEL, C. E. B. Processo: ácido nítrico e acético para maceração de madeira. *In: Anais do Congresso Florestal Brasileiro*, Belo Horizonte, p. 732-733, 1983.
- BASS, P. Systematic, Phylogenetic and ecological wood anatomy- history and perspectives. *In* : P. Bass (edl.) **New perspectives in wood anatomy**. Martinus Nujhoff Publichers, The Hague, p. 23-58;1982.
- BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. FUNPEC-Editora. Ribeirão Preto, SP, 274p., 2002.
- BRITO, J. O.; FERRAZ, F. S. B.; BARRICHELO, L. E. C., COUTO, J. T. A adubação mineral e seus efeitos sobre os anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. **IPEF**, n.32, p.5-17,1986.
- BRITO, J. O.; BARRICHELLO, L. E. G. Correlação entre teor de lenho e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. **IPEF**; Circular técnica n. 30, 2004.

- CARLQUIST, S. **Ecological strategies in xylem evolution**. Univ. California Press Berkeley, 1975.
- CARLQUIST, S. Ecological factor in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany**, n.64; p. 887-896, 1977.
- CARLQUIST, S. **Comparative wood Anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledons wood**. Springer-Verlag, New York, 1988.
- CARNEIRO, R. S. **Influência de defeitos de crescimento e das dimensões de traqueídeos nas propriedades de densidade e flexão estática da madeira de *Pinus caribea***. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, UnB, 2006.
- CASTELLANI, E. D.; DAMIÃO-FILHO, C. C.; AGUIAR, I. B. Caracterização morfológica do frutos e semente de espécies arbóreas do gênero *Xylopia* (Annonaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n.1, p. 205-211, 2001.
- CORADIN, V. T. R. & MUÑIZ, G. I. B., Normas de procedimentos em estudo de anatomia de madeira: I - Angiospermae. **Laboratório de Produtos Florestais (LPF)**, n.15, p. 1-13. 1992.
- CORRÊA, A. A.; LOBATO, R.F.& LUZ, C.N.R. **Estudo papelero de madeiras da Amazônia**. INPA, Manaus, Amazônia, 36 p. 1970.
- CORRÊA, A. A.; LUZ, C. N. R.; CORRÊA, C. M. Essências papeleras de reflorestamento: 8 madeiras nativas da Amazônia. **Acta Amazonica**, n. 15(3-4), p.371-402, Manaus, 1985.
- CORRÊA, B. S.; BERG, E. V. B. Estudo da dinâmica da população de *Xylopia brasiliensis* Sprengel em ralação a parâmetros populacionais e da comunidade em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Cerne**, v. 8, n. 1, p.1-12, 2002.
- COTOTHIE, H. **Glosario Inaternacional de términos utilizados em anatomia de maderas** (versión Castellana). Universidad de Los Andes- Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela, 1970.
- DE PAULA, J. E. Estudo da estrutura anatômica e de algumas propriedades físicas da madeira de 14 espécies ocorrentes em área de Caatinga. **Brasil Florestal**, n.43, 1980.

- DE PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta amazonica**, v. 33, n.2, p.243-262, 2003.
- DE PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de espécies nativas do Cerrado, visando sua utilização na produção de energia. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 90-100, 2005.
- DE PAULA, J. E. **A natureza revelada por um selvagem**. Brasília, MOA, 212 p., 2006.
- DE PAULA, J. E.; HERINGER, P. E. Anatomia do lenho secundário de *Annona glabra* L. (Annonaceae), algumas propriedades físicas da madeira e análise crítica da grafia do gênero. **Anais do XXV Cong. Nac. Botânica**, Mossoró, RN, 1974.
- DE PAULA, J. E.; HERINGER, P. E. Anatomia comparada das espécies *Annona glabra* L. e *A. salzmanni* DC. (Annonaceae) ocorrentes no nordeste brasileiro (Pernambuco). **Trabalhos do XVI Congresso Nacional de Botânica**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p. 465-474, 1977.
- DE PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; MENDONÇA, R.C.; LEÃO, D. T. Estudo dendrométrico e ecológico de Mata Ripária da região Centro-oeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 43-55, 1990.
- DE PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, B. A.; MENDONÇA, R. C. Inventário de um hectare de Mata Ripária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 143-152, 1993.
- DE PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, B. A.; PEREIRA, B. A. Inventário de um hectare de Mata Ripária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 143-152, 1993b.
- DE PAULA, J. E.; CARDOSO, E. N. Anatomia e dendrometria da madeira de *Pterodon polygalaeflorus* e *P. pubescens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.1, p.15-29, 1995.
- DE PAULA, J. E.; IMAÑA -ENCINAS, J.; SILVA PEREIRA, B. A. Parâmetros volumétricos e da biomassa da mata ripária do córrego dos Macacos. **Cerne**, v. 2, n. 2, p. 091-105, 1996.

- DE PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras Nativas–anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília, MOA, 543 p.,1997.
- DE PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras Nativas–anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília, MOA, 2007.
- DE PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; SUGIMOTO, N. Levantamento quantitativo em três hectares de vegetação de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 613-620, 1998.
- DE 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**, n.58, p. 73-89, 2000.
- DE PAULA, J. E.; COSTA, W. A.; ALVES, J. L. H. Caracterização anatômica da madeira de *Brosimum guianense* (AUBLET) HUBER., com vistas à produção de energia e papel. **LXI Congresso Nacional de Botânica**. Resumo, p. 118, 2001.
- DIAS, B. F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Fundação Pró-Natura, Brasília. 1996.
- DICIONÁRIO DA BÍBLIA, Edição Ecumênica, 1980.
- ESPANHA, J. R. **Cubagem de árvores, lenha e madeiras**. Porto, Coleção Agricultura Moderna, v. 4, p. 10, 1977.
- FEDALTO, L. C.; MENDES, I. C. A.; CORADIN, V. T. R. **Madeiras da Amazônia: descrição do linho de 40 espécies ocorrentes na floresta nacional de Tapajós**. IBAMA, 156 p., 1989.
- FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus* spp. para a produção de celulose e sulfato. **IPEF**, v. 10, p. 17-37, 1971.
- FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G. Relações entre características de madeira e propriedades da celulose e papel. **O Papel**, n.36; p. 45-53; 1975.
- FONSECA, C. N.; LISBOA, P. L. B; URBINATI, C. V. A Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 1, p. 65-140, 2005.

- HERINGER, E. P.; DE PAULA, J.E. Anatomia do lenho secundário de *Annona glabra* L. (Annonaceae), algumas propriedades físicas da madeira e análise crítica da grafia do gênero. **Acta Amazonica**, v. 6, n. 4, p. 423-432, 1976.
- HERINGER, E. P.; DE PAULA, J. E. Contribuição para o conhecimento ecodendrométrico de matas ripárias da região Centro-Oeste brasileira. **Acta Botanica Brasilica**, v. 3. n. 2, p. 33-42; 1989.
- IAWA–International Association of Wood Anatomy. List of microscopic features hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n.3, p. 220-359, 1989.
- IMANÃ-ENCINAS, J.; De PAULA, J. E. Fitossociologia em la regeneracion natural de un bosque de galeria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.3, p.355-362, 1994.
- IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Celulose e Papel – Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. IPT/ SENAI, 2ª ed., São Paulo, n. 1, 558 p., 1988.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F. **Plant systematic: a phylogenetic approach**, 2ª ed., Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts, USA, 232 p., 1999.
- KERR, W. E. Considerações sobre a situação florestal brasileira. Revista **Ciência e Cultura**, v. 29, n. 3, p. 269-283, 1977.
- KRAUS, J.; ARDUIM, M. **Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal**. Seropédica, Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural, 1997.
- LIMA, A .F.; JARA, E. R. P. e AFONSO, V. A. Madeira como matéria-prima para fabricação de pasta celulósica. *In*: IPT/ SENAI. **Celulose para papel**. São Paulo, v. 2: 129-319, 1988.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 2., 352 p. 1998.
- LOUREIRO, A. 1970. Contribuição ao estudo anatômico da madeira de anonáceas da Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Boletim do INPA** ,n. 15, 1970.
- LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. **Catálogo de madeiras da Amazônia**, v. 1, Belém, SUDAM, 433p., 1968.

- LUCHI, A. E. Estudo anatômico em espécies de mata ciliar da Serra do Cipó (MG).
Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- LUCHI, A. E. Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. E anatomia ecológica do lenho de espécies de Mata Ciliar. **Tese de Doutorado**, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- LUCHI, A. E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 271-280, 2004.
- LUCHI, A. E.; SILVA, L. C. P.; MORAES, M. A. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) em áreas do Cerrado e plantações de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 4, 2005.
- MAGALHÃES, M. P. **Caracterização anatômica e dendrométrica de *Terminalia phaeocarpa* Eich. (Combretaceae) com vistas à sua utilização adequada.** Dissertação de Mestrado, Brasília, UnB, 104 p., 1998.
- MANTOVANI, W. A degradação dos biomas brasileiros. *In*. **Patrimônio ambiental brasileiro**; W.C. Ribeiro (org.). Ed. Universidade de São Paulo (EDUSP), São Paulo, p. 367-430, 1989.
- MARTINS, D. G., WATZLAWICK, L. F., SANQUETTA, C. R. E CANZI, S. M. Densidade básica da madeira de congonha (*Ilex microdonta* Reiss.) ao longo do fuste. **Revista Científica e Cultural**. UFSM, v. 26, n. 2, p. 33-42, 2004.
- MARTIUS, C. F. P. **Flora Brasiliensis**, v. XIII, part. I, Ed. Wheldon & Wesley, New York, p. 1-46, 1967.
- MEDEIROS, J. X. Avaliação econômico-ecológica da produção de carvão-vegetal na bioenergia brasileira. *In*: May Piter. **Economia Ecológica: aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro, 179 p., 1995.
- MESQUITA, M. L.; DESRIVOT, J, BORIES, C. FOURNET, A.; DE PAULA, J. E. Antileishmanial and trypanocidal activity of Brazilian Cerrado plants. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 100, n.7, 2005.
- METCALFE, C. R. & CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol. 1. Clarendon Press, Oxford, 1950.

- METCALFE, C. R. & CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons: Magnoliales, Illiciales and Laurales**. Vol. 3. Scienca Publications, Oxford, 1987.
- MISTRY, J. **Wood Savannas – Ecology and Human Use**. Prentice Hall: Pearson Education. University of London, p. 26-56, 2000.
- MORESCHI, J. C. **Levantamento da qualidade da madeira em plantações artificiais de *Pinus elliotti* nos estados do sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Curitiba, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 148 p., 1975.
- OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA-LÚCIA, R. M.; VITAL, B. R. Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira de pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hil.).IV. Densidade, umidade e secagem da madeira. **Revista Árvore**, v. 14, n. 2, p. 139-154. 1990.
- OLIVEIRA, A. P.; SCHIAVINI, I. Ecologia de população de *Xylopia emarginata* Mart. (Annonaceae) em mata de galeria inundável, Uberlândia, MG. **Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Fortaleza, p. 379-380, 2003.
- PAIVA, J. G. A.; FANK-DE-CARVALHO, S. M.; MAGALHÃES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500®; uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta. Botanica Brasilica**, v. 20, n. 2, p. 257-265, 2006.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology**. New York, MC Graw-Hill Book, 705 p., 1980.
- PETTERSEN, R. C. The chemical composition of wood. In Rowell. R. (Ed.). **The chemistry of solid wood**. Us. Department of Agriculture, American Chemical Society, Washington, D.C., 1984.
- PORTO, M. L.; LONGHI, V.; CITADINI, R. F. RAMOS, M. Levantamento fitossociológico em uma área de “mata-de-baixio” na Estação Experimental Tropical - INPA - Manaus. **Acta Amazonica**, v. 6, n.3, p. 301-318, 1976.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. Fitofisionomias do Cerrado. In: S. M., Sano e Almeida, S. P. **Cerrado, Ambiente e Flora**, p. 87-166, 1998.
- SALLES, A. E. H. & De Paula, J. E. Estudos da Pindaíba da mata ciliar inundada do Distrito Federal (*Xylopia emarginata* Mart.) Annonaceae; **Anais do XXX Congresso Nacional de Botânica**, p. 9-16, 1979.

- SAMPAIO, A. B.; NUNES, R. V.; WALTER, B. M.T. Fitossociologia de uma mata de galeria na fazenda sucupira do CENARGEN, Brasília/DF. *In:* Leite, L. L. & Saito, C. H. (org.). **Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado**. Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília, p. 29-37, 1997.
- SANTOS, C.P. **Anatomia do lenho de *Tibouchina pulchra* Cogn. e *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naud. (Melastomataceae) como registro temporal da poluição atmosférica proveniente do complexo industrial de Cubatão**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica da Secretaria de Meio Ambiente; São Paulo, 2005.
- SILVA JÚNIOR; FELFILI, J. M. Florestas Nativas. *In:* Dias B F. S. (coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: Fundação Pró-Natura, 1996.
- SVOMA, E. Studies on the embryology and gynoecium's structures *Drimys winteri* (Winteraceae) and some Annonaceae. **Plant-Systematics-and-Evolution**. V. 209(3-4), 205-229 p., 1998.
- TOMAZELO, M. F. Variação radial da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, v. 29, p. 37-45, 1985.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. Pellita*, *E. acmeniades*. **IPEF**, n. 36, p. 35-42, 1987.
- URBINATI, C. V.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, E. A. M. & LISBOA, P. L. B. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.3, p.21-438. 2003.
- VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M. **Introdução ao estudo da madeira como fonte de energia**. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 35p., 1997.
- VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M. ; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acácia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 2, p. 85-92, 1999.
- VASCONCELOS, A. C. **Estruturas da Natureza—um estudo da interface entre Biologia e Engenharia**. São Paulo, Studio Nobel, 311 p., 2000.

- VILELA, D. F. **Estratégias para a recuperação da vegetação no entorno de nascentes**. Dissertação de Mestrado. Lavras; UFLA, Lavras, Minas Gerais, 71 p., 2006.
- VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa: SIF. **Boletim Técnico**, n.1, 21 p., 1984.
- WALTER, B. M. T. **Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal**: florística e fitossociologia. Tese de Mestrado, Brasília: UnB, Departamento de Ecologia, 200p, 1995.
- ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Tree's structure and function**. Springer-Verlag; Berlin; 1971.
- ZOHARY, M. **Flora da Palestina**. Ed. Litho-Ofset Ziv, Jerusalém, 29 p., 656 fig., 1972.