



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Departamento de Botânica

**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**



**ANATOMIA ECOLÓGICA E DENDROLOGIA DE *Eugenia sonderiana* O.  
Berg E *Eucalyptus saligna* Sm. NA SERRA DO CIPÓ – MG**

**LUCIANA DE MOURA SEABRA DA COSTA**

Belo Horizonte – MG  
2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Departamento de Botânica

**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**



**LUCIANA DE MOURA SEABRA DA COSTA**

**ANATOMIA ECOLÓGICA E DENDROLOGIA DE *Eugenia sonderiana* O.  
Berg E *Eucalyptus saligna* Sm. NA SERRA DO CIPÓ – MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de concentração: Morfologia Vegetal

Orientadora: Profa. Dra. Rosy Mary dos Santos Isaias

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte – MG

2012

***Concedei-nos o que nos for útil e afastai-nos o que nos for nocivo.***

***Autor desconhecido***

***À minha família, dedico***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

À Deus pela vida e por me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais e a toda minha família que sempre me apoiaram e acreditaram no meu potencial.

À prof<sup>a</sup> Dra. Rosy Mary dos Santos Isaías por me apresentar a Anatomia Vegetal e abrir as portas para o trabalho com a Anatomia da Madeira. Por suas sugestões sempre muito pertinentes ao meu trabalho, pela inspiração profissional e pelas traduções dos abstracts.

Ao prof Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale por me aceitar como aluna de Mestrado, pelo seu companheirismo e dedicação a mim dispensados. Por todos os conselhos e conversas sempre muito proveitosas. Os 2 anos de convivência foram muito mais que aprendizado acadêmico, foi um aprendizado de vida que levarei para sempre.

À prof<sup>a</sup> Dra. Verônica Angyalossy, que sempre foi uma inspiração e foi uma das primeiras pessoas a incentivar este trabalho (mesmo sem saber!). Obrigada também pela identificação do *Eucalyptus saligna*.

À prof<sup>a</sup> Dra. Cláudia Franca Barros e a todos os professores e colaboradores do Jardim Botânico do Rio de Janeiro por me recepcionarem tão bem durante a disciplina de Anatomia da Madeira. Em especial à prof<sup>a</sup> Dra. Cecília Gonçalves Costa que tornou possível minha participação.

Aos amigos do Laboratório de Anatomia Vegetal por tornarem este caminho mais ameno. Por todas as nossas conversas que renderam boas risadas e proveitosas discussões. Por todos que “palpitaram” em meu trabalho e me fizeram refletir, corrigir e melhorar a cada dia. Em especial aos meus queridos “irmãos”: Marcão (sem você este trabalho não seria completo! Obrigada por toda a ajuda dentro e fora do lab, pelas idas ao campo, pelas caronas e pelas conversas sempre muito agradáveis!), Vinícius (pelo incentivo, companheirismo e auxílio no campo) e a Maria Tereza (por sempre me ouvir e aconselhar nos momentos de estresse. E não foram poucos!). Aos que estiveram comigo no finalzinho da caminhada, em especial a Ariane Chagas pelo apoio, Anete Formiga pela revisão bibliográfica e ao Renê Carneiro pelas revisões dos abstracts.

Aos meus estagiários sempre tão dedicados. Em especial à Ísis por todos os momentos que passamos e aprendemos juntas. Muito obrigada!

Aos meus queridos amigos da Escola de Engenharia da UFMG - que saudade das nossas conversas durante o café! A Lu, ao Júnior e em especial ao Marcus que tanto me ajudou nesta reta final! Obrigada por confiarem em mim e no meu trabalho. Ao prof Dr. Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco pela oportunidade de estágio na Engenharia e à Ana Lúcia por sua dedicação.

Aos amigos que conquistei durante o mestrado, em especial à Lívia Gilbertti e à Liliane Paixão.

À Mari Büniger por me “socorrer” sempre que o assunto era *Eugenia*.

A Capes/CNPq pelo apoio financeiro.

Ao Dr. Vinícius Castro Souza (ESALQ) pela identificação do *Eucalyptus saligna* e ao Dr. Marcos Eduardo Guerra Sobral (UFSJ) pela identificação da *Eugenia sonderiana*.

E a você Tiago, meu maior incentivador! Tenho certeza que sem você ao meu lado não teria chegado até aqui, com uma vontade imensa de continuar! Obrigada por não me deixar desistir, pelo seu companheirismo, dedicação, doação, compreensão e amor incondicionais! Amo você!

## SUMÁRIO

EPÍGRAFE.....	iii
DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO GERAL .....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUÇÃO GERAL .....	5
<b>Capítulo 1 - Anatomia Ecológica do lenho de <i>Eugenia sonderiana</i> O. Berg e <i>Eucalyptus saligna</i> Sm. (Myrtaceae): variações entre espécie nativa e exótica no ambiente rupestre da Serra do Cipó – MG.....</b>	<b>7</b>
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
<b>Capítulo 2 - Dendrocronologia e dendroclimatologia de <i>Eugenia sonderiana</i> O. Berg e <i>Eucalyptus saligna</i> Sm. (Myrtaceae) na Serra do Cipó – MG.....</b>	<b>40</b>
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS.....	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

## RESUMO GERAL

Estudos envolvendo o lenho são de grande valia para diversas áreas da botânica, como a sistemática e a anatomia, foco deste trabalho. A madeira é capaz de registrar as variações do ambiente, por meio da atividade cambial, sendo possível resgatar informações climáticas de tempos anteriores. Amostras do lenho de indivíduos de *Eucalyptus saligna* provenientes de uma plantação localizada no Parque Nacional da Serra do Cipó (PARNA da Serra do Cipó), e da espécie nativa *Eugenia sonderiana*, situados no entorno desta plantação, foram utilizadas para confecção de lâminas histológicas das seções transversais, longitudinais tangenciais e radiais, e de material macerado. O comprimento, espessura da parede, diâmetro do lume e largura de elementos de vaso e fibras foram medidos e a densidade dessas células e dos raios parenquimáticos foi calculada. Discos do lenho foram polidos para a visualização e contagem dos anéis de crescimento, os quais foram relacionados aos dados climatológicos dos últimos 10 anos da região. A estrutura anatômica de *Eucalyptus saligna* é diferente daquela de indivíduos provenientes de populações nativas da Austrália e introduzidas no estado de São Paulo. Períodos prolongados de seca apresentam evidências de que foram a variável responsável por essas diferenças. *Eugenia sonderiana* apresentou caracteres demonstrando que está melhor adaptada do que *Eucalyptus saligna* ao ambiente da Serra do Cipó, por possuir características diagnósticas do ambiente. A desorganização no espaçamento dos indivíduos na plantação de *Eucalyptus saligna* foi explicada pela presença de rebrotos a partir cortes, quedas e lignotuber e pela propagação por sementes; após polimento das amostras, observou-se que ambas as espécies registram anéis de crescimento.

*Eugenia sonderiana* possui circunferência equivalente a indivíduos das classes mais finas de *Eucalyptus saligna* e idade semelhante aos indivíduos com maior circunferência, indicando que a espécie nativa se desenvolve de uma maneira mais lenta que a exótica.

Palavras-Chave: *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*, lenho, anatomia ecológica, dendrocronologia, dendroclimatologia.

## ABSTRACT

Studies of the wood are valuable for many areas of botany, such as systematic and anatomy, being this last one, the focus of this work. The wood is able to record the environmental variations expressed through the cambium activity, allowing the retrieval of climate data of earlier times. Individuals from a plantation of *Eucalyptus saligna* located in the Parque Nacional da Serra do Cipó (PARNA Serra do Cipó), and native species *Eugenia sonderiana*, located in the vicinity of this plantation had their wood sampled and prepared for histological slides. Transverse, longitudinal tangential and radial sections, besides macerated material were observed. The length, wall thickness, lumen diameter and width of the vessel elements and fibers were measured and the density of these cells and ray parenchyma was calculated. Discs of wood were polished in order to view and count the growth rings, which were related to the climatological data of the last 10 years in the region. The anatomical structure of *Eucalyptus saligna* is different from that of individuals from populations native to Australia and introduced in the state of São Paulo. Long-term drought is believed to be the variable responsible for these differences. *Eugenia sonderiana* characters shows that it is better suited to the environment of Serra do Cipó than *Eucalyptus saligna*, because it has diagnostic features of the environment. The spatial disorganization of individuals in the plantation of *Eucalyptus saligna* was explained by the presence of resprouting from cuts, falls and lignotuber, besides seed propagation. After polishing the samples, we observed that both species recorded growth rings. The circumference of individuals of *Eugenia sonderiana* is equivalent to the circumference of the youngest *Eucalyptus saligna* individuals, although they age-match the individuals

with greater circumference, indicating that the native species develops slower than the exotic one.

Keywords: *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*, wood, ecological anatomy, dendrochronology, dendroclimatology.

## INTRODUÇÃO GERAL

Mudanças ambientais são transformações naturais e cíclicas que muitas vezes são previstas pelos estudiosos do assunto, como o aumento periódico da temperatura global que vem ocorrendo há muitos milênios (Osborn & Briffa, 2004). Esses ciclos afetam todos os ecossistemas, e o homem é uma peça importante neste contexto, contribuindo para o aumento da velocidade com que esses fenômenos acontecem.

Algumas espécies vegetais são capazes de se adaptar a essas variações ambientais, alterando seu metabolismo e reagindo morfológica, anatômica e fisiologicamente a elas. Como exemplo, o aumento da temperatura ambiental alterando o tamanho, frequência e lume dos elementos de vaso em *Eucalyptus camaldulensis*, de acordo com Thomas *et al.* (2004, 2007).

As espécies-modelo deste trabalho – *Eucalyptus saligna* e *Eugenia sonderiana* – pertencem a família Myrtaceae e localizam-se no PARNA da Serra do Cipó, em Minas Gerais, onde estão submetidas às mesmas variações ambientais.

O gênero *Eucalyptus* com mais de 600 espécies foi trazido para o Brasil no século XIX. Em 1940 houve os primeiros plantios em Minas Gerais a partir de projetos de incentivos fiscais a pequenos agricultores brasileiros, estimulando a plantação de *Eucalyptus* no país, como a que resultou nos exemplares de *Eucalyptus saligna* estudadas hoje na Serra do Cipó.

O lenho é uma importante ferramenta para retratar a influência ambiental na morfologia e anatomia da planta. Ele é capaz de registrar e conservar informações através da formação de anéis de crescimento. A oscilação

pluviométrica é um dos fatores que favorecem a formação periódica de anéis, fornecendo a base para estudos de dendrocronologia (Worbes, 1999). Outros fatores podem afetar a estrutura e características do lenho, como o fogo que perturba a dinâmica ecológica local (González, 2002), deixando cicatrizes que refletem sua periodicidade e o histórico de uma região (González, 2005).

Desde o século XIX o conceito de anéis anuais é amplamente aceito e citado por pesquisadores de espécies temperadas (Leal *et al.* 2004). Devido à sazonalidade bem marcada deste clima, estudos dendrológicos são mais comuns e de mais fácil interpretação uma vez que seu registro ocorre de maneira regular. Climas equatoriais/tropicais possuem uma falsa aparência de uniformidade, pois verificou-se em regiões da Amazônia variações sazonais bem definidas, com períodos de baixa pluviosidade que culminaram na marcação de anéis de crescimento (Botosso & Vetter, 1991).

Trabalhos envolvendo dendrocronologia são raros para *Eucalyptus* e os existentes estão restritos às espécies localizadas na Austrália (Leal *et al.*, 2004), sendo os estudos mais comuns referentes a informações físicas da madeira do gênero, como a densidade e as variações celulares no sentido medula-casca (Longui *et al.*, 2009). Em relação a dendrocronologia de *Eugenia* não foi detectada nenhuma publicação nas pesquisas realizadas, demonstrando uma carência de dados nesse tema, sendo, portanto, importante fornecer informações para que se possa compreender melhor o comportamento dendrológico das espécies-modelo.

## **Capítulo 1:**

**Anatomia Ecológica do lenho de *Eugenia sonderiana* O. Berg e *Eucalyptus saligna* Sm. (Myrtaceae): variações entre espécie nativa e exótica no ambiente rupestre da Serra do Cipó – MG**

**Trabalho formatado de acordo com as normas do IAWA Journal**

## RESUMO

A Serra do Cipó é uma região muito peculiar que passa por bruscas modificações ambientais ao longo do ano. *Eucalyptus saligna* e *Eugenia sonderiana* convivem nesse ambiente sob as mesmas condições, apresentando, contudo fenótipos distintos. A análise do lenho dessas duas espécies-modelo foi feita visando verificar: (1) quais fatores foram determinantes para seus fenótipos; (2) se as características anatômicas do lenho da espécie nativa são reflexo do seu ambiente; e (3) se o fenótipo das espécies possui aspectos convergentes ou divergentes. Nove indivíduos de cada espécie foram selecionados e através de métodos convencionais em anatomia vegetal foram feitas lâminas histológicas de seu lenho e de material macerado. Mediu-se o comprimento, a espessura da parede, o diâmetro do lume e a largura de elementos de vaso e fibras e quantificou-se a densidade dessas células, juntamente com os raios parenquimáticos. *Eucalyptus saligna* tem estrutura anatômica distinta daquela de indivíduos nativos em seu local de origem e de indivíduos introduzidos no estado de São Paulo. Atribui-se às condições ambientais, principalmente aos períodos de seca prolongados, o fator de estímulo para essas diferenças. *Eugenia sonderiana* está melhor adaptada que a espécie exótica ao ambiente da Serra do Cipó, uma vez que possui características comumente relacionadas ao ambiente em que vive. Comparando-se as espécies-modelo, poucos padrões anatômicos comuns são encontrados, denotando uma divergência que provavelmente é reflexo da genética de cada espécie

**Palavras-chave:** Serra do Cipó, *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*, anatomia ecológica, lenho.

## ABSTRACT

The Serra do Cipó is a very peculiar region which undergoes abrupt environmental changes during the year. *Eucalyptus saligna* and *Eugenia sonderiana* live in this environment under the same conditions, providing yet distinct phenotypes. The analysis of the wood of these two model species was performed to determine: (1) which factors were determinant for their phenotype, (2) if the anatomical characteristics of the wood of the native species somehow recorded environmental variations, and (3) whether the phenotype of both species have converging and diverging aspects. Nine individuals of each species were selected and sampled using conventional methods in plant anatomy in order to make histological slides of its wood and macerated material. The length, wall thickness, lumen diameter and width of vessel elements and fibers were measured and the density of these cells, together with the ray parenchyma was quantified. *Eucalyptus saligna* anatomical structure is distinct from that of native individuals in their place of origin and individuals introduced in the state of São Paulo. These differences are believed to be due to environmental conditions, especially the large periods of drought. *Eugenia sonderiana* is better adapted to Serra do Cipó than the exotic species, since it has features commonly related to this environment. Comparing the two model species, few common anatomic patterns are found, indicating a divergence that is probably a reflection of the genetics of each species

Keywords: Serra do Cipó, *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*, anatomy, ecology, wood.

**Keywords:** Serra do Cipó, *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*, ecological anatomy, wood.

## INTRODUÇÃO

As variações ambientais ao longo do tempo vêm se tornando cada vez mais drásticas, modificando em curtos períodos de tempo, o clima, a pluviosidade, o solo e a temperatura em diversas regiões do planeta. O efeito antrópico é um agravador dessas alterações (Pielke, 2004) e, em resposta, algumas espécies de plantas reagem plasticamente por meio de sua morfologia, anatomia e fisiologia, contornando o estresse ao qual estão submetidas. Esta plasticidade pode contribuir para uma espécie sobreviver num vasto leque de condições (Sultan *et al.* 1998; Pigliucci & Schmitt 1999; Maseda & Fernandez 2006; Valladares *et al.* 2006).

Uma das formas de diagnóstico da capacidade plástica de determinadas espécies é a análise da estrutura anatômica da madeira. Esta pode refletir as variações ambientais (Barros *et al.* 2006), servindo como modelo para estudos interpretativos da influência do clima no desenvolvimento das plantas. Carlquist (2001) sugere dois modos de utilizar as análises em anatomia ecológica: um mais clássico, aplicado em taxonomia, que agrupa ou segrega grupos através de suas diferenças anatômicas, e outro, que envolve a comparação de áreas, visando reconhecer características anatômicas comuns a uma dada formação vegetal.

O campo rupestre que caracteriza grande parte da vegetação do Parque Nacional da Serra do Cipó (PARNA da Serra do Cipó) em Minas Gerais é um ambiente que passa por bruscas modificações ao longo do ano. Sua vegetação é reflexo das pressões sofridas ao longo do tempo (França e Ribeiro, 2008). O período seco ocorre por até 4 meses, coincidindo com inverno, e o período úmido prevalece no verão. O tipo de solo, raso e arenoso, com afloramentos

quartzizídicos e areníticos (Joly, 1970), também é fator importante na região. A temperatura pode apresentar grande amplitude diária ao longo das diferentes estações do ano, contribuindo para a pressão ambiental sobre a vegetação.

Uma das formas de estudar o efeito das condições ambientais em um ambiente estressante como aquele do PARNA da Serra do Cipó é através da comparação entre as características que denotam adaptabilidade em espécies nativas e introduzidas. Neste estudo, foram escolhidas como espécies-modelo *Eugenia sonderiana* (nativa) e *Eucalyptus saligna* (exótica), que convivem sob as mesmas condições ambientais. Myrtaceae tem ocorrência pantropical, com cerca de 144 gêneros (Judd *et al.*, 1999) e entre 3100 e 4600 espécies (Judd *et al.* 1999; Mabberley, 1997). Suas características mais comuns são: presença de traqueídes, vasos solitários e pontoações guarnecidas. No Brasil, as espécies nativas, cerca de 1000 (Landrum & Kawasaki, 1997), encontram-se distribuídas principalmente no cerrado e florestas (Queiroz *et al.* 2006). *Eugenia sonderiana* é nativa e comum na região do PARNA da Serra do Cipó e pode ser reconhecida na natureza por suas folhas de margem revoluta, coloração verde-escura, brilhantes na face adaxial e verde-opaco na face abaxial. Possui inflorescências fasciculadas e frutos caracteristicamente coloridos, variando do amarelo-alaranjado ao vináceo. Floresce em dezembro e frutifica em maio (Morais & Lombardi, 2006).

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies, e começou a ser trazido para o Brasil na segunda metade do século XIX, objetivando a produção de dormentes para as linhas férreas que se instalavam no país. A partir dessa época, o eucalipto passou a fazer parte da paisagem brasileira, ao lado de outras plantas exóticas. Na década de 40, foram realizados os primeiros plantios de

eucalipto em Minas Gerais, para utilização como carvão vegetal no processo de fabricação do aço ([www.silviminas.com.br](http://www.silviminas.com.br)). Plantações com este fim foram realizadas em diversas regiões do país, incluindo a área que hoje está contida no PARNA da Serra do Cipó, alterando parte da vegetação nativa de campo rupestre deste local. Consta que *Eucalyptus saligna* foi introduzido na década de 60, onde hoje é a região do PARNA da Serra do Cipó, não havendo nenhuma informação ou indício de corte comercial desta plantação até a presente data.

Os primeiros estudos envolvendo a anatomia do lenho de Myrtaceae datam da década de 30 (Dadswell & Burnell 1932). No Brasil, esses estudos contribuíram para a taxonomia do gênero, bem como para o entendimento da estrutura de espécies nativas (Soffiatti & Angyalossy-Alfonso, 1999).

Assim, o objetivo do presente trabalho é analisar a anatomia ecológica do lenho de *Eugenia sonderiana* e *Eucalyptus saligna* localizados no PARNA da Serra do Cipó, verificando as diferenças e semelhanças entre os indivíduos, procurando responder as seguintes questões: (1) Quais fatores ambientais foram determinantes para o fenótipo dos espécimes de *Eucalyptus saligna*? (2) Os caracteres da anatomia do lenho de *Eugenia sonderiana* são diagnósticos para seu ambiente? (3) O comportamento adaptativo das duas espécies-modelo é convergente ou divergente?

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras do lenho de *Eucalyptus saligna* foram coletadas em uma plantação realizada na década de 60, numa área de litígio entre o PARNA da Serra do Cipó e uma propriedade particular (19°15'21"S / 43°32'46.50"W) (Fig 1). As amostras de *Eugenia sonderiana* foram coletadas no entorno desta plantação. As espécies-modelo foram identificadas por especialistas e os materiais-testemunho foram incorporados ao herbário BHCB – UFMG sob os números: 141544 a 141547 (*Eucalyptus saligna*) e 148200 a 148203 (*Eugenia sonderiana*).

Foram selecionados, de maneira aleatória, 9 indivíduos de *Eucalyptus saligna* com tronco único e DAP (diâmetro a altura do peito) acima de 10 cm. Estabeleceram-se 3 classes de acordo com a circunferência do tronco: classe A (25-50 cm), B (51-100 cm) e C (> 100cm), contendo 3 indivíduos em cada uma. Para *Eugenia sonderiana*, foram selecionados 9 indivíduos com o mesmo DAP e a primeira ramificação acima de 2 metros. Cada planta foi marcada e mapeada com auxílio de GPS (Garmin Etrex), identificada com placa metálica numerada e sua circunferência foi medida à altura do peito (AP) com auxílio de uma trena.

As amostras de *Eucalyptus saligna* foram coletadas nos períodos secos de 2010 e 2011 (julho a setembro), e de *Eugenia sonderiana* no período chuvoso de 2010/2011 (dezembro a fevereiro) e seco de 2011.

As análises anatômicas do lenho foram realizadas nas regiões do albarno, obtidas a partir de discos serrados nos indivíduos caídos das classes A e B de *Eucalyptus saligna*. A classe C e os exemplares de *Eugenia sonderiana* foram coletados com trado de incremento de 300mm 12" e núcleo 12 mm (Haglöf<sup>®</sup>) e também através de moto-serra, com autorização da direção do PARNA da Serra

do Cipó. As amostras foram amolecidas por aquecimento segundo Kraus e Arduin (1997) e os cortes realizados em micrótomo de deslize (Spencer) com 20  $\mu\text{m}$  de espessura. Posteriormente, os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 50%, lavados em água destilada, corados com safranina 1% hidroalcoólica, desidratados em série etílica e armazenados em acetato de butila PA (Kraus & Arduin, 1997).

Para análise de material macerado, amostras de cada região do lenho (cerne, alburno e transição) foram fragmentadas em porções com cerca de  $0,5\text{cm}^3$  e imersas em ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (solução de Franklin), mantidas em estufa a  $60^\circ\text{C}$  até sua completa dissociação. O material foi lavado em água destilada, corado com safranina 1% hidroalcoólica, desidratados em série etílica e armazenado em acetato de butila PA (Kraus & Arduin, 1997). A montagem das lâminas foi feita com Verniz Vitral<sup>®</sup> (Paiva *et al.*, 2006).

Foram medidos, a partir de fotomicrografias, comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras e dos elementos de vaso, e comprimento e largura dos raios. As medidas tiveram um n amostral mínimo de 30 a partir de 5 lâminas de cada região do lenho. A densidade dos tipos celulares foi calculada nas três regiões do lenho, a partir de 30 campos, em fotomicroscópio Olympus (CH30RF100) com câmara clara.

Para o cálculo da densidade do lenho, amostras coletadas com o trado de incremento foram imediatamente envolvidas em filme PVC, no campo, e acondicionadas em embalagem plástica hermética para transporte ao laboratório de Anatomia Vegetal da UFMG. A massa fresca (*mf*) foi obtida em balança de precisão (Bioprecisa – modelo FA2104N), a massa saturada (*msat*) após hidratação em água destilada por 48 horas, sendo pesadas novamente após este

procedimento, e a massa seca (ms) foi obtida após secagem em estufa de circulação (FANEM<sup>®</sup> - modelo 320-SE) a 60° até estabilização do peso. O cálculo da densidade foi realizado de acordo com a fórmula de Borchert (1994), após a medida do comprimento e diâmetro de cada amostra com paquímetro digital (Digimess<sup>®</sup>).

- Densidade: (ms (Kg) / x vol (dm<sup>3</sup>))

As observações e registros foram realizados com auxílio de imagens digitais realizadas em fotomicroscópio Zeiss Primo Star com câmera fotográfica Canon A650 (03330). A morfometria das células foi realizada com o programa AxioVision<sup>®</sup>.

O tratamento estatístico foi feito no programa GraphPad<sup>®</sup>, visando avaliar os níveis de significância dos dados quantitativos tendo por base a ANOVA, seguida pelo teste de Tukey 5% para os testes paramétricos e Kruskal-Wallis e Dunns para testes não-paramétricos.

Para a determinação da composição química dos cristais presentes no parênquima axial de *Eugenia sonderiana*, os cortes frescos do plano longitudinal tangencial foram submersos em ácido acético glacial e ácido clorídrico 10% (Kraus & Arduin, 1997), com posterior observação ao microscópio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Eucalyptus saligna*:

**Camadas de Crescimento:** pouco distintas. No lenho estival, sob microscopia ótica, são marcadas pelo espessamento das paredes das fibras e aumento de sua freqüência, e pela disposição em diagonal dos elementos de vaso. No lenho primaveril é marcado pelo agrupamento dos elementos de vaso, pela redução na freqüência das fibras e aumento da quantidade de parênquima axial.

**Elementos de Vaso:** porosidade difusa,  $17,7 \pm 6/\text{mm}^2$ , solitários, em arranjos diagonais de 3 – 5 células (Fig 2-A) ou radiais (raros), seção circular a oval, comprimento médio  $202,7 \pm 77,4 \mu\text{m}$  (classe A),  $162,4 \pm 59,4 \mu\text{m}$  (classe B) e  $269,9 \pm 91,0 \mu\text{m}$  (classe C), diâmetro transversal médio de  $147,7 \pm 39,7 \mu\text{m}$  (classe A),  $108,4 \pm 25,2 \mu\text{m}$  (classe B) e  $157,1 \pm 23,3 \mu\text{m}$  (classe C); paredes com  $6,3 \pm 2,4 \mu\text{m}$  (classe A),  $6,82 \pm 2,1 \mu\text{m}$  (classe B) e  $8,36 \pm 2,2 \mu\text{m}$  (classe C) de espessura; placas de perfuração simples (Fig 2-D); pontoações intervasculares alternas com formato circular a oval; pontoações radio-vasculares arredondadas e presença de tilos (Fig 2-F).

**Fibras:** não septadas (Fig 2-E),  $2350 \pm 595/\text{mm}^2$ , comprimento médio de  $1009,4 \pm 220,5 \mu\text{m}$  (classe A),  $650,6 \pm 156,8 \mu\text{m}$  (classe B) e  $978,8 \pm 219,2 \mu\text{m}$  (classe C), diâmetro médio de  $15,5 \pm 3,3 \mu\text{m}$  (classe A),  $7,4 \pm 4,0 \mu\text{m}$  (classe B),  $18,4 \pm 6,7 \mu\text{m}$  (classe C), lume médio de  $5,1 \pm 1,0 \mu\text{m}$  (classe A),  $8,7 \pm 2,2 \mu\text{m}$  (classe B),  $6,1 \pm 2,2 \mu\text{m}$  (classe C), paredes finas a espessas e muito espessas.

**Parênquima Axial:** Apotraqueal difuso e paratraqueal escasso (Fig 2-A).

**Raios:**  $23,7 \pm 5 / \text{mm}^2$ , raios uni e multisseriados (2 a 3 células de largura) (Fig 2-B), corpo do raio formado por células procumbentes e 1 camada marginal de células quadradas e/ou eretas (Fig 2-C), altura média  $188,3 \pm 44,1 \mu\text{m}$  (classe A),  $143,0 \pm 41,0 \mu\text{m}$  (classe B),  $200,2 \pm 75,1 \mu\text{m}$  (classe C).

As medidas anatômicas da classe B diferem significativamente das demais classes de *Eucalyptus saligna* em praticamente todas as variáveis. Fato que não pode ser explicado com base em características biológicas, uma vez que as diferenças de diâmetro nos troncos estão relacionadas diretamente a idade dos indivíduos, assim, essa divergência pode ser atribuída a aspectos metodológicos ou variações intra-específicas.

Tomazello Filho (1985) caracterizou anatomicamente o lenho de *Eucalyptus saligna* proveniente da Austrália e de uma plantação do interior do estado de São Paulo (Mairinque) (Fig. 3). Realizando uma análise comparativa, verifica-se que alguns dos valores encontrados (p. ex. diâmetro do elemento de vaso, altura do raio, e comprimento, largura, lume e espessura de parede das fibras) para os indivíduos da Austrália e para a plantação de São Paulo são muito semelhantes entre si, porém diferem dos exemplares da Serra do Cipó. *Eucalyptus saligna* é pouco tolerante ao frio e a déficits hídricos severos (Arango Alzate, 2004), condições freqüentemente encontradas no PARNA da Serra do Cipó. Portanto, essas condições podem contribuir para as modificações ocorridas nos exemplares cultivados neste local, levando a uma alteração do seu ritmo

endógeno, uma vez que não foram mantidas as características anatômicas similares ao seu local de origem.

Foelkel *et al.* (1976) estudaram o lenho sadio e acometido por cancro de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. Esta doença não ocorre em climas frios, como o sul do Brasil, prevalecendo nos estados do sudeste, onde é grande o plantio dessas espécies. Os indivíduos doentes de *Eucalyptus saligna* apresentam redução da maioria de suas medidas anatômicas, tendo apenas a largura de seus elementos de vaso aumentada. Esta doença lesiona inicialmente a casca e pode invadir o interior do lenho, produzindo uma estrutura gomosa que provavelmente causa embolia nos elementos de vaso. Deste modo, indivíduos doentes reagem de forma a aumentar o diâmetro de novas células para facilitar o transporte de água interrompido pela cavitação. Ocorre uma uniformidade nas medidas anatômicas e no tipo de arranjo (em diagonal) dos elementos de vaso entre os exemplares de *Eucalyptus saligna* do PARNA da Serra do Cipó e os estudados por Foelkel em 1976. Porém, o tipo de parênquima axial é diferenciado, sendo em faixas no trabalho de Foelkel e apotraqueal difuso associado a paratraqueal escasso nos exemplares do PARNA da Serra do Cipó. Essa tendência de convergência entre o padrão anatômico causado por um fitopatógeno e fatores de estresse ambiental, aponta para um mecanismo de defesa não específico de *Eucalyptus saligna* que leva a alterações no lenho, permitindo sua permanência sob condições adversas.

Moglia *et al.* (2008) realizaram a caracterização anatômica do lenho de *Eucalyptus camaldulensis* de uma plantação com 5 anos de idade em Santiago Del Estero (Argentina). O diâmetro e comprimento dos elementos de vaso e o

comprimento das fibras dessa planta são muito semelhantes à classe C de *Eucalyptus saligna* do PARNA da Serra do Cipó. Além disso, a camada de crescimento também é demarcada pelo espessamento da parede das fibras, o que indica uma possível uniformidade para o gênero.

Cavacos de *Eucalyptus grandis* foram utilizados para caracterização anatômica do lenho da espécie (Berlini *et al.* 2008) e os dados mostram uma semelhança nos valores de comprimento e largura das fibras, encontrados para *Eucalyptus saligna* cultivados no PARNA da Serra do Cipó, indicando uma estabilidade desse parâmetro no gênero.

#### ***Eugenia sonderiana:***

**Camadas de Crescimento:** distintas. Sob microscopia ótica são marcadas pela escassez de parênquima axial, redução do diâmetro dos elementos de vaso e maior frequência de fibras no lenho estival. No lenho primaveril são marcadas pela faixa de parênquima axial (Fig. 4-A) e aumento no diâmetro dos elementos de vaso.

**Elementos de Vaso:** porosidade difusa,  $100 \pm 35/\text{mm}^2$ , solitários, em arranjos radiais 2 – 6 células (Fig. 4-A), seção circular a oval, comprimento médio  $142,1 \pm 44,3 \mu\text{m}$ , diâmetro transversal médio de  $41,0 \pm 9,5 \mu\text{m}$ , paredes com  $2,9 \pm 0,9 \mu\text{m}$  de espessura, placas de perfuração simples (Fig. 4-D); pontoações intervasculares alternas, formato circular a oval; pontoações radio-vasculares

semelhantes às intervasculares, presença de cristais de oxalato de cálcio (Fig 4-F).

**Fibras:** não septadas (Fig 4-E), densidade de  $1200 \pm 465/\text{mm}^2$ , comprimento médio de  $386,7 \pm 84,4 \mu\text{m}$ , diâmetro médio de  $17,6 \pm 4,1 \mu\text{m}$ , lume médio de  $5,7 \pm 1,6 \mu\text{m}$ , paredes finas a espessa e muito espessas.

**Parênquima Axial:** Em faixas com mais de três células de largura (Fig. 4-A).

**Raios:**  $19,2 \pm 9 /\text{mm}^2$ , raios uni e multisseriados (2 a 3 células de largura; mais de 3 células raro) (Fig. 4-B), corpo do raio formado por células procumbentes, com 2 a 4 camadas de células quadradas marginais (Fig. 4-C), altura média  $221,2 \pm 60,5 \mu\text{m}$ .

A Fig. 5 resume as características anatômicas encontradas para as espécies-modelo.

Estudos envolvendo a anatomia da madeira de *Eugenia* são raros (Rebollar-Domínguez & Tapia-Torres, 2010), não tendo sido encontrada a descrição anatômica para *Eugenia sonderiana* na literatura consultada. Segundo Soffiatti & Angyalossy-Alfonso (1999), que realizaram a caracterização anatômica do lenho e da casca de *Eugenia cerasiflora* e *Eugenia uniflora*, há semelhança entre a madeira dessas espécies quando analisadas sob o ponto de vista qualitativo, corroborando estudos anteriores associados às Myrtaceae. Comparando-as à *Eugenia sonderiana*, há alguns aspectos anatômicos equivalentes como: diâmetro e disposição dos elementos de vaso, tipo de placa

de perfuração, pontoações radiovasculares e largura dos raios. Quanto ao parênquima axial, *Eugenia sonderiana* e *Eugenia uniflora* possuem o mesmo tipo (em linha com até 3 células de largura) e *Eugenia cerasiflora* se caracteriza pelo padrão difuso em agregados. Essas semelhanças indicam a manutenção de características intrínsecas ao gênero no que diz respeito à estrutura anatômica de seu lenho.

Os elementos de vaso de *Eugenia sonderiana* possuem freqüência maior que a encontrada por Soffiatti & Angyalossy-Alfonso (1999) em *Eugenia uniflora* e *Eugenia cerasiflora*, assim como em *Eucalyptus saligna* na Serra do Cipó (Fig. 6-A). As demais medidas dos elementos de vaso (diâmetros, comprimento e espessura de parede) são inferiores as encontradas em *Eucalyptus saligna* (Fig. 7). Essas características podem ser relacionadas a um processo adaptativo direcionado a maior segurança no transporte, evitando a embolia, situação comum em ambiente com déficit hídrico (Carlquist, 2001) como ocorre no PARNA da Serra do Cipó. O fato de *Eugenia sonderiana* ser uma espécie nativa desta região é evidenciado pela maior freqüência de elementos de vaso com diâmetro reduzido, que *Eucalyptus saligna*, espécie exótica, indicando sua maior adaptabilidade ao ambiente estudado.

Comparando *Eugenia sonderiana* com os dados de *Eugenia capuli* e *Eugenia mayana* publicados por Rebollar-Domínguez & Tapia-Torres (2010), não se observa, sob lupa de 10X, uma distinção entre cerne e alburno como ocorre com as espécies mexicanas. Em relação à camadas de crescimento, a freqüência das fibras é a característica mais marcante para as três espécies. O tipo de parênquima axial é o mesmo (em faixas), acrescentando-se o vasicêntrico para *Eugenia mayana*.

Gasson *et al.* (1998) retrata a anatomia do lenho de 12 espécies com potencial para serem re-introduzidas nas ilhas Maurício e dentre elas *Eugenia lucida* e *Eugenia tinifolia*. Verifica-se mais uma vez uma regularidade nas características anatômicas do lenho deste gênero, com destaque para freqüência e diâmetro de elementos de vaso, presença de parênquima axial em faixas, placa de perfuração simples, e freqüência dos raios. Destaca-se em *Eugenia lucida* a presença de fibras septadas e anéis de crescimento indistintos, características até então não verificadas para o gênero.

Callado *et al.* (2007) descreveram a anatomia do lenho de três espécies de *Eugenia* localizadas em mata e restinga no estado do Rio de Janeiro. Percebe-se que a precipitação média anual (1220 mm) do PARNA da Serra do Cipó em Minas Gerais é semelhante à precipitação da restinga de Marambaia (1240 mm), onde se encontra *Eugenia copacabanensis* e que a altitude do parque em Minas Gerais (1350 m) é semelhante à altitude da Reserva Ecológica de Macaé de Cima (1100 m), onde se encontra *Eugenia cuprea*. Características anatômicas de *Eugenia sonderiana* do PARNA da Serra do Cipó, como espessura da parede dos elementos de vaso, diâmetro e lume das fibras, freqüência e largura dos raios se assemelham às características das espécies citadas, e as semelhanças ambientais encontradas para as três localidades pode ser considerada como o fator de convergência anatômica das espécies. A análise realizada por Callado *et al.* (2007) associa a alta freqüência de raios e o parênquima axial em faixas presente em *Eugenia copacabanensis* a uma tendência de armazenamento de água em plantas de ambientes xéricos. Como *Eugenia sonderiana* possui tais características e *Eucalyptus saligna* grande freqüência de raios, (Fig. 6-C) e ambas vivem em um ambiente com déficit hídrico, é possível inferir uma relação

semelhante para estas espécies. Além disso, *Eugenia sonderiana* possui raios mais altos que *Eucalyptus saligna* (Fig. 8-B), indicando maior capacidade de reserva de água e, portanto, maior capacidade a conviver com déficit hídrico.

Comparando-se as espécies-modelo, verificam-se poucos padrões anatômicos comuns, denotando uma divergência que provavelmente é reflexo da genética de cada espécie. Dentre eles destacam-se placa de perfuração simples; raios uni a multisseriados; seção circular a oval dos elementos de vaso; pontoações intervasculares alternas e fibras não septadas e de paredes finas a muito espessas, sendo essas características comuns a muitas Angiospermas.

*Eugenia sonderiana* quando comparada a *Eucalyptus saligna* em relação à fibras, apresenta menor comprimento (Fig. 9-C) e menor densidade (Fig. 6-B), fator este relacionado diretamente com a densidade do lenho, assim como maior quantidade de parênquima axial. Apesar de possuírem densidade média (0,50 – 0,72) de acordo com Coradin & Bolzon (1992), *Eugenia sonderiana*, com 0,59Kg/dm<sup>3</sup>, é menos densa que *Eucalyptus saligna* (0,64 Kg/dm<sup>3</sup>), refletindo provavelmente a diferença na quantidade de fibras e parênquima.

*Eugenia sonderiana* possui características anatômicas diagnósticas para o seu ambiente, uma vez que possui maior freqüência de elementos de vaso com todas as dimensões reduzidas em relação à *Eucalyptus saligna* (Fig. 6-A e Fig. 7). Isso indica uma possível prevenção ao embolismo que dificultaria o transporte de água. A variação no tipo de parênquima axial indica uma forma mais eficiente em se armazenar água por parte da espécie nativa, que o produz em faixas durante o período chuvoso, contrapondo-se ao apotraqueal difuso associado ao paratraqueal escasso da espécie exótica. Conclui-se que a espécie nativa possui

características anatômicas mais adaptadas ao ambiente do PARNA da Serra do Cipó em relação a exótica.

Na literatura encontrada para *Eucalyptus saligna* observou-se que não houve similaridade entre o lenho dos espécimes do PARNA da Serra do Cipó com os indivíduos da Austrália e da plantação de Mairinque em São Paulo, concluindo-se que o ambiente do parque foi estressante para a espécie, induzindo as modificações anatômicas. O alto déficit hídrico que as espécies do PARNA da Serra do Cipó são submetidas durante os meses de julho a setembro seria o responsável por estas modificações, uma vez que *Eucalyptus saligna* é pouco tolerante a grandes períodos de seca (Arango Alzate, 2004 e [www.ipef.br](http://www.ipef.br)).



Figura 1: Localização da área de estudo no Parque Nacional da Serra do Cipó (PARNA da Serra do Cipó) e seu entorno – Minas Gerais – Brasil. Eu: *Eucalyptus saligna*, ES: *Eugenia sonderiana*. (Mapa modificado de Vitta, (1995) e <http://maps.google.com/maps> - acesso 19/11/2011)

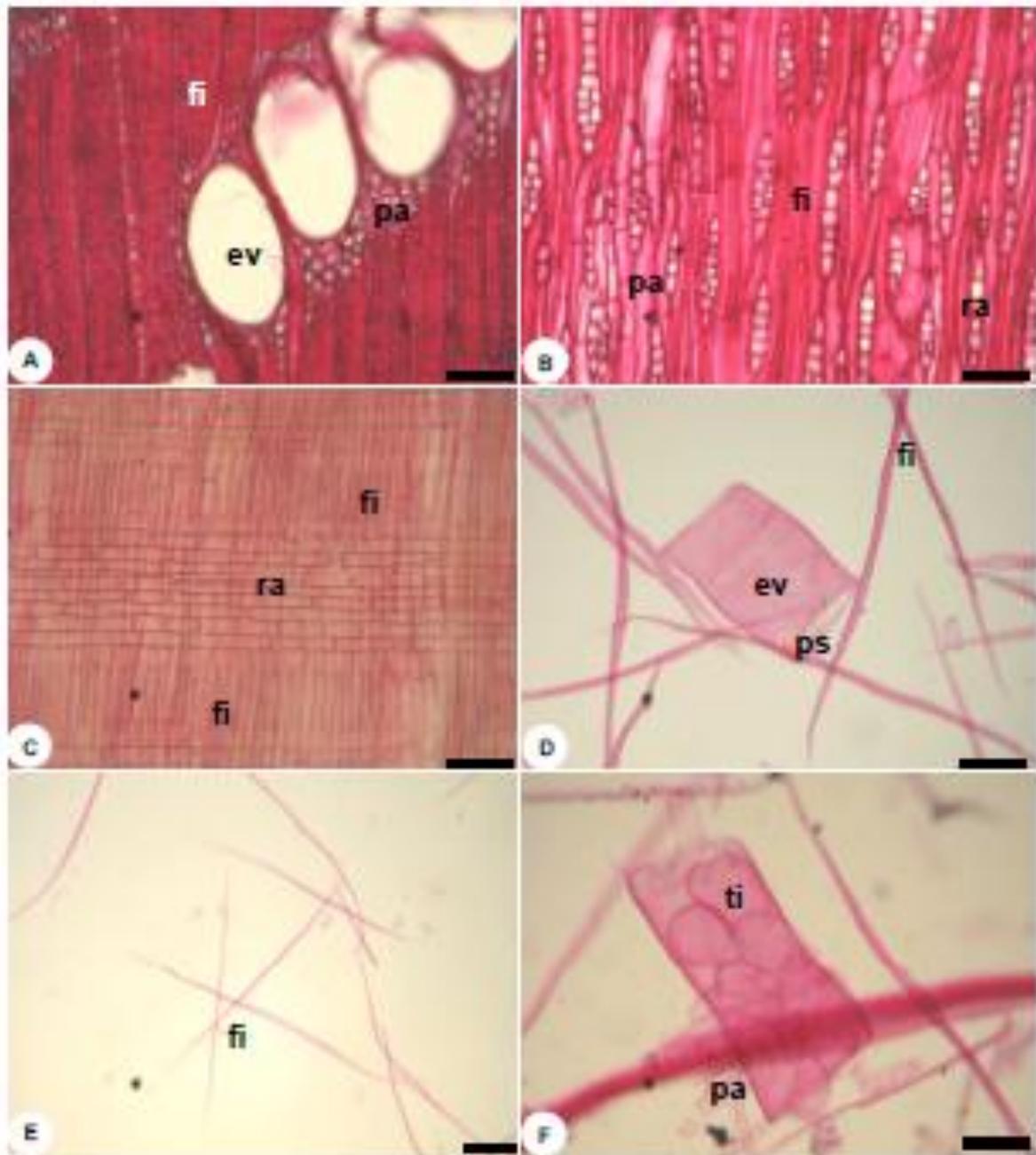


Figura 2: Fotomicrografias de seções e macerado do lenho de *Eucalyptus saligna*: A: Seção transversal, B: Seção longitudinal tangencial e C: Seção longitudinal radial, D: Elemento de vaso e fibras, E: Fibras e F: Elemento de vaso com tilose. ev: elemento de vaso, fi: fibra, pa: parênquima axial, ra: raio, ti: tilose Barra: 100  $\mu\text{m}$  (A – D e F) e 200  $\mu\text{m}$  (E).

	<i>Eucalyptus saligna</i> PARNA da Serra do Cipó	<i>Eucalyptus saligna</i> São Paulo	<i>Eucalyptus saligna</i> Austrália
<b>Diâmetro EV</b>	<b>47 – 137 – 208</b>	<b>45 – 70 – 90</b>	<b>40 – 86 – 142</b>
<b>Altura Raio</b>	<b>142</b>	<b>203</b>	<b>206</b>
<b>Largeza Raio</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
<b>Tipo PA</b>	<b>Paratraqueal escasso e apotraqueal difuso</b>	<b>Confluente, vasicêntrico, aliforme</b>	<b>Paratraqueal escasso, confluente, vasicêntrico e aliforme</b>
<b>Comprimento F</b>	<b>548 – 650 – 1489</b>	<b>910 – 1 170 – 1500</b>	<b>980 – 1240 – 1690</b>
<b>Largeza F</b>	<b>9 – 15 – 33</b>	<b>11 – 20 – 28</b>	<b>12 – 18 – 29</b>
<b>Espessura parede F</b>	<b>2 – 4 – 13</b>	<b>4 – 5,5 – 5,7</b>	<b>4 – 5,2 – 7</b>
<b>Lume F</b>	<b>2 – 5 – 13</b>	<b>3,5 – 9 – 16,5</b>	<b>4 – 8 – 15</b>

**Figura 3:** Valores mínimos, médios e máximos das características anatômicas comparadas entre as três populações de *Eucalyptus saligna*.

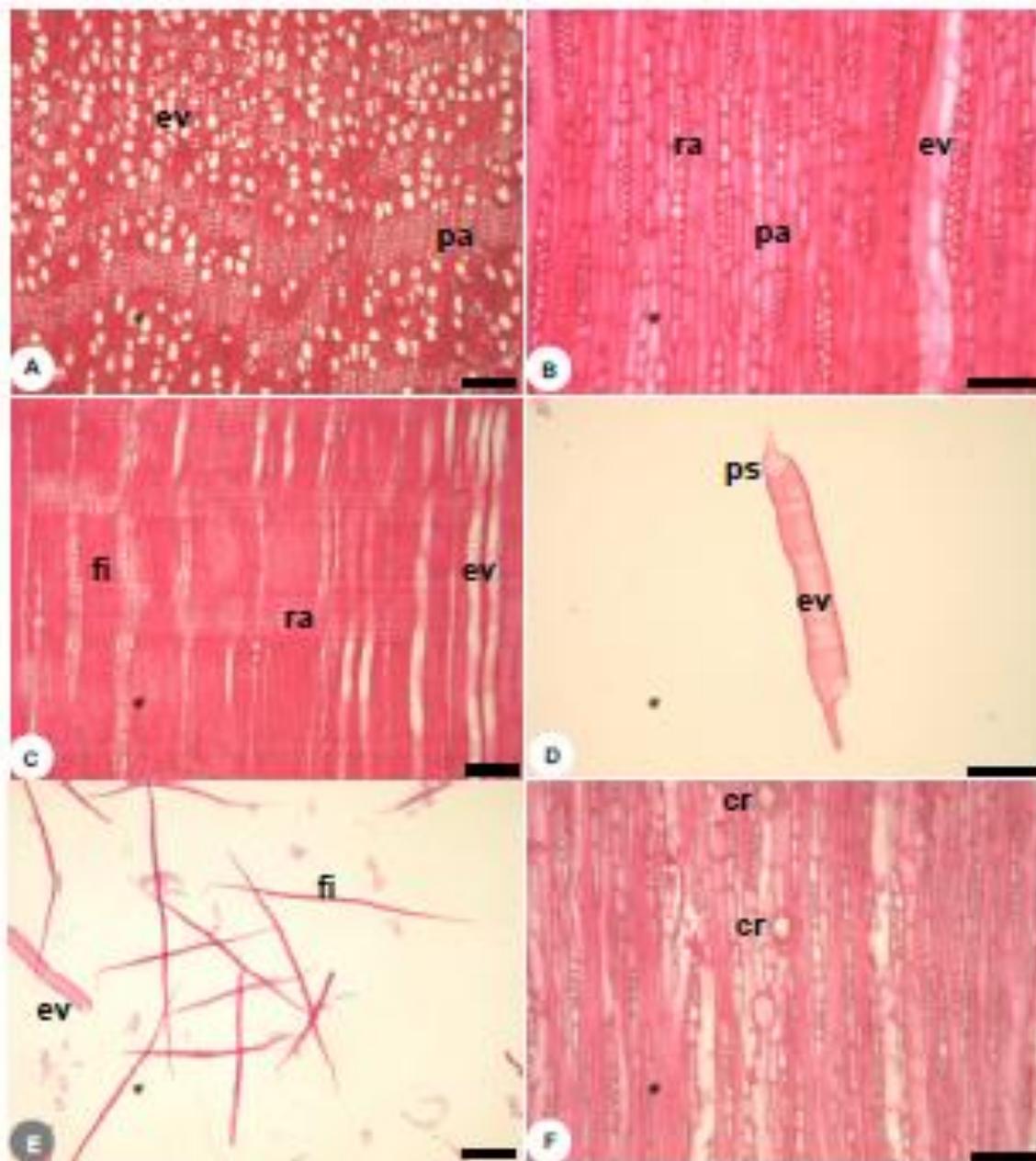


Figura 4: Fotomicrografias de seções e macerado do lenho de *Eugenia sonderiana*: A: Seção transversal, B: Seção longitudinal tangencial e C: Seção longitudinal radial, D: Elemento de vaso, E: Fibras e elemento de vaso, F: Detalhe da seção longitudinal tangencial, destacando cristais de oxalato de cálcio. cr:cristal de oxalato de cálcio, ev: elementos de vaso, fi: fibra, pa: parênquima axial, ra: raio. Barra: 200  $\mu\text{m}$  (A, C), 100  $\mu\text{m}$  (B, D, F e E).

		<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eugenia sonderiana</i>	
		Classe A	Classe B	Classe C	
<b>Camadas de Crescimento</b>		pouco distintas			distinta
<b>Elementos de Vaso</b>		17,7±6			100±3,5
Densidade (mm <sup>2</sup> )		202,7±77,4	162,4±59,4	209,0±91,0 µm	142,1±44,3
Comprimento médio (µm)		147,7±39,7	106,4±25,2	157,1±23,3	41,0±9,5
Diâmetro transversal médio (µm)		6,3±2,4	6,8±2,1	6,36±2,2	2,9±0,9
Espessura da parede (µm)			simples		simples
Placa de perfuração (µm)					
<b>Fibras</b>		23,60±5,95			1200±465
Densidade (mm <sup>2</sup> )		1009,4±220,5	650,0±156,8	978,8±219,2	385,7±84,4
Comprimento médio (µm)		15,5±3,3	7,4±4,0	18,4±6,7	17,6±4,1
Diâmetro transversal médio (µm)		5,1±1,0	6,7±2,2	6,1±2,2	5,7±1,5
Lumina médio (µm)					
Espessura da parede			finas e muito espessas		finas e muito espessas
<b>Parênquima Axial</b>		anatomiquel escasso e apotruqueal difuso			em feixes
<b>Raios</b>		23,7±5			19,2±9
Densidade (mm <sup>2</sup> )			2 a 3 células		2 a 3 células
Comprimento médio (µm)		169,3±44,1	143,0±41,0	200,2±75,1	221,2±60,5
Altura (µm)					

Figura 5: Valores médios e desvios padrão das características anatômicas das espécies - modelo

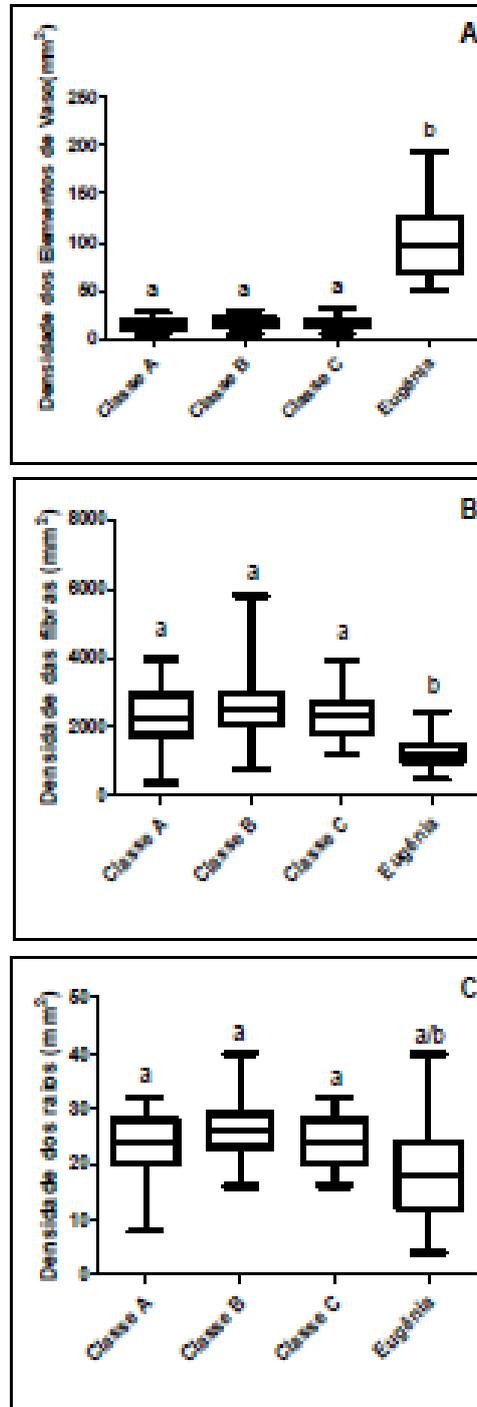


Figura 6: Densidade dos elementos de vaso, fibras e raios de *Eucalyptus saligna* (classes A, B e C) e *Eugenia sonderiana*. A: Elementos de Vaso, B: Fibras e C: Raios. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey e Duns.  $P < 0,05$ .

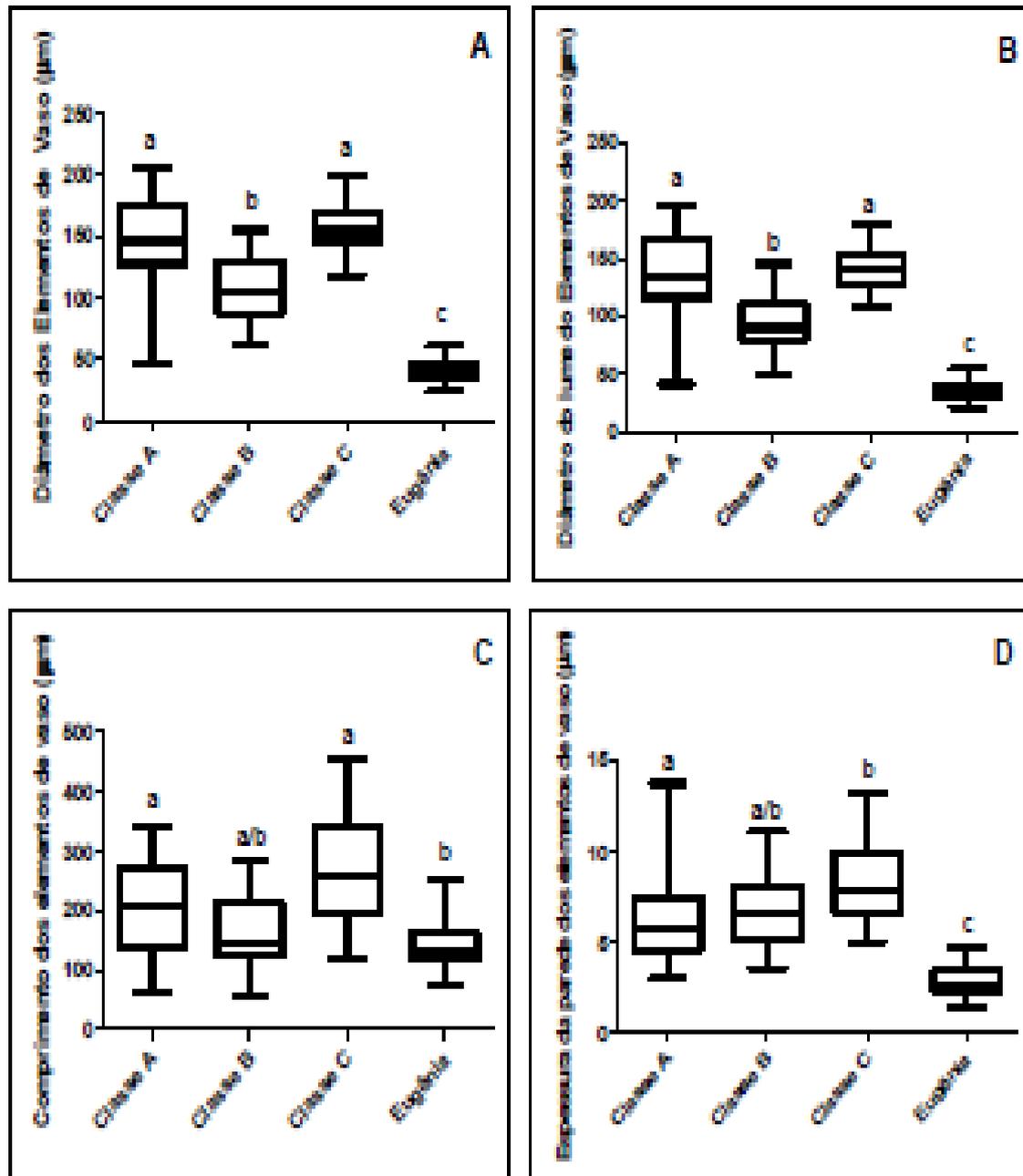


Figura 7: Medidas dos elementos de vaso de *Eucalyptus saligna* (classes A, B e C) e *Eugenia sonderiana*. A: Diâmetro, B: Diâmetro do lume, C: Comprimento e D: Espessura da parede. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey e Duns.  $P < 0,05$ .

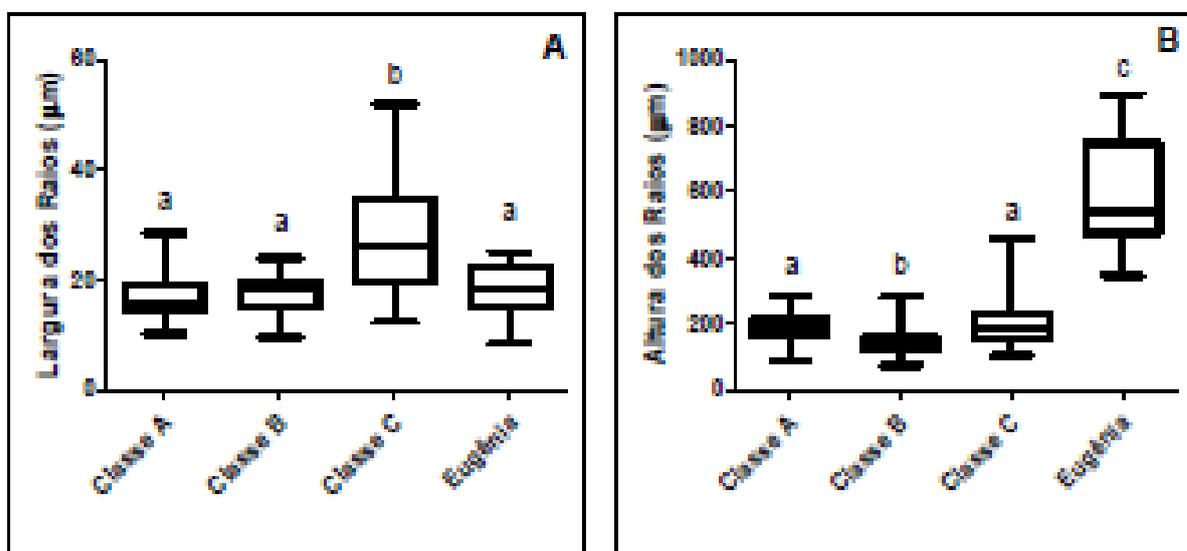


Figura 8: Medidas dos raios de *Eucalyptus saligna* (classes A, B e C) e *Eugenia sonderiana*. A: Largura e B: Altura. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey e Duns.  $P < 0,05$ .

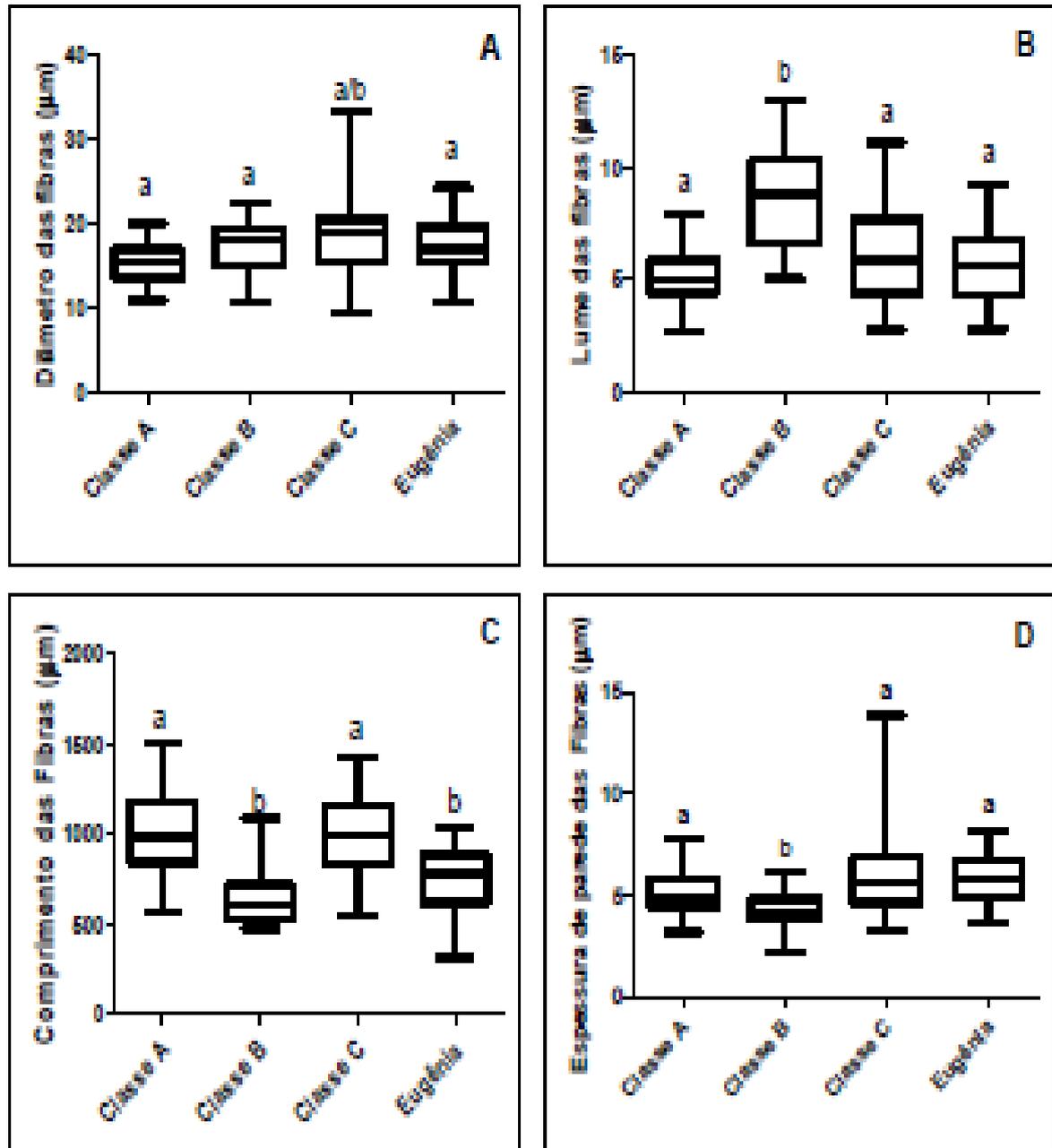


Figura 9: Medidas das fibras de *Eucalyptus saligna* (classes A, B e C) e *Eugenia sonderiana*. A: Diâmetro, B: Diâmetro do lume, C: Comprimento e D: Espessura da parede. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey e Duns.  $P < 0,05$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango Alzate, S.B. 2004. Caracterização da madeira de árvores de clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* X *urophylla* . Tese ESALQ. Piracicaba, SP, Brasil.
- Associação Mineira de silvicultura ([www.silviminas.com.br](http://www.silviminas.com.br)) do Eucalipto. Aspectos sociais, ambientais e econômicos do seu cultivo. Disponível em: [http://www.silviminas.com.br/Noticia/Arquivos/noticia\\_132.pdf](http://www.silviminas.com.br/Noticia/Arquivos/noticia_132.pdf). Acesso em: 23 ago. 2010.
- Barros, C.F., M.L. Marcon-Ferreira, C.H. Callado, H.R.P. Lima, M. Cunha, O. Marquete & C.G. Costa. 2006. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da reserva biológica de Poço das Antas. *Rodriguésia* 57 (3): 443-460.
- Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75: 1437-1449.
- Botosso, P.C. & R.E. Vetter. 1991. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazônia). *Revista Instituto Florestal* 3 (2): 163-180.
- Callado, C.H., P.A. Marques, G.U.C. Araújo & C.F. Barros. 2007. Anatomia do lenho de três espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae) de mata e restinga. Nota científica. *Revista Brasileira de Biociências* 5 (1): 801-803.

- Carlquist, S.J. 2001. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer Verlag. 2 ed.
- Coradin, V.T.R., G.I. Bolzon de Muniz. 1992. Normas e procedimentos em estudos de anatomia da Madeira: I – Angiospermas II – Gimnospermas. Série técnica 15.
- Dadswell, H.E. & M. Burnell. 1932. Methods for the identification of the coloured woods of the genus *Eucalyptus*. Council for scientific and industrial research. Melbourne. Division of forest products technical. Paper 5.
- França, H. & K.T. Ribeiro. 2008. Mapeamento de queimadas na Serra do Cipó, MG, de 1984 a 2007. Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade (ICMBIO) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).
- Foelkel, C.E.B., C. Zvinakevicius & J.O.P. Andrade. 1976. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* afetados por cancro. Disponível em: [www.celso-foelkel.com.br](http://www.celso-foelkel.com.br). Acesso em: 17 de Nov. de 2011.
- Gasson, P., P. Jarvis. & W. Page. 1998. Wood anatomy of twelve species with potencial for reintroduction on Round Island, Mauritius. IAWA Journal 10 (4): 393-413.
- González, M.E. 2005. Fire history date as reference information in ecological restoration. Dendrochronologia 22: 149-154.

González, M.E. 2002. História do fogo na floresta de *Araucaria-Nothofagus* na Cordilheira dos Andes na América-Central Chile. Dissertação. Universidade do Colorado.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> Acesso em: 10 de out. 2011.

Instituto de pesquisas florestais (IPEF). Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/#saligna>. Acesso em: 19 de dez. 2011.

Joly, A.B. 1970. Conheça a vegetação brasileira. EDUSP e Polígono. São Paulo.

Judd, W.S., C.S. Campbell, E.A. Kellogg & P.F. Stevens. 1999. Plant Systematics. A phylogenetic do approach. Sinauer. Sunderland.

Kraus, J.E. & M. Arduin. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. EDUR. Seropédica, Rio de Janeiro.

Landrum, L.R. & M.L. Kawasaki. 1997. The genera of Myrtaceae in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. *Brittonia* 49: 508-536.

Longui, E.L., I.L. Lima, A.B. Florsheim & A. Bufolo. 2009. Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. *Revista do Instituto Florestal* 21 (2): 181-190.

- Mabberley, D.J. 1997. The plant book. Cambridge University Press. Cambridge.
- Leal, S., H. Pereira, M. Grabner. & R. Wimmer. 2004. Tree-ring structure and climatic effects, in young *E. globules* Labill. Grown at two Portuguese sites: preliminary results. *Dendrocronology* 21 (3): 139-46.
- Maseda, P.H. & R.J. Fernandez. 2006. Stay wet or else ways in which plants can adjust hydraulically to their environment. *Journal of Experimental Botany* 57: 3963-3977.
- Moglia, J.G., S. Bravo & R. Gerez. 2008. Anatomia comparada del leño de *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) de dos orígenes, ensayados en Santiago Del Estero. *Sociedade Argentina de Botânica* 43 (3-4): 239-246.
- Morais, P.O. & J.A. Lombardi. 2006. A família Myrtaceae na reserva particular do patrimônio natural da Serra do Caraça, Catas Altas, Minas Gerais, Brasil. *Lundiana* 7 (1): 3-32.
- Osborn, T.J. & K.R. Briffa. 2004. The real color of climate change? *Science* 22: 621-622.
- Paiva, J.G.A., S.M. Fank-de-Carvalho, M.P. Magalhães & D. Graciano-Ribeiro. 2006. Verniz vitral incolor 500<sup>®</sup>: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. *Acta Botanica Brasílica* 20 (2): 257-264.

- Pielke, R. A. 2004. What is climate change? Issues in science and technology. 20 (4): 4-31.
- Pigliucci, M. & J. Schmitt. 1999. Genes affecting phenotypic plasticity in Arabidopsis: pleiotropic effects and reproductive fitness of photomorphogenic mutants. Journal of Evolutionary Biology 12: 551-562.
- Queiroz, L.P., A.A. Conceição & A.M. Giuliatti. 2006. Nordeste semi-árido: caracterização geral e lista das fanerógamas. In: A.M, Giuliatti; A.A, Conceição & L.P, Queiroz (eds), Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro. Instituto do milênio do semi-árido (IMSEAR) 1: 15-359. MCT. Brasília. DF.
- Rebollar-Domínguez, S. & N.A. Tapia-Torres. 2010. Anatomia da madeira de de duas espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) de Quintana Roo, México. Madera e Bosques 16 (1): 85-98.
- Soffiatti, P. & V. Angyalossy-Alfonso. 1999. Estudo anatômico comparativo do lenho e da casca de duas espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). Revista Brasileira de Botânica 22 (2): 175-184.
- Sultan, S.E., A.M. Wilczek, D.L. Bell & G. Hand. 1998. Physiological response to complex environments in annual Polygonum species of contrasting breadth. Oecology 115: 564-578.

- Thomas, D.S., K.D. Montagu & J.P. Conroy. 2007. Temperature effects on Wood anatomy, Wood density, photosynthesis and biomass partitioning of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Tree Physiology* 27 (2): 251-260.
- Thomas, D.S., K.D. Montagu & J.P. Conroy. 2004. Changes in Wood of *Eucalyptus camaldulensis* due to temperature – the physiological link between water viscosity and Wood anatomy. *Forest Ecology and Management* 193: 157-165.
- Tomazello-Filho, M. 1985. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de Eucalipto cultivadas no Brasil. *Boletim informativo IPEF* 29: 25-36.
- Valladares, F., D. Sanches-Goems & M.A. Zavala. 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology* 94: 1103-1116.
- Vitta, F. 1995. Composição florística e ecologia de comunidades campestres na Serra do Cipó, Minas Gerais. Dissertação. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo.
- Worbes, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology* 87: 391-03.

## **Capítulo 2:**

**Dendrocronologia e dendroclimatologia de *Eugenia sonderiana***

**O. Berg e *Eucalyptus saligna* Sm. (Myrtaceae) na Serra do Cipó**

**– MG**

**Trabalho formatado de acordo com as normas do IAWA Journal**

## RESUMO

Estudos dendrológicos auxiliam no resgate das informações ambientais, contribuindo para a construção de um histórico de determinada região. O objetivo deste trabalho foi comparar o lenho de uma espécie exótica – *Eucalyptus saligna* – e de uma nativa – *Eugenia sonderiana* – vivendo nas mesmas condições macro-ambientais e verificar: (1) Como a espécie exótica registrou as variações ambientais; (2) Por que existem indivíduos de tamanhos e diâmetros diferentes dentro da plantação de *Eucalyptus saligna*; (3) Como se comporta o lenho de *Eugenia sonderiana* frente às variações ambientais no PARNA da Serra do Cipó e (4) Quais são as semelhanças e diferenças entre o lenho dessa espécie em relação a espécie exótica. Metodologias de rotina para anatomia da madeira foram empregadas na coleta, obtenção de lâminas histológicas e identificação dos anéis de crescimento utilizando 9 indivíduos de cada espécie. Dados climatológicos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e relacionados às amostras que apresentaram anéis de crescimento distintos. O anel marcador na espécie nativa é visualizado em microscopia por uma baixa frequência de parênquima axial e uma alta frequência de fibras e em *Eucalyptus saligna* é formado por uma organização diagonal dos elementos de vaso. A presença de rebrotos em *Eucalyptus saligna* e sua propagação por sementes explicam a desorganização no espaçamento dos indivíduos na plantação. A relação dos anéis de crescimento com dados climatológicos indica que *Eugenia sonderiana* se desenvolve de uma maneira mais lenta que *Eucalyptus saligna*, uma vez que possui circunferência semelhante a indivíduos mais finos da espécie exótica, porém idade equivalente aos indivíduos com maior circunferência.

**Palavras-chave:** Dendrocronologia, dendroclimatologia, anel de crescimento, *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*.

## ABSTRACT

Dendrological studies allows to recover environmental information, helping to build a history of a region. The objective of this study was to compare the wood of an exotic species - *Eucalyptus saligna* - and a native one - *Eugenia sonderiana* - living under the same macro-environmental conditions and to verify: (1) how the exotic species recorded environmental variations, (2) why do the individuals of *Eucalyptus saligna* present different sizes and diameters in the plantation, (3) how does the wood of *Eugenia sonderiana* behave under the environmental variations in the PARNA Serra do Cipó and (4) what are the similarities and differences between the wood of this species when compared to the exotic species. Routine methodologies for wood anatomy were used for sampling, obtaining histological slides and identification of growth rings using nine individuals of each species. Climatological data were obtained from the Insitituto Nacional de Meteorologia (INMET) and related to the samples that showed distinct growth rings. The spring rings on the wood of both model species were characterized by a clear strip, which were viewed under the microscope as banded axial parenchyma in *Eugenia sonderiana* and a group of vessel elements in *Eucalyptus saligna*. The marker ring in the native species is marked by a dark band, which presents low frequency of axial parenchyma and a high frequency of fibers, while in *Eucalyptus saligna* it is formed by the diagonally organized vessel elements. The presence of resprouting in *Eucalyptus saligna* and its propagation by seeds explain the spatial disorganization in the plantation. The relationship of growth rings with climatological data indicates that *Eugenia sonderiana* develops more slowly than *Eucalyptus saligna*, since it has similar circumference to youngest individuals of *Eucalyptus saligna*, but age-macth individuals with the largest circumference.

**Keywords:** dendrochronology, dendroclimatology, growth rings, *Eucalyptus saligna*, *Eugenia sonderiana*

## INTRODUÇÃO

A dendrologia ou estudo das árvores pode ser subdividida em diversas áreas como dendrocronologia, dendroclimatologia, dendroecologia e dendrogeomorfologia. A dendrocronologia estuda a idade das árvores pela análise e contagem dos anéis de crescimento, determinando acontecimentos sucessivos registrados no lenho. A dendroclimatologia, por sua vez, investigando evidências de sinais climáticos gravados nesses anéis. Segundo Arango Alzate (2004), a dendroclimatologia baseia-se em análises de variáveis, como a largura dos anéis de crescimento, e na interpretação da influência do ambiente sobre essas variáveis. Desta forma, peças de madeiras com idade desconhecida podem ser datadas a partir da correspondência entre os anéis de crescimento e padrões cronológicos conhecidos. Esses estudos fornecem informações ambientais e auxiliam na recuperação de dados históricos e arqueológicos de diversas regiões.

Os primeiros estudos dendroclimatológicos bem sucedidos foram realizados em regiões áridas ou boreais, onde um fator climático dominante limita o crescimento das árvores (Douglass, 1919).

Desde a década de 1920, estudos dendrocronológicos vêm demonstrando a presença de crescimento anual em plantas tropicais através do registro da atividade e dormência cambial (Coster, 1927; Mariaux, 1979; Vetter & Botosso, 1988). Estes processos estão intimamente relacionados a sazonalidade na precipitação e a temperatura, determinando o crescimento anual nos trópicos (Chowdhury, 2008). Contudo, flutuações climáticas ocorridas durante as estações do ano podem provocar a formação de falsos anéis, prejudicando estudos cronológicos (Worbes, 2002). Na América latina, muitos autores estudaram a periodicidade no crescimento das árvores. Por exemplo, Botosso & Vetter (1991)

verificaram incremento mensal em circunferência, ritmo de crescimento e atividade cambial anual em árvores da região Amazônica. Acreditava-se que por possuir pluviosidade uniforme ao longo de todo o ano, as árvores desta região não teriam anéis anuais de crescimento. Porém, observou-se que a pluviosidade não é constante ao longo de um ano, e nos períodos de “seca” ocorre redução e até mesmo parada da atividade cambial.

A partir de análises climatológicas e cronológicas, pretende-se comparar o lenho de uma espécie exótica (*Eucalyptus saligna*) e uma nativa (*Eugenia sonderiana*) crescendo sob as mesmas condições ambientais no Parque Nacional da Serra do Cipó (PARNA da Serra do Cipó) e em seu entorno, procurando responder às seguintes questões: (1) Como uma plantação de *Eucalyptus saligna* com cerca de 50 anos, sem histórico de corte comercial, registrou as variações ambientais? (2) Por que existem indivíduos de tamanhos e diâmetros diferentes dentro da plantação de *Eucalyptus saligna*?; (3) Como se comporta o lenho de *Eugenia sonderiana* frente às variações ambientais no PARNA da Serra do Cipó? (4) Quais as semelhanças e/ou diferenças entre o desenvolvimento de uma espécie exótica e uma nativa submetidas às mesmas pressões ambientais na Serra do Cipó, MG? Deste modo, pretende-se traçar o potencial das espécies-modelo para diagnoses dendrocronológicas e dendroclimatológicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras para as análises dendrológicas de *Eucalyptus saligna* foram coletadas em uma plantação realizada na década de 1960 (Fig. 1-A e 1-B) e as de *Eugenia sonderiana* (Fig. 2-A e 2-B) coletadas no entorno desta plantação no Parque Nacional da Serra do Cipó (PARNA da Serra do Cipó) em Minas Gerais (19°15'21"S / 43°32'46.50"W).

Foram selecionados 3 indivíduos pertencentes a três classes de circunferência pré-definidas de *Eucalyptus saligna* A (25-50 cm), B (51-100 cm) e C (> 100cm) -, totalizando 9 indivíduos com DAP acima de 10 cm e tronco único, e 9 indivíduos de *Eugenia sonderiana*, com o mesmo DAP e a primeira ramificação acima de 2 metros. *Eucalyptus saligna* foi coletado nos períodos secos de 2010 e 2011 (julho a setembro), e *Eugenia sonderiana* no período chuvoso de 2010/2011 (dezembro a fevereiro) e seco de 2011.

As amostras foram retiradas utilizando-se métodos não destrutivos (trado de incremento - 300mm 12" e núcleo 12 mm - Haglöf<sup>®</sup>) e destrutivos (moto-serra). Um exemplar de cada classe de *Eucalyptus saligna* e de *Eugenia sonderiana* foram derrubados com autorização da direção do PARNA da Serra do Cipó.

As amostras foram polidas com lixa d'água (n<sup>os</sup> 40 a 1200), adaptadas a um torno MANROD modelo MR335, para visualização dos anéis de crescimento. Em seguida, foram fotografadas com máquina digital modelo Sony  $\alpha$  230, e a partir das imagens digitalizadas, utilizou-se o programa AxioVision<sup>®</sup> para a contagem e medida das distâncias entre os anéis de crescimento. A largura dos anéis foi relacionada a dados climatológicos da estação meteorológica de Diamantina-MG, referentes aos últimos 10 anos. A largura dos anéis e os dados

climáticos de pluviosidade foram confrontados através de gráficos, análise de correlação e regressão linear, utilizando-se o programa GraphPad® e MicrosoftExcel® 2003.

Para as análises anatômicas do lenho foram utilizadas regiões do albarno, obtidas a partir de discos serrados nos indivíduos caídos das classes A e B de *Eucalyptus saligna*. A classe C e os exemplares de *Eugenia sonderiana* foram coletados com trado de incremento e também por meio de moto-serra, com autorização da direção do PARNA da Serra do Cipó. As amostras foram amolecidas por aquecimento segundo Kraus e Arduin (1997) e os cortes realizados em micrótomo de deslize (Spencer) com 20 µm de espessura. Posteriormente, os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 50%, lavados em água destilada, corados com safranina 1% hidroalcoólica, desidratados em série etílica e armazenados em acetato de butila PA (Kraus & Arduin, 1997).

Para verificar se os indivíduos de *Eucalyptus saligna* das classes A e B surgiram na plantação por reprodução vegetativa, exemplares isolados de pequeno porte (cerca de 1,5 m) foram desenterrados e tiveram seu sistema subterrâneo analisado morfológicamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantações comerciais de *Eucalyptus* seguem uma disposição homogênea dos indivíduos, com espaçamentos eqüidistantes e poda de seus ramos laterais, para a obtenção de toras uniformes. Contudo, na plantação de *Eucalyptus saligna* estudada os indivíduos estavam desordenadamente distribuídos e seus diâmetros eram variáveis, com plantas de aspecto muito jovem, semelhantes a plântulas, e algumas com circunferências acima de um metro. Em relação à população nativa de *Eugenia sonderiana*, verificou-se que todas as plantas localizadas possuíam circunferência equivalente às das classes A e B de *Eucalyptus saligna*.

A heterogeneidade registrada no diâmetro e espaçamento entre os indivíduos de *Eucalyptus saligna* com muitos indivíduos de caule delgado, incluídos na classe A, permite inferir sobre a possibilidade da geração de plantas jovens serem oriundas de um banco de sementes estabelecido ao longo do tempo entre as plantas mais velhas. Outra inferência possível é a de brotações a partir de lignotuber ou raízes gemíferas; ou ainda, de as plantas terem idades semelhantes, porém com diferenças na velocidade de crescimento.

Com relação ao rebrotamento, os indivíduos de *Eucalyptus saligna* analisados possuem alto índice de rebrota decorrente de situações estressantes, como fogo, corte e queda (Fig 3-A e 3-B). Esta alta capacidade já havia sido reportada por Balloni e Silva (1978) e é atribuída ao lignotuber quando as ramificações ocorrem no nível do solo. A formação de novas plantas a partir de um banco sementes foi corroborada uma vez que todas as plantas de pequeno porte desenterradas apresentaram raiz axial, sem ligação com outras plantas (Fig 3-C).

Os dados climatológicos (Fig. 4) indicam que a região do PARNA da Serra do Cipó possui estação seca marcante e sua precipitação pode chegar a 0mm por mais de um mês (Gardoni *et al.* 2007), tendo pois induzido os anéis de crescimento nas espécies-modelo estudadas (Fig 5-A e 5-B). Tal fato é embasado em Worbes (1995), que afirma que precipitação inferior a 60mm mensais e estações secas de 2 a 3 meses são capazes de induzir anéis de crescimento em árvores tropicais. A contagem dos anéis anuais em *Eucalyptus saligna* indica que os indivíduos da classe A, B e C possuem em média 15, 20 e 50 anos, respectivamente, demonstrando que os indivíduos da classe C fazem parte da plantação original da década de 1960. Para *Eugenia sonderiana*, atribui-se a média de 40 anos aos exemplares estudados, demonstrando que essa espécie tem um crescimento em espessura mais lento que *Eucalyptus saligna*, uma vez que apresenta circunferência equiparável às classes mais finas, com a idade da classe mais velha. A hipótese de que os indivíduos da plantação de *Eucalyptus saligna* possuem idade similar e velocidade de crescimento diferente foi rejeitada, admitindo-se que a germinação por sementes e a rebrota a partir de queda ou corte das plantas explicam a heterogeneidade da plantação.

O anel marcador em *Eugenia sonderiana* em microscopia se mostra como uma baixa frequência de parênquima axial e uma alta frequência de fibras (Fig 6-A). Já em *Eucalyptus saligna*, ele é formado por uma organização diagonal dos elementos de vaso, envoltos por uma alta frequência de fibras (Fig 6-B). Essa organização diagonal foi registrada por Drew & Pammenter (2006) em clones de *Eucalyptus* sem que uma causa fosse apontada ou relacionada com o anel de crescimento, como parece ocorrer em *Eucalyptus saligna*.

Os anéis de crescimento são consequência da atividade cambial e esta é induzida por mudanças sazonais, quando há condições favoráveis e desfavoráveis de crescimento intercaladas. No PARNA da Serra do Cipó, ocorre uma variação de amplitude térmica e pluviométrica acentuada, estimulando o câmbio a produzir as características observadas. Tais observações são similares àquelas de Worbes (1995) quando destaca que fatores de estresse como baixas temperaturas no inverno nas zonas temperadas, bem como períodos de seca e inundações nos trópicos, podem induzir a dormência cambial, e conseqüentemente o zoneamento (formação dos anéis) na madeira.

Leal *et. al* (2004) verificou que os anéis de crescimento em *Eucalyptus globulus* são marcados pelo diâmetro e freqüência dos elementos de vaso, sendo a largura dos anéis relacionada à precipitação anual. Esta relação também ocorre para *Eucalyptus saligna* e *Eugenia sonderiana*, uma vez que nos períodos mais chuvosos a largura do anel de crescimento é mais evidente.

A sobreposição em mais de 50% das curvas de largura dos anéis de crescimento com a chuva anual acumulada em *Eucalyptus saligna* e *Eugenia sonderiana* (Fig 7) é um valor de destaque, uma vez que para análises de séries temporais em árvores tropicais são encontradas correlações de 30 a 40%. Correlações de 60 a 70% ocorrem somente para árvores de clima temperado, onde a variação sazonal é mais marcante (Callado, comunicação pessoal). Segundo Worbes (1995), a largura entre os anéis pode fornecer uma primeira indicação de que fatores externos afetam o ritmo de crescimento, conforme registrado para a pluviosidade na Serra do Cipó.

Além da presença de anéis de crescimento, observou-se o registro de fogo em *Eucalyptus saligna* (Fig.8-A e 8-B). Foi possível datá-lo como ocorrido em

2007, confirmado no trabalho de França e Ribeiro (2008) que traz um mapeamento dos incêndios ocorridos na Serra do Cipó. No mesmo ano, ocorreu um extenso período de seca ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)) visivelmente registrado no anel estival das espécies (Fig. 5-A e 5-B). Apesar de ter sido observado fogo em alguns indivíduos de *Eugenia sonderiana* em 2010 (Fig. 8-C), não foi identificado nenhum vestígio no lenho das plantas amostradas (Fig. 8-D), mesmo com indícios de fogo no entorno delas. O fato dos exemplares estarem na borda de um capão de mata sem cobertura graminóide e possuírem periderme mais espessa que os exemplares de *Eucalyptus saligna*, proporciona uma proteção maior a este tipo de estresse. Esta observação demonstra maior adaptação da espécie nativa a um dos estresses mais comuns do ambiente estudado, o fogo.

*Eucalyptus saligna* mostrou-se capaz de se adaptar a situações ambientais diferentes do seu local de origem, enquanto *Eugenia sonderiana*, mesmo sendo uma espécie nativa, mostrou variações que permitem interpretar o histórico ambiental da região. Apesar de se visualizar, em ambas, anéis de crescimento macroscopicamente semelhantes, ao nível microscópico, o câmbio reage de maneira particular às variações em cada uma delas, respondendo diferentemente a periodicidade climática e ao fogo ao longo dos anos. Portanto, é possível concluir que as duas espécies-modelo demonstram potencial para diagnoses dendrocronológicas e dendroclimatológicas, registrando os eventos de fogo e pluviosidade.



Figura 1: A : Visão geral da plantação de *Eucalyptus saligna* no PARNA da Serra do Cipó, com destaque para a distribuição heterogênea dos indivíduos. B: Destaque para o tronco de um indivíduo com diâmetro intermediário de aproximadamente 15 cm.



Figura 2: A: Visão geral de *Eugenia sonderiana* com cerca de 10 m de altura, no entorno da plantação de *Eucalyptus saligna* no PARNA da Serra do Cipó. B: Destaque para o tronco de um indivíduo padrão com cerca de 15 cm de diâmetro.



Figura 3: Eventos de rebrota em *Eucalyptus saligna*. A: Após queda, B: Após corte, C: Estrutura subterrânea destacando lignotuber e início de novo caule (seta). Barra: 1 cm.

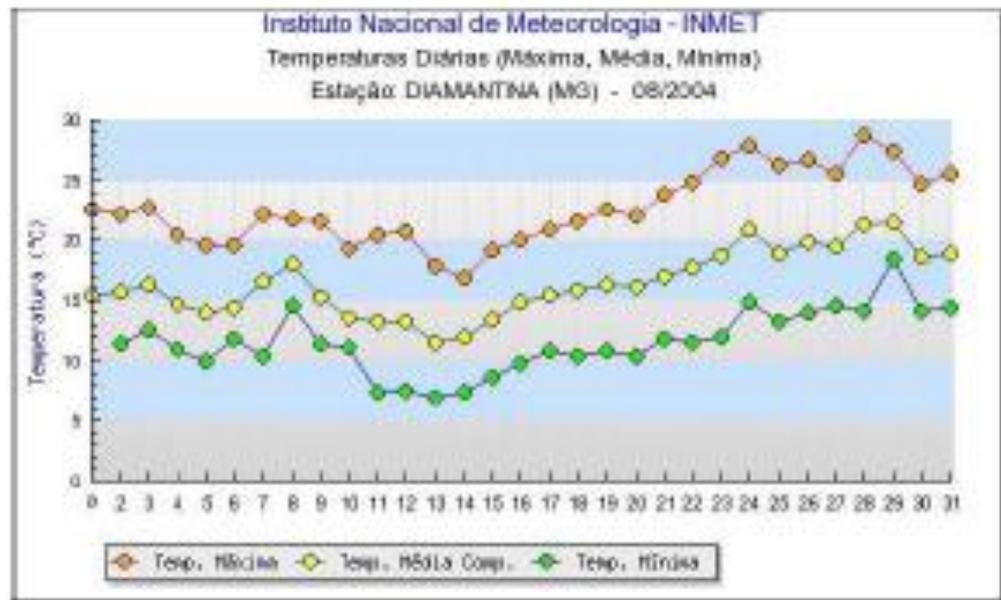
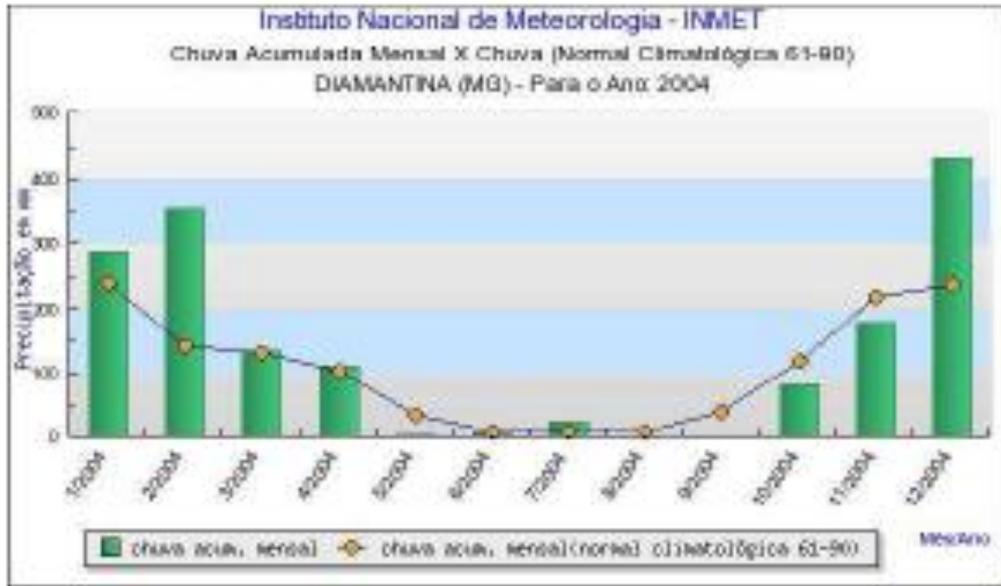


Figura 4: Dados climatológicos de precipitação (A) e temperatura (B) evidenciando respectivamente períodos de seca e baixas temperaturas na estação meteorológica de Diamantina – MG. (Fonte: INMET)

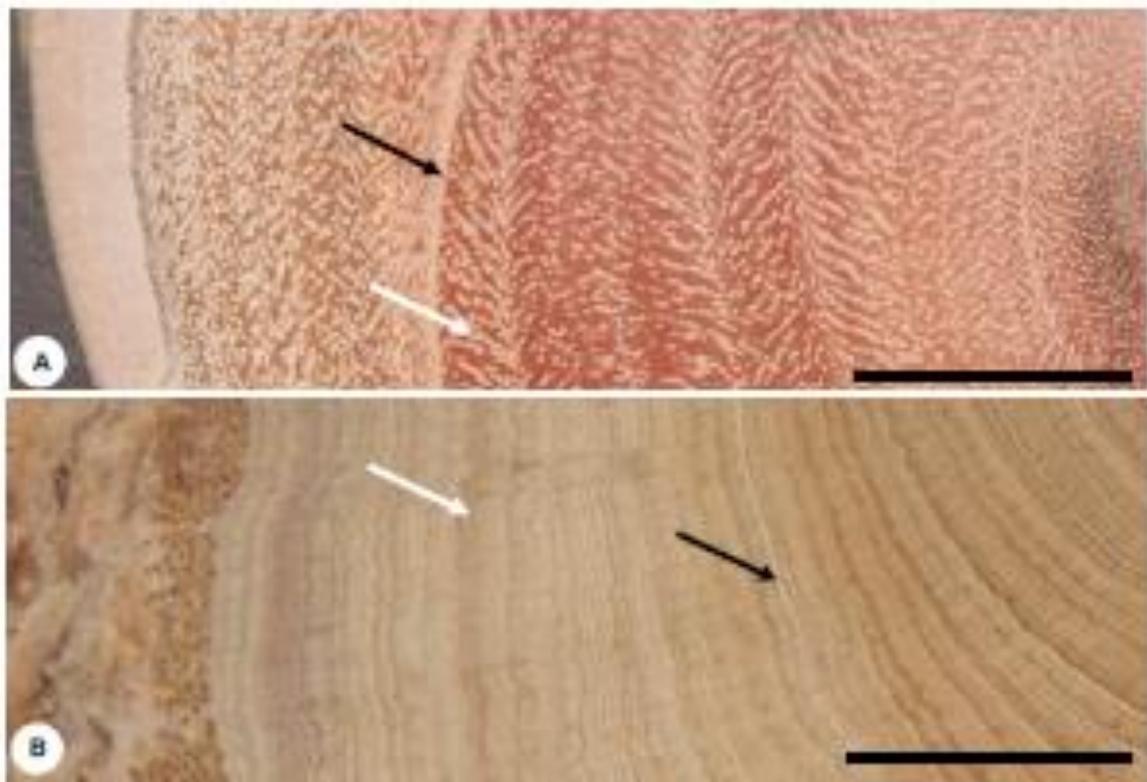


Figura 5: Identificação dos anéis de crescimento primaveril (seta preta) e estival (seta branca) em *Eucalyptus saligna* (A) e *Eugenia sonderiana* (B). Barra: 1 cm

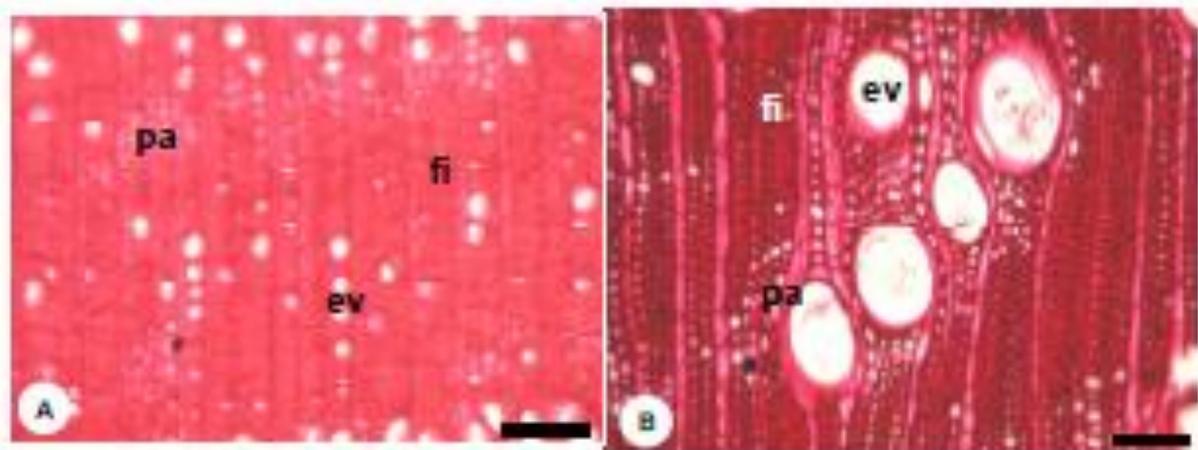


Figura 6: Fotomicrografias da seção transversal dos anéis marcadores em *Eugenia sonderiana* (A) e *Eucalyptus saligna* (B). A: Baixa frequência de parênquima axial e alta frequência de fibras. B: Alta frequência de fibras envolvendo os elementos de vaso em disposição diagonal. ev: elementos de vaso, fi: fibra, pa: parênquima axial, ra: raio, ti: tilose. Barra: 100  $\mu\text{m}$ .

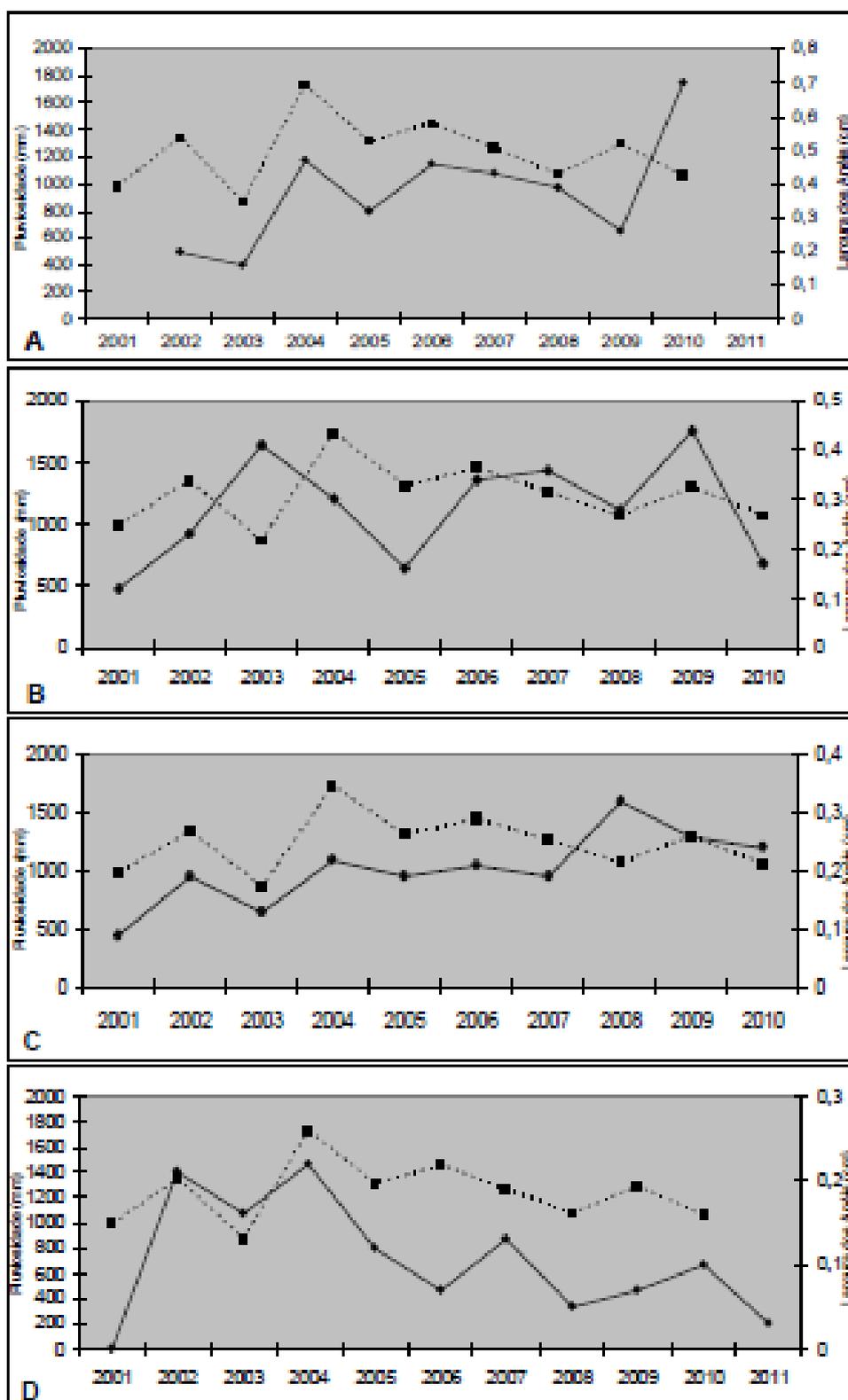


Figura 7: Chuva anual acumulada e largura dos anéis de crescimento de 2000 a 2010 em *Eucalyptus saligna* e *Eugenia sanderfana* no PARNA da Serra do Cipó. A: *E. saligna* classe A, B: *E. saligna* classe B, C: *E. saligna* classe C e D: *Eugenia sanderfana*. Linha contínua : largura dos anéis, linha tracejada : chuva acumulada.

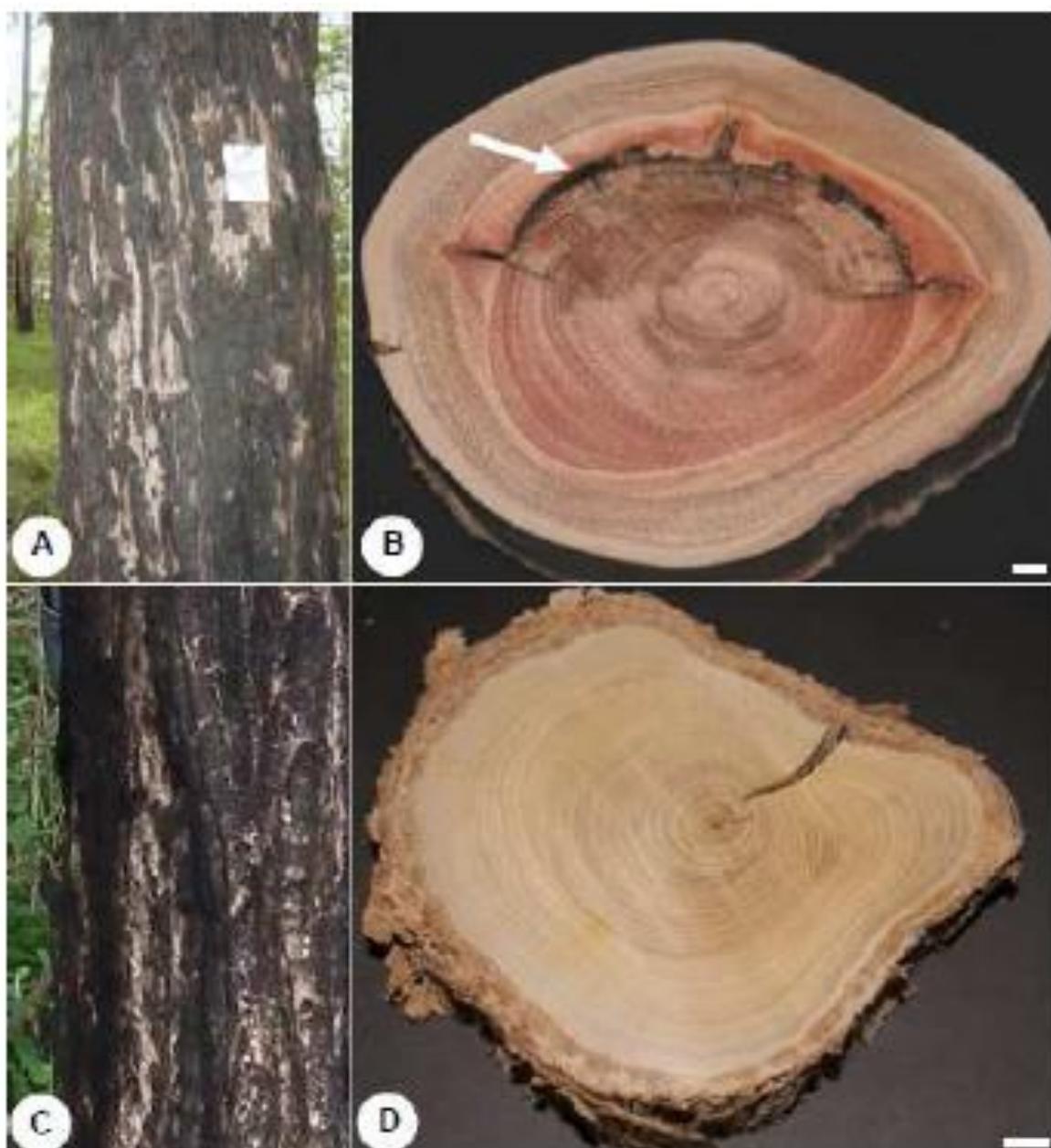


Figura 8: Registro de fogo em *Eucalyptus saligna* e *Eugenia sonderiana*. A: Periderme de *Eucalyptus saligna* com vestígio de fogo. B: Lenho de *Eucalyptus saligna* (classe A) onde a seta indica incêndio ocorrido em 2007. C: Periderme de *Eugenia sonderiana* com vestígio de fogo e D: Lenho de *Eugenia sonderiana* sem vestígio de fogo. Barra: 1 cm.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango Alzate, S. B. 2004. Caracterização da madeira de árvores de clones de *E grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* X *urophylla*. Tese. Escola Superior Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). Piracicaba, SP, Brasil.
- Balloni, E. A. & A.P. Silva. 1978. Condução de touças de *Eucalyptus*: resultados preliminares. Boletim informativo IPEF 16: b1--b8.
- Botosso, P.C. & R.E. Vetter. 1991. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazônia). Revista Instituto Florestal 3 (2): 163-180.
- Chowdhury, M. Q., N. Schmitz, A. Verheyden, U. Sass-Klaassen, N. Koedam & H. Beeckman. 2008. Nature and periodicity of growth rings in two Bangladeshi mangrove species. IAWA Journal 29: 265--276.
- Coster, C. 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresbildung in den Tropen. Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg 37: 49-160.
- Douglass, A. E. 1919. Climatic cycles and tree growth. Carnegie Institution of Washington. Washington.

- Drew, D.M. & N.W. Pammenter. 2006. Vessel frequency, size and arrangement in two eucalypt clones growing at sites differing in water availability. *New Zealand Journal of Forestry* 51(3): 23-28
- França, H. & K.T. Ribeiro. 2008. Mapeamento de queimadas na Serra do Cipó, MG, de 1984 a 2007. Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade (ICMBIO) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).
- Gardoni, L.C.P., R.M.S. Isaías & F.H.A. Vale. 2007. Morfologia e anatomia foliar de três morfotipos de *Marquetia taxifolia* (A. St.-Hil.)DC. (Melastomataceae) na Serra do Cipó, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 30(3): 487-500.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> Acesso em: 10 de out. 2011.
- Leal, S., H. Pereira, M. Grabner & R. Wimmer. 2004. Tree-ring structure and climatic effects, in young *E. globulus* Labill. Grown at two Portuguese sites: preliminary results. *Dendrocronology* 21 (3): 139-146.
- Mariaux, A. 1979. Nature et périodicité des cernes dans les arbres de zone tropicale sèche en Afrique de l'ouest. CTFT.
- Vetter, R.E. & P.C. Botosso. 1988. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. *Acta Amazônica* 18 (1-2): 189-196.

Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review.  
IAWA Journal 16 (4): 337-351.

Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics: a brief  
history and an outlook to future challenges. Dendrochronologia 20: 217-231.