

CYNTHIA DOMINGUES DE SOUZA

**COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO DE ESPÉCIES
ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO E EXÓTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:

Prof. Dr. Tomás de Aquino Portes e Castro

Goiânia, GO – Brasil

2008

Dados Internacionais de Catalogação –na-Publicação (CIP)

(GPT/BC/UFG)

Souza, Cynthia Domingues de

**Comportamento ecofisiológico de espécies arbóreas
nativas do Cerrado e exóticas./**

Cynthia Domingues de Souza. – Goiânia, 2008.

Xii, 176f.:il.

**Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás.
Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2008.**

Bibliografia.

Anexos.

**1. Transpirômetro de equilíbrio. 2. Ecofisiologia
vegetal. 3. Espécies arbóreas – Nativas e Exóticas. I.
Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e
Engenharia de Alimentos. II. Título.**

CDU:

CYNTHIA DOMINGUES DE SOUZA

TÍTULO: "COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO E EXÓTICAS".

Tese DEFENDIDA e APROVADA em 17 de janeiro de 2008, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Jácomo Divino Borges
EA/UFG



Dr. Luis Fernando Stone
Embrapa Arroz e Feijão



Dr. Agostinho Dirceu Didonet
Embrapa Arroz e Feijão



Prof. Leticia de Almeida Gonçalves
Uni-Anhanguera



Prof. Tomás de Aquino Portes e Castro
Orientador - ICB UFG

UFG
Goiânia - Goiás
Brasil

*"Logo mais, na restauração,
uma bandeira tremulará em toda parte, ao lado de todas: a da
Paz;
um idioma se falará junto aos demais: o da Fraternidade;
um ideal se fará presente no meio dos outros: o do Progresso;
uma religião única estabelecerá a ponte de união
entre o Homem e Deus: a do Amor Universal...."*

(Vitor Hugo)

Dedico este trabalho a

Yasmin e Arthur, espíritos evoluídos que encarnaram de meu ventre, superando todos os obstáculos e aos filhos que estão evoluindo no plano superior.

Com todo o meu amor!

AGRADECIMENTOS

Ao Plano Superior, pela magia da existência e a confiante certeza de que cada um de nós contribui para a evolução e espiritualização da raça humana.

Ao Dr. Tomás de Aquino Portes e Castro, que aceitou o desafio de me orientar no meio da jornada iniciada e que, com sua sensibilidade e maestria, conduziu-me em todos os percalços durante este caminhar, muito obrigada por ouvir o apelo de minha alma.

Ao Dr. Eduardo Freitas, professor de estatística da UnB, pelo trabalho primoroso e revelador que trouxe aos dados, um clarão científico respaldado matematicamente.

À Dra. Mara Rúbia da Rocha, Coordenadora da Pós-Graduação da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, pelo apoio, gentileza e prontidão em soluções.

A todos os Professores da Pós-Graduação que tecem histórias, dedicando suas vidas para fazer desse país, uma Nação. A todos vocês, mestres de vida, minha gratidão e meu profundo respeito.

Às minhas queridas estagiárias, Dayana, Maloni e Michelle por tanto empenho, entusiasmo e carinho com que conduziram essa experiência conjunta, aprendi muito com vocês.

Às dedicadas estagiárias do Laboratório de Anatomia Vegetal, Daiana e Aline e a MSc. Lilia Cristina S. Barbosa, que contribuíram sobremaneira para meu aprendizado, ainda, realizando as tarefas que mãos destreinadas já não tinham facilidade para realizar. Muito obrigada mesmo!

À querida futura doutora Maria Tereza Faria, sempre pronta e em seu trabalho dedicado ensinando como preparar material botânico e as difíceis lâminas histológicas.

À Dra. Maria Helena Rezende pela atenção e empréstimo do Laboratório de Anatomia Vegetal onde realizei uma etapa de meu trabalho.

Ao amigo Rodrigo, pessoa ímpar, que compartilhou conhecimentos e a grande aventura de utilizar um equipamento que é o sonho de muitos pesquisadores: o IRGA. Desejo a você muito sucesso e felicidades.

A amiga Christyane, companheira de estufa, de domingos ensolarados em frente ao computador. Muito avançamos juntas. Força e coragem!

Aos meus amigos, tantos que ganhei nessa etapa de aprendizado, especialmente Abílio, pelas noites estudando fisiologia vegetal, Edson, Reizinha, Rommel, Adriana, Aurélio, Cláudia e todos os colegas de curso.

À minha amiga de todas as horas, Raquel, por quem nutro profunda admiração pela persistência e fé inquebrantável.

Ao Sérgio, amigo, colega, professor particular... Puxa, muito obrigada por não medir esforços para que aprendêssemos a tão assustadora matemática.

Ao Sr. Hélio que nos dois projetos que montei, esteve presente com sua força masculina viabilizando o trabalho pesado, sem o qual os resultados não existiriam.

Ao Sr. Wander por ter aceitado me ajudar a sanar os vazamentos dos equipamentos, e que, mesmo intoxicado pelas colas, acabou todo o trabalho. Valeu!

Ao Sr. Wellington, secretário da PPGA, sempre prestativo e solícito.

A todos os funcionários da UFG, por contribuírem para a formação de tantos jovens que um dia manifestarão os talentos burilados.

Ao chefe da Floresta Nacional de Silvânia, biólogo, Leonardo, que doou as mudas de bálsamo, ipê e jatobá para o projeto.

Ao servidor, Dalmo, que não mediu esforços de enviar-me as mudas sem custos.

Ao Chefe da Divisão Técnica do IBAMA, Goiás, José Augusto Motta, por autorizar o afastamento para meu melhor aprendizado.

A Edite, gratidão por tudo, pela acolhida, pelo respeito e confiança. Serei sempre grata por todas as oportunidades, inclusive ter sido a força propulsora para que, Raquel e eu estudássemos.

A minha amiga Maura Jonas, por ter permitido estudar em horário de trabalho, quando minha chefe, por todos os sonhos compartilhados na construção de uma sociedade mais justa e amorável. Muito obrigada.

A todos os amigos da Ong. Arauê, por estarem silentes, pacientes, esperando, esperando...

Agradeço aos tiranos, grandes e pequenos, pois nos fazem despertar a grande Força Interior!

Ao Prof. Dr. Augusto Franco, da Universidade de Brasília, Departamento de Ecofisiologia Vegetal, pela confiança e colaboração no empréstimo do IRGA e a David, por nos ensinar a manuseá-lo.

Ao meu pai, Adônis de Souza, pelo exemplo de vida, caráter, retidão, por ensinar a vencer obstáculos com amor e dedicação. Obrigada por sempre apoiar-me (mesmo não concordando com algumas escolhas).

A minha querida mãe, Mathilde, por tanto cuidado, por todas as vezes que voltei a sua casa ferida mortalmente de guerra. Por ter me ajudado a dar à luz aos meus filhos, por cuidar deles para eu continuar a caminhar. Obrigada por me ensinar a amar, a engendrar e a nunca perder a fé na Sabedoria Divina. Eu lhe ofereço esse humilde trabalho.

A Mitsy, Renato, Márcia, cuidadores incansáveis que buscaram dentro de mim a fênix adormecida.

À minha avó Clotilde, pelo grande exemplo de vida, por sua sagaz lucidez aos oitenta e oito anos de vida. Mulher coragem que ensinou-nos a vencer batalhas, em pé.

Aos avós, *in memoriam*, Benedito, Marcília e Máximo, por serem as raízes, tão profundas, nos fazendo alcançar as estrelas e balançar ao vento nossos sonhos.

A todos os amigos, encarnados e do plano superior, que ajudaram a concluir este estudo.

A Júlio César e Luís Eduardo, queridos irmãos que me socorreram financeiramente durante essa longa jornada de aprofundamento teórico.

Ao meu amado irmão Gustavo, sempre presente, laborando ao meu lado.

Muito obrigada.

Paz.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE ANEXOS	17
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 ESPÉCIES ESTUDADAS.....	35
2.1.1 <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols – Ipê-amarelo.....	35
2.1.2 <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn e <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook - Eucaliptos.....	37
2.1.3 <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart – Jatobá do cerrado.....	38
2.1.4 <i>Myroxylum balsamum</i> (Linn) Harms - Bálsamo.....	39
3 MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1 MONTAGEM DO EQUIPAMENTO TRANSPIRÔMETRO DE EQUILÍBRIO.....	42
3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	46
3.3 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS MENSURADAS.....	48
3.4 CONSUMO DE ÁGUA DA PLANTA (TRANSPIRAÇÃO).....	49
3.5 TRANSPIRAÇÃO.....	49
3.5.1 Transpirômetro de equilíbrio (T)	49
3.5.2 Porômetro	50
3.6 AVALIAÇÕES MORFOLÓGICAS.....	51
3.6.1 Altura (A)	52
3.6.2 Diâmetro (D)	52
3.6.3 Área foliar (AF)	52
3.6.4 Partição de fitomassa	53
3.7 ANATOMIA FOLIAR.....	54
3.7.1 Descrição dos tecidos foliares	54
3.7.2 Estimativa de densidade estomática	54
3.8 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>a</i>	55
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1 CONSUMO DE ÁGUA POR PLANTA (TRANSPIRAÇÃO).....	58
4.2 TRANSPIRAÇÃO MENSURADA NO TRANSPIRÔMETRO DE EQUILÍBRIO.....	62
4.3 TRANSPIRAÇÃO (T_f) E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (g_s) UTILIZANDO O PORÔMETRO.....	68

4.4	RELAÇÃO ENTRE TRANSPIRAÇÃO DA PLANTA MEDIDA PELOS DOIS EQUIPAMENTOS: TRANSPIRÔMETRO DE EQUILÍBRIO E PORÔMETRO.....	80
4.5	AVALIAÇÕES MORFOLÓGICAS.....	84
4.5.1	Crescimento em altura	84
4.5.2	Crescimento em diâmetro	88
4.5.3	Crescimento em área foliar	91
4.5.4	Partição de fitomassa	96
4.6	FLUORESCÊNCIA DE CLOROFILA <i>a</i>	99
4.7	ANATOMIA FOLIAR.....	101
4.7.1	Tecidos foliares	101
4.7.2	Estimativa da densidade estomática	119
4.8	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	121
5	CONCLUSÕES	123
6	REFERÊNCIAS	125
	ANEXOS	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Equações de ajuste por regressão para Área foliar de cada espécie estudada (Y) em função de X (variáveis medidas nas folhas – C e L), com os coeficientes de determinação (r^2).....	53
Tabela 2.	Transpiração foliar (T_f), condutância estomática (g_s) e radiação fotossinteticamente ativa foliar (RFA), máxima horária, observadas nas cinco espécies arbóreas.....	69
Tabela 3.	Transpiração foliar (T_f), condutância estomática (g_s) e radiação fotossinteticamente ativa foliar (RFA), média diária, observadas nas cinco espécies arbóreas.....	73
Tabela 4.	Potencial de água da atmosfera - Ψ_w (MPa) calculados pela equação de Raoult para os cinco dias (22/09, 01/10, 05/10, 13/10 e 21/10) e por dois horários distintos, às 9h e às 15h com as temperaturas mensuradas na casa de vegetação.....	77
Tabela 5.	Partição de fitomassa mensurada em matéria seca, em gramas, por caule, folhas, raiz, relação raiz/folha (RF), relação raiz parte aérea (RPA) das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, bálsamo e ipê. Média entre as repetições.....	96
Tabela 6.	Fluorescência rápida mensurada no dia 05/10/2006, das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo. As médias seguidas pela mesma letra dentro das colunas não diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.....	100
Tabela 7.	Densidade de estômatos por mm^2 de folha das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, bálsamo e ipê.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Transpirômetro de equilíbrio desenvolvido para o experimento.....	42
Figura 2.	a) Fotos detalhando o trabalho de confecção do equipamento. b) Reservatório (R1) detalhando o sistema de redução de diâmetro com luva de 200 mm para 40 mm	43
Figura 3.	Bóia para filtro mantendo o nível de água a 15 cm no reservatório (R2) e no “vaso”.....	44
Figura 4.	a) Detalhe da peça denominada espigão, de aço galvanizado, interligando os reservatórios através das mangueiras tipo cristal. b) Detalhe das três reduções que acoplaram o R1 a R2.....	44
Figura 5.	Detalhamento dos espigões de aço galvanizado, conexões e tampa do reservatório (R2) confeccionado de chapa de metálica, com a parte interna revestida de câmara de pneu e a parte externa com pintura esmalte branca.....	45
Figura 6.	a) Equipamento montado na base de chapas de compensado com (1,10m×0,30m). b) Todos os elementos sob a base formando uma unidade de medida, sem a tampa e sem a colocação das mangueiras.....	45
Figura 7.	Foto do transpirômetro de equilíbrio em casa de vegetação ICB/UFG com as espécies florestais plantadas.....	46
Figura 8.	Casa de vegetação do Instituto de Ciências Biológicas da UFG, laterais de sombrite verde e cobertura de plástico translúcido.....	47
Figura 9.	Esquema do filtro desenvolvido no vaso para evitar entupimento dos canos e arranjo das camadas de solo com os horizontes A, B, C.....	48
Figura 10.	Equipamento porômetro – modelo – LI-COR 1600, usado na casa de vegetação para a realização das medidas de transpiração e condutância estomática nos dias 22/09, 01/10, 05/10, 13/10 e 21/10 de 2006.....	50
Figura 11.	(a) Equipamento fluorômetro, modelo FMS-2, Hansatech, UK, Laboratório de Fisiologia Vegetal, ICB/UFG, (b) evidenciando a fonte de luz e a pinça com janela.....	55
Figura 12.	Curva de volume diário de água (mol) consumido por <i>E. camaldulensis</i> e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em Dias Julianos.....	58

Figura 13. Curva de volume diário de água (mol) consumido por <i>E. citriodora</i> e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em calendário Juliano.....	59
Figura 14. Curva de volume diário de água (mol) consumido por jatobá e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em Dias Juliano.....	59
Figura 15. Curva de volume diário de água (mol) consumido por ipê e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em Dias Julianos.....	60
Figura 16. Curva de volume diário de água (mol) consumido pelo bálsamo e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em calendário Juliano.....	60
Figura 17. (a) Curvas de transpiração das espécies <i>E. camaldulensis</i> e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, (b) Curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$	63
Figura 18. (a) Curvas de transpiração das espécies <i>E. citriodora</i> e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, (b) Curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$	64
Figura 19. (a) Curvas de transpiração (T) da espécie jatobá e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, (b) Curvas de transpiração (T) da espécie jatobá e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto.....	65
Figura 20. (a) Curvas de transpiração da espécie ipê e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, (b) Curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto.....	65
Figura 21. a) Curvas de transpiração da espécie bálsamo e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, b) Curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$	66
Figura 22. Repetição um (1) de <i>E. camaldulensis</i> em condições de estresse, ao final do experimento, apresentando clorose nas folhas e senescência.....	68

Figura 23. Transpiração foliar (T_f) das cinco espécies arbóreas durante o dia 21/10/06.....	70
Figura 24. Condutância estomática foliar (g_s) das cinco espécies arbóreas durante o dia 21/10/06.....	70
Figura 25. Umidade relativa do ar (UR%) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), média entre as cinco espécies, em função da hora do dia 21/10/06.....	71
Figura 26. Curva de Transpiração foliar (T_f) e Condutância estomática (g_s) em função da hora local, para o dia 21/10/06, (a) <i>E. camaldulensis</i> , e b) <i>E. citriodora</i>	75
Figura 27. Curva de Transpiração foliar (T_f) e Condutância estomática (g_s) em função da hora local, para o dia 21/10/06, a) jatobá, b) bálsamo, c) ipê.....	76
Figura 28. Curvas de Transpiração (T) em $\mu\text{g dm}^{-2}\text{seg}^{-1}$ no período entre 9h e 15h dos dias julianos 263, 272, 276, 284 e 292. (a) <i>E. citriodora</i> ; (b) <i>E. camaldulensis</i>	81
Figura 29. Curvas de Transpiração (T) em $\mu\text{g dm}^{-2}\text{seg}^{-1}$ no período entre 9h e 15h dos dias julianos 263, 272, 276, 284 e 292. (a) jatobá; (b) ipê; (c) bálsamo.....	82
Figura 30. Representação gráfica do crescimento em altura (dm) durante os meses de agosto a outubro de 2006, das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , ipê, jatobá e bálsamo.....	85
Figura 31. Representação gráfica do crescimento em diâmetro (dm) durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2006, das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , ipê, jatobá e bálsamo. Dados ajustados considerando diâmetro basal a primeira mensuração.....	88
Figura 32. Representação gráfica do crescimento em área foliar durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2006, das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , ipê, jatobá e bálsamo.....	92
Figura 33. Emergência das primeiras folhas de Ipê em 23 de agosto de 2006.....	95
Figura 34. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. a) Epiderme abaxial evidenciando estômatos tipo anomocítico. b) Vista frontal da epiderme adaxial. c) Vista frontal da epiderme abaxial. d) Seção transversal da folha, tipo homogênea com mesofilo composto de parênquima paliçádico. e) Seção transversal com detalhe de cavidades secretoras.....	102

- Figura 35.** *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. a) Seção transversal da nervura central constituída por feixe vascular bicolateral em forma de ferradura. b) Detalhe da nervura central. c) Seção transversal do bordo, arredondado, presença de cavidades secretoras. d) Mesofilo evidenciando o feixe vascular de menor calibre, com a presença de células esclerenquimáticas. e-f) Fotomicrografias com luz polarizada do mesofilo e bordo constando a presença de cristais..... 103
- Figura 36.** *Eucalyptus citriodora* Hook. a) Vista frontal da Epiderme adaxial evidenciando estômatos. b) Vista frontal da Epiderme abaxial. c) Seção transversal de mesofilo homogêneo. d) Detalhe de tricoma glandular presente na epiderme foliar. e) Seção transversal do mesofilo destacando cavidade secretora..... 104
- Figura 37.** *Eucalyptus citriodora* Hook. a) Seção transversal do bordo arredondado, com aproximadamente quatro camadas de células colenquimáticas e com feixes vasculares se estendendo até a região do bordo. b) Seção transversal do mesofilo com detalhe do feixe vascular de menor calibre, com fibras esclerenquimáticas. c) Seção transversão da nervura central constituída por feixe vascular bicolateral tipo arco fechado. d) Seção transversal da nervura central, detalhando cristais. e) Detalhe do bordo apresentando as células epidérmicas papilosas..... 105
- Figura 38.** *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. a – c) Vista frontal evidenciando estômatos anomocíticos na epiderme abaxial. c - e) Presença de tricomas glandulares e tectores em ambas as epidermes. e) Tricoma glandular presente na epiderme da nervura central. f) Tricomas tectores sobre as nervuras..... 106
- Figura 39.** *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. a) Seção transversal do mesofilo, camadas de parênquima paliçádico e de lacunoso, evidenciando os estômatos com as câmaras subestomáticas. b) Seção transversal do mesofilo até o bordo foliar, com feixes vasculares. c) Presença de tricomas glandulares nas epidermes, detalhe dos feixes vasculares com a presença de esclerênquima formando uma calota sobre os vasos. d) Presença de cristais nas células do mesofilo..... 107
- Figura 40.** *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. a) Seção transversal da nervura central com os feixes vasculares dispostos em arco fechado envolvidos por células esclerenquimáticas. b) Detalhe da disposição do xilema e floema na nervura central com a presença de tricomas glandulares na epiderme. c) Detalhe da nervura central com a presença de tricomas tectores e glandulares na epiderme adaxial. d) Seção transversal do bordo com uma leve curvatura na ponta, presença de células colenquimáticas..... 108

- Figura 41.** *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne. a) Vista frontal evidenciando estômatos paracíticos. b) Vista frontal da epiderme adaxial, ausência de estômatos. c) Seção transversal do mesofilo dorsiventral, com parênquima paliçádico e lacunoso..... 109
- Figura 42.** *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne. a) Seção transversal do mesófilo dorsiventral, com parênquima paliçádico e lacunoso. b) Presença de cavidade secretora no mesofilo. c) Seção transversal da nervura central, detalhando o feixe vascular bicolateral em arco aberto, com a presença de células esclerenquimáticas envolvendo o feixe. d) Seção transversal do bordo da folha com camada de células lignificadas e com a ponta levemente inclinada..... 110
- Figura 43.** *Myroxylum balsamum* (Linn) Harms. a) Vista frontal evidenciando estômatos anomocíticos. b) Vista frontal da epiderme adaxial da folha. c) Vista frontal da epiderme abaxial com os estômatos. d) Seção transversal do mesófilo dorsiventral, composto de parênquima paliçádico e lacunoso. e) Seção transversal do mesofilo até o bordo, onde se verifica a presença de tricomas..... 111
- Figura 44.** *Myroxylum balsamum* (Linn) Harms. a) Seção transversal do mesófilo com a presença de parênquima paliçádico e lacunoso, evidenciando feixes vasculares de menor calibre com a presença de células esclerenquimáticas. b) Seção transversal da nervura central evidenciando cavidade secretora. c) Seção transversal do mesofilo na presença de luz polarizada visualizando cristais por todo mesofilo. d) Seção transversal da nervura central constituída por feixe vascular bicolateral em forma de arco envolvido por fibras esclerenquimáticas em arco. e) Seção transversal do bordo com a presença de feixes vasculares de menor calibre estendendo-se bem próximo das camadas de células colenquimáticas..... 113

ANEXOS

Anexo A.	Espécies estudadas plantadas no transpirômetro de equilíbrio - Fotos de <i>Tabebuia serratifolia</i> - ipê amarelo (A) e <i>Hymenaea stigonocarpa</i> - jatobá (B).....	156
Anexo B.	Espécies estudadas plantadas no transpirômetro de equilíbrio - Fotos de <i>Myroxylum balsamum</i> - Bálsamo (C), <i>E. camaldulensis</i> (D) e <i>E. citriodora</i> (E).....	157
Anexo C.	Medidas de Temperatura e Umidade Relativa do Ar na casa de Vegetação durante Ago-Out de 2006. (a) Temperatura (T°C) e Umidade Relativa do Ar (UR%); (b) Umidade do ar (UR%) e precipitação pluviométrica (mm) durante os meses de ago-out de 2006 em casa de vegetação (UR%). Precipitação pluviométrica (mm), dados referência da Estação Climatológica da UFG.....	158
Anexo D.	Área foliar das cinco espécies por repetição por dia ao longo de 12 semanas (ago-out/2006).....	159
Anexo E.	Análise estatística comparando o crescimento em altura das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo, durante 12 semanas, comparando-se as médias das alturas por semana usando Regressão Polinomial.....	160
Anexo F.	Ajuste dos efeitos quadráticos e lineares das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo para a variável, crescimento em altura, ao longo de 11 semanas.....	161
Anexo G.	Comparação entre o padrão de crescimento diamétrico semanal entre as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo usando Regressão Polinomial durante 11 semanas.....	162
Anexo H.	Ajuste dos Efeitos Quadráticos e Lineares das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo para a variável, crescimento em diâmetro, ao longo de 11 semanas.....	163
Anexo I.	Análise estatística das áreas foliares ao longo das semanas através de comparação por regressão das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	164
Anexo J.	Análise estatística do Ajuste dos Efeitos Lineares e Quadráticos das áreas foliares ao longo das semanas das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	165
Anexo L.	Análise estatística de Transpiração (T) das espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo ao longo de 12 semanas (ago-out/2006).....	166

Anexo M.	Transpiração foliar (T_f) do dia 22/09/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	167
Anexo N.	Transpiração foliar (T_f) do dia 01/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	168
Anexo O.	Transpiração foliar (T_f) do dia 05/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	169
Anexo P.	Transpiração foliar (T_f) do dia 13/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	170
Anexo Q.	Transpiração foliar (T_f) do dia 21/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	171
Anexo R.	Condutância estomática (g_s) foliar do dia 22/09/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	172
Anexo S.	Condutância estomática (g_s) foliar do dia 01/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	173
Anexo T.	Condutância estomática foliar (g_s) do dia 05/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	174
Anexo U.	Condutância estomática foliar (g_s) do dia 13/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	175
Anexo V.	Condutância estomática foliar (g_s) do dia 21/10/2006 para as espécies <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. citriodora</i> , jatobá, ipê e bálsamo.....	176

RESUMO

Souza, C. D. **Comportamento ecofisiológico de espécies arbóreas nativas do Cerrado e exóticas**. 2008. 176 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.¹

Utilizou-se o “Transpirômetro de equilíbrio” para plantio de cinco espécies arbóreas para avaliar o comportamento fisiológico quanto à: transpiração total, transpiração e condutância estomática foliar, crescimento, partição de fitomassa, estudo da fluorescência da clorofila *a* e estudo anatômico de folhas das espécies: *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols (Ipê amarelo), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (Jatobá), *Myroxylum balsamum* (Linn) Harms (Balsamo), *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *Eucalyptus citriodora* Hook (eucaliptos). O equipamento consistiu de um sistema hidráulico, composto de três elementos: um reservatório de água (R1), outro com uma bóia (R2) para controlar o nível de água nos vasos (V) onde foram plantadas as espécies arbóreas. O solo foi analisado por LASF/UFG-AGRO. Recomendou-se, por vaso, calcário dolomítico (50g) e 88g de NPK (4-14-8). Configurou-se experimento de parcelas subdivididas no tempo (split-plot in time), a um nível de significância de 5%, analisados por SAS/STAT. *E. camaldulensis* e *E. citriodora* apresentaram transpiração semelhantes. Ipê, jatobá e bálsamo não apresentaram diferença significativa entre si. As medidas porométricas sugeriram que as espécies obedecem a rigoroso controle estomático, com o fechamento dos estômatos em função da alta demanda evaporativa do ar, alterando as taxas transpiratórias e de condutância estomática ao longo das horas do dia. As avaliações biofísicas evidenciaram que o crescimento em altura, diâmetro e área foliar de *E. camaldulensis* foi superior às outras espécies. Para partição de fitomassa, essa espécie apresentou significativa diferença em matéria seca de caule, folhas e raiz. A eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm) foi estatisticamente semelhante para as espécies *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, ipê e bálsamo, havendo diferença significativa entre a razão (Fv/Fm) de *E. camaldulensis* e do jatobá, sugerindo que o jatobá apresentou maior susceptibilidade do fotossistema II nesse experimento em razão da alta luminosidade. O estudo da anatomia foliar revela que *E. camaldulensis* e *E. citriodora* têm folhas anfiestomáticas com estômatos tipo anomocítico, *T. serratifolia* e *M. balsamum* têm folhas hipostomáticas com estômatos anomocíticos, *Hymenaea stigonocarpa* folhas hipostomáticas com estômatos paracíticos. Diante dos resultados, sugere-se que a anatomia foliar influenciou a taxa transpiratória resultando em diferenças no crescimento e partição de fitomassa. Ipê, jatobá e bálsamo apresentaram mais camadas de parênquima lacunoso do que os eucaliptos, características adaptativas que permitem essas espécies colonizar locais de menor luminosidade. Todas as espécies estudadas apresentaram cavidades secretoras. A densidade estomática média estimada de cada espécie indicou proximidade dos valores encontrados em plantas esclerófilas (100-500/mm²). Este trabalho evidencia a importância das respostas fisiológicas das espécies arbóreas, quanto ao consumo de água, contribuindo na definição de estratégias de manejo de ambientes naturais, norteando informações para reflorestamentos com espécies exóticas e nativas no Cerrado goiano.

Palavras-chave: ecofisiologia vegetal, cerrado, plantas nativas, plantas exóticas

¹ Orientador: Prof. Dr. Tomás de Aquino Portes e Castro. EA – UFG.

ABSTRACT

Souza, C. D. "Behavior Ecophysiology of native tree species of the Cerrado and exotic tree species ". 2008. 176 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy: Production Plant) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.²

It was used the "transpirometer of balance" for planting of five tree species to evaluate the physiological behaviour regarding: total transpiration, stomatal conductance and transpiration leaf, growth, partition of phytomass, study the fluorescence of chlorophyll a e anatomical study of leaves of the species : *Tabebuia serratifolia* Nichols (Ipê yellow), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (Jatobá), *Myroxylum balsamum* (Linn) Harms (Balsamo), *Eucalyptus camaldulensis* Dehn and *Eucalyptus citriodora* Hook (eucalyptus). The equipment consisted of a hydraulic system, composed of three elements: a reservoir of water (R1), another with a buoy (R2) to control the level of water in vessels (V) where the tree species were planted. The soil was analyzed by LASF / UFG-AGRO. It recommended, for pot, dolomitic lime (50g) and 88g of NPK (4-14-8). This study is subdivided parcels of split plot in time (split-plot in time), at a significance level of 5%, analyzed by SAS / STAT. *E. camaldulensis* and *E. citriodora* showed similar transpiration. Ipê, jatobá and balsamo showed no significant difference between them. The porometric measures suggested that the species obey strict control stomatic, with the closing of the stomates in the light of high evaporative demand of the air, changing the rates transpiration and stomatal conductance along the hours of the day. Evaluations biophysical showed that the growth in height, diameter and leaf area of *E. camaldulensis* was superior to other species. To partition of biomass, this species showed significant difference in dry stems, leaves and roots. The photochemical efficiency of photosystem II (F_v / F_m) was statistically similar to the species *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, ipê and balsamo, with a significant difference between the ratio (F_v / F_m), *E. camaldulensis* and jatobá, suggesting that the jatobá showed greater susceptibility of photosystem II in this experiment because of the high brightness. The study of the anatomy leaf showed that *E. camaldulensis* and *E. citriodora* have leaves amphistomatic with stomatestype anomocytic, ipê and balsamo have leaves hypostomatics with stomates anomocytic. Jatobá leaves hypostomatics with paracytic stomates. Given the results, it is suggested that the leaf anatomy influenced the rate transpiration resulting in differences in growth and biomass of partition. Ipê, jatobá and balsamo had more layers of lacunary parenchyma than eucalyptus, adaptive characteristics that allow those species colonize places of lesser brightness. All species showed secretory cavities. The stomatic density estimated average of each species indicated proximity of the values found in sclerophylly plants (100-500/mm²). This work showed the importance of the physiological responses of the tree species, on the consumption of water, helping in the definition of strategies for management of natural environments, guided information for reforestations with native and exotic species in the savanna in Goias states.

Key words: ecophysiology plant, savanna, native plants, exotic plants.

¹Adviser: Prof. Dr. Tomás de Aquino Portes e Castro. EA - UFG.

1 INTRODUÇÃO

Um grande desafio mundial mobiliza os pesquisadores deste século: desenvolver tecnologias em todas as áreas produtivas que diminuam os impactos negativos sobre o planeta, que recuperem as degradações ambientais e ainda, que viabilizem condições de sobrevivência à humanidade.

Dois pontos fundamentais de discussão são: a utilização racional da água e mecanismos de controle do efeito estufa, interfaces de um problema advindo dos modelos de desenvolvimento adotados pelo homem ao longo da história. Questões que cientistas e governos de todos os países tomaram como prioridade para solução.

Conferências, debates e acordos foram referendados durante os últimos quinze anos sobre ações que cada país deverá adotar para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, bem como medidas que possam refrear a emissão de gases poluentes da atmosfera que interferem e acentuam o aquecimento global da Terra. Novos paradigmas de produção vêm sendo delineados adotando-se mecanismos que diminuam a emissão dos gases, técnicas que viabilizem conter o aquecimento como o reflorestamento entre outras medidas de caráter controlador e normatizador denominando-se de Produção Limpa.

Esse conceito pressupõe a utilização de tecnologias que proporcionem um menor consumo de recursos naturais (água, energia e outros produtos), minimização dos resíduos, dos riscos e dos impactos ambientais, através dos princípios da ecoeficiência e da precaução, aproximando-se do desenvolvimento sustentável.

Diante das considerações, estudar o comportamento fisiológico de espécies arbóreas, tanto quanto ao consumo real de água, bem como disponibilizar conhecimentos sobre as espécies, o manejo delas em seu ecossistema, baseados na ecofisiologia vegetal, através da análise de respostas aos fatores ambientais observados, se faz imprescindível neste processo. Critérios ecofisiológicos podem indicar a melhor utilização de determinadas espécies arbóreas para reflorestamentos, para a recuperação de áreas degradadas ou ainda, para incremento da diversidade florística, e futuramente, para

estabelecer mecanismos de domesticação das espécies, tornando-as mais produtivas e mais eficientes quanto ao uso de água, de nutrientes e de absorção luminosa.

Este trabalho se propôs a avaliar o comportamento fisiológico das espécies: *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols (Ipê-amarelo), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (Jatobá), *Myroxylum balsamum* (Linn) Harms (Bálsamo), *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *Eucalyptus citriodora* Hook (eucalipto). Para tal, construiu-se um equipamento denominado “Transpirômetro de Equilíbrio”, onde as espécies foram plantadas e mensurados o consumo de água por planta, a transpiração por planta, a transpiração e a condutância estomática foliar. Acompanhou-se o crescimento das espécies, a produção e partição de fitomassa e a fluorescência da clorofila *a*. Por último, realizou-se o estudo anatômico foliar das espécies e a densidade estomática.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil possui um dos maiores recursos biológicos do mundo atualmente (Leroy, 2000) e ainda, detém 12% das reservas de água doce, ou seja, dispõe da quinta parte dos recursos de água do planeta (Sader, 2005). Portanto, o maior e mais valioso patrimônio da Terra.

A área florestal brasileira é significativa, colocando o país em grande vantagem no mercado internacional, notadamente em relação às florestas plantadas com espécies exóticas que perfazem um total de 6,2 milhões de hectares. Quanto às nativas, a área susceptível de manejo sustentado é de aproximadamente 450 milhões de hectares, e ainda, há estimativas de que a biodiversidade brasileira, se explorada adequadamente e em sua totalidade, poderia gerar dois trilhões de dólares por ano, cerca de quatro vezes o Produto Interno Bruto – PIB, obtido em 2003 (Juvenal & Matos, 2002; Carvalho et al., 2006).

Muito embora com este grandioso patrimônio, a falta de conhecimento científico sobre estes recursos naturais, tanto em nível de classificação e identificação sistemática quanto às práticas sustentáveis de manejo adequadas a cada ecossistema, permite uma ocupação humana impactante e de baixíssimo retorno sócio-econômico ambiental. Uma falácia desse modelo de ocupação traduz no desmatamento desordenado, com a redução drástica das coberturas vegetais e a conversão de sistemas naturais por usos intensivos do solo exaurindo as riquezas sem ao menos quantificá-las e valorá-las eficazmente (Meira Neto & Silva, 1995).

Ao mesmo tempo, os produtos e subprodutos da floresta, são a cada dia, bens imprescindíveis para a sociedade. Um dos organismos vivos imprescindíveis ao cotidiano humano é a árvore. Seus múltiplos usos atendem a inúmeras atividades comerciais como para madeiramento, alimentação, farmacologia, cosmética, além de inserir-se na cultura de diversos povos e comunidades tradicionais, além dos benefícios indiretos que refletem no equilíbrio dos ecossistemas e também na manutenção do ciclo hidrológico.

Em termos econômicos o setor florestal brasileiro responde por 4% do PIB nacional, perfazendo um total de US\$21 bilhões, quando três setores: celulose e papel

US\$7 bilhões), siderurgia e carvão-vegetal (US\$4,2 bilhões), madeira e móveis (US\$9,3 bilhões), são os mais representativos em termos de produção (Ladeira, 2000; SBS, 2002; Noce et al., 2005).

No tocante à exportação, tem participação em cerca de 10% do valor total do PIB, contribuindo com 5,8 bilhões de dólares por ano (Ladeira, 2002). Estimou-se que em 2003, os principais produtos de base florestal corresponderam a 17% do agronegócio brasileiro, o segundo principal grupo que contribuiu para as exportações brasileiras (Hoeflich, 2005), empregando 9% da população economicamente ativa, cerca de 7 milhões de pessoas. Arrecada em torno de US\$3 bilhões em impostos anualmente no País (Noce et al., 2005; Tonello, 2005).

Considerando-se a manutenção da floresta indissociável de outros recursos naturais como a água, o solo, o ar, a fauna e a flora, sua influencia está diretamente relacionada com a estabilização da fixação do dióxido de carbono, atuando como repositório da diversidade biológica e genética do ambiente, refletindo ainda, na diminuição do efeito estufa (Hoeflich, 2005).

Segundo dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura, no ano 2000, as florestas plantadas propiciaram estoque de carbono acumulado da ordem de 21 bilhões de toneladas, colocando o Brasil em vantagem considerável nas negociações relativas ao Protocolo de Kyoto.

Em pequenas propriedades e em assentamentos rurais, o reflorestamento, com espécies nativas e exóticas, viabiliza a produção auto-sustentada nestas áreas, gerando energia, madeira e subprodutos (resinas e óleos essenciais).

Através da adoção de sistemas de agrossilviculturais, o convívio da plantação de florestal é uma oportunidade de diversificação da produção, de geração de trabalho durante todo o ano e ao longo do ciclo da floresta, alternativa de geração de renda para os produtores e estímulo à fixação do homem no campo, além de ser uma boa opção para a prática da agricultura familiar (Santos & Paiva, 2002).

Considerando a importância do setor florestal brasileiro como uma riqueza estratégica, há a necessidade urgente da elaboração de um planejamento eficiente, uma política pública de longo prazo – algo raro em nosso País – para o desenvolvimento florestal que possa melhor explorar racionalmente seus recursos naturais e promover um crescimento econômico e social mais justo. Planos respeitando o ordenamento ambiental, regionalmente engajado, trazendo um modelo mais racional e eficiente de administrar

potencialidades naturais, levando-nos a ocupar uma posição política ainda mais relevante no cenário florestal mundial (Hoeflich, 2005; Tonello, 2005), posição que refletiria em melhores negociações e acordos internacionais em diversas áreas.

O país ainda conta com favoráveis condições de clima e solo para o desenvolvimento de plantios florestais. Os excelentes rendimentos das principais plantações florestais são frutos da pesquisa brasileira patrocinada por grandes empresas contribuindo para o crescimento do agronegócio florestal, em especial com as espécies de pinus, eucalipto e acácia-negra (Campanola, 2006).

A pesquisa florestal brasileira evoluiu muito desde o início do século XX, quando, em 1904, Navarro de Andrade introduziu no Brasil várias espécies de eucaliptos para verificar quais as mais adaptadas para crescerem em solo brasileiro, com o intuito de obter lenha para abastecer as locomotivas a vapor da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (Guerra, 1995).

Na década de 1960, um grande impulso científico aconteceu com a criação dos cursos de engenharia florestal na Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, Universidade Federal do Paraná, no Paraná e Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, São Paulo (Hosokawa, 1999). Em 1967 criou-se o Instituto de Desenvolvimento Florestal, órgão federal visando implantar uma política florestal nacional. Foram criados também institutos de Pesquisa Florestal, entre os quais, o IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, criado em 1968, a Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF), em 1971; e a Sociedade de Investigação Florestal (SIF) criada em 08 de janeiro de 1974 (UFPR, 2007; IPEF, 2007).

Outro marco tecnológico importante se deu nos anos 70, na parceria de grandes empresas de papel e celulose com instituições de pesquisas e universidades, gerando tecnologia de ponta, genuinamente brasileira, no setor florestal, que alcançaram reconhecimento mundial quanto à produção de eucalipto (Penteado, 2004).

Essa década foi marcada ainda, por predição de volume calculado por meio de tabelas volumétricas, para espécies nativas e exóticas. Estabeleceram-se os primeiros pomares clonais para produção de sementes e iniciaram-se as pesquisas com propagação vegetativa, visando atender à demanda de plantio das empresas florestais (Campinhos & Ikemori, 1983; Rezende, 1993; Xavier & Comércio, 1996; Wendling et al., 2000; Alfenas & Zauza, 2002).

Nos anos 1980 são contempladas para investigações científicas as áreas de ambiência, manejo florestal, silvicultura, tecnologia de produtos florestais e mecanização florestal com o objetivo de reduzir a mão-de-obra utilizada e aumentar a produtividade (Freitas et al., 1993).

Os resultados negativos das atividades exploratórias despertaram grande preocupação ambiental. Então, na última década do século XX, os estudos visando soluções através do monitoramento, com indicadores de sustentabilidade ambiental, foram responsáveis por pesquisas com técnicas de cultivo mínimo. Técnicas de redução das erosões do solo, com a minimização de mecanização nos plantios e aplicação de um mínimo de insumos; e ainda, iniciando estudos com relação ao uso da água pelas espécies exóticas (Rezende, 1993; Freitas & Siqueira Júnior, 1993).

Assim, a ciência florestal brasileira, atualmente, tem entre as principais linhas de pesquisa, os trabalhos conduzidos nas áreas de modelos ecofisiológicos de produção florestal, objetivando o entendimento dos aspectos físicos, biológicos e fisiológicos que norteiam a produtividade florestal (Rodriguez et al., 2002; Penteado, 2004).

Portanto, critérios ecofisiológicos de cada espécie florestal precisam ser conhecidos para a adoção de modelos eficientes de manejo florestal, uma vez que a ecofisiologia vegetal estabelece relações entre os fatores ambientais e os processos de respostas metabólicas das espécies (Larcher, 2000).

A influência climática no crescimento das árvores tem sido estudada por vários autores (Woollons et al., 1997; Bergh et al., 1998; Soares, 1999; Wensel & Turnblom, 1998 e Yet, 1997, citados por Yet, 2000; Maestri, 2003).

Luz, temperatura, umidade relativa e disponibilidade hídrica são importantes fatores que afetam o desenvolvimento vegetal. A luz é essencial para a primeira etapa da cadeia de fixação do CO₂, a fotossíntese, processo no qual é produzida energia bioquímica necessária ao crescimento e produção das culturas (Papadopoulos et al., 1997; Andriolo, 2000).

Da mesma forma, a temperatura tem importante função no controle da velocidade das reações químicas celulares, influenciando os processos fisiológicos, como fotossíntese, respiração, transpiração e divisão celular as quais governam o crescimento e desenvolvimento da planta (Cockshull, 1992).

Outro importante componente climático é a umidade relativa do ar, que pode afetar a transpiração da planta por interferir na condutância estomática. Indiretamente,

pode afetar a turgência dos tecidos alterando processos metabólicos ligados ao crescimento da planta, como por exemplo, a absorção de nutrientes (Andriolo, 2000).

A água é um dos fatores ambientais determinantes da diversidade produtiva dos vegetais, é fundamental a todos os processos fisiológicos e bioquímicos (Campos, 1970; Pereira et al., 2002), além de exercer várias funções na planta como a estrutural, de crescimento, transporte, metabolismo, resfriamento, sendo o constituinte de até 90% da fitomassa (Munns, 1988).

O déficit de água nos tecidos, causado pela excessiva demanda evaporativa ou pelo suprimento de água no solo limitado afetam todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Krieg, 1993), podendo comprometer as funções vitais ou ainda, estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem por períodos longos de estresse hídrico (Diniz, 1999).

O transporte de água na planta é um sistema hidráulico contínuo. As raízes absorvem água do solo, transportam-na via xilema até as células das folhas (mesófilo) e, por evaporação, ela penetra nos espaços intercelulares da folha. Esse vapor de água atinge a atmosfera por meio dos poros estomáticos (Taiz & Zeiger, 2004).

Esse transporte de água ocorre a favor de um gradiente de potencial hídrico ($\Delta\Psi_w$). A planta retira água do solo quando o potencial hídrico de suas raízes é mais negativo do que aquele da solução do solo e a taxa de absorção é maior, quanto maior for a superfície de absorção do sistema radicular. O gradiente de potencial hídrico através do contínuo solo-planta-atmosfera constitui-se na força motriz para transportar a água através da planta. Quanto maior essa diferença maior é a força de sucção que a planta exerce sobre a solução do solo e maior a demanda por água (Reis & Reis, 1997).

Ao longo do caminho a água vence várias resistências a sua passagem, do solo para raízes, do xilema, tem-se também a resistência estomática (r_s) e a resistência causada pela camada junto à superfície foliar (r_b), chamada de resistência à camada limítrofe que é função direta da velocidade do vento. A teoria tensão-coesão admite existir um fluxo constante de água (“steady-state”) através da planta, onde o movimento da água através do solo, das raízes, dos caules e das folhas e a sua evaporação para o ar pode ser estudado em termos de forças motrizes e resistências que operam em cada segmento (Kozłowski & Pallardy, 1997; Portes, 1999; Taiz & Zeiger, 2004).

Quando a água evapora pelas folhas, na forma de vapor, tem-se a transpiração, definindo-se como a quantidade de água evaporada por unidade de área foliar em um

determinado tempo. O vapor de água se difunde do mesófilo da planta em direção ao exterior, passando pela camada fronteira e depois para a atmosfera aberta, onde fatores externos influenciam a transpiração na medida em que alteram a diferença de potencial hídrico (pressão de vapor) entre a superfície da planta e o ar que a envolve.

Dentre esses fatores, o clima, a disponibilidade de água no solo (abióticos) e os relativos à planta, como a idade e a espécie florestal regulam as taxas transpiratórias. A transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa do ar e com o aumento da temperatura (Siqueira Sampaio, 1990; Hopkins, 1995).

O aquecimento da folha devido à radiação também aumenta a transpiração pois intensifica a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha, provocando transpiração mesmo com o ar saturado (Luttge, 1997; Silva Junior, 2007).

Outro fator de influência é a camada de ar parada junto à superfície da folha, denominada de resistência à camada limítrofe. Sua espessura está diretamente relacionada com a velocidade do vento, uma vez que causa a remoção do volume de ar saturado de vapor d'água próximo à folha, promovendo a difusão para a atmosfera desse gás que se encontra no interior das folhas. Na ausência de vento, a camada de ar que circunda a folha fica tão espessa que se torna a principal barreira para a transpiração foliar (Larcher, 2000; Taiz & Zeiger, 2004).

No que diz respeito às espécies florestais, tanto a parte aérea como a subterrânea influenciam a transpiração. Estudos realizados com várias técnicas (lisímetros, fitômetros, câmaras de ventilação) têm mostrado diferenças na taxa de transpiração de diferentes espécies florestais. O efeito do sistema radicular de cada espécie é fator importante a ser levado em consideração na avaliação da transpiração, uma vez que o sistema radicular, em termos de seu comprimento, de sua profundidade, distribuição, concentração, entre outros, está diretamente relacionado com a disponibilidade de água para as plantas (Lima, 2007).

O movimento da água no solo, mesmo em condições de teor elevado de umidade, pode ser lento demais para suprir as necessidades das plantas. Assim, a menos que o sistema radicular seja amplamente distribuído, o solo poderá conter umidade suficiente a alguns centímetros de distância da raiz, mas se não houver água em contato com as raízes a transpiração diminuirá, conforme observado por diversos trabalhos dos autores (Zahner, 1967; Quraishi & Kramer, 1970; Karschon, 1971; Kaplan, 1974; Pereira & Kozłowski, 1976; Tajchman et al., 1979; Greenwood et al., 1982; Rawat et al., 1984).

A relação entre a disponibilidade hídrica e a produtividade florestal é concernente aos efeitos diretos e indiretos da deficiência de água no crescimento das árvores. Dentre esses efeitos, destacam-se: diminuição da taxa fotossintética, em razão do aumento na resistência estomática (Vose & Swank, 1994).

Segundo Taiz & Zeiger (2004), embora a queda da fotossíntese sob deficiência hídrica seja devido, primariamente, ao fechamento dos estômatos, sob condições mais severas de estresse, outros fatores relacionados ao metabolismo do carbono e às reações fotoquímicas são afetados. A planta exposta a condições adversas promoverá um aumento da biossíntese de ácido abscísico, provocando a diminuição os níveis de citocininas e promoverá o desprendimento de íons K^+ do interior das células. Esse desprendimento faz com que o potencial osmótico e hídrico do interior das células-guarda torne-se menos negativo, diminuindo o conteúdo de água no interior das células-guarda o que acarreta em, conseqüentemente, a murcha e o fechamento dos estômatos, não podendo ocorrer o processo fotossintético (Vidal et al., 2005).

Segundo Kramer (1969), os efeitos causados pelo déficit hídrico são devidos às modificações na anatomia, morfologia, fisiologia e bioquímica das plantas. Uma das conseqüências mais importantes da sensibilidade do alongamento celular ao déficit hídrico é a redução da área foliar. A redução na área foliar causa decréscimo da taxa de crescimento da planta, especialmente durante os estádios iniciais de crescimento e, como conseqüência, uma menor interceptação da radiação solar.

O crescimento também é afetado, uma vez que a deficiência hídrica do solo diminuindo o aporte nutricional às árvores, via fluxo de massa e difusão além de retardar a velocidade de mineralização da matéria orgânica para absorção pelas plantas (Sands & Mulligan, 1990; Gonçalves & Passos, 2000).

Contudo, em condições de suprimento adequado de umidade no solo, o efeito da diferença no sistema radicular tende a desaparecer, ficando as diferenças na transpiração mais associadas às diferenças no balanço de energia (Lima, 1984), ao déficit de saturação de vapor do ar - e, por uma variável fisiológica - resistência dos estômatos à difusão de vapor de água (Santos Filho, 1984; Nogueira et al., 2002).

A resistência estomática é definida como a resistência que os estômatos oferecem à difusão do vapor de água para a atmosfera, por meio da regulação da abertura estomática, quando a planta é capaz de modular as taxas transpiracionais (Roberts et al., 1982; Larcher, 2000). Essa resistência varia constantemente ao longo do dia e de dia para

dia, alterando as taxas de transpiração entre diferentes espécies bem como de uma planta em função do clima e da disponibilidade hídrica do solo (Rutter, 1968; Stewart, 1981; Whitehead et al., 1981; Lima, 1984).

Por sua vez, a condutância do vapor d'água é o inverso do valor das resistências à transpiração, que por sua vez, é o resultado da soma, em paralelo, da resistência associada à epiderme e da resistência da camada fronteira interligadas (Seybold, 1933 citado por Larcher, 2000). O controle estomático é importante propriedade fisiológica por meio do qual, as plantas limitam a perda de água, ocasionando reduções na condutância estomática e, geralmente, reduzindo as trocas gasosas como forma de resposta das plantas a diversos fatores, incluindo o estresse hídrico (Mc Dermitt, 1990; Bergonci & Pereira, 2002).

Diversos estudos realizados em condições controladas e em condições de campo, sugerem que o ácido abscísico (ABA) produzido na raiz pode desempenhar papel importante no controle da condutância estomática e que a resposta dos estômatos ao ABA depende do estado hídrico da planta (Davies & Zang, 1991; Tardieu et al., 1991, 1993; Tardieu & Davies, 1992). Por isso, a condutância estomática é utilizada frequentemente como indicador de deficiência hídrica (Brunini & Cardoso, 1998; Ribas et al., 2000; Bergonci et al., 2000).

Em regiões de Cerrado, pesquisas mostraram que durante a seca, com baixa umidade relativa do ar, as espécies têm apresentado diminuição na condutância estomática diminuindo a taxa de fotossíntese e a transpiração (Moraes & Prado, 1998; Prado et al., 2004), do mesmo modo que os veranicos durante a estação chuvosa (Franco, 2005) e as baixas temperaturas no inverno (Perez & Moraes, 1983).

Isso mostra que a grande maioria das espécies lenhosas do Cerrado regula fortemente a abertura estomática, mesmo na época chuvosa (depois de veranicos ou ao longo do dia, dependendo da demanda evaporativa da atmosfera), reduzindo consideravelmente sua taxa de assimilação de CO₂ (Mattos, 1992; Franco, 1998; Meinzer et al., 1999; Naves-Barbiero et al., 2000; Franco & Lüttge, 2002; Mattos et al., 2002). Outros trabalhos demonstram que a transpiração e a condutância estomática decrescem no meio do dia – período em que as temperaturas estão mais altas e a umidade relativa do ar é mais baixa (Moraes et al., 1989; Perez & Moraes, 1991 a, b). Essa ‘depressão do meio dia’ é mais acentuada na estação seca, sendo a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração, processos mais afetados durante a seca. Na estação chuvosa, a alta umidade do ar contrabalança os menores valores de condutância estomática e os valores de

transpiração não apresentam variações significativas ao longo do dia (Moraes & Prado, 1998).

Os decréscimos nas taxas de assimilação de CO_2 verificados em plantas de Cerrado na estação seca podem não estar associados apenas à queda de difusão desse gás nos sítios de carboxilação devido ao fechamento estomático, mas sim à inibição dos processos primários ou secundários da fotossíntese nos cloroplastos (Lawlor, 1995).

A fotossíntese é composta por três fases: uma fase de absorção luminosa, denominada fase fotoquímica; outra de transferência de elétrons com a formação de ATP e redução de NADPH a NADPH_2 e finalmente, a fase bioquímica, com a incorporação de CO_2 e produção de carboidratos (Nobel, 1974; Portes, 1990).

A absorção luminosa ocorre nos centros de reação, nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, através de moléculas de clorofila (Chor), a e b, e de pigmentos acessórios (carotenóides), resultando na energização das clorofilas, passando para estado excitado (Clor'). No estado excitado, a clorofila é instável liberando parte da energia por meio de várias formas, entre elas a produção de calor e emissão de fluorescência (Taiz & Zeiger, 2004).

A alta luminosidade, assim como a baixa disponibilidade de água nos solos dos Cerrados, impõe a necessidade de resposta do sistema fotossintético, para evitar a superexcitação dos centros de reação da clorofila nos cloroplastos (responsáveis pelas reações químicas de oxidoredução), processo conhecido como fotoinibição (Barber & Anderson 1992). No caso da fotoinibição, verifica-se uma diminuição do rendimento quântico da fotossíntese acompanhando as alterações nas atividades do fotossistema II, sendo detectadas modificações na emissão de fluorescência (Buschmann et al., 1984; Portes, 1990; Krause & Weis 1991; Ball et al. 1994).

Uma forma eficiente de monitorar danos fotooxidativos causados pelo estresse tem sido o uso de medidas da fluorescência da clorofila *a* associada ao fotossistema II (PS II) (Baker, 1993; Bolhàr-Nordenkampf & Öquist, 1993; Newton & McBeath, 1996).

O grau de fotoinibição pode ser inferido pela diminuição da eficiência intrínseca (eficiência potencial máxima) do fotossistema II (PS2), determinada pela relação F_v/F_m , onde F_m representa a fluorescência máxima e F_v a diferença entre F_m e a fluorescência inicial (F_o) (Maxwell & Johnson, 2000)

Esse fenômeno pode ser crônico ou dinâmico (depressão do meio dia), como proposto por Osmond (1994), de acordo com o tempo requerido para reverter mudanças no

decréscimo da eficiência fotossintética do PSII. Mais especificamente, fotoinibição é resultado da falha nos mecanismos de fotoproteção (onde energia de excitação excessiva é dissipada como calor) resultando em dano de uma proteína específica (D1) que é essencial na manutenção da integridade do centro de reação do PSII, que pode ser danificado ou apenas inativado (Long et al., 1994; Dias & Marenco, 2006).

Estudos que avaliam a emissão da fluorescência da clorofila *a* nos diferentes tipos de vegetação no Brasil são recentes, poucos trabalhos têm mostrado resultados que exemplificam a grande utilidade dessa nova abordagem nos estudos ecofisiológicos. Combinando-se com outras abordagens favorecem o entendimento da dinâmica das espécies vegetais de populações de Cerrado (Govindjee, 1995; Mattos, 1998; Ribeiro, 2007). E ainda, correlacionando-os com o acompanhamento do crescimento das espécies arbóreas tornam-se importantes ferramentas na definição das estratégias de manejo e reabilitação de sistemas naturais.

Os estudos sobre análise de crescimento de espécies vegetais possibilitam acompanhar o desenvolvimento das plantas como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, permitindo conhecer o seu funcionamento e suas estruturas (Benincasa, 1988; Liedgens, 1993). A análise de crescimento é também, um método que tem sido utilizado com o objetivo primordial de gerar descrição clara do padrão de crescimento da planta ou de partes dela, permitindo comparações entre situações distintas, podendo ser aplicada às mais diversas modalidades de estudos (Hunt, 1978; Beadle, 1993; Liedgens, 1993). Tem sido usada na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente (Peixoto, 1998), baseando-se no fato de que, em média, 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resultam da atividade fotossintética e o restante da absorção dos nutrientes minerais do solo (Benincasa, 2003).

Existem diferentes formas de acompanhar o crescimento das árvores, como avaliação dendrométrica (altura, diâmetro e volume), principalmente em vegetações nativas, fornecendo informações sobre o potencial de crescimento de cada espécie, avaliando condições de manejo, estabelecendo-se modelos matemáticos.

Mas às vezes, maiores informações são necessárias, como por exemplo, o tamanho das folhas (comprimento, largura, área), a massa seca total ou de órgãos individuais (raízes, caules, folhas e frutos), entretanto, é a medida do incremento/acúmulo

da fitomassa de comunidades de plantas em casa de vegetação ou em condições de campo são usualmente mais mensuradas (Portes, 1997).

As plantas são constituídas, em grande parte, por carboidratos, responsáveis por 60%, ou mais, da matéria seca vegetal. Os carboidratos produzidos pela assimilação do CO₂ devem ser distribuídos por toda a planta, de forma sistemática, mas flexível, com o objetivo de suprir as necessidades dos órgãos do vegetal; para se entender o crescimento vegetal, é necessário se analisar o destino do carbono fixado e, particularmente, sua partição entre as partes aérea e radicular (Larcher, 2000), em termos de fitomassa.

Quando o crescimento de uma planta é afetado por uma condição limitante como, por exemplo, qualidade da água de irrigação, certas partes da planta são priorizadas em detrimento de outras. O conhecimento das modificações no consumo de carbono e de sua partição entre os principais componentes da planta (folhas, pseudocaule, órgãos reprodutivos e rizoma) provocadas por limitações ambientais, é essencial não apenas para realizar diagnósticos, mas, sobretudo, para construir modelos preditivos favoráveis a uma maior produtividade da cultura (Soares et al., 2005).

Para Montagnini & Sancho (1994), a determinação de fitomassa pode ser utilizada como indicativo dos impactos ambientais potenciais, das árvores e da colheita florestal, sobre os nutrientes no sítio, permitindo assim, a adoção de estratégias de manejo que levem à redução da perda de nutrientes (Drumond et al., 1997). Escolhendo-se material genético adequado às condições do local de plantio aliado a práticas de manejo é possível otimizar o consumo de água e a absorção de nutrientes, aumentando assim a produção de fitomassa e, conseqüentemente, alcançando altas produtividades (Silva, 1990; Garwood, 1996).

Como forma de adaptação ao ambiente, muitas espécies florestais têm capacidade de desenvolver folhas com características anatômicas diversas, dependendo da luminosidade do ambiente (Jackson, 1967; Chabot et al., 1979; Oberbauer & Strain, 1986; Abrams & Mostoller, 1995; Klich, 2000; Lee et al., 2000; Richardson et al., 2000; 2001). O aumento de luz proporciona aumentos na espessura da folha, na massa foliar específica, no desenvolvimento da epiderme e do parênquima, e no número total de células das folhas (Milanez, 1951; Wylie, 1951; Esau, 1977; Bjorkman, 1981; Cutter, 1987). A capacidade de alterar a estrutura das folhas em resposta a diferentes luminosidades é um atributo comum das espécies que apresentam amplo potencial de aclimatação (Bjorkman, 1981).

Plantas que crescem à sombra têm diferenciação na organização das células do mesófilo, na frequência estomática quando comparadas a folhas crescendo em local com maior irradiância (Schluter et al., 2003; Lima Jr. et al., 2006). De acordo com Voltan et al. (1992) e Morais et al. (2003), o aumento do sombreamento provoca redução no número de estômatos, e na espessura do mesófilo e incremento dos espaços intercelulares, sendo essas características relacionadas ao processo fotossintético.

Nascimento et al. (2006), citando Lee e colaboradores, afirmam que as plantas cultivadas em pleno sol apresentam folhas espessas devido ao desenvolvimento dos parênquimas paliçádico e esponjoso, acarretando aumento da área do mesófilo.

Hanba et al. (2002) inferem que ocorre aumento da frequência e do índice estomático com a elevação da irradiância e que, quanto maior o número de estômatos/mm², maior a condutância estomática (Bjorkman & Holmgren, 1963).

Lima Júnior et al. (2006), estudando aspectos fisioanatômicos de *Cupania vernalis* em diferentes níveis de sombreamento, observaram relações positivas entre transpiração, condutância estomática, índice estomático, número de estômatos, espessura do limbo foliar e taxa fotossintética líquida.

Por outro lado, plantas que, ao longo do processo evolutivo se estabeleceram em ambientes com disponibilidade de água restrita, com alta intensidade luminosa ou, como no caso dos Cerrados brasileiros, que apresenta baixa fertilidade do solo e excesso de alumínio (escleromorfismo oligotrófico), desenvolveram adaptações anatômicas e fisiológicas, que integradas, resultaram no sucesso adaptativo às condições hostis que tais ambientes oferecem (Eames & McDaniels, 1947; Arens, 1958; Goodland, 1971; Fahn & Cutler, 1992).

Morretes & Ferri (1959) e Morretes (1967, 1969) mostraram que as folhas de algumas espécies do Cerrado apresentam estruturas escleromórficas tais como estômatos em depressões, numerosos tricomas, presença de hipoderme, parênquima incolor e esclerênquima bem desenvolvido. Paviani (1978) confirma que o escleromorfismo é freqüente em plantas do Cerrado.

Outra característica anatômica como, a presença de cristais em células vegetais de vários órgãos, indica variadas funções como: de remoção do excesso de cálcio do sistema; defesa contra herbivoria; ou mesmo, reserva de oxalato de cálcio para as plantas. A presença de cristais também é característica de escleromorfismo foliar (Mauseth, 1988; Medina et al., 1990; Volk et al., 2002; Boeger & Wisniewski, 2003).

A densidade estomática é variável de acordo com a idade da planta e diretamente influenciada pelas condições ambientais (Cao, 2000; Justo et al., 2005), estabelecendo, provavelmente, relação positiva da densidade estomática com as trocas gasosas (Araus et al., 1986), inclusive com maior condutância estomática (Boardman, 1977).

Além das modificações que ocorrem nos tecidos fotossintetizantes do mesófilo foliar, diversos trabalhos mostram que diferenças nos níveis de intensidade luminosa influenciam diferentes mudanças nas folhas, como o número e tamanho das células epidérmicas, número de tricomas, tamanho dos espaços intercelulares e esclerificação de tecidos. Estômatos apresentam grande importância em estudos anatômicos, envolvendo diferentes ambientes e níveis de radiação, uma vez que o aumento da frequência estomática em folhas expostas a elevada irradiância pode ser um mecanismo importante de adaptação das espécies às condições mais áridas (Medri & Lleras, 1980; Abrams & Mostoller, 1995).

As características anatômicas foliares predizem as respostas ecofisiológicas ao estresse ambiental em nível de comunidade e de paisagem. Critérios ecofisiológicos podem melhor indicar a utilização de determinadas espécies que se adaptem às condições locais e às necessidades determinadas pelo empreendimento a ser realizado na área. Estes critérios levam em consideração as características fisiológicas específicas, como valores de condutância estomática máxima, capacidade fotossintética e transpiração (Körner et al., 1979; Larcher, 2000).

2.1 ESPÉCIES ESTUDADAS

2.1.1 *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols – Ipê amarelo

Popularmente conhecido como ipê-amarelo, pau-d'arco-amarelo. Pertence à família Bignoniaceae, ocorre na Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname, Trinidad & Tobago, Venezuela e no Brasil, onde se encontra em quase todos os estados (Reitz et al., 1988; Carvalho, 1994).

O nome científico *Tabebuia*, de origem tupi-guarani, significa 'pau ou madeira que flutua'. É denominada pelos índios de caxeta, cuja madeira íntegra (inatacável) resiste ao apodrecimento. O nome ipê, de origem Tupi, significa 'árvore de casca grossa' (Lazarini, 2007).

É uma planta decídua, heliófita, característica da floresta pluvial densa, sendo também largamente dispersa nas formações secundárias, como capoeiras e capoeirões; porém, tanto na floresta como na capoeira, prefere solos bem drenados situados nas encostas. Sua dispersão é geralmente uniforme e sempre muito esparsa (Lorenzi, 1992).

Árvore de cinco a oito metros de altura, folhas digitadas compostas por cinco folíolos, de consistência membranácea a subcoriácea e margem serrada. As flores cor amarelo dourado medem entre seis e oito centímetros de comprimento. O fruto é uma vagem. As sementes são retangulares, laminares, leves, com duas asas hialinas e curtas (Côrrea, 1984; Ferreira et al., 2004).

Sendo o ipê-amarelo uma árvore do tipo caducifólia, sua folhagem é renovada anualmente; as folhas caem no inverno e reaparecem logo após a floração, que ocorre no período de julho a outubro. Os frutos amadurecem no período de outubro a dezembro, produzindo grande quantidade de sementes leves e aladas, que são dispersas rapidamente (Lorenzi, 1992).

Muito conhecida pela beleza de sua flor – declarada como a flor símbolo nacional². Em floração, a árvore é um belo espetáculo, tornando-a uma das espécies mais populares entre os paisagistas, ótima para reflorestamentos mistos, destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente.

A madeira do ipê é muito pesada, dura e de alta durabilidade. É usada em obras externas como mourões, pontes e dormentes; na construção civil como vigas, caibros e assoalhos; em instrumentos musicais e na confecção de carrocerias e bengalas. Sua massa específica básica é de $0,8 \text{ gcm}^{-3}$ a $1,2 \text{ gcm}^{-3}$ (Côrrea, 1984; Richter e Dallwitz, 2006).

A casca e as folhas de alguns ipês têm uso medicinal e são usadas no tratamento de amidalites, estomatites, infecções renais, úlceras, varizes e certas doenças dos olhos. Também é usado como antidiarréico, antiinflamatório, antinfecioso, antitumoral, depurativo, febrífugo e cicatrizante (Souza et al., 1991).

Várias substâncias isoladas do ipê, principalmente o *lapachol*, têm apresentado nos ensaios farmacológicos, atividade antimicrobiana contra bactérias do gênero *Brucella*, antineoplásica, anticoagulante, antiinflamatória e ação antitumoral (Lorenzi & Matos, 2002).

² A Lei nº. 6507 de 07 de dezembro de 1978 estabeleceu que o pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) seria a Árvore Nacional, e a flor do ipê a flor símbolo nacional. **Fonte:** Fundação Joaquim Nabuco-RJ.

2.1.2 *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *E. citriodora* Hook

O nome eucalipto deriva do grego *eu* = bem e *kalipto* = cobrir, referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizando o opérculo que protege bem as suas sementes (Remade, 2002).

O gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália e pertence à família Myrtaceae. O Serviço Florestal da Austrália já identificou 670 espécies (Silva, 2001), além de um grande número de variedades e alguns híbridos, sendo a maioria destes descrita no trabalho de S.T.Blake em 1934 (Andrade, 1961; Lima, 1993; Boland et al., 1994).

Os eucaliptos distinguem-se pela constituição peculiar das flores, que não possuem nem pétalas nem sépalas (Côrrea, 1984; Lamprecht, 1990). O rápido crescimento e a elevada produção de massa de muitas espécies não são consequência de uma fotossíntese especialmente intensa por unidade de superfície foliar, mas sim, da capacidade de desenvolver, com grande rapidez, uma grande superfície foliar (Lamprecht, 1990).

O Brasil possui atualmente cerca de seis milhões de hectares em área reflorestada, sendo 61% ocupada com *Eucalyptus*. Dentre as espécies de *Eucalyptus*, pode-se destacar: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. citriodora*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. pellita*, bem como diversos híbridos (Garcia & Pimentel-Gomes, 1992).

Estima-se que a área de plantio mundial em *Eucalyptus* seja hoje em torno de 10 milhões a 15 milhões de hectares, estando mais de 40% desta área no Brasil (Eldridge et al., 1993). Essas florestas de eucalipto suprem uma demanda de 350 milhões de m³ por ano de madeira, o que representa 8% do consumo mundial para os diversos usos (Silva et al., 2001).

A idade de rotação de plantios de *Eucalyptus* no Brasil está entre cinco e sete anos, enquanto que em países de clima temperado situa-se ao redor de 12 anos. No Brasil, os melhores plantios clonais registram produtividades superiores aos 100 m³ por hectare por ano. O papel e a celulose constituem um dos principais produtos de exportação do Brasil, ocupando uma posição de destaque na balança comercial do país (Zobel & Talbert, 1984). Estima-se atualmente que cerca de 25% do mercado mundial de celulose de fibra curta de eucalipto seja constituído de produtos brasileiros.

E. citriodora apresenta copa pouco densa, altura variando entre 21 m a 40 m, folhas variáveis alternas, compridas, estreitas, caule reto, casca desprende-se em lâminas,

flores numerosas dispostas em ráculos compostos, fruto cápsula globosa, madeira amarela e flexível (Côrrea, 1984).

É uma das espécies mais conhecidas de eucalipto, devido ao seu cheiro característico. Essa espécie é usada para extração de óleo de suas folhas (*citronelal*), empregado na indústria de perfumes. Também podem ser extraídos o mentol e o hidroxicitronelal. Os rendimentos da extração variam de 1% a 1,6%, ou seja, a cada uma (1,0) tonelada de folha, consegue-se extrair de 10 kg a 16 kg de óleo (que tem a concentração de citronelal estimada entre 65% a 85%)(Vitti & Brito, 2003). A espécie também pode ser cultivada para outros fins, como madeira para serraria (densidade, em torno de 0,71 gcm⁻³), fabricação de postes e mourões e carvão vegetal (Sturion et al., 1987).

E. camaldulensis atinge alturas médias entre 25m a 30 m com DAP (diâmetro a altura do peito) de um (1,0) metro. As folhas são lanceoladas alternas, verde-fosca, comprimento variando entre 15 cm a 22 cm. O fruto tem dimensões de cerca de 4 mm x 6 mm . A madeira tem coloração avermelhada, densidade básica de 0,68 gcm⁻³ (Côrrea, 1984; Sturion et al., 1987; Almeida, 1993).

Esta espécie produz óleo medicinal, que apresenta como principal componente o cineol, em quantidade de 80% a 90%, presente no óleo e é utilizado na fabricação de inalantes e produtos de higiene bucal (Vitti & Brito, 2003).

2.1.3 *Hymenaea stigonocarpa* Mart. – Jatobá do cerrado

A palavra *Hymenaea* deriva de ‘*hymen*’ e significa “deus das uniões” em alusão às duas folhas (folíolos) unidas, característica das plantas deste gênero. O nome popular jatobá é originário do guarani “folha dura” ou “árvore de fruto duro” (Silva Júnior, 2005).

A espécie *Hymenaea stigonocarpa* Mart. (Lee & Langenheim, 1975), popularmente chamada de jatobá-do-cerrado, pertence à família Leguminosae subfamília Caesalpinoideae, tem sua distribuição restrita a ambientes sazonais, tais como os Cerrados do Centro e do Sudeste do Brasil (Gibbs et al., 1999).

É uma das 26 espécies *Hymenaea* que ocorre em, pelo menos, 50% das 98 áreas de Cerrado *strictu senso* (sentido-restrito). Ratter et al. (1996) encontraram e compararam 534 espécies nestas 98 áreas. Apesar de ter ampla distribuição nos Cerrados, apresenta

baixa densidade de indivíduos (Castro, 1987; Cavassan, 1990), tendo sido estudada em poucos trabalhos.

As árvores desta espécie têm porte de pequeno a médio, atingindo de 5 m a 12 m de altura (Lee & Langenheim, 1975), com tronco de casca sulcada, dura, espessa e acastanhada, ramos tortuosos, avermelhados e sem pêlos. Possuem folhas alternas, compostas. Apresenta as maiores flores do gênero (2 cm a 3,5 cm), brancas. Os frutos são oblongos, cilíndricos e medem de 6 cm a 18 cm de comprimento; com polpa branca e amarelada, farinácea.

A farinha, endocarpo que envolve a semente, vem sendo valorizada por seu potencial como alimento: é rica em cálcio, magnésio e fibras, podendo substituir a farinha de trigo em bolos, tortas e biscoitos (Almeida, 1998; Chang et al., 1998; Oliveira, 2001).

A floração vai de outubro a abril com pico de dezembro a março e frutificação entre abril e junho (Macau, 2006). A maturação dos frutos estende-se de agosto a setembro (Almeida et al., 1998; Lorenzi, 1998).

Da casca do tronco são retiradas resinas, consideradas como alguns dos melhores copais (resinas viscosas) utilizadas na indústria de vernizes, e ainda, extraído um corante avermelhado, utilizado na tintura de fios de algodão (Mirandola Filho & Mirandola, 1991, citados por Almeida et al., 1998).

No aspecto medicinal, seu uso está relacionado ao líquido vinoso extraído do tronco, que parece ter propriedades reconstituintes e tônicas para o organismo, utilizado para tratamentos de úlcera estomacal, tônico peitoral e para combater bronquites (Rizzini & Mors, 1976; Hirschmann & Arias, 1990). Utilizado ainda como vermífugo, para o tratamento de cistites e prostatites (Ferreira, 1980; Barros, 1982; Gavilanes & Brandão, 1992; Siqueira, 1998). Além disso, a seiva foi citada em estudo etnobotânico como estimulante do apetite (Souza, 1999).

Produz madeira, de excelente qualidade, muito dura e resistente, com densidade de $0,90 \text{ gcm}^{-3}$, por isso é utilizada na construção civil e naval (Almeida et al., 1998).

2.1.4 *Myroxylum balsamum* (Linn) Harms - Bálsamo

Myroxylum deriva do grego myron e significa “essência” e carpos, “frutos”. Seu fruto possui o pericarpo cheio de vesículas resinosas. Em tupi-guarani ‘cabureíba’, árvore do caburé: “pequena coruja”, e ‘iba’: “fruto” (Cesamep, on line).

Pertencente à família Leguminosae, subfamília Fabaceae, originário da América tropical, o bálsamo era antigamente encontrado do México ao norte da Argentina, passando pela Amazônia, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo. Atualmente, é considerada uma espécie rara nos levantamentos fitossociológicos, notadamente no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com possível indicativo de espécie em extinção (Corrêa, 1984; Sebbenn et al., 1998).

Árvore semi-decídua, de 15 m a 25 m de altura, copa arredondada e pouco densa, tronco cilíndrico de cor acinzentada com diâmetro variando entre 60 cm a 80 cm. Folhas compostas, 9 a 13 folíolos, apresentando de 5 cm a 10 cm de comprimento. As flores são esbranquiçadas, suavemente perfumadas, dispostas em panículas terminais e axilares. Os frutos são sâmaras de cerca de 5 cm de comprimento (Lorenzi & Matos, 2002).

A madeira varia de pesada a muito pesada, $0,82 \text{ gcm}^{-3}$ (Mori et al., 2003) cerne castanho, escurecendo para o castanho avermelhado, com cheiro característico, balsâmico e agradável (Mainieri, 1970). Usado na construção civil, marcenaria e perfumaria (Lorenzi, 1998). Floresce em setembro e novembro e frutifica em novembro/dezembro ou em março/abril (Côrrea, 1984).

Segundo Nogueira (1977), a madeira do bálsamo é a melhor, entre nossas madeiras duras, para a construção civil e é usada também na marcenaria e perfumaria.

As folhas e frutos dessa planta, bem como sua resina têm sido usados por séculos pelos povos indígenas do México e da América Central para cura de males como asma, reumatismo e feridas externas (Blumenthal, 1997). Os índios da Amazônia o empregam em abscessos³, asma, reumatismo, entre outras enfermidades (Rutter, 1990; Schultes & Raffauf citados por Lorenzi, 2002). A resina do bálsamo contém entre 50% e 64% de óleo volátil e 20% a 28% de resina. O óleo volátil contém como princípios ativos, ésteres⁴ dos ácidos benzóico e ciânico (Grieve, 1977).

³ *Abscesso*: acumulação de pus em uma cavidade existente ou formada acidentalmente nos tecidos, em consequência de inflamação. Acumulação de urina ou de matéria fecal fora das vias que lhes são próprias.

⁴ *Éster*: (de éter), cada um de uma classe de compostos formados por um ácido orgânico ou inorgânico e um álcool ou fenol, pela remoção de água; éter composto.

Gonçalves et al. (2005), estudando extratos hidroalcoólicos de espécies nativas, observaram maior atividade antimicrobiana de bálsamo contra *Streptococcus*⁵ *pyogenes*, *Shighella*⁶ *sonnei*, *Staphylococcus*⁷ *aureus* (parasitas da pele e das membranas mucosas).

⁵ *Streptococcus*: bactérias gram-positivas imóveis, a maioria parasíticas, da família das Lactobaciláceas, que compreende bactérias esféricas, cujas células ocorrem em cadeias. Inclui vários patógenos importantes do homem e de animais domésticos, bem como espécies importantes indutoras de fermentação no fabrico de laticínios.

⁶ *Shighella*: bactérias aeróbias, da família das Enterobacteriáceas, que inclui espécies causadoras de disenteria bacilar no homem e em animais.

⁷ *Staphylococcus*: o gênero é comumente restrito às espécies parasitas da pele e das membranas mucosas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MONTAGEM DO EQUIPAMENTO TRANSPIRÔMETRO DE EQUILÍBRIO

O equipamento denominado apenas transpirômetro, que quantifica o consumo diário de água de uma planta, foi desenvolvido com base no potômetro de Ganong (Sutcliffe, 1980; Portes & Guimarães, 1984). As alterações foram projetadas para avaliar o consumo diário de água, por espécies, de porte médio a grande, em substrato de solo.

Consiste de um sistema hidráulico, composto de três elementos: um reservatório de água (R1), com graduação milimetrada, abastecido diariamente. Outro reservatório com uma bóia (R2) que controla o nível de água nos vasos com as plantas a uma altura de 15 cm e, o vaso (V) onde foram plantadas as espécies arbóreas escolhidas neste experimento (Figura 1).

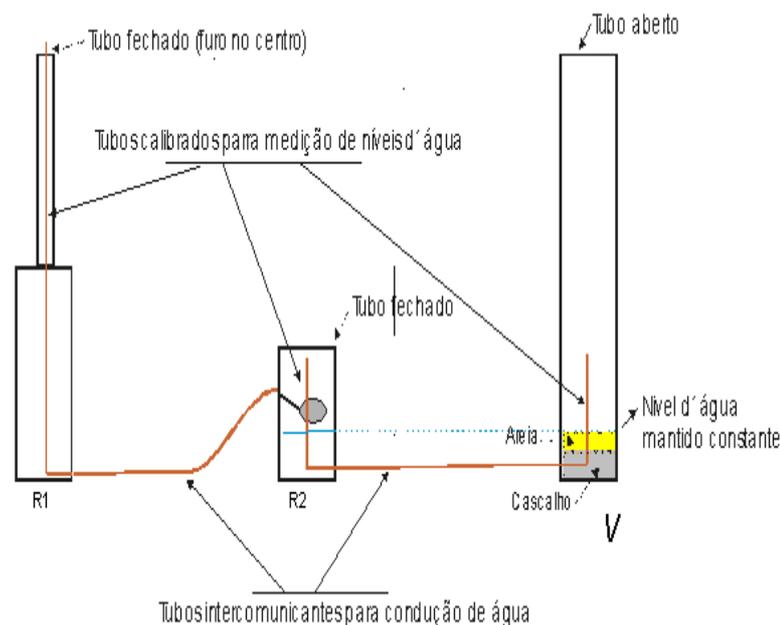


Figura 1. Esquema para montagem do transpirômetro de equilíbrio desenvolvido para o experimento.

O reservatório de água (R1) foi desenvolvido para armazenar e para medir o volume de água consumido pelas plantas, para tal, sua estrutura física foi dimensionada com reduções em diâmetro dos tubos de PVC.

A água no vaso alcança o nível superior do solo, caminhando contrariamente à força da gravidade, pelas forças de adesão e coesão (Taiz & Zeiger, 2004). Dessa forma as plantas são supridas de água e o seu consumo lido em escala graduada no tubo de menor diâmetro, acoplado no reservatório R1.

O equipamento foi desenvolvido com tubos de PVC de 200 mm e de 40 mm, CAPs de 200 mm e de 40 mm, fitas milimetradas, pranchas de madeira, mangueira cristal, abraçadeiras, placa metálica, câmara de pneu, conexões hidráulicas, parafusos, colas, vedações e bóia de filtro (Figura 2 a, b).

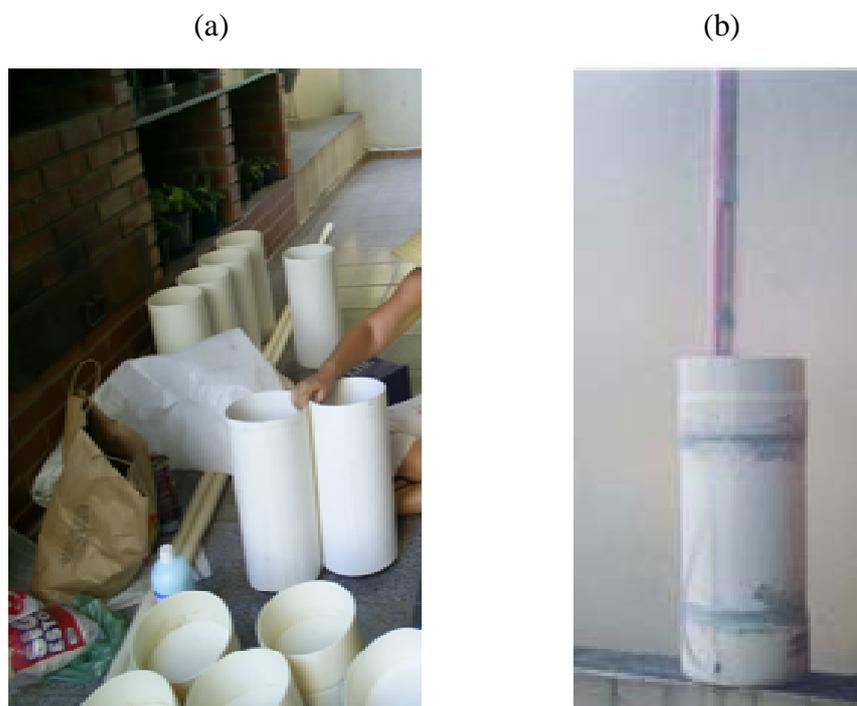


Figura 2. a) Fotos detalhando o trabalho de confecção do equipamento. b) Reservatório (R1) detalhando o sistema de redução de diâmetro com luva de 200 mm para 40 mm.

Desenvolveu-se um redutor diamétrico de 200 mm para 40 mm, com 40 cm de altura, para avaliar o consumo de água. Os tubos com fita graduada receberam como tampa, um CAP de 40 mm.

O segundo reservatório (R2), com 200 mm de diâmetro e 20 cm de altura, recebeu uma bóia para filtro que controla a saída de água no nível de 15 cm de altura na coluna do “vaso” (Figura 3). O terceiro elemento denominou-se “vaso” (V) por ser o local de plantio das árvores, também de PVC com 200 mm de diâmetro e 80 cm de altura.



Figura 3. Bóia para filtro mantendo o nível de água a 15 cm no reservatório (R2) e no “vaso”.

O sistema é interligado por mangueiras de 16 mm de diâmetro interno, tipo cristal, conectadas a espigão de aço galvanizado que foram fixados nos tubos (Figura 4 a, b).

(a)



(b)



Figura 4. a) Detalhe da peça denominada espigão, de aço galvanizado, interligando os reservatórios através das mangueiras tipo cristal. b) Detalhe das três reduções que acoplaram o R1 a R2.

As tampas dos reservatórios com bóia foram confeccionadas com chapa metálica esmaltada para evitar enferrujamento e foram colados círculos de borracha na sua parte interna (Figura 5 a, b).



Figura 5. Detalhamento dos espigões de aço galvanizado, conexões e tampa do reservatório (R2) confeccionado de chapa de metálica, com a parte interna revestida de câmara de pneu e a parte externa com pintura esmalte branca.

Os dois reservatórios e o vaso foram fixados em madeira (1,10 m × 0,30 m), sustentados por uma abraçadeira rosqueável, formando uma unidade de medida para cada espécie florestal estudada (Figura 6 a, b).

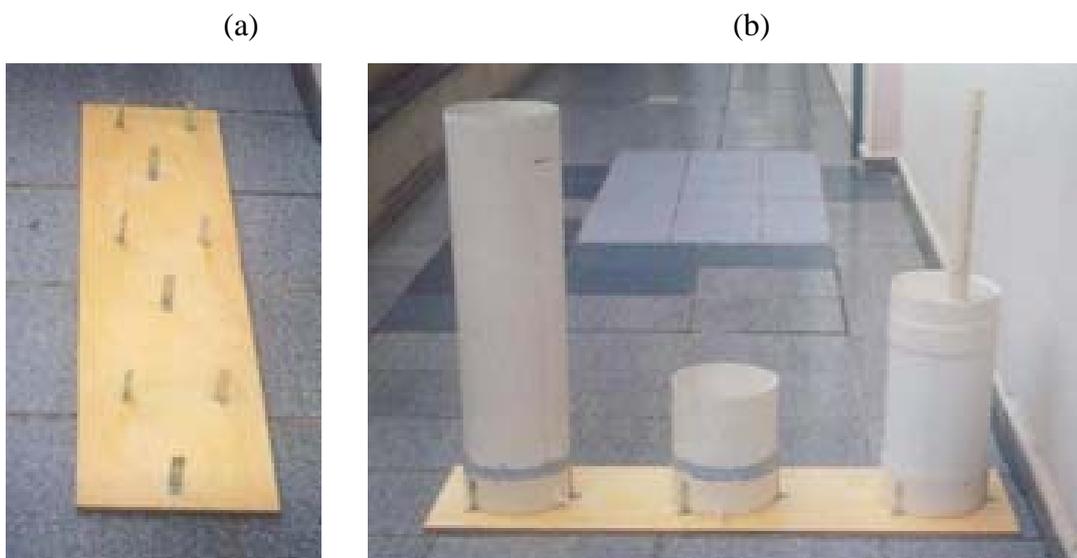


Figura 6. a) Equipamento montado em chapas de compensado com (1,10m×0,30m). b) Todos os elementos sob a base formando uma unidade de medida, sem a tampa e sem a colocação das mangueiras.

Ao final de seis meses de pesquisa e adequações, finalizou-se a construção do transpirômetro de equilíbrio.

Os 21 equipamentos ficaram disponíveis para a pesquisa, montados na casa de vegetação do ICB/UFG, apresentando as características físicas conforme a Figura 7, que evidencia as espécies florestais plantadas e com o experimento em andamento.



Figura 7. Foto dos transpirômetros de equilíbrio em casa de vegetação ICB/UFG com espécies florestais plantadas.

3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas/ ICB (Figura 8). Consistiu em cinco tratamentos (espécies de plantas), com quatro repetições, durante o período de três meses. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado.

Foram montados 21 equipamentos, dos quais, vinte receberam plantio com as espécies estudadas e suas repetições. Um equipamento, denominado de equipamento 21, permaneceu apenas com solo sem cobertura, para a quantificação da evaporação de água pela sua superfície.

As seguintes variáveis foram medidas: clima (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação fotossinteticamente ativa), consumo diário de água pela planta

(evapotranspiração), transpiração da planta, altura, diâmetro, comprimento e largura das folhas, área foliar, transpiração foliar, condutância estomática foliar e fluorescência. Ao final do experimento foram tomadas as medidas de massa seca raiz, caule e folhas e volume de raiz.



Figura 8. Casa de vegetação do Instituto de Ciências Biológicas da UFG, laterais de sombrite verde e cobertura de plástico translúcido.

As espécies florestais nativas *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols (ipê-amarelo), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (jatobá), *Myroxilum balsamum* (Linn) Harms (bálsamo) e as exóticas, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *Eucalyptus citriodora* Hook (eucaliptos) foram escolhidas para o trabalho devido à relevância sócio-econômica e ambiental (Anexo A).

As espécies nativas foram cedidas pela Floresta Nacional de Silvânia, Ibama/GO, produzidas em viveiro próprio. As mudas de eucaliptos foram adquiridas em viveiro comercial. Todos os indivíduos apresentavam entre 15 cm a 20 cm de altura, quando plantadas.

O solo, coletado no campo da UFG, distintamente em camadas, A, B e C, de profundidade 0-20 cm, 20-40 cm e 40-80 cm respectivamente, foi analisado pelo Laboratório de Análise de Solo e Foliar/UFG-AGRO.

No fundo do vaso foi colocada uma camada de cinco centímetros composta de cascalho e areia, a fim de evitar a obstrução à passagem da água. Os vasos foram completados com solo das camadas C, B, e A na seqüência exata como foi retirado (Figura 9).

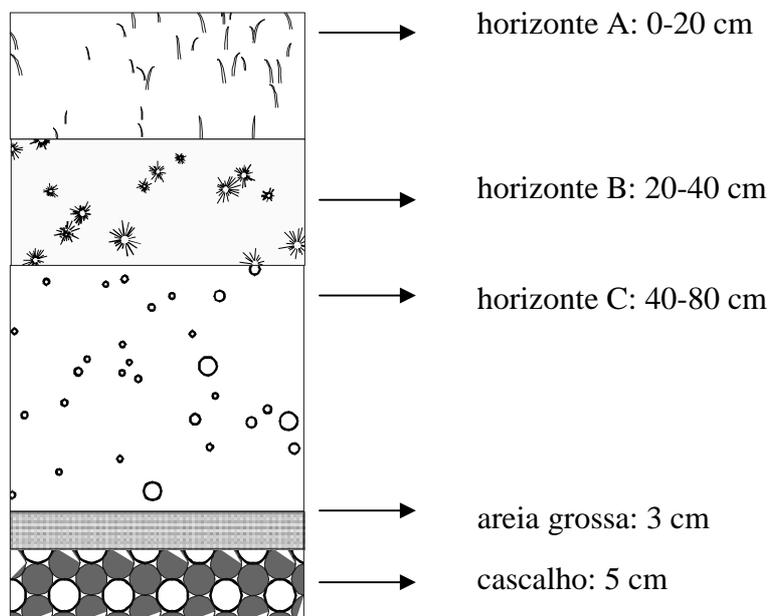


Figura 9. Esquema do filtro desenvolvido no vaso para evitar entupimento dos canos e arranjo das camadas de solo com os horizontes A, B, C.

Para a correção do solo, especificamente no horizonte A, foi realizada a calagem com calcário dolomítico, em proporção de 50 g por vaso e adubação na formulação 4-14-8 de NPK, de 88 g por vaso, de acordo com recomendações da análise de solo.

3.3 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS MENSURADAS

As medidas diárias de temperatura (T) do ar e umidade relativa (UR) do ar foram tomadas com psicrômetro, às 9h e às 15h, durante três meses, de agosto a outubro de 2006, na casa de vegetação. Os dados da Estação Climatológica da UFG, relativos ao período do experimento, foram usados como referência de precipitação (mm).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi obtida utilizando-se o porômetro, em seis horários do dia para diferentes dias de coleta ao longo do experimento.

3.4 CONSUMO DE ÁGUA DA PLANTA (TRANSPIRAÇÃO)

O consumo de água por espécie, em cada transpirômetro foi mensurado duas vezes ao dia, nos horários de 9h e 15h, em milímetros por coluna de água (mm/coluna de água), calculando-se o volume de água absorvido por cada exemplar, por período e a quantidade evaporada pelo solo (equipamento 21). Para o cálculo da transpiração não se subtraiu a quantidade de água perdida pelo solo.

O consumo de água foi obtido utilizando-se a fórmula para cálculo de volume do cilindro:

$$V = \pi . r^2 . h$$

em que:

V : volume de água consumido (em mm³)

π : *pi* (3,1416)

r : raio do cilindro (em mm)

h : altura da coluna de água medida (consumida), em mm.

O cálculo de consumo de água por espécie por dia foi necessário para se calcular as taxas de transpiração para cada espécie.

3.5 TRANSPIRAÇÃO

3.5.1 Transpirômetro de equilíbrio (T)

A transpiração (T), definida como a quantidade de água transpirada (volume), em um dado tempo (t), por área foliar total de cada planta (AF), foi mensurada semanalmente (Sutcliffe, 1980). Foram coletados os dados para as espécies estudadas, com as respectivas repetições, durante os três meses do trabalho, que se estenderam de

agosto a outubro de 2006. De posse do volume médio diário de água consumida por espécie, calculou-se o volume médio de água consumido semanalmente, por cada espécie, através do somatório dos volumes médios diários por planta. Posteriormente, com o uso das coletas semanais das médias das áreas foliares de cada espécie, dadas em cm^2 , calculou-se a transpiração da planta. Os resultados foram apresentados na unidade de medida de $\text{mol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{folha d}^{-1}$.

Para o cálculo da transpiração da planta, medida no transpirômetro de equilíbrio, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$T = (V_{\text{H}_2\text{O}}) / \text{AF} / t$$

em que:

T: $\text{mol H}_2\text{O cm}^{-2} \text{folha d}^{-1}$

$V_{\text{H}_2\text{O}}$: volume água em mol

t: período entre duas leituras

AF: área foliar média para cada dia de coleta, em cm^2

3.5.2 Porômetro

Com o aparelho porômetro, modelo LI-COR 1600 (Figura 10) mensurou-se semanalmente, às 8h, 11h, 13h, 15h, 17h e 19h, a condutância estomática (g_s), transpiração (T_f), umidade relativa (UR) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em folhas do terço mediano da árvore, por cada repetição, das cinco espécies estudadas.



Figura 10. Equipamento usado na casa de vegetação, porômetro – LI-COR 1600 – para mensurar a transpiração e a condutância estomática foliar, nos dias 22/09, 01/10, 05/10, 13/10 e 21/10 de 2006.

Para a coleta de dados das folhas compostas escolheu-se aleatoriamente um folíolo e para as de folhas simples, se escolheu as do terço mediano da planta. Coletaram-se dados nos dias 22 de setembro, 01, 05, 13 e 21 de outubro de 2006, transformados em Dias Julianos, respectivamente, 236, 272, 276, 284 e 292.

Foram realizadas medições nas faces abaxial (aba) e adaxial (ada) das folhas dos eucaliptos e dos folíolos das espécies nativas.

A condutância total da folha foi obtida segundo metodologia adotada por Sharpe (1973) e Sojka & Parsons (1983), através do somatório, em paralelo, das resistências estomáticas das duas faces de cada folha analisada, expresso em $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, conforme a equação:

$$(1/g_s) = (1/C_{AD}) + (1/C_{AB})$$

em que:

g_s : condutância total, $\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$;

C_{AD} : condutância da superfície adaxial e,

C_{AB} : condutância da superfície abaxial.

A transpiração total da folha foi obtida pelo somatório das medidas obtidas nas duas faces da folha:

$$T_f = T_{\text{abaxial}} + T_{\text{adaxial}}$$

em que:

T_f : transpiração total folha dadas em $\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$.

T_{abaxial} : transpiração da epiderme abaxial da folha

T_{adaxial} : transpiração da epiderme adaxial da folha.

3.6 AVALIAÇÕES MORFOLÓGICAS

Semanalmente mediu-se cada planta do experimento, durante três meses, totalizando doze momentos de coleta dos dados. Foram tomadas leitura de área foliar, altura total da árvore e diâmetro do caule, para os cinco tratamentos e as quatro repetições.

3.6.1 Altura (A)

O crescimento em altura de cada espécie foi mensurado semanalmente, em todas as repetições, com uso de trena metálica e os resultados tabulados em decímetros (dm).

3.6.2 Diâmetro (D)

O diâmetro de cada árvore foi tomado a 20 cm do solo, com paquímetro, sendo os resultados transformados em decímetros (dm).

3.6.3 Área foliar (AF)

Inicialmente, mudas de mesmo tamanho das cinco espécies plantadas no vaso do transpirômetro foram levadas ao laboratório e com o medidor eletrônico de área foliar, modelo LI-3000 (LI-COR, Inc, Lincoln, NE, USA), estimou-se as áreas foliares por espécie de planta, medindo-se simultaneamente comprimento e largura das folhas de cada espécie.

Com os dados coletados, utilizou-se o artifício de ajustá-los, por regressão, usando o *Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais* da CEPAGRI-UNICAMP (1991).

Fizeram-se ajustes entre:

- Área foliar x largura da folha (L);
- Área foliar x comprimento da folha (C);
- Área foliar x produto (LxC).

Das equações obtidas, escolheu-se para estimar as áreas foliares para cada espécie, àquela que apresentou a melhor correlação, através da análise do coeficiente de determinação (r^2) conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Equações de ajuste por regressão para área foliar de cada espécie estudada (Y) em função de X (variáveis medidas nas folhas – C e L), com os coeficientes de determinação (r^2).

Espécie	Equação ajustada	(r^2)	Variável tomada ¹
<i>E. camaldulensis</i>	$Y = 1,727 + (-0,741 * X) + 0,207 * (X^2)$	0,980	C
<i>E. citriodora</i>	$Y = (6,015261 * 10^{-6}) * \text{EXP}(2,89 * X) + (-0,174 * X^2) + (3,487956 * 10^{-3} * X^3)$	0,905	C
jatobá	$Y = 2,17654 + 0,7016363 * X + (1,33416 * 10^{-5}) * X^2$	0,996	L x C
bálsamo	$Y = (0,2073) + (0,6795 * X)$	0,971	L x C
ipê	$Y = 0,319 + 0,657 * X$	0,999	L x C

¹ L: largura da folha; C: comprimento; L x C: produto de largura x comprimento.

Desse modo, a partir das equações obtidas, semanalmente foram tomadas as medidas de comprimento e largura das folhas e de cada folíolo, para cada planta, que substituídas na equação resultava na área foliar por espécie por repetição. Todas as medidas foram transformadas em dm^2 .

3.6.4 Partição de fitomassa

Ao final do experimento, retiraram-se as plantas dos vasos, separou-se o material vegetal em folhas, caule e raízes. Determinou-se o volume de suas raízes, pelo método de deslocamento de volume, em proveta, em seguida conduzidas todas as partes das plantas para estufa de circulação forçada de ar, a 70°C , até a obtenção da massa seca constante.

Após a secagem, pesou-se o material, em balança analítica e os resultados, apresentados em massa seca do caule (MS caule), massa seca das folhas (MS folhas) e massa seca de raiz (MS raiz), expressa em gramas (g). Foram calculadas as razões entre o volume de raiz e da parte aérea (caule e folhas) - MS raiz / RPA, bem como entre, volume da massa seca da raiz e da massa seca foliar - MS raiz/ MS folhas.

3.7 ANATOMIA FOLIAR

3.7.1 Descrição dos tecidos foliares

Foram coletadas cinco folhas por repetição de cada uma das espécies estudadas, completamente expandidas, tendo sido retiradas do terço mediano de cada planta.

Para todas as espécies, folhas e/ou folíolos foram seccionados em fragmentos de nervura central, região entre nervuras e bordo, sendo retirados do terço mediano da lâmina foliar em outubro de 2006.

As amostras foram fixadas em FPA (formaldeído 37-40%, ácido propiônico e álcool etílico 70%, 1:1:18,v/v) por um período de 48 horas e posteriormente transferidas para o álcool etílico 70% (Johansen, 1940).

Realizaram-se seções transversais e paradérmicas à mão livre da folha. As seções foliares foram clarificadas em solução de hipoclorito de sódio a 10% por cerca de 1 min, em seguida, lavadas em água destilada, e submetidas ao processo de dupla coloração fucsina básica e azul de astra, segundo técnica de Kraus & Arduin (1997).

Para a análise da epiderme da folha, em vista frontal, foram retirados fragmentos com cerca de 1,0 cm² da região mediana da lâmina foliar e dos folíolos, tratados com solução de Jeffrey (Johansen, 1940). A seguir a epiderme foi destacada sob microscópio estereoscópico com o auxílio de pinça e pincel, lavadas em água destilada, corada com fucsina básica e azul astra.

As fotomicrografias foram realizadas em fotomicroscópico, marca Zeiss, modelo Axioskop, no Laboratório de Anatomia Vegetal do ICB-1, UFG, com filme Kodak Gold ASA 100.

3.7.2 Estimativa da densidade estomática

Estudos quantitativos dos estômatos foram realizados em seções paradérmicas da face abaxial e adaxial das folhas. As observações foram realizadas com câmara clara em microscópio Olympus CBB.

O cálculo da densidade estomática foi expressa em número de estômatos por mm², segundo a técnica de Labouriau et al. (1961). Uma vez que não foi possível a coleta de 15 folhas para a amostragem estatística, apenas estimou-se a densidade estomática,

analisando-se dois campos do terço mediano de cada folha ou folíolo por espécie. Cada campo tinha $0,065 \text{ mm}^2$, totalizando $1,95 \text{ mm}^2$. Foram realizadas apenas duas repetições e calculadas a média entre as duas amostras.

3.8 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a*

Realizou-se o acompanhamento da emissão de fluorescência da clorofila *a* com o fluorômetro portátil (modelo FMS-2, Hansatech, UK), (Figura 11 a, b), no dia 05 de outubro de 2006, nas cinco espécies e em todas as repetições.

Este aparelho dispõe de uma fonte de luz com intensidade máxima de $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e comprimento de onda entre 580 nm a 700 nm. Inicialmente, adaptaram-se as folhas ao escuro por 30 minutos, com o auxílio de uma pinça dotada de sistema de janela – condicionando a folha ao escuro, e que aberta, possibilita a incidência de 90% de luminosidade, para a medição da fluorescência (Figura 11 b).

A cinética de emissão de fluorescência rápida foi determinada no folíolo central da primeira folha superior (totalmente expandida) e nas folhas dos eucaliptos no terço mediano de cada planta, para as quatro repetições, sendo registrados os valores das fluorescências inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v) e a capacidade fotoquímica do fotossistema II ou eficiência quântica (F_v/F_m).

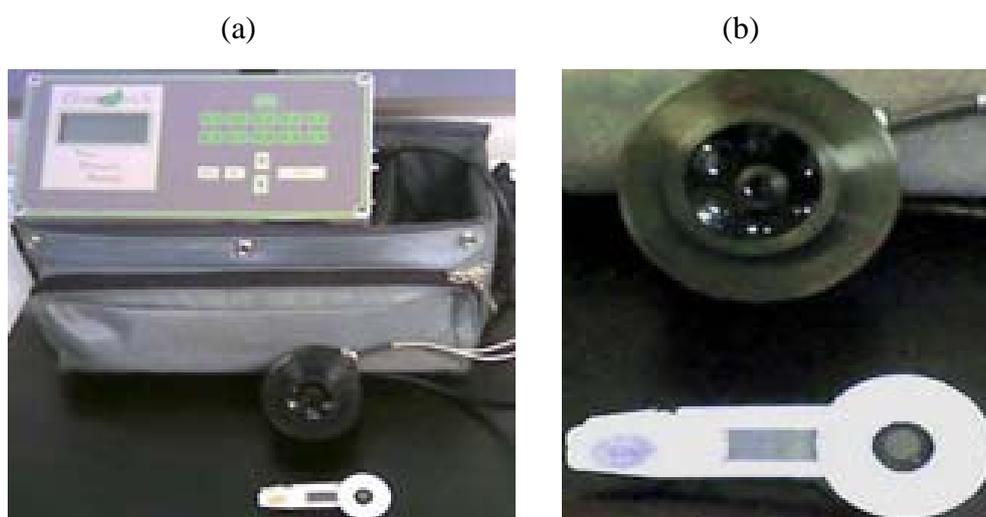


Figura 11. a) Equipamento fluorômetro, modelo FMS-2, Hansatech, UK, Laboratório de Fisiologia Vegetal, ICB/UFF; b) evidenciando a fonte de luz e a pinça com janela.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados pelo programa computacional SAS Institute Inc. 1990, SAS/STAT (Guide version 6. 3a ed. Cary, NC, SAS Institute). Para efeito da análise usou-se um nível de significância de 5% para todas as variáveis analisadas.

As variáveis: Transpiração da planta (T), Transpiração foliar (T_f), Condutância estomática (g_s), bem como altura (A), diâmetro (D) e área foliar (AF), para as cinco espécies, foram avaliadas a cada semana ao longo de onze semanas, configurando experimento de parcelas subdivididas no tempo (split-plot in time).

Para efeito de análise utilizou-se o seguinte modelo linear misto em duas etapas:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta X_{ij} + b_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$\mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik}$: é a média da variável estudada para a espécie i na semana k ;

X_{ij} : é a medida basal, ou seja, a primeira medida tomada na ij -ésima espécie de planta;

B : é o coeficiente de regressão;

b_{ij} : é o efeito aleatório associado a repetição j na espécie de planta i , assumido ser independente e identicamente distribuído $N(0, \sigma_B^2)$;

ε_{ijk} : representa o erro associado com a j -ésima repetição da espécie i na semana k , assumido ser $N(0, \Sigma)$ onde, Σ é uma matriz de variâncias e covariâncias que depende dos dados.

Na primeira etapa, estima-se a estrutura de variâncias e covariâncias. Posteriormente, a covariância estimada é substituída no modelo misto e o método dos mínimos quadrados ponderados é usado para avaliar os efeitos de tratamento e tempo.

Na análise dos dados usaram-se duas abordagens, uma baseada na comparação das médias das combinações entre Espécie de Planta com a Semana e a outra baseada na comparação da regressão entre a variável resposta (ex: transpiração da planta) as variáveis espécie de planta e semana. Em todas as duas análises o efeito da variável estudada foi ajustado tendo-o como variável basal.

A variável biomassa das cinco espécies de plantas (*E. camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê, jatobá e bálsamo), cada uma com quatro repetições foram comparadas em relação às medidas: Massa Seca (MS) do caule, Massa Seca (MS) da raiz, Massa Seca (MS) da folha, razão entre raiz e caule, razão raiz e folha, razão raiz parte aérea (PA) e volume raiz.

A fluorescência das cinco espécies foi comparada em relação às medidas: fluorescência mínima (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), Fluorescência terminal (Ft), razão entre Fv/Fm.

Tanto para biomassa quanto para a fluorescência, procederam-se inicialmente, em todas as variáveis, o teste de normalidade de Shapiro Wilks e o teste de homogeneidade da variância de Levene. Foi utilizada a transformação logarítmica neperiana na variável MS raiz por não atender a suposição de variância constante e de normalidade. Todas as outras variáveis satisfizeram as suposições de variância constante e normalidade.

Para se avaliar o efeito dessas medidas sobre as cinco espécies de planta foi utilizado o seguinte modelo linear:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

em que:

$i = 1, \dots, r$ referentes às espécies de planta

$j = 1, \dots, n_i$ referentes as repetições em cada espécie

ε_{ijk} : é a contribuição do acaso, que são independentes, $N(0, \sigma^2)$.

Posteriormente, a análise de variância, havendo rejeição da igualdade de médias entre as espécies foi utilizada o teste de comparação múltipla de Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONSUMO DE ÁGUA POR PLANTA (TRANSPIRAÇÃO)

Através da leitura dos valores expressos nas fitas graduadas dos transpirômetros, calculou-se o volume de água que cada planta consumiu, em dois distintos horários, às 9h e às 15h, por dia, durante os três meses do experimento. Somando-se os valores dos períodos e obtendo-se a média de consumo diário de água por planta, plotou-se nas Figuras 12 a 16, o volume em mol, evapotranspirado e o volume evaporado pelo solo (leitura do equipamento 21) bem como a variação diária da umidade relativa média do ar (UR%).

As Figuras 12 e 13 evidenciam que durante todo o período, os eucaliptos transpiraram em volumes superiores à evaporação de água pelo solo, quando as oscilações acompanharam as variações diárias de umidade relativa do ar.

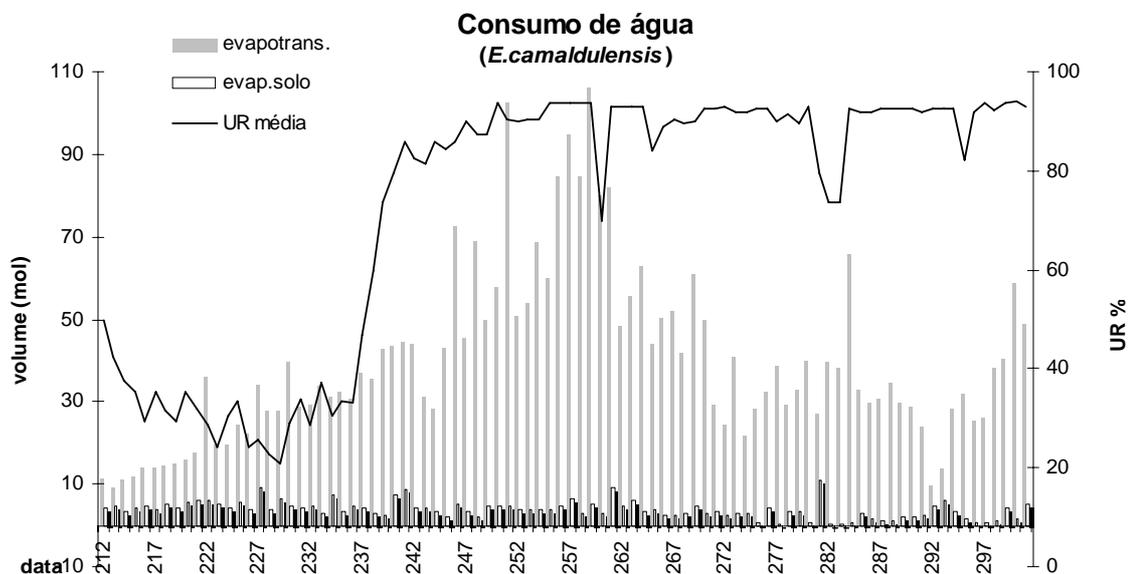


Figura 12. Curva de volume diário de água (mol) consumido por *E. camaldulensis* e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em Dias Julianos.

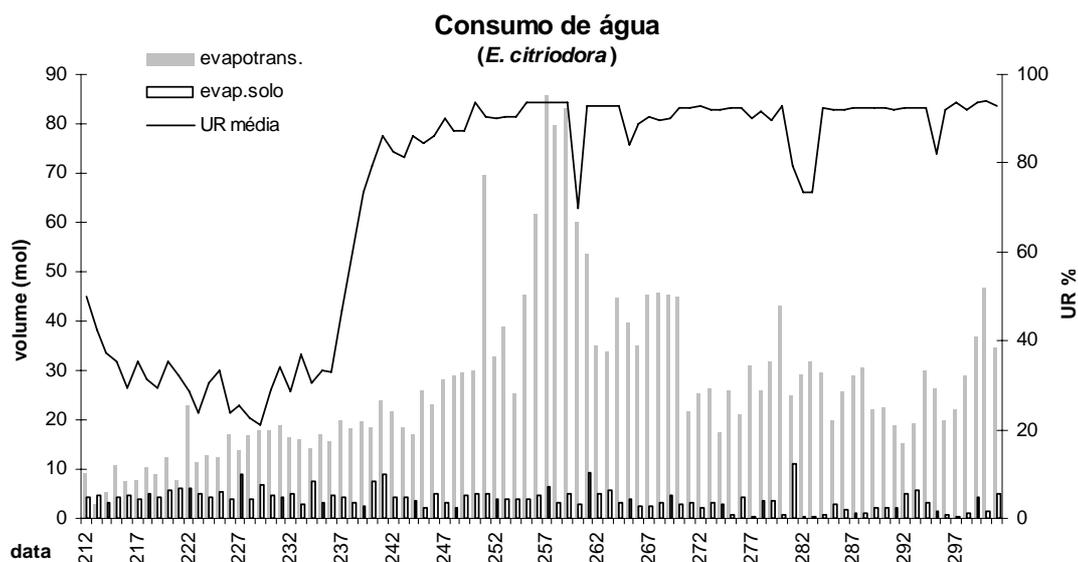


Figura 13. Curva de volume diário de água (mol) consumido por *E. citriodora* e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em calendário Juliano.

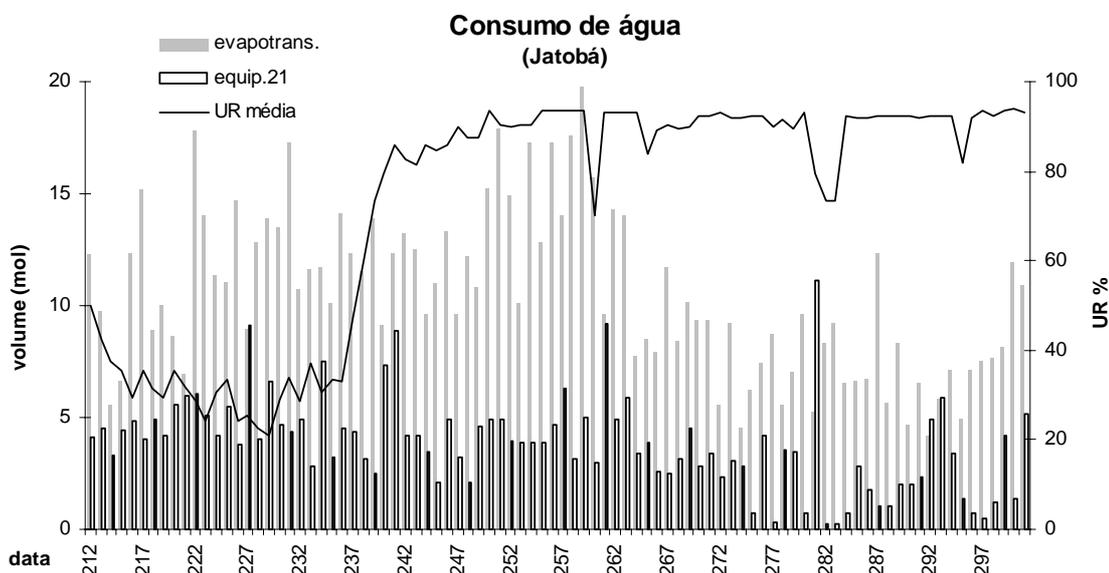


Figura 14. Curva de volume diário de água (mol) consumido por jatobá e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em Dias Julianos.

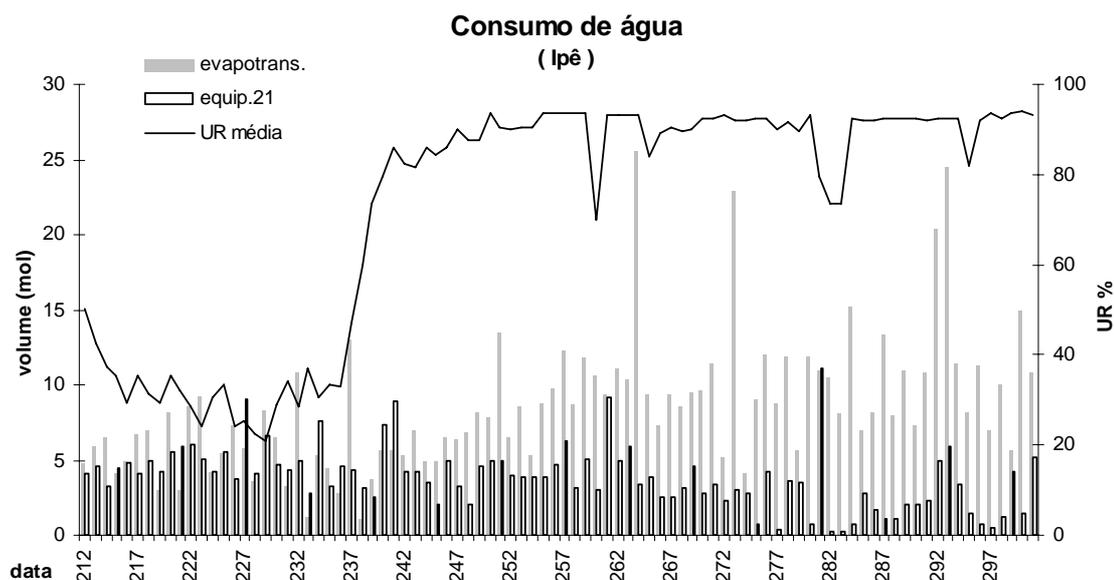


Figura 15. Curva de volume diário de água (mol) consumido por ipê e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em Dias Julianos.

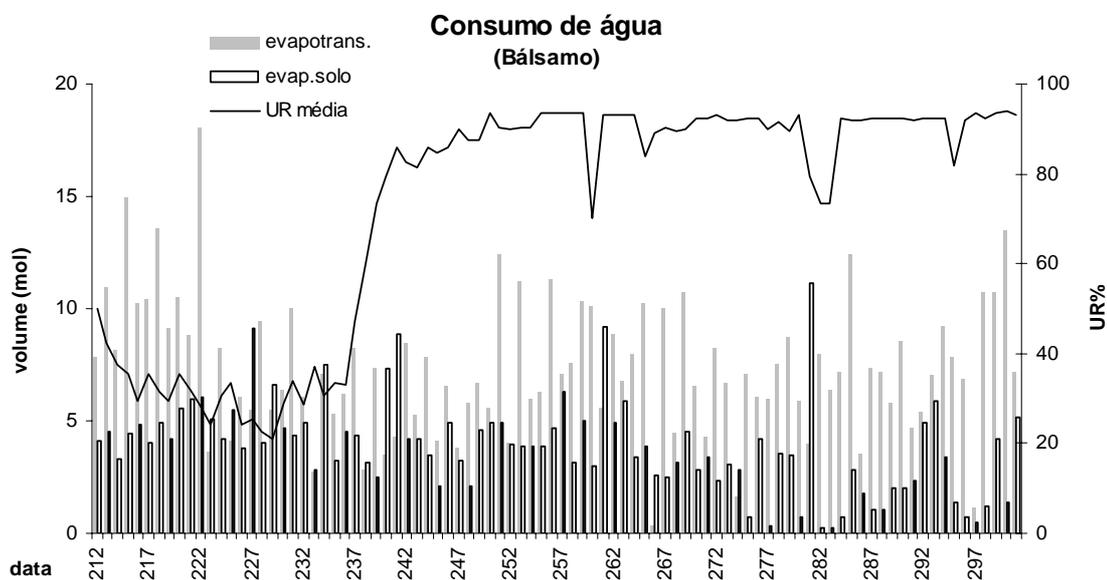


Figura 16. Curva de volume diário de água (mol) consumido pelo bálsamo e curva da evaporação de água do solo (mol) com a variação diária da umidade relativa média (UR%). Período de agosto a outubro/2006, expressos em calendário Juliano.

Observa-se que a transpiração de *E. camaldulensis* tende a aumentar até o dia 259 (18 de setembro) quando atingiu seu maior valor, 105,87 mol de água, observando-se que a UR média do dia foi de 93,5%. A partir desse dia, as taxas transpiratórias foram decrescendo e oscilando entre as máximas de 82 mol (dia 261) e valores mínimos que alcançaram 9,67 mol (dia 292) quando a UR média foi de 92,5%.

Quanto a *E. citriodora* as maiores taxas transpiratórias foram de 85,85 mol (dia 257) quando a UR média do ar foi de 93,5% e de 83,04 mol (dia 259), após o que os valores diminuíram, contudo o menor valor foi de 15,31 mol (dia 292).

O jatobá apresentou a maior taxa (dia 259) de 19,77 mol. Observa-se que durante dez dias (de 250 a 260) apresentou seu maior consumo de água, após o que as taxas foram decrescendo gradativamente até o mínimo valor de 4,19 mol (dia 292). Nesse dia a evaporação de água pelo solo foi superior à transpiração da planta, o que pode ter sido em função da elevada temperatura ocasionando um aumento na temperatura do solo, reduzindo o conteúdo de água disponível para as plantas (Vieira, 1984), diminuindo assim a evapotranspiração da planta.

Para o ipê esse fenômeno aconteceu durante um período maior, no início do experimento, quando a espécie ainda não possuía folhas, ficando a transpiração em resposta à evaporação de água do solo e um percentual mínimo à transpiração caulinar. A partir da emergência das folhas as taxas transpiratórias aumentaram, atingindo o maior valor de 25,5 mol (dia 264), oscilando em função das condições climáticas na casa de vegetação.

Quanto ao bálsamo as taxas maiores de evaporação de água pelo solo ocorreram durante o experimento em vários momentos (sete dias em agosto, dois em setembro e um em outubro). Os maiores valores de transpiração oscilaram entre 18,03 mol a 12,39 mol (dias 222 e 251). O menor valor, 0,33 mol, ocorreu dia 266.

A transpiração depende do poder evaporante do ar, que é determinado pela radiação solar, vento, umidade e temperatura do ar, sendo a radiação o fator principal (Jensen, 1973).

A transpiração total média por planta por espécie foi de: *E. camaldulensis* foi de 3.567,72 mol de água, seguido de *E. citriodora* que somou 2.488,23 mol. Entre as espécies nativas, o ipê transpirou 830,38 mol de água, o jatobá, a soma de 943,81 mol e o bálsamo, 662,91 mol de água.

Comparando-se o consumo de água (mol dia^{-1}) entre as espécies exóticas e as nativas, observa-se que *E. camaldulensis* consumiu 5,4 vezes a mais do que o bálsamo; em relação ao ipê, foi 4,3 e quanto ao jatobá, este número foi multiplicado em 3,8 vezes.

Silva et al. (2004) observaram que, em condições próximas à capacidade de campo (26%), *E. citriodora* consumiu 2.667,5 mol (resultados transformados em mol), em dez semanas. Muito embora com valores aproximados ao encontrado nesse estudo, a comparação não se faz muito fidedigna uma vez que o tamanho das árvores estudadas é distinto e a evapotranspiração é função da área foliar das plantas (Coelho Filho et al., 2004). Portanto, escalonar a transpiração por área foliar permite o estudo comparativo de plantas com diferentes tamanhos e transpirando em épocas diferentes (Angelocci et al., 1997).

4.2 TRANSPIRAÇÃO MEDIDA NO TRANSPIRÔMETRO DE EQUILÍBRIO (T)

Observaram-se durante o experimento, dias com temperaturas elevadas. As temperaturas médias no mês de agosto às 9h foram de 24,9°C e de 38,9°C, às 15h. Em setembro, médias de 26,2 °C às 9h e 35,4 °C às 15h. Em outubro, registraram-se temperaturas médias para o período matutino de 27,3°C e 30,2°C durante à tarde. A amplitude térmica média entre os dois períodos foi mais acentuada no mês de agosto, 14°C, e de apenas 2,9°C em outubro. Na manhã do dia 29 de outubro, registrou-se a maior temperatura, 35°C. No período da tarde, nos dias 18, 19 e 20 de agosto, e 06 de setembro, a temperatura na casa de vegetação atingiu 43°C. No dia 05 de setembro pela manhã, anotou-se a mínima temperatura, de 17°C (Anexo B).

Quanto à umidade relativa do ar (UR) na casa de vegetação, agosto apresentou as menores taxas, tanto pela manhã quanto à tarde, havendo aumento de UR quando do início das chuvas, em setembro. Às 9h a UR mais baixa ocorreu em 19 de agosto, sendo de 27%. Já no período vespertino, dia 18 de agosto, registrou-se apenas 12% de UR. Entre 16 a 20 de agosto registraram-se as menores UR, com a mínima variando de 12% a 14% às 15h. Agosto revelou ainda, UR média de 47,5% pela manhã e de 26,5% à tarde. Em setembro a UR elevou-se no período da manhã, com média de 88,7%. À tarde, a média calculada foi de 84,8%. Dia 19 de setembro, verificou-se uma queda brusca da umidade às

15h (46%), muito abaixo da média mensal. No mês de outubro, as médias mantiveram-se altas, tanto às 9h quanto às 15h, respectivamente, 89,7% e 92% de UR (Anexo B).

Pelos índices de precipitação obtidos na estação de meteorologia da Escola de Agronomia da UFG observa-se que em agosto, a umidade relativa maior (50%) deu-se no dia 02, quando choveu 1,6 mm. Setembro a precipitação média mensal foi de 45,8 mm registrados em três dias. Outubro, em 22 dias, acumulou-se 268,6 mm de chuva (Anexo B).

E. camaldulensis e *E. citriodora* apresentaram curvas de transpiração semelhantes ($p=0,8103$) e levemente superiores a das espécies nativas.

As espécies nativas, ipê, jatobá e bálsamo não apresentaram diferença significativa nas taxas transpiratórias durante o experimento ($p>0,001$) ao nível de 5% e significância.

As Figuras 17 a 21 registram a transpiração de cada espécie durante o experimento relacionada à variação da umidade relativa do ar (UR%) e temperatura diária média do ar ($^{\circ}\text{C}$).

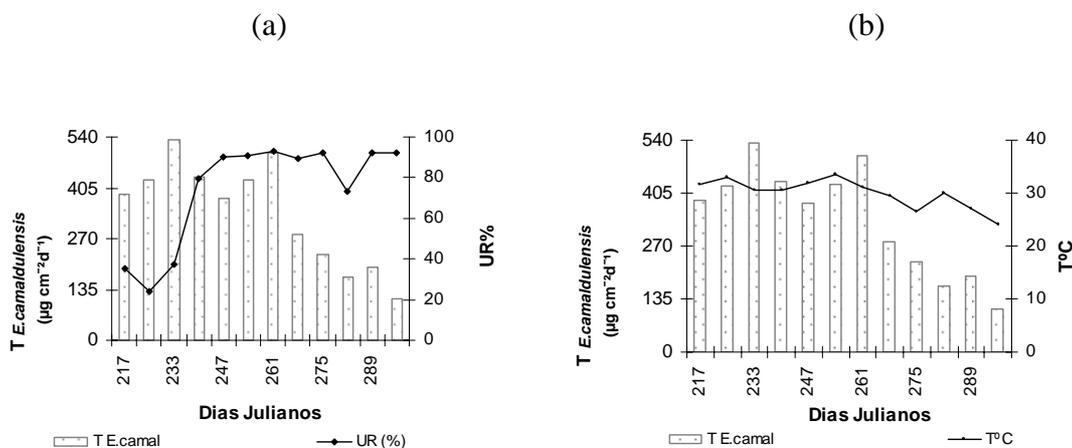


Figura 17. a) Curvas de transpiração das espécies *E. camaldulensis* e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, b) curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias ($T^{\circ}\text{C}$) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

Observa-se em, todas as figuras citadas, a representação de grande variabilidade nos valores de transpiração entre as espécies. Durante o experimento, todas as espécies transpiraram mais nas primeiras semanas, nos meses de agosto-setembro, tendendo a diminuir a transpiração, de forma linear, nas últimas semanas do experimento, quando a

UR esteve mais alta (média em outubro de 90%) e as temperaturas do ar na casa de vegetação, mais amenas. Outro fato verificado, é que, com as chuvas há maior concentração de nuvens durante o dia, afetando, por conseguinte, a RFA nas folhas contribuindo também para a diminuição das taxas transpiratórias em todas as cinco espécies estudadas.

À exceção do ipê, todas as quatro apresentaram taxas médias transpiratórias elevadas nas semanas iniciais do plantio, quando se registraram baixas umidades do ar e temperaturas elevadas.

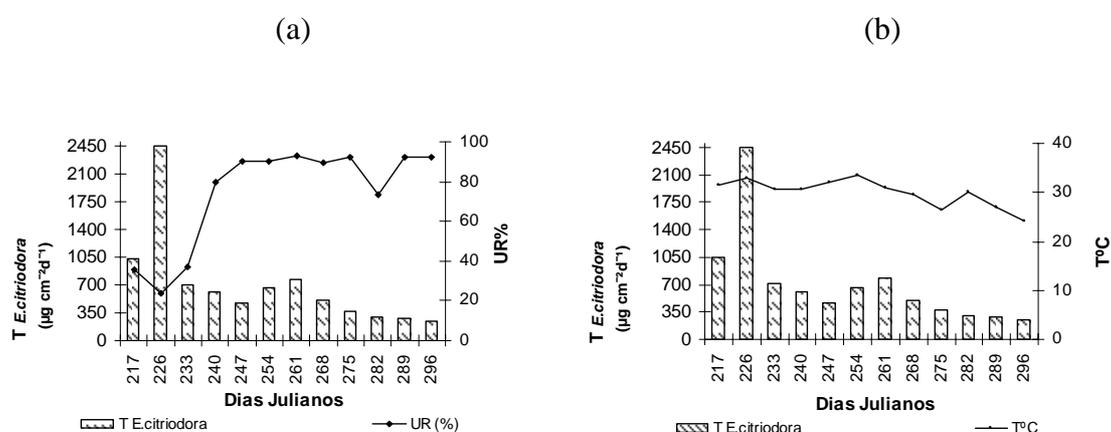


Figura 18. a) Curvas de transpiração das espécies *E. citriodora* e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, b) curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

E. citriodora, entre os dias 217 e 226, mediu-se taxas de T entre 1.039,98 ($\pm 51,99$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ e 2.450,19 ($\pm 122,51$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

E. camaldulensis apresentou para o mesmo período, taxas médias de T de 387,84 ($\pm 19,39$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ e 425,10 ($\pm 21,25$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

Para o jatobá, as taxas medidas de T foram iguais a 228,65 ($\pm 11,43$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ e 136,72 ($\pm 6,84$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

Bálsamo variou a transpiração de 193,84 ($\pm 9,69$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ e 91,7180 ($\pm 4,59$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ nas primeiras duas semanas (217 e 226), declinando na semana seguinte para taxas médias de T= 30,81 ($\pm 1,54$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

O ipê apresentou maior taxa média transpiratória quando da brotação de suas folhas em todas as repetições, dia 06 de setembro (DJ 247), de 2,69 ($\pm 24,25$) $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$,

sendo o maior valor de T medido para a espécie durante todo o experimento, verificando-se o pico de transpiração na curva na Figura 20.

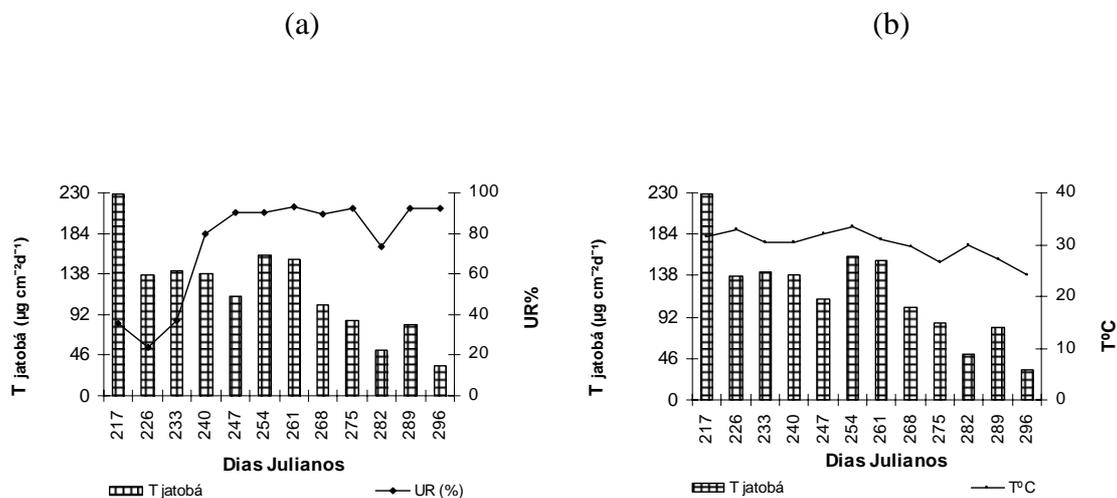


Figura 19. a) Curvas de transpiração (T) da espécie jatobá e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, b) curvas de transpiração (T) da espécie jatobá e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

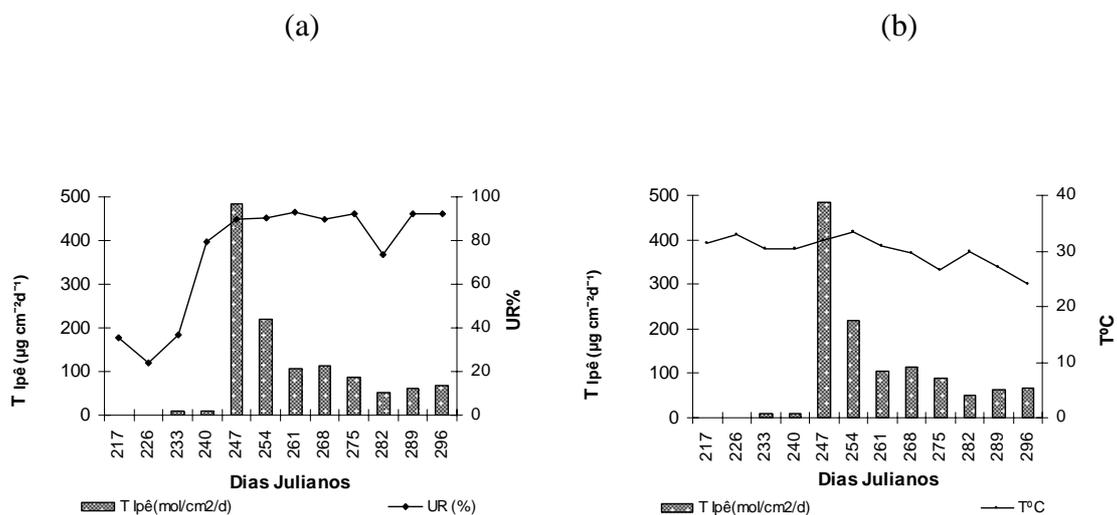


Figura 20. a) Curvas de transpiração da espécie ipê e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, b) curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

Uma vez observando-se que a transpiração foi maior em agosto/setembro para todas as espécies, pode-se inferir que todas as espécies estudadas respondem positivamente às influências ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade.

Esses resultados são corroborados por Sarmiento et al. (1985), os quais concluíram que a transpiração das espécies lenhosas depende mais das condições atmosféricas do que da disponibilidade de água no solo, já que nesse experimento a água não foi variável limitante. Prado et al. (2004) sugerem que o ajuste da transpiração nas plantas do cerrado, na época da seca, está mais relacionada às variações das condições atmosféricas.

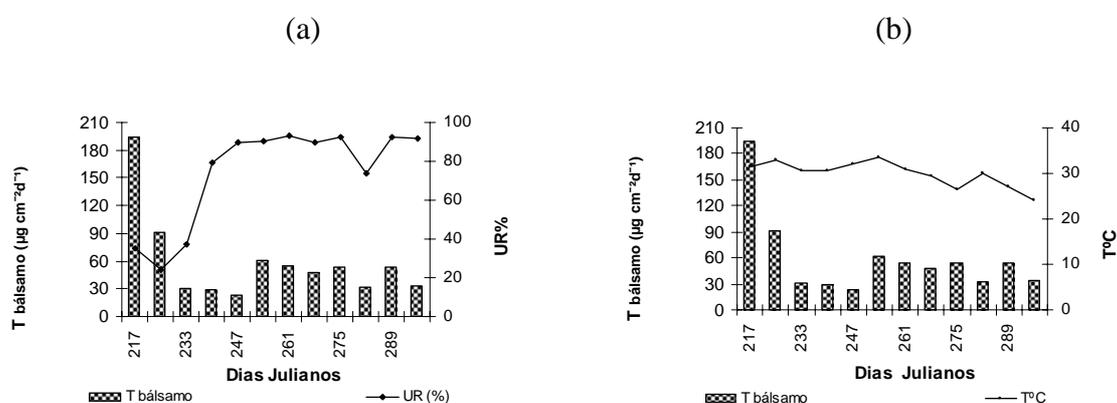


Figura 21. a) Curvas de transpiração da espécie balsamo e curva de variação diária média da umidade relativa do ar (UR%) e, b) curvas de transpiração (T) e variação das temperaturas médias diárias (T°C) durante os meses de agosto-outubro/2006. T em $\mu\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$.

Quanto às exóticas, Maestri (2003), estudando a influência das variáveis ambientais no incremento anual em altura de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, concluiu que as variáveis mais significativas foram: a precipitação, evapotranspiração potencial, temperatura máxima e temperatura mínima, uma vez que o crescimento e a produtividade florestal estão diretamente relacionados aos mecanismos fisiológicos (transpiração, entre outros) e bioquímicos que são dependentes das disponibilidades hídricas e energéticas do meio ambiente (Souza et al., 2006).

Ferri (1944), estudando transpiração em espécies arbóreas do Cerrado, evidenciou que a evaporação e a transpiração, na época da seca, acompanham as demandas

evaporativas da atmosfera e que, algumas espécies nativas não realizavam nenhuma restrição de consumo hídrico, e outras, diminuem a transpiração nas horas mais quentes (no final da estação seca), podendo ou não aumentá-la mais tarde, como *Didymopanax vinosum*.

Em estudos posteriores, Meinzer et al. (1999), estudando quatro espécies do Cerrado *sensu stricto* do Distrito Federal, constataram que essas espécies exerceram um rígido controle da transpiração, via um controle estomático pronunciado, levando a limitação no fluxo de seiva.

Larcher (2000) discorre que, por meio da regulação da abertura estomática, a planta modula as taxas transpiracionais de acordo com a necessidade do seu balanço hídrico, e que as causas iniciais para redução temporária no grau de abertura estomática pode ser uma redução da intensidade luminosa, ar seco, déficit hídrico, temperaturas extremas e gases tóxicos.

Observa-se nesse experimento, que as espécies nativas apresentaram comportamento transpiratório distinto. O bálsamo, jatobá e ipê transpiraram menos do que as duas espécies de eucaliptos, sugerindo, segundo Larcher (2000), que os resultados obtidos estão relacionados à morfologia específica e à forma de vida das plantas.

Inoue & Ribeiro (1988) pontuam que diferenças nos parâmetros de transpiração, quando em condições ambientais idênticas, podem indicar um mecanismo estomático mais ou menos eficiente, implicando na economicidade de água pela planta.

Quanto ao declínio acentuado das taxas transpiratórias para *E. camaldulensis* no final de outubro, independente das condições ambientais, observou-se estresse nos indivíduos, devido à compressão de suas raízes e deficiência nutricional, justificando essas alterações, em função do limitado volume do reservatório para o desenvolvimento do sistema radicular.

Observa-se na Figura 22 o *E. camaldulensis*, que ao final do experimento, encontrava-se em condições de estresse fisiológico.

Segundo Huang et al. (1994), a clorose pode ser ocasionada por falta de aeração das raízes devido ao excesso de água. Este fato também foi verificado ao final do experimento, pois as raízes de *E. camaldulensis* preencheram o volume total de solo no vaso “V” atingindo a camada de 15 cm de água na coluna de solo, onde se instalou o filtro com o cascalho e a areia.



Figura 22. Repetição um (1) de *E. camaldulensis* em condições de estresse, ao final do experimento, apresentando clorose nas folhas e senescência.

A literatura sugere que a clorose ocorre por causa da degradação de clorofilas (quando em condição de inundação). Outros autores pontuam que, além disso, redução na sua síntese em consequência do acúmulo de etileno (Sena Gomes & Kozlowski, 1988) e/ou redução na síntese de citocininas (Zhang et al., 2000).

4.3 TRANSPIRAÇÃO (T_f) E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (g_s) UTILIZANDO O PORÔMETRO

As medidas de transpiração foliar (T_f) e condutância estomática (g_s) foram tomadas durante cinco semanas sempre nos mesmos horários (8h; 11h; 13h; 15h; 17h e 19h) medidos nos dias 22 de setembro (DJ= 263), 01 de outubro (DJ=272), 05 de outubro (DJ=276), 13 de outubro (DJ=284) e 21 de outubro (DJ=292).

O comportamento da T_f e g_s de cada espécie cultivada no transpirômetro de equilíbrio pertinentes ao dia 21 de outubro se encontram nas Tabelas 2 e 3, bem como, nas Figuras 23, 24, 25, 26 e 27. As demais informações desse período constam no Anexo H.

Tabela 2. Transpiração foliar (T_f), condutância estomática (g_s) e radiação fotossinteticamente ativa foliar (RFA), máxima horária, observadas nas cinco espécies arbóreas.

T_f máx ($\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Datas				
Espécies		22/09	01/10	05/10	13/10	21/10
<i>E. camaldulensis</i>	T_f	30,83	30,91	30,61	28,52	43,37
	Hora	13h	8h	13h	11h	11h
<i>E. citriodora</i>	T_f	39,95	34,63	36,31	27,46	32,28
	Hora	11h	11h	15h	13h	11h
jatobá	T_f	15,08	18,86	11,60	10,95	10,46
	Hora	8h	8h	15h	13h	13h
bálsamo	T_f	3,82	6,3	8,90	8,24	9,80
	Hora	8h	15h	15h	13h	13h
ipê	T_f	15,08	13,36	17,26	10,67	11,61
	Hora	8h	8h	15h	13h	8h
g_s máx ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Datas				
Espécies		22/09	01/10	05/10	13/10	21/10
<i>E. camaldulensis</i>	g_s	0,31	0,49	0,36	0,58	0,49
	Hora	11h	8h	11h	11h	11h
<i>E. citriodora</i>	g_s	0,37	0,43	0,42	0,49	0,41
	Hora	11h	8h	11h	11h	8h
jatobá	g_s	0,23	0,13	0,09	0,08	0,11
	Hora	8h	8h	15h	19h	15h
bálsamo	g_s	0,13	0,07	0,07	0,08	0,05
	Hora	8h	17h	15h	8h	13h
ipê	g_s	0,29	0,11	0,14	0,08	0,08
	Hora	8h	17h	15h	8h	17h
RFA máx ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Datas				
Espécies		22/09	01/10	05/10	13/10	21/10
<i>E. camaldulensis</i>	q máx	577,46	730,59	657,45	465,36	714,71
	Hora	11h	13h	11h	11h	11h
<i>E. citriodora</i>	q máx	610,84	549,88	718,69	352,23	899,50
	Hora	11h	11h	11h	11h	11h
jatobá	q máx	828,74	934,98	749,94	488,70	1.087,46
	Hora	11h	13h	11h	11h	11h
bálsamo	q máx	744,86	947,23	499,58	392,46	1.198,71
	Hora	11h	13h	13h	11h	11h
ipê	q máx	828,98	1145,38	577,41	405,74	1.306,25
	Hora	11h	13h	11h	11h	11h

Dia 21/10/06 (Tabela 2), entre 8h e 11h, a T_f (Figura 23) e a g_s (Figura 24) tiveram tendências parecidas entre as duas exóticas e estatisticamente superiores a das

nativas. *E. camaldulensis* e *E. citriodora*, às 11h, apresentaram aumento de T_f em torno de 40% e 20%, respectivamente, em relação às 8h, observando-se aumento de RFA, de 65,4% às 11h e ainda um declínio de UR, provocando as maiores taxas de transpiração dessas duas espécies nesse dia, respectivamente, de $43,37 \mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ e $32,28 \mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$.

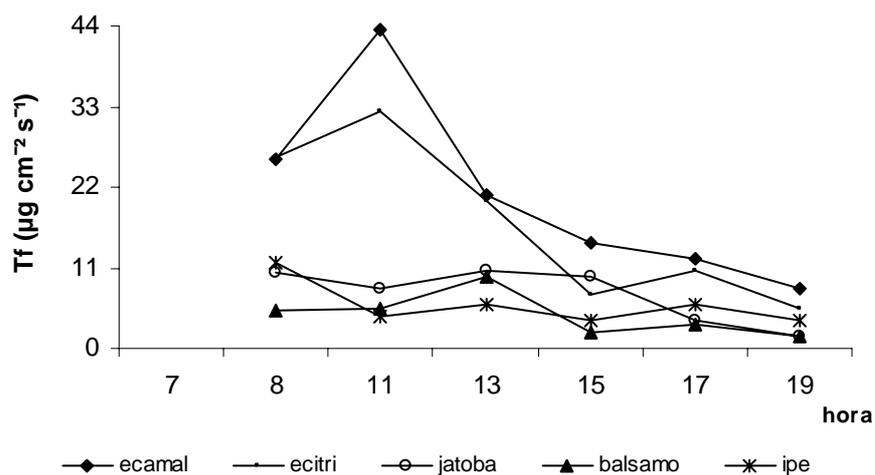


Figura 23. Transpiração foliar (T_f) das cinco espécies arbóreas durante o dia 21/10/06.

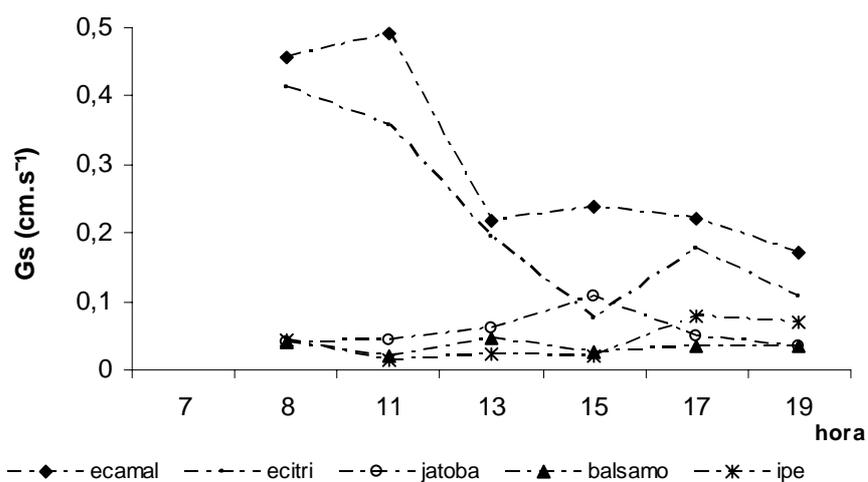


Figura 24. Condutância estomática foliar (g_s) das cinco espécies arbóreas durante o dia 21/10/06.

A g_s de *E. camaldulensis* apresentou ligeiro acréscimo, 8% entre os dois horários, e *E. citriodora*, declínio de 12,9%, muito embora não afetando as taxas de transpiração que aumentaram em resposta à demanda evaporativa da atmosfera.

As espécies nativas ipê, jatobá e bálsamo apresentaram comportamento distinto das exóticas e semelhante entre si, tanto para T_f quanto para g_s entre 8h até 11h, sendo que ipê amarelo registrou sua maior taxa de transpiração às 8h, de $11,6 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e sua maior g_s , às 17 h, de $0,08 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Tabela 2). Às 11h, o ipê chegou a reduzir a T_f para valores menores do que a metade do observado no horário anterior, mensurado em $4,3 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Nesse período (8h–11h), a UR (%) sofreu decréscimo de 54% para 43% (Figura 25) e a RFA elevou-se atingindo os valores máximos do dia (Tabela 2), para todas as cinco espécies, o que possivelmente, colaborou para a redução da T_f e g_s das espécies nativas.

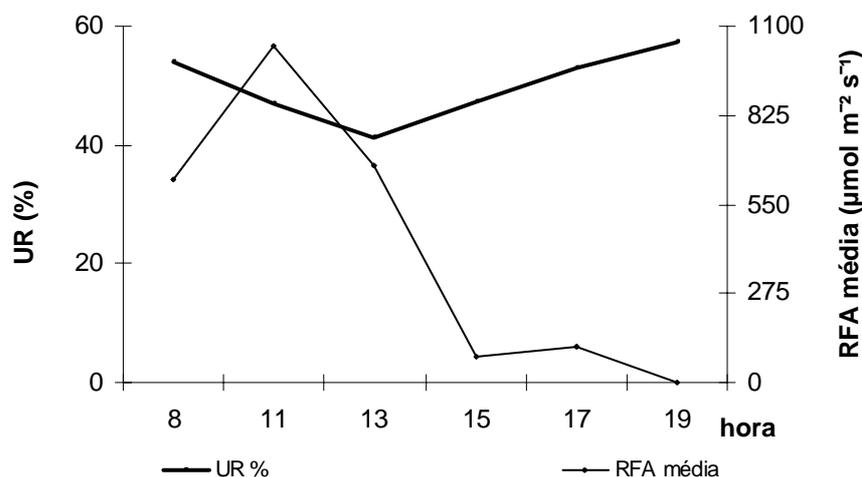


Figura 25. Umidade relativa do ar (UR%) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), média entre as cinco espécies, em função da hora do dia 21/10/06.

Este fato sugere que, jatobá, ipê e bálsamo, obedecem a rigoroso controle estomático, com o fechamento dos estômatos em função da alta demanda evaporativa do ar (Larcher, 2000; Franco & Lüttge, 2002), com o aumento da RFA. Nesse sentido, as interações com os fatores ambientais, como a baixa umidade do ar, alta intensidade luminosa, temperaturas elevadas contribuem para o fechamento estomático, diminuindo a transpiração para evitar a perda excessiva de água (Tatagiba et al., 2007).

Às 13h, a transpiração média das espécies *E. camaldulensis* e *E. citriodora* são estatisticamente superiores a das outras espécies, muito embora com menores T_f e g_s , em relação ao horário anterior, havendo uma redução de 52% para *E. camaldulensis* e de 37%

para *E. citriodora*, em suas taxas transpiratórias comparados ao horário anterior (Figura 23). Nesse período jatobá e bálsamo obtiveram suas maiores taxas de transpiração do dia, respectivamente, $10,46 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $9,80 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e a maior g_s para o bálsamo, de $0,05 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Tabela 2).

Após este horário, a T_f de todas as espécies diminuíram, sendo que para *E. camaldulensis* e jatobá, T_f e g_s declinaram suavemente ao longo do período subsequente (15h até 19h).

Mas *E. citriodora*, ipê e bálsamo, para T_f , observou-se declínio dos valores até às 15h, havendo um ligeiro aumento às 17h, depois diminuindo novamente. O maior valor de g_s para o jatobá foi observado às 15h, de $0,11 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Tabela 2). Contudo, todas as espécies apresentaram valores de T_f semelhantes entre si nesses três períodos.

Porém, a condutância estomática, às 15h apresentou valores semelhantes entre as espécies bálsamo, ipê e *E. citriodora*, e entre *E. camaldulensis* e jatobá, entretanto g_s de *E. camaldulensis* foi superior a das três primeiras (Figura 24).

Às 17h, a condutância estomática de *E. camaldulensis* foi estatisticamente superior ($0,22 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) a g_s das espécies bálsamo ($0,03 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e jatobá ($0,05 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), não havendo diferença de g_s entre as outras espécies. A partir deste horário a condutância estomática de todas as plantas entrou em queda atingindo os menores valores do dia, às 19h, quando apresentaram g_s semelhantes entre si (Anexos de R a V).

Considerando a média diária, *E. camaldulensis* transpirou 19% mais que *E. citriodora*. Comparando-se às nativas, a T_f foi 78% maior que do bálsamo, que apresentou T_f médio de $4,54 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, 65% maior que do jatobá ($7,37 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e 72% maior que T_f médio do ipê ($5,89 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$). A T_f média do jatobá foi 20% maior que a do ipê e 38% superior a T_f do bálsamo (Tabela 3) para o dia 21 de outubro de 2006.

A g_s média de *E. camaldulensis* foi 26% do que a de *E. citriodora*, 89% maior do que g_s do bálsamo, 86% maior que do ipê e finalmente, 81% maior que a g_s do jatobá (Tabela 3).

As espécies que receberam a maior quantidade de RFA média diária foram: o bálsamo e o ipê, com valores semelhantes entre si. Receberam 37% a mais que *E. camaldulensis*, 31% maior que em *E. citriodora* e apenas 8% a mais do que nas folhas de jatobá (Anexos de R a V).

Naves-Barbiero et al. (2000), estudando duas espécies lenhosas do cerrado, observaram o mesmo comportamento, quando *Roupala montana* e *R. guianensis*,

restringiram a transpiração e verificaram queda nos valores de condutância estomática em resposta à maior demanda evaporativa da atmosfera.

Tabela 3. Transpiração foliar (T_f), condutância estomática (g_s) e radiação fotossinteticamente ativa foliar (RFA), média diária, observadas nas cinco espécies arbóreas.

T_f média ($\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Datas				
Espécies		22/09	01/10	05/10	13/10	21/10
<i>E. camaldulensis</i>	T_f	15,96	16,34	17,49	17,35	20,83
<i>E. citriodora</i>	T_f	18,73	20,13	19,94	15,36	16,93
jatobá	T_f	7,12	7,88	6,60	7,67	7,37
bálsamo	T_f	2,84	3,90	4,76	5,42	4,54
ipê	T_f	5,21	6,60	9,28	6,67	5,89
g_s média ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Datas				
Espécies		22/09	01/10	05/10	13/10	21/10
<i>E. camaldulensis</i>	g_s	0,23	0,25	0,25	0,33	0,30
<i>E. citriodora</i>	g_s	0,24	0,22	0,25	0,27	0,22
jatobá	g_s	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06
bálsamo	g_s	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03
ipê	g_s	0,08	0,06	0,07	0,05	0,04
RFA média ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Datas				
Espécies		22/09	01/10	05/10	13/10	21/10
<i>E. camaldulensis</i>	q média	311,26	394,39	336,36	289,84	374,35
<i>E. citriodora</i>	q média	349,78	337,47	423,67	248,04	413,87
jatobá	q média	407,31	534,24	326,45	269,89	552,51
bálsamo	q média	408,66	515,89	320,31	287,93	598,43
ipê	q média	428,08	534,07	367,20	273,47	592,69

Como a condutância estomática acompanhou a variação diária da transpiração, havendo depressão considerável no horário com alta luminosidade e com temperaturas elevadas, observa-se uma correlação entre o ajustamento osmótico e as taxas

transpiratórias das cinco espécies estudadas (Sperry & Pockman, 1993; Meinzer et al., 1999).

Para todas as cinco espécies arbóreas estudadas, observou-se que o comportamento estomático apresentou depressão das trocas gasosas ao meio dia, fenômeno este explicado por Ferreira (1992) como sendo devido ao fechamento estomático induzido pelo aumento de CO₂ interno, decorrente da predominância da atividade respiratória em relação à fotossintética, ocasionada pelo aumento de temperatura foliar (Cavalcante Júnior et al., 2003). Esse comportamento evita a ocorrência de danos nos sistemas metabólicos, ajustando-se ao déficit de umidade na planta.

Geralmente, o fechamento estomático contribui para uma menor redução do potencial hídrico na folha fato que persiste até os estômatos reabrirem pelo alívio das condições internas nas folhas, após a diminuição da irradiação no meio da tarde (Larcher, 2000).

Esses resultados estão em conformidade com Silva et al. (2000) que, estudando cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex. Spreng.), evidenciaram que a curva de transpiração se assemelha com a de condutância estomática indicando correlação entre essas variáveis biofísicas, uma vez que a transpiração depende do controle dos estômatos.

As Figuras 26 e 27 apresentam o comportamento das espécies nativas e exóticas quanto à variação de T_f e g_s ao longo do dia 21/10/06.

Observa-se que as relações hídricas que regeram os eucaliptos (Figura 26) foram diferentes das nativas (Figura 27). Isto pode ser verificado ao se analisar quais os horários que ocorreram os picos máximos de T_f e g_s .

Os eucaliptos apresentaram os maiores valores para transpiração e condutância estomática entre 8h e 11h, declinando acentuadamente às 13h. Nota-se (Figura 25) que a RFA média apresentou aumento entre 8h e 11h, de 630 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para 1.041 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, declinando para 670 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ às 13h, sugerindo que os dois eucaliptos aumentam a transpiração em resposta ao aumento da RFA e a declínio de UR do ar, que às 11h, estava em 47%.

Com as nativas (Figura 27), observa-se que jatobá e bálsamo, apresentaram, às 13 h, picos máximos para T_f (10,46 $\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e 9,8 $\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$), respectivamente. Os picos de g_s aconteceram em horários diferentes para as duas espécies, às 13h, o bálsamo, de 0,05 $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e o jatobá, às 15h, de 0,11 $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, sugerindo que as duas espécies controlam a

abertura estomática nos horários de maior incidência luminosa, restringindo a perda de água por transpiração.

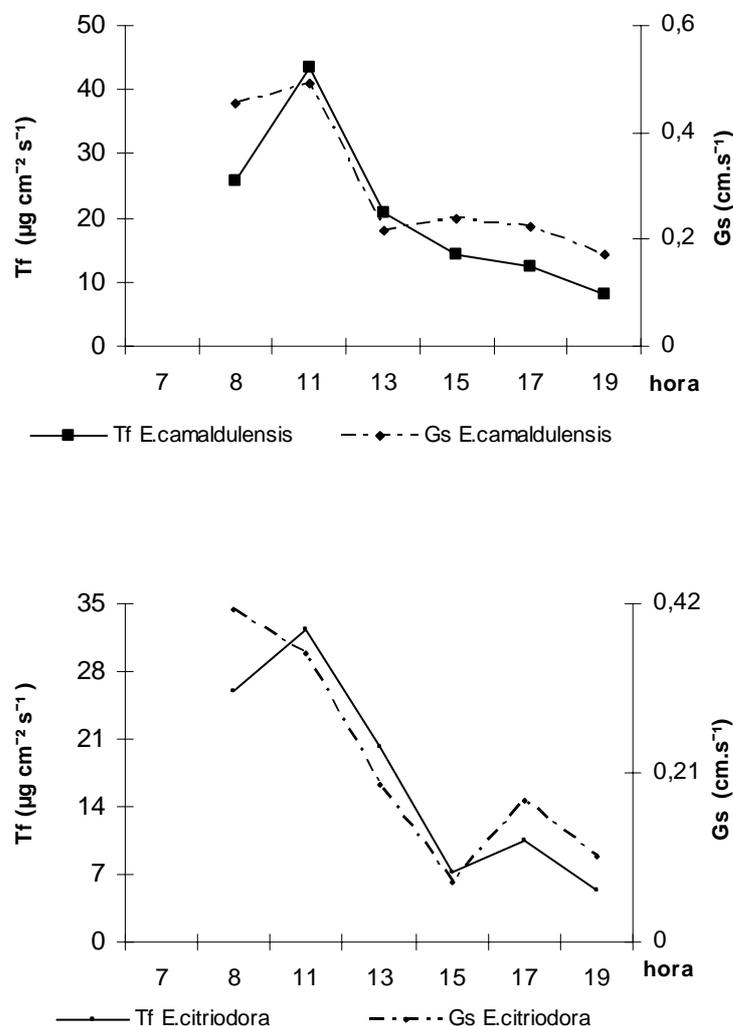


Figura 26. Curva de transpiração foliar (T_f) e condutância estomática (g_s) em função da hora local, para o dia 21/10/06. a) *E. camaldulensis*; b) *E. citriodora*.

O ipê, no dia 21/10, apresentou pico máximo de T_f e g_s no início da manhã e picos de transpiração e condutância estomática, às 13h e 17h, com valores de T_f $5,8 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e g_s , de $0,02 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $0,07 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente (Figura 27).

Por essa análise, percebe-se para as nativas estudadas, que a transpiração foliar foi mais sensível à RFA do que ao declínio da UR, justificado pelas taxas de T_f maiores quanto menor a UR. A transpiração foliar demonstrou responder às oscilações de

condutância estomática, na maior parte dos horários observados, sugerindo que as plantas acionaram os mecanismos de controle estomático quando a RFA estava alta (Figura 25).

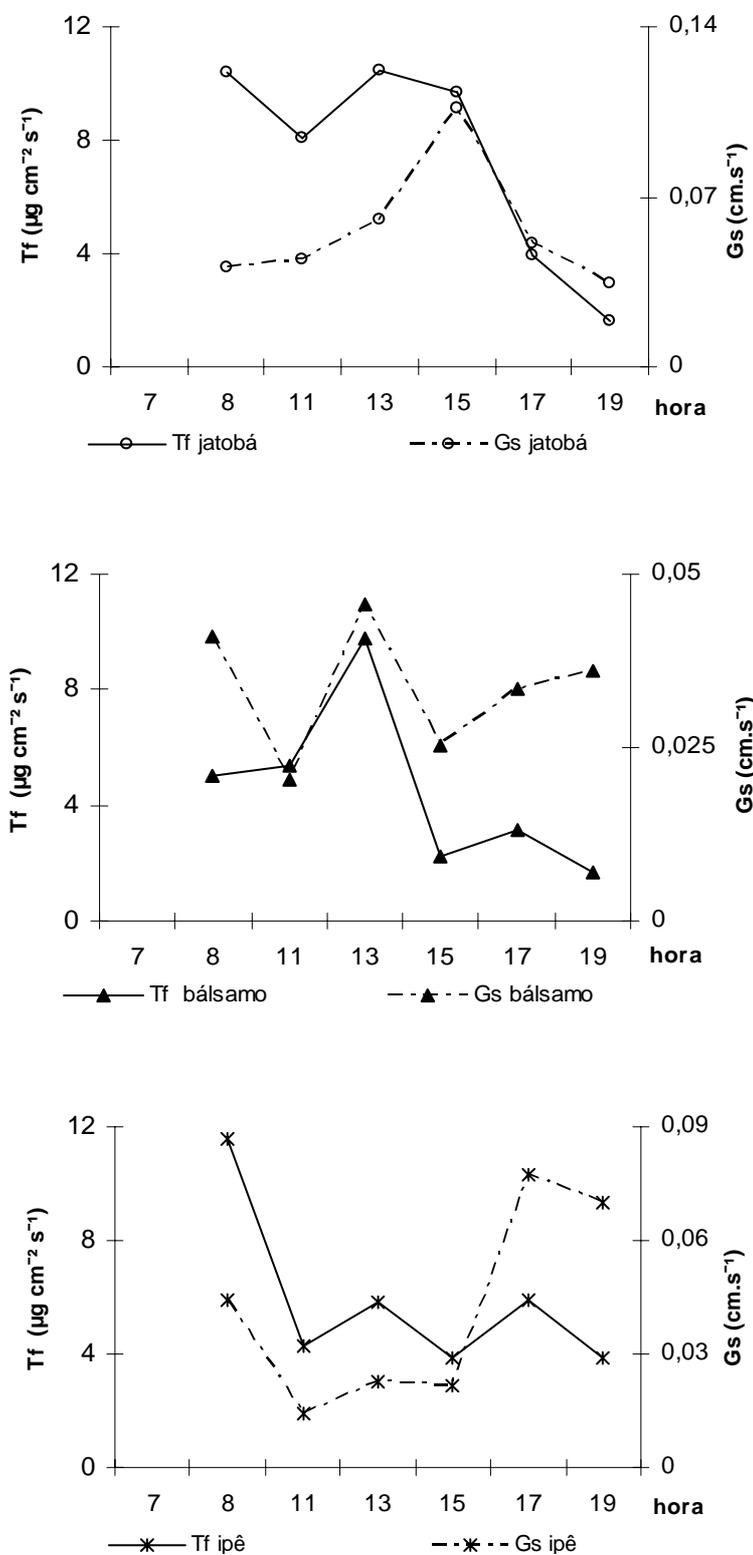


Figura 27. Curva de transpiração foliar (T_f) e condutância estomática (g_s) em função da hora local, para o dia 21/10/06. a) jatobá; b) bálsamo; c) ipê.

Em relação às exóticas, altas RFA provocaram o aumento de T_f e de g_s . Nesse aspecto, Larcher (2000) acrescenta que o aquecimento da folha devido à forte radiação também aumenta a transpiração, pois intensifica a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha. Dessa forma, mesmo com o ar saturado de vapor d'água, ocorrerá a transpiração, possibilitando o transporte de água e nutrientes às plantas.

Analisando-se o comportamento das espécies ao longo das cinco medidas, observa-se que as exóticas respondem diferentemente às variações microclimáticas. A principal variável climática que aciona os mecanismos fisiológicos de resposta das plantas é a demanda evaporativa atmosférica, função direta da umidade relativa e da temperatura do ar.

Quando a umidade relativa do ar diminui, a demanda atmosférica por água aumenta drasticamente, devido à queda de potencial de água do ar. Pela equação de Raoult pode-se calcular o potencial da água atmosférico utilizando-se a equação:

$$\Psi_{\omega} \text{ (MPa)} = -1,06 T \log_{10} (100/\text{UR}) \text{ (Portes, 1997).}$$

Nesse sentido, calculou-se o potencial hídrico do ar, para dois horários (9h e 15h), em cada dia de coleta de dados, com as temperaturas tomadas pelo psicrômetro. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Potencial de água da atmosfera - Ψ_{ω} (MPa) calculados pela equação de Raoult para os cinco dias (22/09, 01/10, 05/10, 13/10 e 21/10), em dois horários distintos, às 9h e às 15h, com as temperaturas mensuradas na casa de vegetação.

Data	t°C(9h)	UR(9h)	$\Psi_{\omega 9h}$ (MPa)	t°C(15h)	UR(15h)	$\Psi_{\omega 15h}$ (MPa)
22/set	29	49,8	-9,3	32	29,10	-18,2
1/out	26	40,2	-10,9	36	36,1	-16,9
5/out	23	65,3	-4,5	33	35,6	-15,7
13/out	26	63,9	-5,4	32	43,5	-12,3
21/out	26	53,9	-7,4	31	47,2	-10,7

Os menores potenciais de água atmosférica ocorreram no período da tarde, em todos os dias (Tabela 4), sendo menores nos dias 22/9, 01/10 e 05/10. Justificam-se os

resultados porque a umidade relativa do ar esteve mais baixa, como no dia 22 de setembro que, às 13h chegou a 24%, bem como foram observadas temperaturas do ar altas, sendo registrada para esse dia, 32°C às 15h. Em 01 de outubro observou-se temperatura de 36°C, às 15h e o Ψ_w -16,87 MPa.

Todas as cinco espécies apresentaram elevadas taxas transpiratórias (Anexo H), respondendo à alta demanda evaporativa atmosférica, como o bálsamo, que no dia 01/10, às 15h teve o pico de transpiração foliar do dia (Tabela 2), correspondente a $6,3 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Dia 05/10 (Anexo H), às 15h, quando o Ψ_w foi de -15,69 MPa, a umidade relativa do ar, a menor registrada no dia, bem como, registrou-se temperatura elevada na casa de vegetação (33°C). Exemplo de *E. camaldulensis* que transpirou $28,87 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, às 15h, dia 05/10, sendo que a maior taxa transpiratória do dia ocorreu às 13h, de $30,61 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, valor muito próximo ao encontrado às 15h, o que provavelmente indica que houve uma pequena variação de Ψ_w entre esses horários.

Esses resultados estão de acordo com Silva et al. (2003) que, estudando o comportamento de três espécies lenhosas, constataram que as plantas transpiraram mais, quanto maior a demanda evaporativa atmosférica.

E. citriodora apresentou os maiores valores de transpiração, em quase todos os dias, à exceção do dia 21 de outubro. Em 60% dos dias analisados, as maiores taxas de transpiração dessa planta ocorreram às 11h, média entre os máximos valores foi de $17,7 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e a variação entre $13,73 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $19,97 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Observa-se que ao longo das coletas a UR variou entre 24% a 41%. A faixa de RFA máxima encontrada nas medidas porométricas variou $352 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $899 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ sempre às 11h, coincidindo com os máximos valores de transpiração foliar.

E. camaldulensis aparece em segundo lugar, com média das taxas transpiratórias na faixa de $16,42 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ sofrendo uma variação em torno de $14,26 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $21,7 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. As maiores taxas de transpiração foram medidas entre 8h e 13h quando a UR ficou entre 24% a 56%. A faixa de RFA máxima para essa espécie medida esteve entre $460 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $731 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, medidos no período de 11h e 13h.

Jatobá apresentou maiores taxas transpirométricas entre 8h e 15h, tendo a UR variado entre 36% a 52%. Os maiores valores de transpiração ocorreram às 8h ($9,4 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $7,5 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$). Para essa espécie, os máximos valores de transpiração não coincidiram com as mais elevadas taxas de RFA, que entre 11h e 13h, apresentaram os máximos valores, entre $489 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $1.087 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Ipê amarelo apresentou transpiração máxima na faixa de $4,5 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $8,63 \mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, sendo que, em 60% das coletas, os valores máximos ocorreram às 8h, com UR variando entre 35,6% a 54%, RFA máxima entre $406 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $1.306 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período de 11h a 13h. As máximas transpirações ocorreram quando RFA foi de $213,87 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $719,97 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Todas as espécies apresentaram decréscimo de transpiração ao final do dia, entre 17h e 19h.

Como os maiores valores de transpiração para todas as espécies ocorreram em horários, nos quais, a umidade relativa do ar apresentava-se entre 24% a 56% e a demanda evaporativa atmosférica elevada, observa-se que todas as espécies estudadas acompanharam as variações microclimáticas, estando os resultados em conformidade com Larcher (2000) ao inferir que, a intensificação da transpiração ocorre com aumento da deficiência de pressão de vapor de água e com a elevação da temperatura do ar.

Diversos estudos afirmam que a luz e a água são os dois fatores de ambiente que apresentam grande efeito no comportamento dos estômatos (Silva et al., 1998).

Por outro lado, Volpe et al. (1990) salientam que outros fatores inerentes à própria planta, como a sua dimensão, o número por unidade foliar e a distribuição dos estômatos nas folhas, conferem variações na resistência estomática, a qual ainda, é dependente da espécie, da cultivar, da posição na folha, da posição das folhas na planta e da superfície da folha (abaxial ou adaxial).

De acordo com Larcher (2000), quando não ocorre suprimento hídrico adequado, a transpiração excessiva gera uma deficiência hídrica nas folhas, estimulando o fechamento dos estômatos, diminuindo assim, a transpiração. Isso pode ser verificado, para todas as espécies desse experimento, no dia 01/10, às 13h (Anexo H), quando houve decréscimo acentuado nas taxas transpiratórias, mesmo com o aumento da demanda climática (Tonello & Teixeira-Filho, 2007).

Os resultados sugerem que, naquele horário, as espécies não foram capazes de extrair água do solo, em quantidade suficiente, para fazer frente à alta demanda evaporativa da atmosfera e exerceram um controle estomático rígido nas taxas de transpiração. Isto ocasionou o fechamento estomático, com g_s próximo de zero, como o verificado para a espécie jatobá, de $0,001 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, (Anexo H). Ressalta-se ainda que, a RFA medida nos seus folíolos foi de $935 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Anexo H), o que colaborou para o fechamento dos estômatos.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Meinzer (1999) quando avaliou a transpiração em espécies lenhosas do Cerrado brasileiro.

Inoue (1989), estudando *Populus nigra*, observou uma relação positiva entre transpiração e radiação solar, elevando-se as taxas transpiratórias com o aumento da radiação solar. Esse estudo demonstrou que os eucaliptos têm comportamento semelhante ao observado em *Populus nigra*, apresentando suas maiores taxas transpiratórias quando a radiação fotossinteticamente ativa estava alta (Tabela 2).

Entretanto, o jatobá não respondeu igualmente, suas máximas taxas transpiratórias foram registradas às 8h e às 15h, quando a radiação solar não foi máxima, sugerindo que essa espécie exerce um controle estomático mais rígido, talvez como estratégia em economia de água, em situações de déficit hídrico.

4.4 RELAÇÃO ENTRE TRANSPIRAÇÃO DA PLANTA MEDIDA PELOS DOIS EQUIPAMENTOS: TRANSPIRÔMETRO DE EQUILÍBRIO E PORÔMETRO

Ao proceder-se a comparação dos resultados obtidos pelo transpirômetro e pelo porômetro, observaram-se variações dos resultados de transpiração média ($T \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$), no período compreendido entre 9h e 15h, para os dias julianos 263, 272, 276, 284 e 292 (Figuras 28 e 29).

Os valores de T medidos no transpirômetro foram superiores aos do porômetro para as espécies de eucaliptos, em todos os dias do estudo (Figura 28 a, b), no entanto para as nativas, o mesmo não ocorreu.

Com as espécies jatobá e ipê, a T medida no transpirômetro foi menor do que o do porômetro, em pelo menos um dia. Quanto ao bálsamo, o valor de T foi semelhante, em ambas as observações, no DJ 292 (Figura 29 c).

Para *E. citriodora* a maior transpiração média do período (9h-15h) ocorreu no DJ 263, de $0,86 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$, valor 29,6% maior do que o medido pelo porômetro ($0,26 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$)(Figura 28 a). O maior valor de T medido pelo porômetro foi de $0,27 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$ no DJ de 276.

Em *E. camaldulensis* observa-se comportamento semelhante ao citriodora, com os maiores valores de T, $0,79 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$, no mesmo dia (Figura 28 b).

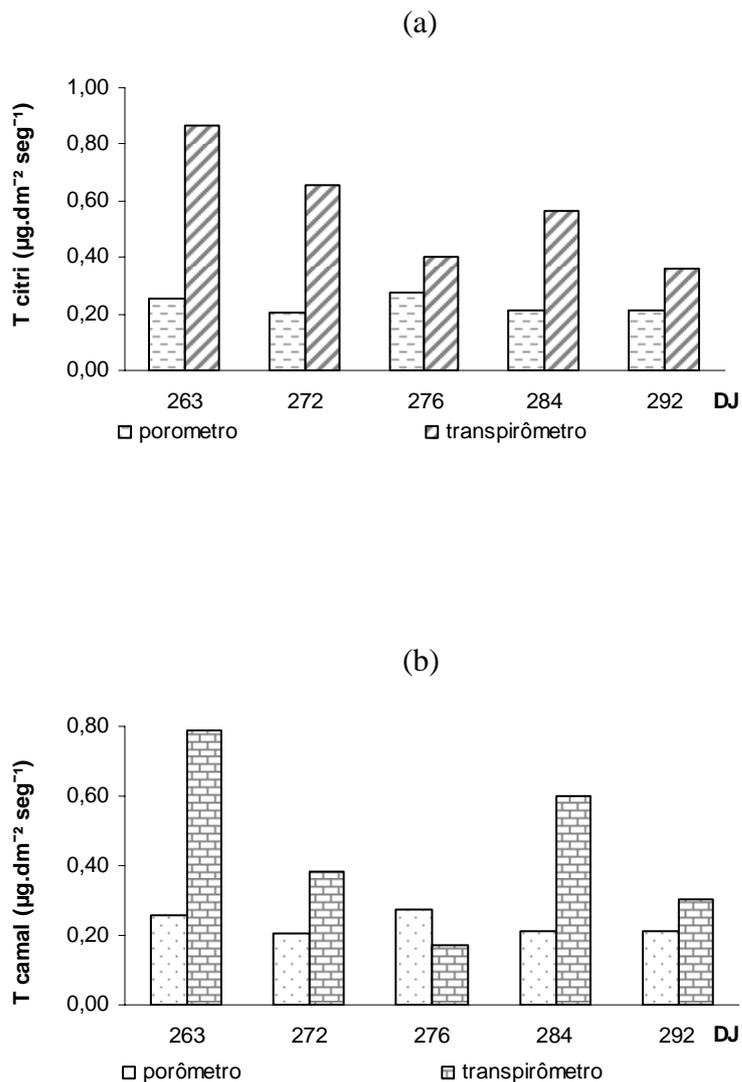


Figura 28. Curvas de transpiração (T) em $\mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$, no período de 9h e 15h, dos DJ 263, 272, 276, 284 e 292. a) *Eucalyptus citriodora*; b) *E. camaldulensis*.

O jatobá, no transpirômetro, apresentou nos primeiros dias de estudo, taxas maiores de T, de $0,38 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $0,31 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Figura 29 a), contudo foram semelhantes durante todos os outros dias.

Os valores médios de transpiração para o ipê foram maiores nos dias 284 ($0,30 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e 292 ($0,15 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$), pelo transpirômetro e, pelo porômetro, dias 276 ($0,13 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e 284 ($0,08 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$).

O bálsamo, nos dias 272 e 284, o transpirômetro, registrou valores de T maiores, enquanto que o porômetro, em 284, apresentou o maior T de $0,07 \mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

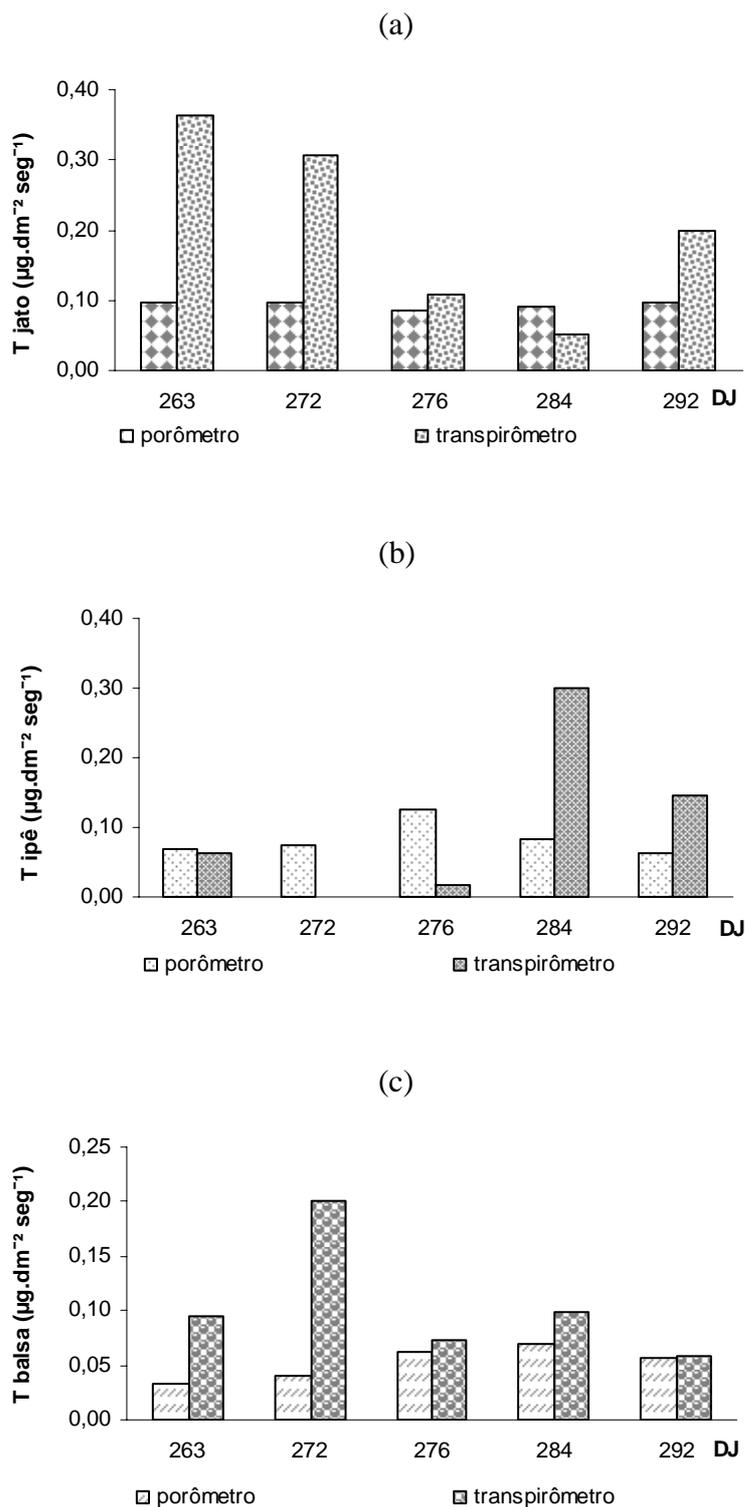


Figura 29. Curvas de transpiração (T) em $\mu\text{g dm}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período de 9h e 15h dos Dias Julianos 263, 272, 276, 284 e 292. a) jatobá; b) ipê; c) balsa.

Essas diferenças se justificam na medida em que o porômetro registra a transpiração instantânea por cm^2 de folha, quantificando-se uma média ponderada de T dos

horários avaliados, subestimando assim os resultados. O transpirômetro quantifica a transpiração da planta toda durante o período sendo, portanto, uma medida cumulativa, o que permite mensurar a quantidade real de água evapotranspirada. Outra vantagem é o fato de que além da transpiração foliar, esse equipamento permite avaliar a transpiração cuticular, lenticular e estomática (Salisbury & Ross, 1992).

As avaliações porométricas deixam de considerar as diferentes situações das folhas como a sua posição em relação à incidência solar, uma vez que grande quantidade de folhas posicionadas na parte interna da copa recebe uma menor quantidade de radiação solar devido ao auto-sombreamento e transpiram menos que as mais expostas, contribuindo para redução da transpiração total da planta, o que com o transpirômetro essa variação passa a ser quantificada, justificando os maiores valores de T quando comparados aos resultados obtidos com o porômetro (Coelho Filho et al., 2004)

No entanto, em ambos o método de mensuração observa-se que as maiores taxas transpiratórias ocorreram entre os DJ de 263 a 284. O ipê apresentou pico de transpiração DJ 284, tanto no porômetro quanto no transpirômetro, justificado pela produção de novas folhas que interferem nas taxas transpiratórias.

Alvim (1968) chamou a atenção para o efeito da idade da folha na abertura estomática. Seus resultados mostraram que a abertura estomática foi muito maior no terceiro par de folhas que em qualquer outro par. No par mais jovem, a abertura foi menor que um terço do valor obtido no terceiro par; e, em qualquer folha, a resistência ao fluxo de ar aumentou da base para o ápice, aparentemente indicando uma maior abertura estomática próxima à base da folha, portanto ocasionando maiores taxas transpiratórias.

Larcher (2000) discorre que a posição das folhas na copa das árvores determina as adaptações morfológicas foliares, como aumento/diminuição do número de estômatos, o que para a transpiração interfere significativamente.

Nesse sentido, ao avaliar-se os resultados do transpirômetro, tem-se a transpiração total da planta no período, contudo ao se utilizar dados porométricos, os valores de T representam fidedignamente às variações ao longo do dia, podendo-se constatar a regulação da transpiração em função das variáveis micrometeorológicas por hora, o que se permite correlacionar quais fatores interferem nas variações de T, uma vez, que a transpiração não é constante por todo o período.

Quando a água não é fator limitante, há uma regulação temporal das aberturas estomáticas, por conseguinte interferindo na transpiração, com taxas diferentes ao longo do

dia, em resposta às oscilações de umidade relativa, temperatura e luminosidade em cada hora do dia, o que foi comprovado pelas cinco medições porométricas para as espécies estudadas, durante os meses de agosto a outubro, observados na Tabela 2 (Naves-Barbiero et al., 2000; Taiz & Zeiger, 2004).

Mas ambos os equipamentos mensuraram as variações de transpiração no período de maior demanda evaporativa atmosférica, verificando-se que nos dias de demanda elevada a taxa transpiratória foi elevada para todas as espécies estudadas, à exceção do ipê que é uma espécie caducifólia (Angelocci et al., 2004).

Esses resultados estão de acordo com Nogueira et al. (2001) que, estudando resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em genótipos de gravioleira, observaram que, de modo geral, os valores da T foram mais elevados em setembro do que em dezembro, quando a demanda evaporativa atmosférica esteve maior do que no último mês.

4.5 AVALIAÇÕES MORFOLÓGICAS

4.5.1 Crescimento em altura

Como todas as plantas apresentavam alturas distintas ao início do experimento, consideraram-se os valores iniciais como basais para fins de análise e o crescimento desse ponto em diante foi analisado estatisticamente.

Aos dados ajustados de altura basal, o crescimento em altura de *E. camaldulensis* é estatisticamente superior a todas as outras espécies, seguido por *E. citriodora* que é superior a das espécies ipê, jatobá e bálsamo e que por sua vez são semelhantes entre si (Figura 30).

Percebe-se também, que na primeira semana as respostas médias são muito parecidas e que elas tendem a diferir ao longo do tempo. Além disso, as mudanças das alturas ao longo do tempo se dão de forma diferente entre as espécies. Para as espécies *E. camaldulensis* e *E. citriodora* a mudança é aproximadamente linear e/ou quadrática com uma inclinação positiva e/ou curvatura negativa. Por sua vez, a mudança na altura para as espécies bálsamo, ipê e jatobá é levemente linear ao longo do tempo, com uma inclinação positiva (Figura 30).

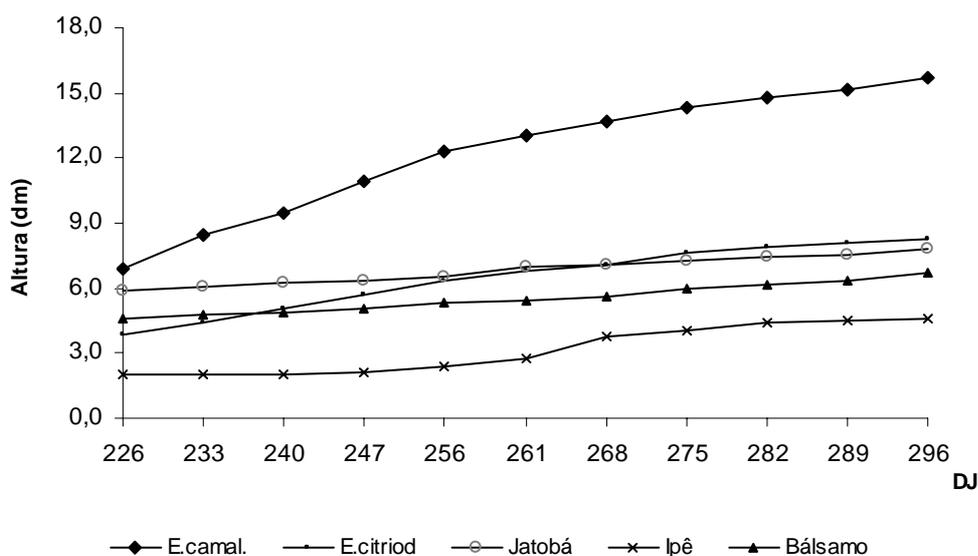


Figura 30. Representação gráfica do crescimento em altura (dm) durante os meses de agosto a outubro de 2006, das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê, jatobá e bálamo.

A espécie *E. camaldulensis* obteve crescimento, tanto com efeito linear quanto o efeito quadrático, significativo ($p < 0,0001$). A relação entre a altura e a semana pode ser expressa através da seguinte equação:

$$Altura = -0,00291 + 1,6899Semana - 0,06898Semana^2$$

Esta relação indica que altura da planta tende a crescer a uma taxa maior nas primeiras semanas, no entanto, essa taxa tende a diminuir nas semanas finais do experimento.

Para a espécie *E. citriodora*, tanto o efeito linear quanto o efeito quadrático foram significativos ($p < 0,0001$). A relação entre a altura e a semana pode ser expressa através da seguinte equação:

$$Altura = -0,27 + 0,7887Semana - 0,0284Semana^2$$

A equação indica que altura da planta tende a crescer a uma taxa maior nas primeiras semanas, no entanto, essa taxa tende a diminuir à medida que as semanas aproximam-se do fim de outubro.

Com o ipê observa-se que o efeito linear foi significativo ($p = 0,0268$). A relação entre a altura e a semana pode ser expressa através da seguinte equação:

$$\text{Altura} = -0,2899 + 0,1678\text{Semana}$$

A expressão matemática indica que altura da planta tende a crescer a uma taxa constante ao longo das semanas.

A espécie jatobá tem apenas o efeito linear como significativo ($p = 0,0067$). A relação entre a altura e a semana pode ser expressa através da seguinte equação:

$$\text{Altura} = 0,3139 + 0,2063\text{Semana}$$

A equação indica que altura da planta tende a crescer a uma taxa constante ao longo das semanas.

Quanto ao bálsamo, o efeito linear estimado em 0,09979 é não significativo ($p = 0,1862$) como também o efeito quadrático estimado em 0,008969 é não significativo ($p = 0,1435$), indicando crescimento linear em altura não foi significante ao longo do experimento.

As espécies exóticas cresceram mais em altura do que as nativas, contudo *E. camaldulensis* apresentou crescimento estatisticamente superior a *E. citriodora*, sendo que ambas cresceram a uma taxa maior nas primeiras semanas e menor nas últimas. Esse crescimento acompanhou a tendência ocorrida com taxas transpiratórias dessas espécies, que foram elevadas nos meses de agosto e setembro, quando a demanda evaporativa da atmosfera esteve elevada, acarretando em crescimento maior. Em outubro, com a diminuição da transpiração, em função da demanda hídrica atmosférica, o crescimento foi menor (Figura 28 a, b; Figura 30).

Righi et al. (2002), estudando a transpiração do tomateiro cultivado em estufa plástica, encontrou a mesma correlação entre transpiração e crescimento da planta. Esses resultados estão em conformidade com outros em trabalhos realizados por Dalsasso (1997), Valandro (1999), Caron & Heldwein (2000), Dalmago (2001) e Heldwein et al. (2001).

O padrão de crescimento em alturas das espécies nativas é similar, sendo que todas evidenciaram crescimento linear ao longo das semanas durante o experimento, diferentemente do ocorrido com as exóticas desse trabalho, justificado pelas características morfofisiológicas das nativas.

Após 72 dias do experimento, a maior altura média, atingida por *E. camaldulensis* foi de 15,7 dm, representando um incremento médio de 128 % da altura inicial. *E. citriodora*, com altura média final de 8,23 dm, teve incremento de 111% de sua altura inicial. Entre as nativas, o maior incremento foi o do ipê, de 128%, atingindo a altura média final de 4,6 dm. O jatobá apresentou o menor incremento em altura, de 32%, muito embora, sua altura média final, tenha sido superior, à do ipê e a do bálsamo (7,8 dm). O bálsamo acrescentou 45% sobre a sua altura inicial, medindo 6,7 dm, ao final do estudo.

Esses resultados estão em conformidade com o trabalho de Silva et al. (1997) estudando o crescimento em altura de duas espécies de eucaliptos, submetidos a diferentes níveis de água, concluindo que, em solos com teores de água próximos à capacidade de campo, a altura média dos eucaliptos atingiu 9,94 dm, ao final do experimento, com duração de 70 dias.

O incremento médio, em altura, das espécies nativas, consideradas de crescimento lento, foi de: 2,70 dm para o Ipê; 2,43 dm para o Bálsamo e de 2,39 dm para o Jatobá, em condições de disponibilidade hídrica, para 72 dias do experimento. Por sua vez, Takahashi & Martins (1993), acompanhando o desenvolvimento a céu aberto de espécies florestais no norte do Paraná, concluíram que o Jatobá apresenta crescimento médio.

Mas em outro experimento, Paiva & Poggiani (2000) verificaram que o Jatobá apresentou crescimento em altura intermediário de 2,03 dm, em um ano, acima do Guatambu (1,42 dm) e do Ipê-Roxo (1,35 dm), resultado explicado pelo fato do jatobá ser considerada uma espécie climácica, portanto, tolerante à sombra.

Gorenstein et al. (2006), estudando o comportamento silvicultural de seis espécies nativas, observaram que duas espécies de ipê, o roxo e o amarelo, apresentaram crescimento lento, uma vez que são espécies secundárias, tendo observado um incremento médio anual (IMA) em altura de apenas 5,0 dm para o ipê-amarelo plantado no município de Garças, SP.

Pinzón-Torres (2003), estudando quatro espécies de leguminosas arbóreas identificou crescimento elevado, em relação ao número de folhas do Bálsamo, crescimento na ordem de 10 cm, no período de três meses, em casa de vegetação. Souza (1996), por sua vez, comentou que o Bálsamo (*Myroxylum*) apresentou maior crescimento, em altura do caule, sob condições da casa de vegetação, quando comparada com outras espécies arbóreas nativas.

Parece que, a disponibilidade hídrica, bem como as condições de não competição entre outras espécies, pelo espaço e nutrientes, contribuiu para um maior crescimento em altura, em relação às condições de campo, uma vez que, o crescimento em altura das árvores, nesse experimento, foi superior ao observado em condições de campo.

4.5.2 Crescimento em diâmetro

E. camaldulensis apresentou incremento médio diamétrico de 0,109 dm (1,09 cm) durante o experimento, seguido de *E. citriodora*, com 0,08 dm. Entre as nativas, o ipê obteve incremento médio diamétrico de 0,056 dm (0,56 cm); jatobá e bálsamo, de 0,037 dm (0,37 cm).

Estatisticamente, o crescimento em diâmetro das espécies ao longo das semanas é significativo ($p < 0,0001$). A curva resposta de crescimento diamétrico médio para a espécie *E. camaldulensis* é levemente superior que da espécie *E. citriodora*, ambas apresentando maior crescimento em diâmetro em relação às espécies nativas (Figura 31). As curvas diamétricas do ipê, jatobá e bálsamo são semelhantes entre si.

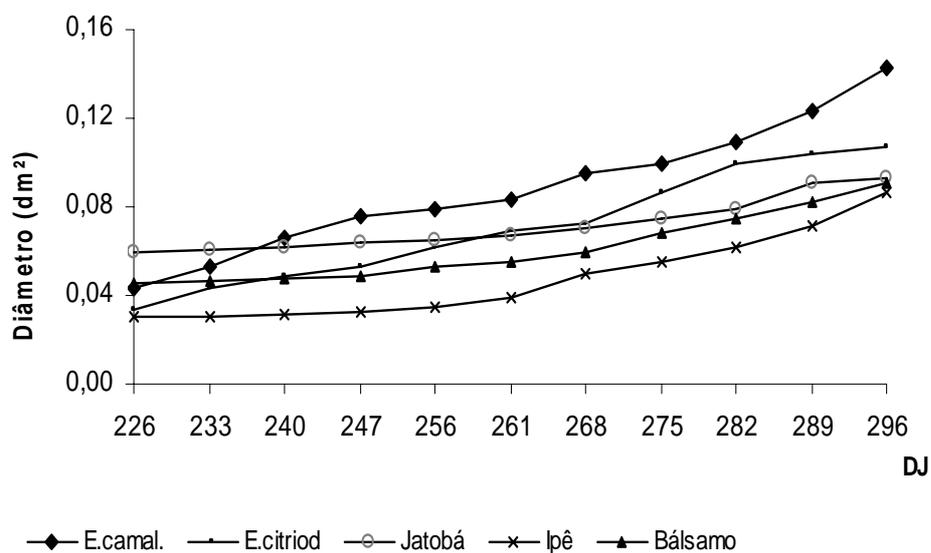


Figura 31. Representação gráfica do crescimento, em diâmetro (dm), durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2006, das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê, jatobá e bálsamo. Dados ajustados considerando diâmetro basal a primeira mensuração.

Observa-se que, as mudanças dos diâmetros, ao longo do tempo, acontecem de forma diferente entre as espécies, utilizando-se comparação por regressão polinomial (Anexo E).

Para a espécie *E. camaldulensis*, apenas o efeito linear foi significativo ($p = 0,0042$). A relação entre o diâmetro e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Diâmetro} = 0,004695 + 0,005909\text{Semana}$$

Uma vez que, o diâmetro da planta, tende a crescer a uma taxa constante, ao longo das semanas, pode-se inferir que, o crescimento médio diamétrico, ao longo do experimento, para *E. camaldulensis* foi de 0,10 dm e o crescimento médio diário, de 0,0014 dm (0,14 mm).

Em *E. citriodora*, apenas o efeito linear, foi significativo ($p = 0,0009$). A relação entre o diâmetro e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Diâmetro} = -0,00119 + 0,006959\text{Semana}$$

Como a outra exótica, *E. citriodora* apresentou crescimento, em diâmetro, a uma taxa constante ao longo das semanas, verificando-se que, o incremento diamétrico, durante o trabalho foi de 0,07 dm (7,0 mm), representando média diária, de 0,0010 dm (0,10 mm).

Para o ipê, apenas o efeito quadrático foi significativo ($p < 0,0001$). A relação entre o diâmetro e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Diâmetro} = 0,002542 - 0,00304\text{Semana} + 0,000708\text{Semana}^2$$

O ipê apresentou crescimento diamétrico menor nas primeiras semanas e maior nas últimas semanas, crescendo nas primeiras quatro semanas apenas 0,002 dm (0,2 mm). Entre a sexta e sétima semana o crescimento foi 0,011 dm (1,1 mm), representando uma taxa de 0,0012 dm (0,12 mm) ao dia. Nas semanas subsequentes, entre a oitava e décima primeira, houve incremento de 0,031 dm (3,1 mm), representando um crescimento diário de 0,0015 dm (0,15 mm).

Para o jatobá, apenas o efeito quadrático foi significativo ($p = 0,0316$). A relação entre o diâmetro e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Diâmetro} = 0,004323 - 0,00079\text{Semana} + 0,000351\text{Semana}^2$$

Nessa espécie, o crescimento diamétrico apresentou taxa menor nas primeiras semanas e a taxa maior nas últimas semanas. Até a sexta semana, cresceu em média, 0,0013 dm (0,13 mm), a partir de então, o crescimento semanal médio foi de 0,0059 dm (0,59 mm), verificando-se crescimento médio diário, de 0,00028 dm (0,028 mm), nas últimas quatro semanas.

Quanto ao bálsamo, tem-se que o efeito quadrático estimado em 0,000491 é significativo ($p = 0,0031$). A relação entre o diâmetro e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Diâmetro} = 0,000426 - 0,00138\text{Semana} + 0,000491\text{Semana}^2$$

Como as nativas estudadas, o diâmetro cresceu a uma taxa menor nas primeiras semanas e a uma taxa maior nas últimas semanas. Até a quarta semana, o bálsamo somou apenas 0,0033 dm (0,33 mm) de crescimento total, o que representa um crescimento médio semanal de 0,0008 dm (0,08 mm). Entre as semanas cinco a onze, essa espécie cresceu diametricamente 0,037 dm, com uma média de 0,0063 dm (0,63 mm) por semana.

Os resultados de crescimento diamétrico de *E. camaldulensis* e *E. citriodora*, nesse experimento, se assemelham ao de Silva et al. (1997), que encontraram valores diamétricos, para mudas de eucalipto, em torno de 0,08 a 0,069 dm, em condições de capacidade de campo (26%).

A tendência de crescimento diamétrico entre as espécies exóticas difere do crescimento em altura. Ambos os eucaliptos tiveram maior crescimento em altura nas primeiras semanas, mas o crescimento diamétrico apresentou incremento de forma constante ao longo do experimento. Esses resultados sugerem que o crescimento mais afetado por estresse ambiental (Figura 18) foi o de altura, enquanto que, a tendência de crescimento diamétrico, não foi significativamente afetada pela compressão das raízes e deficiência nutricional, observada ao fim do experimento.

Reis et al. (1989), Leles et al. (2000) e Moroni et al. (2003), trabalhando com diferentes espécies de eucalipto, observaram que algumas espécies são mais sensíveis que outras à restrição do sistema radicular e essa restrição provocada por recipientes, afeta diretamente a parte aérea das mudas.

Quanto às nativas, observa-se expansão no crescimento, em altura e em diâmetro, de forma inversa. O crescimento em altura para as três nativas foi linear, enquanto que, do diâmetro, apresentou-se de forma quadrática, supondo-se que as condições de plantio não apresentavam limitações que provocassem estresse nas mudas, uma vez que todas apresentaram crescimento lento no período.

O crescimento diamétrico do jatobá se assemelha ao comportamento encontrado por Ramos et al. (2003), onde verificaram aumento pequeno inicialmente (0,07 mm), nos dois primeiros meses e total, de 0,43 mm, nos dois últimos meses do experimento, entre 14 a 16 meses após o plantio.

O baixo incremento diamétrico das espécies nativas, no início do experimento, se justifica pela diminuição da atividade cambial, no período da estação seca, inverno em regiões de Cerrado, quando as temperaturas diminuem e há maior deficiência hídrica. Para algumas espécies, como o ipê amarelo, ocorre a queda das folhas, mas com o início das chuvas, há a reativação cambial, formação gradual de novas folhas, conseqüentemente, incremento no diâmetro das árvores, como o observado nesse trabalho, onde as três espécies apresentaram o mesmo padrão de crescimento diamétrico.

O bálsamo pertence à categoria das espécies de estádios tardios de sucessão, com crescimento lento. Em contrapartida, em seu trabalho Pinzón-Torres (2003), estudando *Myroxylon* em casa de vegetação observaram crescimento de caule relativamente alto, uma das características de espécies pioneiras, crescendo em área foliar e altura mais rapidamente do que as espécies tardias. Essa divergência de resultados pode ser justificada pelas condições ambientais diferentes nos experimentos, bem como o período analisado, uma vez que as mudas se encontravam em idades diferentes.

4.5.3 Crescimento em área foliar

O crescimento em área foliar das espécies por semana pode ser visualizado no Anexo E. A análise estatística dos dados procedeu-se mediante o ajuste do efeito da área foliar basal, quando a primeira medida foi tomada como ponto inicial (zero). Observa-se comportamento distinto em relação à curva de crescimento de área foliar de cada espécie (Figura 32). O crescimento em área foliar de *E. camaldulensis* é significativamente maior em relação a todas as espécies, computando ao final do experimento, 34,39 dm² de área

foliar média. Segundo Mapfumo et al. (1998), maior área foliar é resultado da alta translocação de carboidratos para as partes aéreas das plantas.

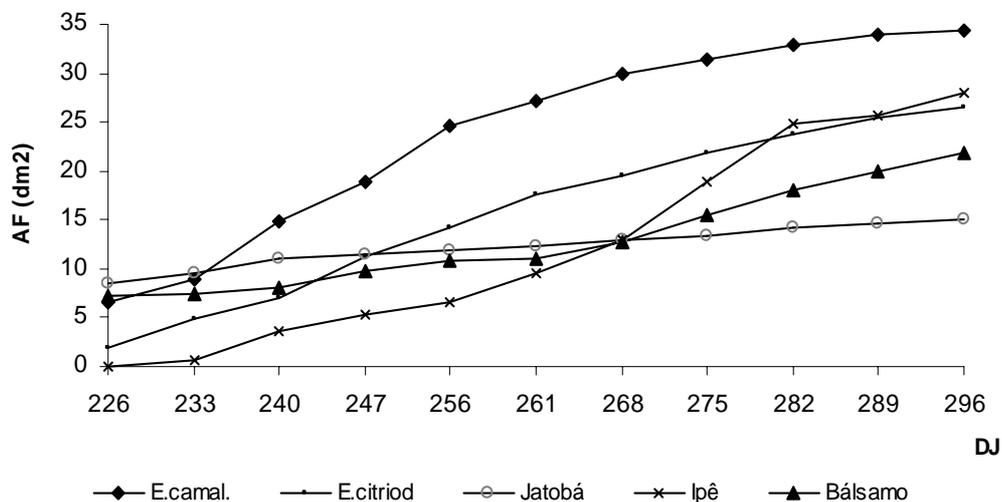


Figura 32. Representação gráfica do crescimento em área foliar durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2006, das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê, jatobá e bálamo.

E. citriodora demonstra crescimento em área foliar superior ao ipê até a oitava semana, depois o ipê alcança a segunda maior área foliar, 28,05 dm², enquanto a exótica somou em média, 26,61 dm².

As curvas de crescimento do jatobá e do bálamo têm respostas médias semelhantes até sétima semana, depois o bálamo tende a apresentar um maior crescimento de área foliar. Bálamo computou 21,83 dm² e jatobá, a menor área foliar, de 14,99 dm².

Para *E. camaldulensis*, tanto o efeito linear ($p < 0,0001$), quanto o efeito quadrático foram significativos ($p = 0,0006$). A relação entre a área foliar e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Área_Foliar} = -0,2126 + 3,9078\text{Semana} - 0,1502\text{Semana}^2$$

Essa relação indica que a área foliar cresce a uma taxa maior nas primeiras semanas e uma taxa menor nas últimas semanas. Esse crescimento inicial superior em área foliar de *E. camaldulensis* interfere na fixação do carbono, por apresentar maior tecido

fotossintetizante, maior capacidade transpiracional, portanto determinando crescimento maior em fitomassa.

Por sua vez, o incremento menor em área foliar também foi ocasionado pelo impedimento ao crescimento nas últimas semanas, à medida que a expansão do sistema radicular atingiu todo o volume do vaso “V”, provocando estresse nas mudas.

Esses resultados estão de acordo com Cresswell & Causton (1988), citados por Marschner (1995), que afirmam ser o crescimento da área foliar, uma das características mais influenciadas pela restrição do sistema radicular.

Em trabalhos realizados por Reis et al. (1989) com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana*; Campostrini (1997) com *Carica papaya* L.; Leles et al. (2000) com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. pellita*; Barroso et al. (2000a) com *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*; e Samôr et al. (2002) com *Anadenanthera macrocarpa* e *Sesbania virgata*, observou-se que, as mudas produzidas em recipientes de baixo volume, apresentaram menor área foliar, em relação aos recipientes de maior capacidade.

Reis et al. (1989), trabalhando com *Eucalyptus grandis* e *E. cloeziana* e Schiavo e Martins (2003), com *Acacia mangium*, também demonstraram que as dimensões dos recipientes influenciaram o crescimento dessas espécies, sendo as menores dimensões obtidas em mudas produzidas em recipiente de menor volume, o que eles atribuíram à restrição do sistema radicular.

Para *E. citriodora*, apenas o efeito linear foi significativo ($p = 0,0001$). A relação entre a área foliar e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Área_Foliar} = -1,5647 + 3,3822\text{Semana}$$

A área foliar da planta tende a crescer de forma linear, a uma taxa constante, ao longo das 11 semanas, observando-se que essa espécie não apresentou restrições do sistema radicular como *E. camaldulensis*.

Para Oliveira-Neto et al. (2003), as espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam elevada eficiência nutricional, em razão de sua maior capacidade de retranslocação de nutrientes, quando comparados com outras espécies florestais (Attiwill, 1980; Crane & Raison, 1981; Reis & Barros, 1990).

Além desta característica, a capacidade de adaptação a situações de estresse ambiental apresentada por algumas espécies desse gênero, tem possibilitado que os

plantios sejam realizados na região dos Cerrados, onde os solos apresentam baixa fertilidade e o clima provoca pronunciada deficiência hídrica.

Para o bálsamo tem-se apenas o efeito quadrático como significativo ($p=0,0038$). A relação entre área foliar e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Área}_\text{Foliar} = 5,9570 - 0,1016\text{Semana} + 0,1253\text{Semana}^2$$

Essa espécie cresceu uma taxa menor nas primeiras semanas e uma taxa maior nas últimas semanas em área foliar. Pinzón-Torres (2003), em seu trabalho conclui que, o bálsamo apresentou menor área foliar entre as espécies estudadas.

Vários parâmetros de crescimento caracterizam os estádios de sucessão das espécies, segundo o ecossistema em que elas se encontrarem. Rodrigues (1995), em suas observações realizadas na Reserva de Santa Genebra, Campinas/SP, concluiu que o bálsamo é uma espécie climácica ou de sucessão tardia, sendo tolerante à sombra, portanto recomendada para adensamentos em áreas desmatadas.

Para o ipê amarelo, apenas o efeito quadrático foi significativo ($p < 0,0001$). A relação entre a área foliar e a semana pode ser expressa através da seguinte expressão:

$$\text{Área}_\text{Foliar} = -1,2049 + 0,1502\text{Semana} + 0,2120\text{Semana}^2$$

O crescimento em área foliar do ipê ocorre a uma taxa menor nas primeiras semanas e uma taxa maior, nas últimas semanas.

Como as primeiras folhas foram observadas no final de agosto, dia 23 (Figura 33), o maior crescimento em área foliar aconteceu de setembro a final de outubro, e ainda, observou-se maior incremento em relação a todas outras espécies, ultrapassando inclusive, o crescimento dos eucaliptos.

O ipê apresentou a maior razão de área foliar (área foliar total final /inicial) (100%), uma vez que todas as repetições ao início do experimento não tinham folhas, seguida pelo bálsamo aumentou em 76% sua área foliar ao final de outubro de 2006.

Poorter & Remker (1990) comentam que essas diferenças entre as espécies podem ser devidas a fatores morfológicos, gerados pelo genótipo da espécie (como engrossamento foliar, dentre outros) e complementam que as alterações nos parâmetros relacionados à morfologia foliar, conforme o crescimento em idade das plantas revela a

capacidade de adaptação das folhas às condições variáveis de radiação ao longo do crescimento e desenvolvimento da planta (Wang et al., 1994).



Figura 33. Emergência das primeiras folhas de ipê em 23 de agosto de 2006.

Para o jatobá o efeito linear ($p=0,1345$) e o quadrático ($p=0,2879$) não foram significativos, indicando que seu crescimento em área foliar não é significativo em relação às outras espécies estudadas, somando apenas $14,99 \text{ dm}^2$. Este fato pode ser justificado por esta espécie apresentar crescimento lento.

Este comportamento foi verificado por Ramos et al. (2003), estudando o desenvolvimento inicial de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* sob diferentes condições de sombreamento. Observaram que, durante dois meses, as mudas foram acrescidas de apenas uma folha, enquanto que nos meses posteriores, apresentou queda foliar, em tratamento a pleno sol, onde apresentou baixo investimento em área foliar.

Oliveira (2006), estudando o plantio de 19 espécies nativas para restauração de uma área perturbada de Cerrado Sentido Restrito no Distrito Federal, obteve resultados análogos, quando *H. stigonocarpa* apresentou crescimento lento, alta taxa de sobrevivência

em campo, sugerindo a autora que essa espécie investe mais em produção de sistema radicular do que em parte aérea.

Lamber et al. (1998) comentam que, à medida que a área foliar diminui, decresce a área disponível para a interceptação de luz e, por conseguinte, o ganho líquido de carbono, afetando o crescimento como um todo das plantas, justificando assim que o menor investimento em área foliar do jatobá, contribui para o menor crescimento dessa espécie durante o experimento.

4.5.4 Partição de fitomassa

As espécies exóticas, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* apresentaram os mais altos valores de matéria seca (MS) em caule, folha e raiz e que, a massa seca média do caule (MS caule) da espécie *E. camaldulensis* é estatisticamente superior às demais ($p < 0,0001$).

Por sua vez, a massa seca média do caule (MS caule) da espécie *E. citriodora* é estatisticamente superior a do ipê, no entanto, ela não difere das espécies jatobá e bálsamo. As MS de caule das três espécies nativas não diferem entre si (Tabela 5).

Tabela 5. Partição de fitomassa mensurada em matéria seca, em gramas, por caule, folhas, raiz, relação raiz/folha (RF), relação raiz parte aérea (RPA) das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, bálsamo e ipê. Média entre as repetições.

Espécies	Massa seca-MS (g)			Raiz/Folha RF	Raiz/Parte Aérea RPA
	caule	folha	raiz		
<i>E. camaldulensis</i>	49,78 a	40,65a	53,49 a	1,34 a	0,59 ab
<i>E. citriodora</i>	31,24 b	30,35ab	35,91 ab	1,16 ab	0,58 ab
jatobá	21,47 bc	21,59b	24,73 bc	1,40 a	0,63 ab
bálsamo	20,22 bc	21,3b	16,90 c	0,81 b	0,41 b
ipê	16,21 c	17,76b	27,80 bc	1,29 a	0,74 a

Tukey a 5% de probabilidade. As letras comparam as diferentes espécies.

As médias de massa seca (MS) de folhas são similares entre as duas espécies de eucaliptos. Contudo, a massa seca média de folhas de *E. camaldulensis* é estatisticamente

superior a das espécies nativas. As três espécies nativas estudadas não apresentaram diferença significativa na massa média (MS) das folhas entre si.

A análise de variância da massa seca de raiz (MS raiz) apresentou que a massa média da raiz da espécie *E. camaldulensis* é estatisticamente superior a das espécies ipê, jatobá e bálsamo, no entanto ela não difere da espécie *E. citriodora*. A massa média da raiz da espécie *E. citriodora* é estatisticamente superior a do bálsamo, no entanto, ela não difere das espécies ipê e jatobá. As massas médias das raízes das espécies jatobá, bálsamo e ipê não diferem entre si.

A razão média entre massa da raiz e da folha (RF) das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê e jatobá não diferem entre si. A relação RF das espécies bálsamo e *E. citriodora* não diferem entre si, bálsamo apresenta diferença significativa entre a RF quando comparado com as demais espécies, apresentando a menor razão entre todas as espécies estudadas.

Para a variável razão raiz/parte aérea (RPA) tem-se que as espécies apresentaram razões RPA semelhantes, à exceção do ipê que, estatisticamente, é superior à RPA do bálsamo. Estes resultados sugerem que o *M. balsamum* apresentou maior diferença no crescimento da parte aérea em relação ao crescimento em raiz e que, o ipê investiu mais em produção de raízes.

Os resultados sugerem que as exóticas têm comportamento distinto das nativas, propiciando o maior desenvolvimento em relação às nativas, evidenciando maior eficiência na conversão da energia luminosa, o que provoca maior crescimento em área foliar e diferenciação na estrutura foliar (em massa e tamanho), maior superfície de absorção de água e nutrientes do solo, através das raízes, em grande quantidade e muito ramificadas (Reis & Reis, 1997).

Esses dados estão de acordo com Gomes (1994) que, estudando brotações em várias espécies, inferiram que *E. camaldulensis* tem controle estomático mais eficiente do que outras espécies estudadas, e que apresentam raízes mais profundas e ramificadas a maior profundidade do que outras espécies, permitindo que os estômatos se mantenham abertos por um período mais longo uma vez que suas raízes atingem as camadas mais profundas do solo que armazenam maior umidade (Reis & Hall, 1987).

Larcher (2000) caracterizou raízes que exploram grandes volumes de solo e locais de solo mais distantes e mais úmidos, como sistemas radiculares extensivos, que permitem à planta adaptar-se às condições de deficiência hídrica, tanto por meio de raízes

com grande capacidade de crescimento em extensão, quanto crescendo em direção ao lençol freático.

Por sua vez, entre as espécies nativas observa-se comportamento semelhante quanto à produção de MS caule, MS folhas e MS raízes. Mas quanto à RPA, o *M. balsamum* apresentou estatisticamente o menor valor, representando um menor investimento dessa espécie em raízes, durante o período de estudo, em relação à produção de folhas e caule.

Esses resultados são corroborados por Pinzón-Torres (2003), que encontrou em seu experimento a mesma relação RPA, quando *Myroxylum* apresentou maior MS da parte aérea do que MS das raízes, indicando características de espécies pioneiras, quando em condições de casa de vegetação. Kitajima (1994) menciona que espécies iniciais ou pioneiras alocam menos biomassa para o sistema radicular, investindo em produção de área foliar para maior crescimento e produção de fotossintatos.

Observa-se que o ipê e o jatobá apresentaram maior investimento em raiz em relação à parte aérea, característica de espécies adaptadas aos Cerrados que apresentam essa estratégia para sobreviver aos cinco meses de seca e à alta intensidade luminosa (Hoffmann & Franco, 2003).

Estratégias de crescimento rápido (retorno rápido de investimento) estão associadas a um baixo MFA (razão entre massa foliar e área foliar) e altas taxas fotossintéticas, enquanto um alto MFA está associado a estratégias de crescimento lento (retorno de investimento mais lento), geralmente encontrado em plantas que vivem sob condições de menor disponibilidade de recursos, tais como, ambientes sombreados ou, com baixa disponibilidade de nutrientes (Reich et al., 1997; Wright et al., 2004).

Como o cultivo das plantas foi realizado em condições de casa de vegetação, possivelmente as diferenças observadas entre as espécies estudadas ocorram em função do efeito sinérgico das condições de luz, hídricas e nutricionais, fazendo com que cada espécie se ajuste a condição ambiental imposta (Wilson et al., 1999; Vendramini et al., 2002) em conformidade com características genotípicas (Lambers et al., 1998). Em casa de vegetação, caracteres micrometeorológicos são diferentes das condições de campo, o que pode alterar as respostas de crescimento das plantas em relação ao ambiente natural.

Para Reisser Júnior & Buriol (1996), plantas cultivadas em casa de vegetação tendem a uma maior taxa de crescimento, como em folhas de alface (Segovia et al., 1997), e aumento da altura da planta devido à redução da radiação solar (Vargues et al., 1994).

Na casa de vegetação, o controle ambiental também é restrito, as condições permanecem semelhantes e dependentes do clima externo (Abreu et al., 1994), porém é comum que as temperaturas internas sejam superiores ao ambiente externo (Castilla Prados, 1998).

A umidade relativa do ar em estufas é maior, devido à restrição da ventilação e ainda, a cobertura plástica da estufa altera o balanço de radiação com relação ao exterior. Em consequência, altera também a transpiração (Prados, 1986), que geralmente é menor do que a verificada externamente, onde atuam também a ação dos ventos, que junto à radiação solar, são fatores importantes da demanda evaporativa da atmosfera. Em geral, a transpiração no interior fica em torno de 60-80 % da verificada no exterior (Van Der Post et al., 1974; Montero et al., 1985; Prados, 1986; Rosenberg et al., 1989).

4.6 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a*

A fluorescência inicial (F_0) é definida como a intensidade da fluorescência quando os centros de reação do fotossistema II (FSII) estão com as membranas fotossintéticas desenergizadas (Kooten & Snel, 1990).

Os valores de fluorescência inicial comportaram-se de forma distinta entre as cinco espécies estudadas (Tabela 6). A fluorescência inicial (F_0) do jatobá e do ipê são semelhantes estatisticamente, contudo, F_0 do bálsamo é superior ao das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora* e bálsamo, que por sua vez, são semelhantes entre si. *E. citriodora* apresentou o menor valor médio de F_0 , sugerindo que os eucaliptos apresentam maior capacidade fotossintética.

A fluorescência máxima (F_m) da folha adaptada ao escuro é a intensidade de fluorescência em que todos os centros de reação do FSII estão abertos, isto é, a extinção fotoquímica é igual a zero e todos os processos de extinção não-fotoquímica estão no mínimo.

No presente trabalho, observou-se que a fluorescência máxima (F_m) média da espécie ipê é maior do que das demais espécies, embora estatisticamente semelhante às espécies jatobá, bálsamo e *E. camaldulensis*. A F_m é semelhante para *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, jatobá e bálsamo.

Tabela 6. Fluorescência rápida das espécies, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo, mensurada no dia 05/10/2006. As médias seguidas pela mesma letra dentro das colunas não diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Espécies	Fo ¹	Fm ²	Fv/Fm ³
<i>E. camaldulensis</i>	393,3 c	2034,5 ba	0,85 a
<i>E. citriodora</i>	370,7 c	1750,3 b	0,79 ba
jatobá	524,0 a	2081,0 ba	0,74 b
ipê	489,5 ba	2194,8 a	0,77 ba
bálsamo	420,3bc	1940,5 ba	0,78 ba

¹ Fluorescência inicial

² Fluorescência máxima

³ Razão entre fluorescência variável e máxima (eficiência fotoquímica do fotossistema II)

A razão entre as fluorescências variável e a máxima (Fv/Fm) expressa a eficiência da captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII, podendo expressar a eficiência quântica do transporte de elétrons através do FSII (Haehnel et al., 1982; Baker, 1991). A razão (Fv/Fm) foi estatisticamente semelhante para as espécies *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, bálsamo e ipê, no entanto há diferença significativa entre a razão (Fv/Fm) de *E. camaldulensis* e de jatobá, sugerindo que o jatobá apresente maior susceptibilidade do fotossistema II do que *E. camaldulensis* nas condições do experimento (altas irradiâncias e temperaturas ou mesmo, estresse hídrico).

De acordo com Bolhar-Nordenkamp et al. (1989), valores da razão Fv/Fm entre 0,75 e 0,85 são característicos de plantas em ótimas condições de desenvolvimento. Uma vez que a razão Fv/Fm do *H. stigonocarpa* (0,74) se encontra ligeiramente menor do que a faixa tida como ótima, supõe-se algumas restrições quanto à eficiência fotoquímica, evidenciando possível processo de fotoinibição. Contudo, os resultados obtidos nesse experimento estão de acordo com Oliveira et al. (2006), que encontraram diferença significativa entre a eficiência quântica do café e a da a seringueira em época de seca.

Além da intensidade de radiação, o nível do estresse hídrico é também um fator determinante na resposta das plantas. Em plantas de oliveira submetidas a diversos níveis de estresse hídrico, Angelopoulos et al. (1996) observaram decréscimos relativamente pequenos na capacidade de transporte de elétrons do fotossistema II sob condições de estresse moderado (Hao et al., 1999).

Bjorkman & Demming (1987) afirmam existir diferenças significativas de F_0 e F_m entre as espécies, e que a relação F_v/F_m apresenta pequenas variações entre as espécies de plantas e Portes (1990) esclarece que F_m é proporcional à quantidade de moléculas de clorofila *a* contida no tecido. Deduz-se que *E. camaldulensis* apresente quantidade superior de moléculas de clorofila *a* do que a espécie jatobá. Portanto, uma análise minuciosa dos tecidos foliares poderá elucidar outras diferenças anatômicas que corroborem a maior eficiência do fotossistema II de *E. camaldulensis* em relação a jatobá.

4.7 ANATOMIA FOLIAR

4.7.1 Tecidos foliares

Eucalyptus camaldulensis apresenta folhas anfiestomáticas com estômatos tipo ciclocíticos localizados no mesmo nível das demais células epidérmicas (Figura 34).

Em vista frontal, em ambas as epidermes, adaxial e abaxial, as células epidérmicas exibem paredes anticlinais delgadas e retas, com formatos poliédricos e de dimensões variadas (Figura 34 a, b).

Em secção transversal, as epidermes adaxial e abaxial são uniestratificadas com células de formato retangular, revestidas por cutícula delgada (Figura 34 c). O mesofilo é homogêneo com camadas de parênquima paliçádico em todo o mesofilo (Figura 34 d). Próximos aos feixes vasculares secundários observaram-se cavidades secretoras (Figura 34 e).

A nervura central é constituída por feixe vascular bicolateral em forma de ferradura interrompido por células parenquimáticas próximas à epiderme adaxial. Pequenos grupos de fibras esclerenquimáticas estão presentes no parênquima medular desta região. Estes grupos de fibras também ocorrem externamente a estes feixes vasculares, sendo maiores na região próxima à epiderme adaxial (Figura 35).

Na região adaxial da nervura central o parênquima paliçádico é interrompido e duas a três camadas de colênquima acompanham os feixes (Figura 35 a). Na região abaxial da nervura central observa aproximadamente cinco a sete camadas de colênquima (Figura 35 a), bem como algumas cavidades secretoras próximas a região da nervura central (Figura 35 b).

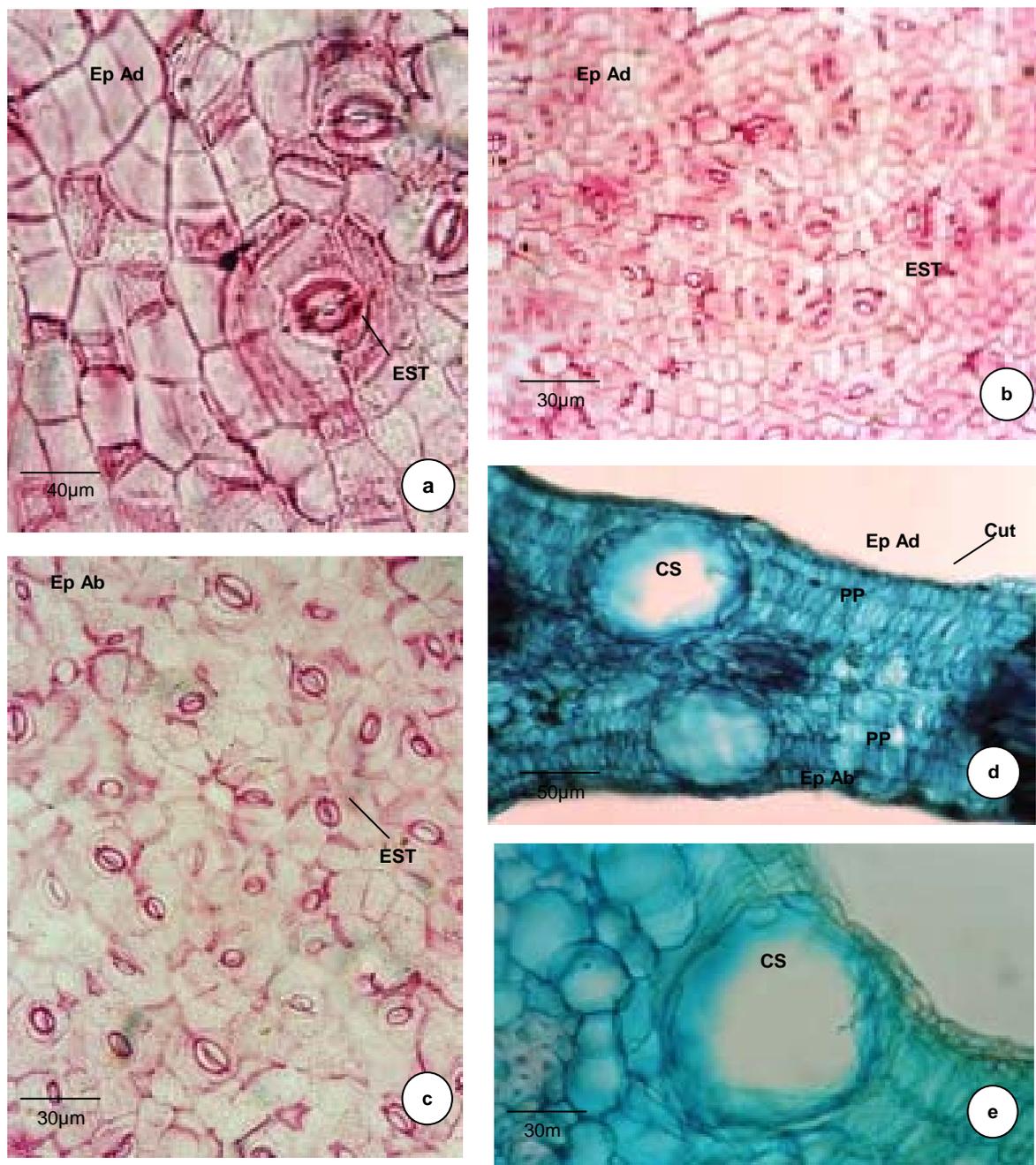


Figura 34. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. a) Epiderme abaxial evidenciando estômatos tipo anomocítico. b) Vista frontal da epiderme adaxial. c) Vista frontal da epiderme abaxial. d) Seção transversal da folha, tipo homogênea com mesofilo composto de parênquima paliçádico. e) Seção transversal com detalhe de cavidades secretoras. (EST=estômatos; Ep Ad = epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, CS= cavidade secretora; Esc= esclerênquima; XI=xilema; Fl=floema).

A região do bordo apresenta-se arredondada (Figura 35 c). Observam-se células epidérmicas semelhantes àquelas da região entrenervura e células colenquimáticas.

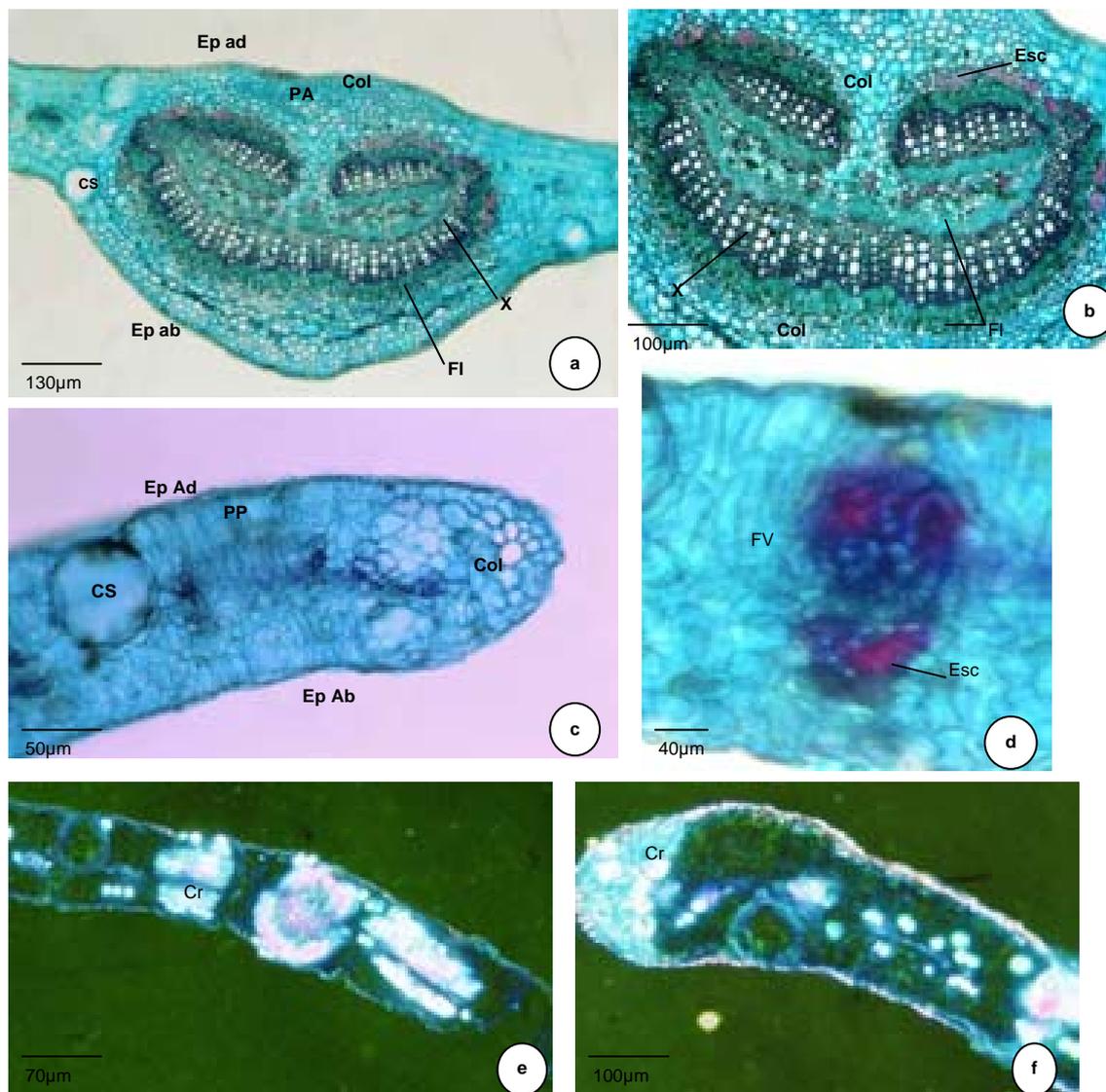


Figura 35. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. a) Seção transversal da nervura central constituída por feixe vascular bicolateral em forma de ferradura. b) Detalhe da nervura central. c) Seção transversal do bordo, arredondado, presença de cavidades secretoras. d) Mesofilo evidenciando o feixe vascular de menor calibre, com a presença de células esclerenquimáticas. e - f). Fotomicrografias com luz polarizada do mesofilo e bordo constando a presença de cristais (EST= estômatos; Ep Ad = epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, PA= parênquima; CS= cavidade secretora; Col= colênquima; Esc= esclerênquima; FV= feixe vascular; XI= xilema; FI= floema; Cr= cristais).

O parênquima clorofiliano se interrompe antes da curvatura da lâmina foliar, sendo observadas células parenquimáticas isodiamétricas de paredes delgadas. Feixes vasculares de menor porte se estendem próximo a essa região (Figura 35 d). Foi verificada

a presença de cavidades secretoras e de idioblastos com drusas, prismas e cubos ao longo do mesofilo e região do bordo (Figura 35 e, f).

Eucalyptus citriodora apresenta folhas anfiestomáticas com estômatos anomocíticos localizados no mesmo nível das células epidérmicas. Em vista frontal, em ambas as epidermes (adaxial e abaxial) as células apresentam paredes anticlinais delgadas e retas (Figura 36 a, b).

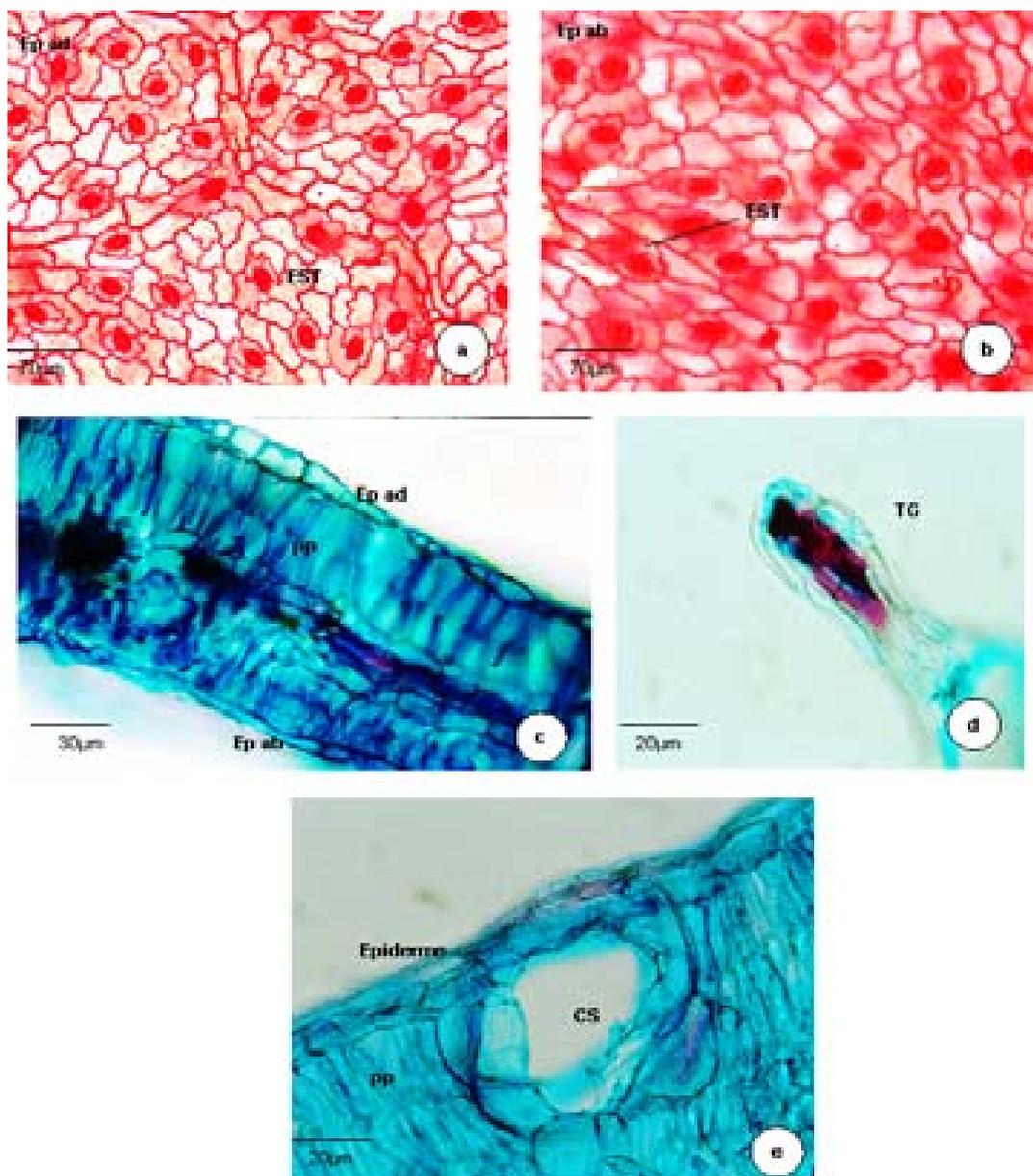


Figura 36. *Eucalyptus citriodora* Hook. a) Vista frontal da Epiderme adaxial evidenciando estômatos. b) Vista frontal da Epiderme abaxial. c) Seção transversal de mesofilo homogêneo. d) Detalhe de tricoma glandular presente na epiderme foliar. e) Seção transversal do mesofilo destacando cavidade secretora. (TG=tricoma glandular; EST=estômatos; Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, CS= cavidade secretora).

Observa-se uma maior densidade de estômatos na epiderme abaxial. (Figura 36 b). Em secção transversal, as epidermes adaxial e abaxial são uniestratificadas e revestidas por cutícula delgada (Figura 36 c), apresentando tricomas tectores e glandulares de número variável de células (Figura 36 d). Há a presença no limbo foliar de cavidades secretoras (Figura 36 e). O mesofilo é homogêneo, isolateral, com parênquima paliçádico em ambas as epidermes (Figura 36 c). Presença de idioblastos com cristais nas células parenquimáticas do mesofilo.

Os feixes vasculares de menor calibre do tipo colateral alcançam até o bordo, com presença de fibras esclerenquimáticas acompanhando-os (Figura 37 a), verificando-se a presença de endoderme ao redor do feixe (Figura 37 b).

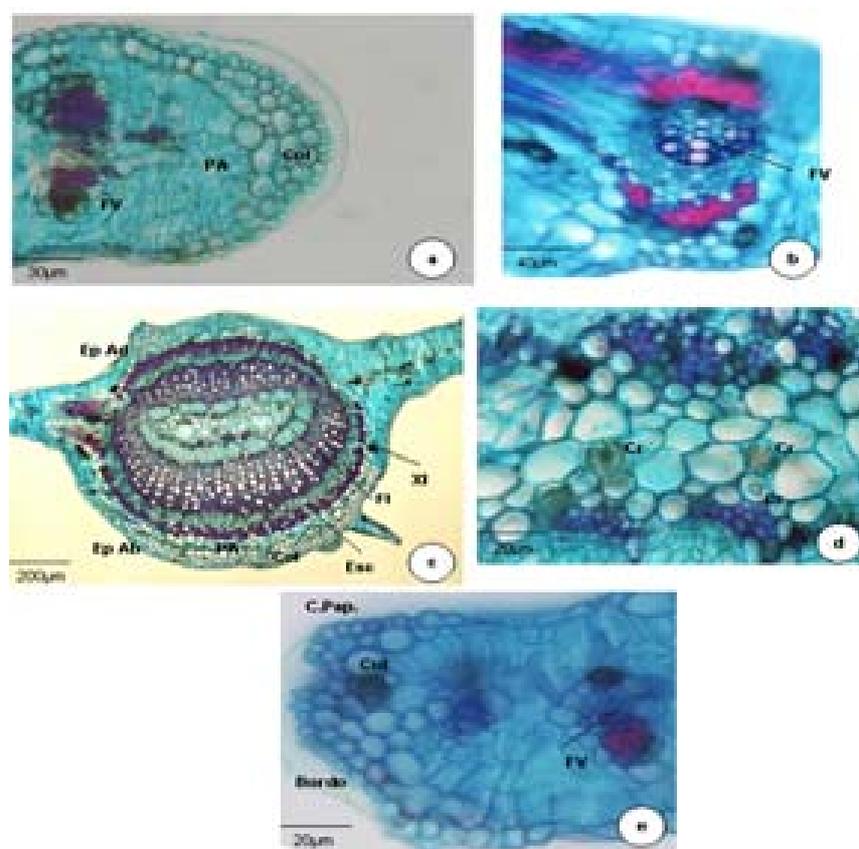


Figura 37. *Eucalyptus citriodora* Hook. a) Seção transversal do bordo arredondado, com quatro camadas de células colenquimáticas e feixes vasculares se estendendo até a região do bordo. b) Seção transversal do mesofilo com detalhe do feixe vascular de menor calibre, com fibras esclerenquimáticas. c) Seção transversão da nervura central constituída por feixe vascular bicolateral tipo arco fechado. d) Seção transversal da nervura central, detalhando cristais. e) Detalhe do bordo apresentando as células epidérmicas papilosas (EST=estômatos; Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, FV= feixe vascular, XI= xilema; Fl= floema; Esc= esclerênquima; C. Pap= células papilosas; Col= colênquima; Cr= cristais).

Ipê amarelo tem folhas hipostomáticas com estômatos anomocíticos (Figura 38 a). Em vista frontal, ambas as epidermes, abaxial e adaxial, apresentam células poliédricas de tamanhos variados com paredes anticlinais levemente sinuosas ou onduladas (Figura 38 a, b, c).

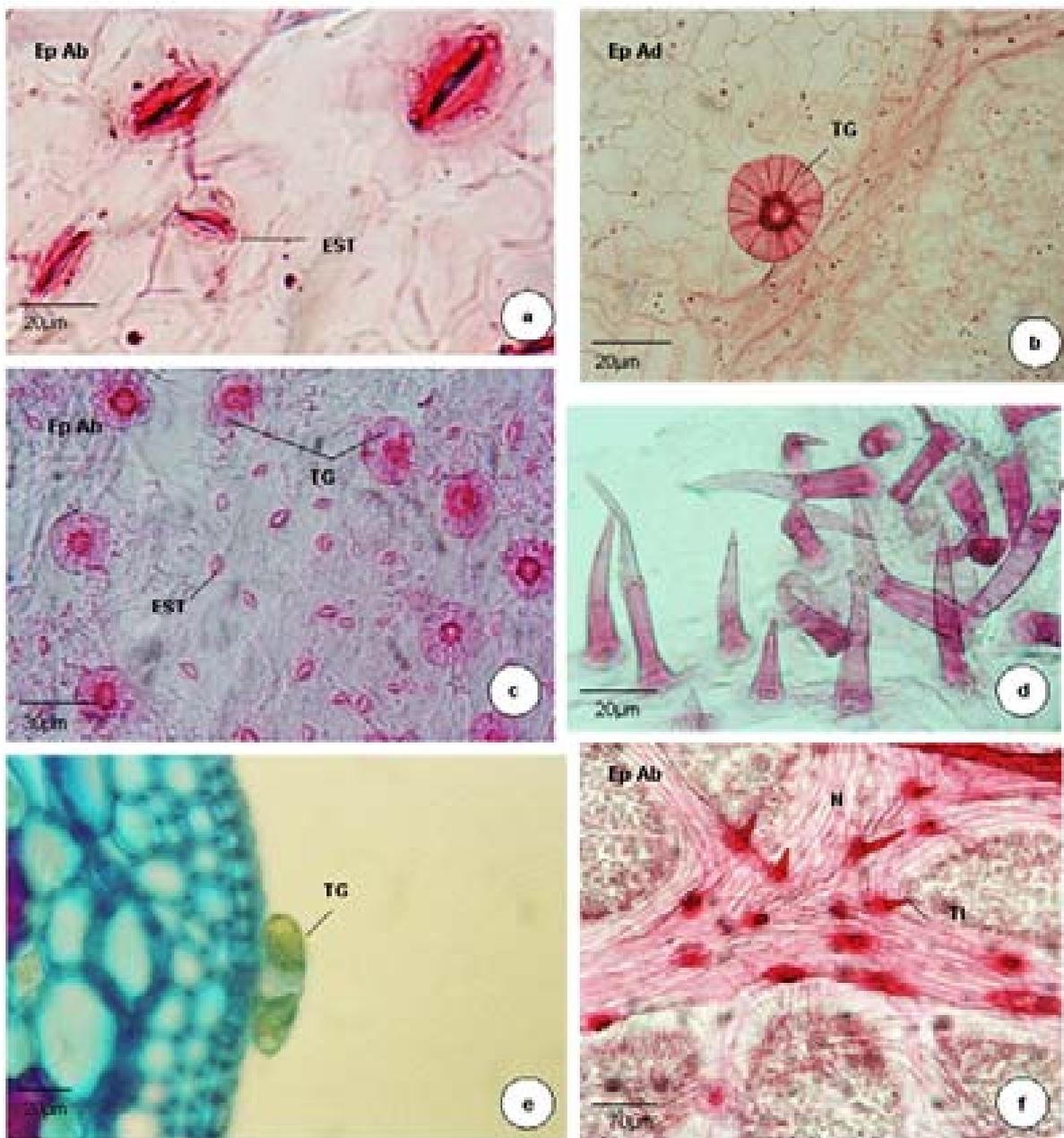


Figura 38. *Tabebuia serratifolia* Nichols. a – c) Vista frontal evidenciando estômatos anomocíticos na epiderme abaxial. c – e) Presença de tricomas glandulares e tectores em ambas as epidermes. e) Tricoma glandular presente na epiderme da nervura central. f) Tricomas tectores sobre as nervuras. (TG= tricoma glandular; Tt= tricoma tector; EST= estômatos; Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial).

Essas epidermes são revestidas por cutícula com cêra epicuticular. Observam-se tricomas glandulares (Figura 38 d, e) e tectores (Figura 38 f) dispersos pela lâmina foliar, em ambas as epidermes. Encontrou-se tricomas glandulares com aproximadamente 16 células na cabeça (Figura 38 b) e outros com oito células na cabeça, alguns estão situados em depressões na epiderme abaxial, enquanto que os tricomas tectores são pluricelulares e alongados (Figura 38 d, f).

Em seção transversal, as epidermes adaxial e abaxial são uniestratificadas, apresentando células retangulares e quadradas, revestidas por cutícula delgada. Os estômatos ficam no mesmo nível das células da epiderme abaxial, com câmaras subestomáticas, nitidamente visíveis (Figura 39).

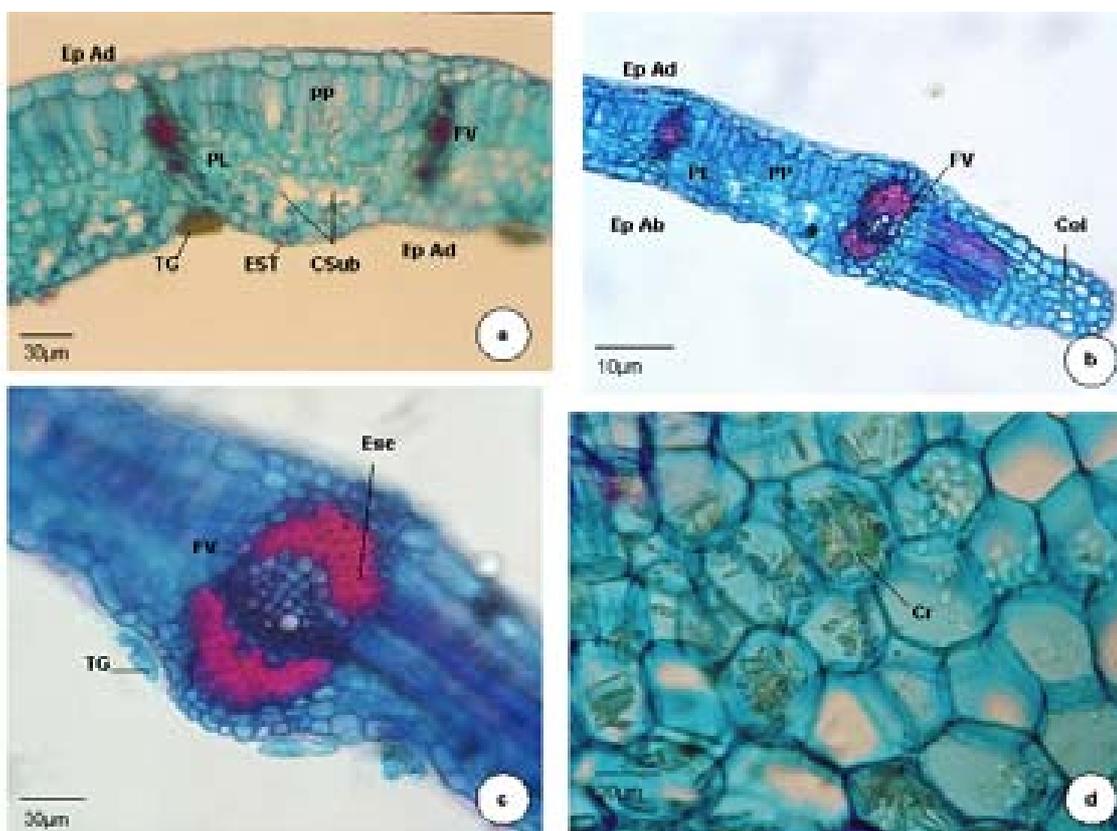


Figura 39. *Tabebuia serratifolia* Nichols. a) Seção transversal do mesófilo, camadas de parênquima paliçádico e de lacunoso, evidenciando os estômatos com as câmaras subestomáticas. b) Seção transversal do mesófilo até o bordo foliar, com feixes vasculares. c) Presença de tricomas glandulares nas epidermes, detalhe dos feixes vasculares com a presença de esclerênquima formando uma calota sobre os vasos. d) Presença de cristais nas células do mesófilo (TG=tricoma glandular; EST=estômatos; C.sub=câmara subestomática, Ep Ad=epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico; PL= parênquima lacunoso; FV= feixe vascular; Col=colênquima, Cr= cristais).

O mesofilo é dorsiventral, o parênquima paliçádico possui duas camadas de células compactadas com espaços e o parênquima lacunoso com várias camadas, sendo visíveis espaços intercelulares (Figura 39 a, b). Os feixes vasculares do mesofilo possuem esclerênquima formando uma calota sobre os vasos (Figura 39 c). Há presença de idioblastos cristalíferos contendo drusas e prismas, bem como, de cavidades secretoras nas células do parênquima lacunoso (Figura 39 d).

A nervura central do folíolo é constituída por feixe vascular colateral em forma de arco fechado envolvido por grupos de fibras esclerenquimáticas (Figura 40), o parênquima paliçádico é interrompido nesta região. O colênquima é formado por quatro a cinco camadas adjacentes a ambas as epidermes. Observa-se presença de tricomas nas duas epidermes da nervura central (Figura 40 b, c).

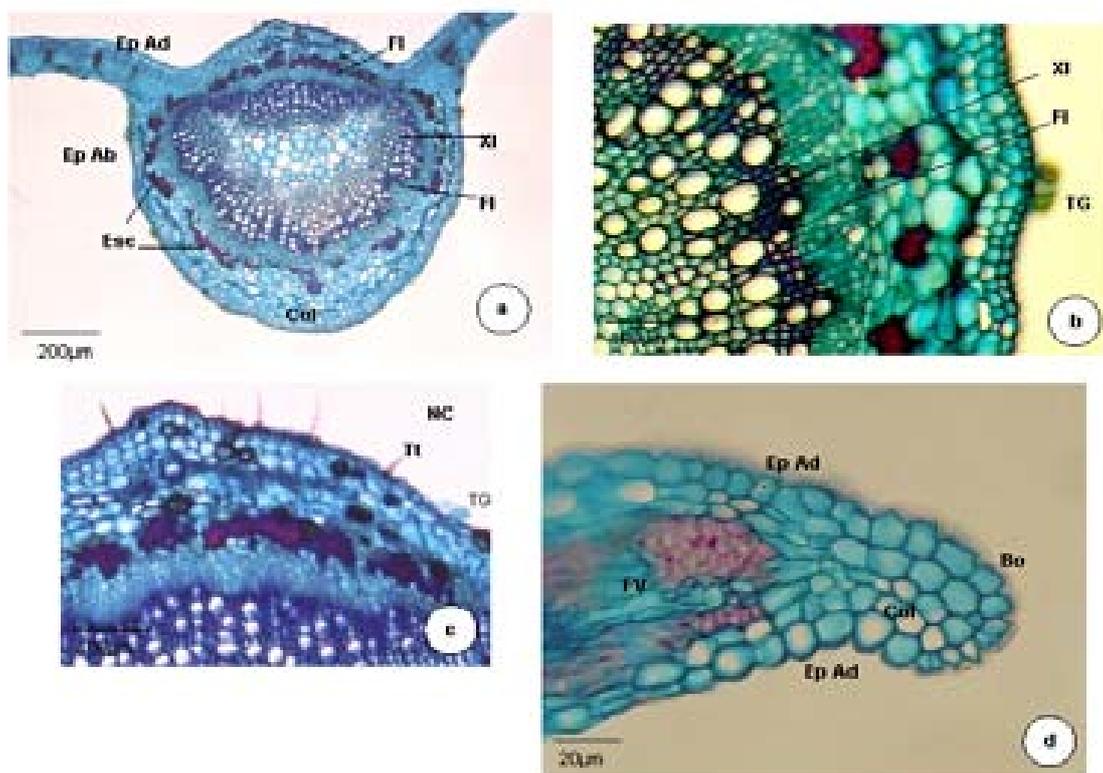


Figura 40. *Tabebuia serratifolia* Nichols. a) Seção transversal da nervura central com os feixes vasculares dispostos em arco fechado envolvidos por células esclerenquimáticas. b) Detalhe da disposição do xilema e floema na nervura central com a presença de tricomas glandulares na epiderme. c) Detalhe da nervura central com a presença de tricomas tectores e glandulares na epiderme adaxial. d) Seção transversal do bordo com uma leve curvatura na ponta, presença de células colenquimáticas (TG=tricoma glandular; Tt= tricoma tector; Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; FV= feixe vascular; XI=xilema; FL=floema; Esc= esclerênquima; Col=colênquima; Bo= bordo).

Na região do bordo do folíolo as células epidérmicas são papilosas (Figura 40 d), sendo que o parênquima paliçádico é interrompido anteriormente ao último feixe vascular. Observa-se uma curvatura leve na ponta do bordo, com presença de células colenquimáticas (Figura 40 d).

Jatobá apresenta folhas compostas, com folíolos hipostomáticos, estômatos paracíticos localizados no mesmo nível das demais células epidérmicas (Figura 41 a). Em vista frontal, ambas as epidermes adaxial e abaxial são constituídas por células de tamanhos e formatos variados com paredes anticlinais sinuosas (Figura. 41 a, b). Em secção transversal, as epidermes adaxial e abaxial são uniestratificadas, com células, em sua maioria, similares em ambas as epidermes (Figura 41 c).

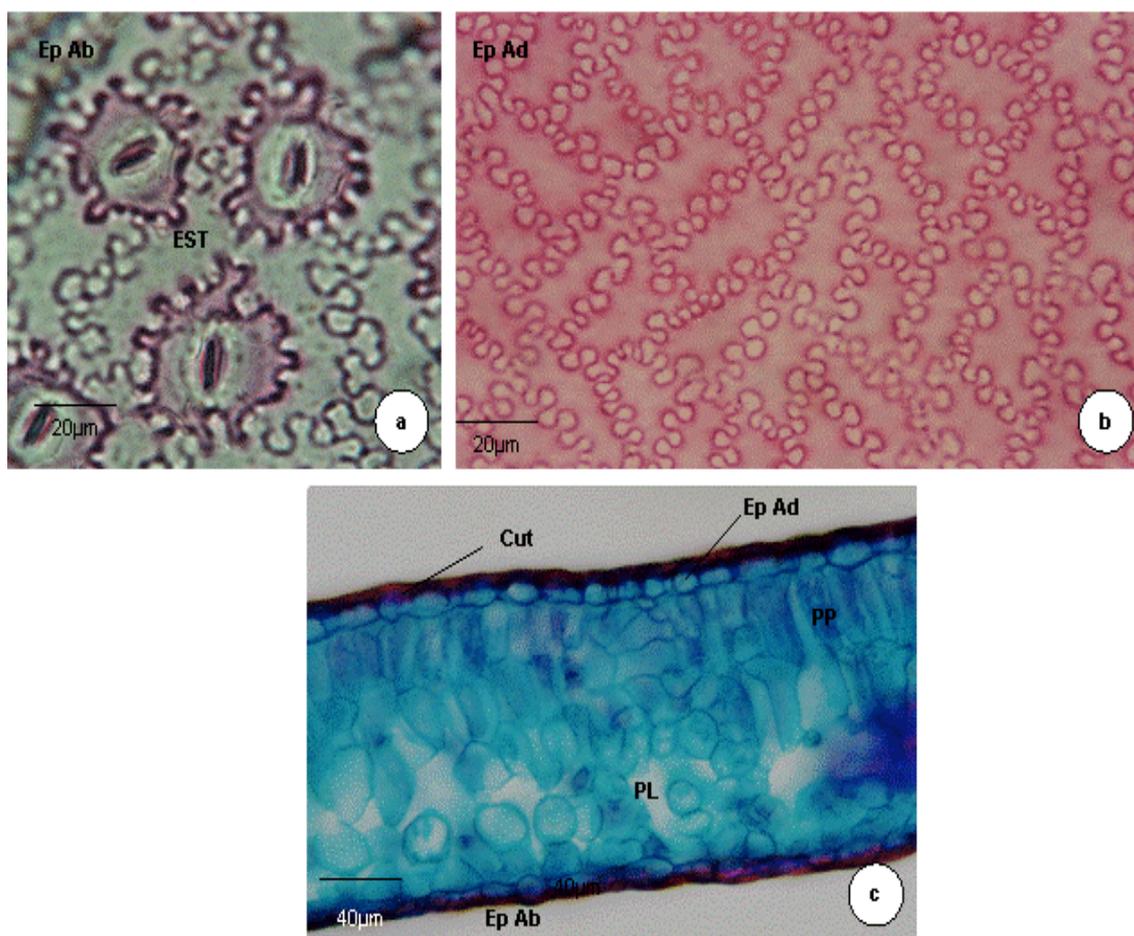


Figura 41. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne. a) Vista frontal evidenciando estômatos paracíticos. b) Vista frontal da epiderme adaxial, ausência de estômatos. c) Seção transversal do mesófilo dorsiventral, com parênquima paliçádico e lacunoso. (EST=estômatos; Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, PL= parênquima lacunoso, Cut= cutícula).

O mesófilo é dorsiventral, o parênquima paliçádico possui de uma a duas camadas de células compactadas e o parênquima lacunoso, três a cinco camadas (Figura 42 a). Observa-se no mesófilo a presença de cavidades secretoras esquizógenas (Figura 42 b). Os feixes vasculares estão envoltos por camada espessa de esclerênquima (Figura 42 d). A nervura central é constituída por feixe vascular bicolateral em forma de arco aberto envolvido por fibras esclerenquimáticas em círculo fechado. Há presença de cavidades secretoras e idioblastos com cristais (Figura 42 c).

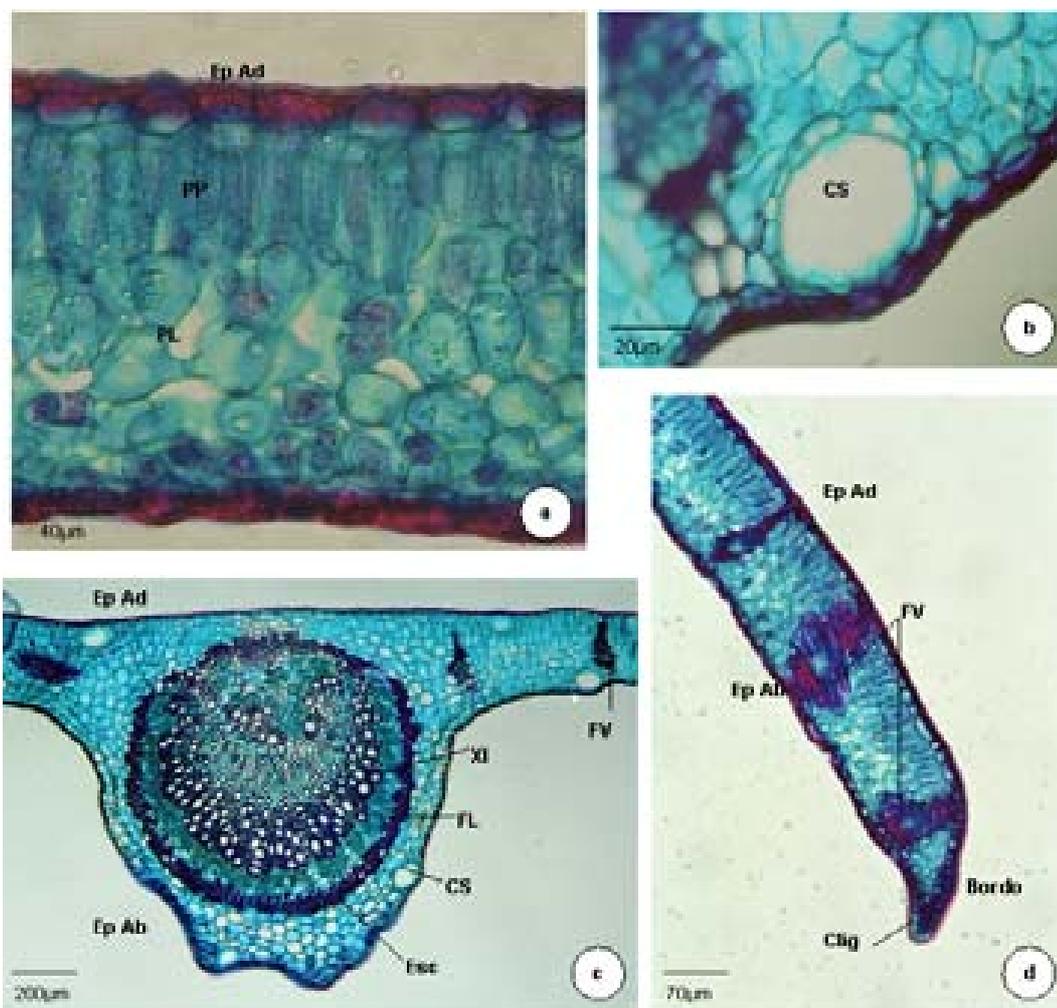
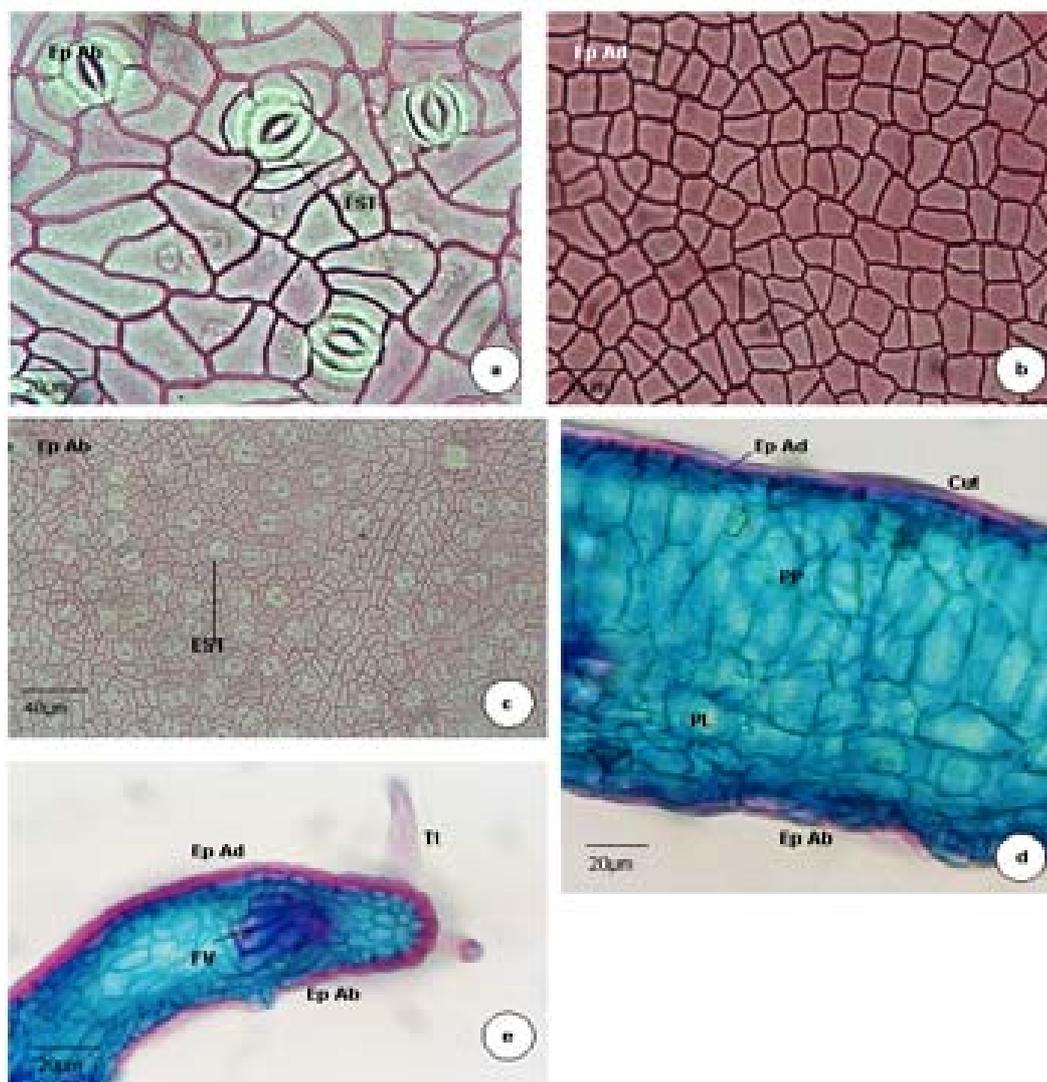


Figura 42. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne. a) Seção transversal do mesófilo dorsiventral, com parênquima paliçádico e lacunoso. b) Presença de cavidade secretora no mesófilo. c) Seção transversal da nervura central, detalhando o feixe vascular bicolateral em arco aberto, com a presença de células esclerenquimáticas envolvendo o feixe. d) Seção transversal do bordo da folha com camada de células lignificadas e com a ponta levemente inclinada (Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, PL= parênquima lacunoso, CS= cavidade secretora; Col=colênquima; Esc= esclerênquima; Clig= células lignificadas; XI=xilema; Fl=floema, FV=feixe vascular).

Na região do bordo, as células epidérmicas apresentam paredes lignificadas, sendo formado predominantemente por células esclerenquimáticas (Figura 42 d). O parênquima paliçádico se interrompe bem próximo a essa região e observa-se feixe vascular de pequeno porte, adjacente à ponta estreita que se apresenta levemente curvada (Figura 42 d).

Bálsamo apresenta folhas compostas, folíolos hipostomáticos evidenciando estômatos anomocíticos localizados no mesmo nível das células epidérmicas (Figura 43 a).



Figuras 43. *Myroxylum balsamum* Harms. a) Vista frontal evidenciando estômatos anomocíticos. b) Vista frontal da epiderme adaxial da folha. c) Vista frontal da epiderme abaxial com os estômatos. d) Seção transversal do mesófilo dorsiventral, composto de parênquima paliçádico e lacunoso. e) Seção transversal do mesófilo até o bordo, onde se verifica a presença de tricomas. (EST=estômatos; Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, PL= parênquima lacunoso, FV=feixe vascular).

Em vista frontal, as epidermes adaxial e abaxial são constituídas por células de tamanhos e formatos variados, com paredes anticlinais retas (Figura 43 b, c).

Em secção transversal, a epiderme é uniestratificada, apresentando tricomas tectores, com número variável de células, que ocorrem tanto na epiderme adaxial e na epiderme da nervura central do folíolo (Figura 43 d).

O mesofilo é dorsiventral, o parênquima paliçádico possui duas camadas de células compactadas e o parênquima lacunoso entre quatro a cinco camadas de células com espaços intercelulares (Figura 43 d).

Observou-se a presença de cavidades secretoras (Figura 44 b). Verifica-se a presença de cristais por todo o mesofilo (Figura 44 d).

A nervura central é constituída por feixe vascular bicolateral em forma de arco envolvido por fibras esclerenquimáticas em arco (Figura 44 c); o parênquima é constituído por células de dimensões variadas, com paredes delgadas e pequenos espaços intercelulares; na face abaxial, há a presença de cavidades secretoras esquizógenas (Figura 44 c). Verificou-se a presença de tricomas tectores multicelulares nas epidermes adaxial e abaxial (Figura 44 c).

Na região do bordo, observam-se duas a quatro camadas de colênquima e entre o último feixe vascular e a epiderme ocorre uma camada de parênquima. Os feixes vasculares de pequeno porte se estendem até a proximidade do bordo (Figura 44 e).

Semelhanças entre as espécies foram observadas quanto às características anatômicas foliares. Ipê-amarelo, jatobá-do-cerrado e bálsamo têm mesofilo dorsiventral, aumentando a eficiência da fotossíntese, uma vez que a grande maioria dos cloroplastos está localizada no parênquima paliçádico.

Outro fator que influi na eficiência fotossintética é a ampliação dos espaços intercelulares no mesofilo, facilitando as trocas gasosas. Devido ao arranjo das células do mesofilo, grandes superfícies das células ficam expostas e entram em contato com o ar, presente nos espaços intercelulares (Glória & Guerreiro, 2006).

Em ipê-amarelo observaram-se maiores espaços intercelulares no parênquima lacunoso, sugerindo que essa espécie seja eficiente nas taxas fotossintéticas e adaptadas às condições locais de intensa luminosidade, mas como a razão F_v/F_m é baixa não se pode afirmar que haja como isso, maior eficiência fotossintética.

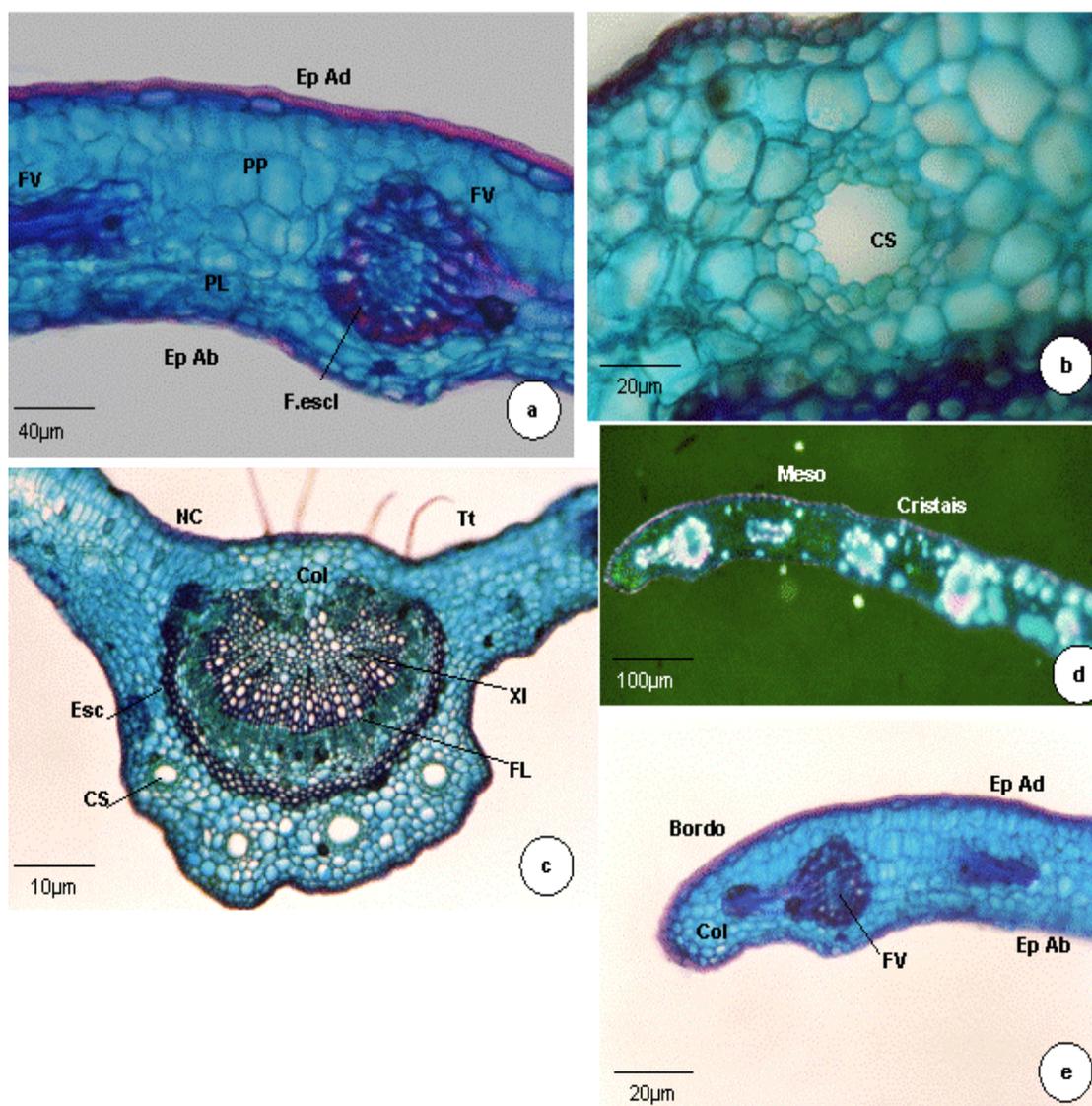


Figura 44. *Myroxylum balsamum* Harms. a) Seção transversal do mesófilo com a presença de parênquima paliçádico e lacunoso, evidenciando feixes vasculares de menor calibre com a presença de células esclerenquimáticas. b) Seção transversal da nervura central evidenciando cavidade secretora. c) Seção transversal do mesofilo na presença de luz polarizada visualizando cristais por todo mesofilo. d) Seção transversal da nervura central constituída por feixe vascular bicolateral em forma de arco envolvido por fibras esclerenquimáticas em arco. e) Seção transversal do bordo com a presença de feixes vasculares de menor calibre estendendo-se bem próximo das camadas de células colenquimáticas (Ep Ad= epiderme adaxial; Ep Ab= epiderme abaxial; PP= parênquima paliçádico, PL= parênquima lacunoso, FV=feixe vascular, CS=cavidade secretora, Esc= esclerênquima, XI= xilema, FL=floema, Col=colênquima, Cr= cristais).

À exceção do jatobá, que apresentou apenas uma camada de parênquima paliçádico, observou-se nas espécies nativas estudadas a ocorrência de duas a três camadas

bem definidas. Esses resultados sugerem que essas espécies possuem características semelhantes às escleromórficas (maior quantidade de parênquima paliçádico em detrimento da diminuição de parênquima lacunoso), como em estudos de Larcher (2000) que afirma existir resposta adaptativa das plantas quando em locais com alta intensidade luminosa, como o observado na região de Goiânia. Portanto, o jatobá apresentou um mesofilo mais delgado, com menor quantidade de parênquima paliçádico, o que talvez tenha refletido nos resultados de fluorescência, quando os resultados sugerem uma menor eficiência do fotossistema II dessa espécie.

Outros estudos, como os de Ferri (1944), referendam os resultados desse trabalho, exemplificando a espécie *Andira humilis*, espécie típica de Cerrado, apresentando apenas camadas de parênquima paliçádico e alguns espaços de arejamento. Para Boeger & Wisniewski (2003) as folhas expostas ao sol, com maior grau de escleromorfismo, apresentam o incremento de camadas do parênquima paliçádico aumentando a espessura do mesofilo.

As espécies de eucaliptos estudadas, apresentando mesofilo homogêneo, parecem aptas a condições climáticas de Cerrado, especialmente, o goiano, que tem elevadas taxas de radiação luminosa, sendo possível recomendar o uso de ambas as espécies em projetos de reflorestamento, visando à produção energética, uma vez que crescem rapidamente, viabilizando os produtores rurais fonte alternativa de renda.

As características anatômicas foliares das espécies nativas estudadas confirmam que as mesmas são adaptadas ao clima, ao solo da região, recomendando-se o plantio cujo objetivo seja a recuperação de áreas degradadas, recobrimento do solo e aumento da diversidade. Esses resultados estão de acordo com Oliveira (2006) que ao estudar 19 espécies nativas do Cerrado para restauração de área perturbada no Distrito Federal-DF recomenda essas espécies para plantio.

Segundo Bolhar-Nordenkampf (1987), camadas múltiplas de parênquima paliçádico aparecem em plantas submetidas à alta intensidade luminosa, tendo a função de protegê-las. Folhas de plantas crescidas em ambientes ensolarados apresentam uma taxa fotossintética mais elevada e são menores, mais pesadas e mais espessas por unidade de área do que plantas crescidas à sombra (Boardman, 1977; Bjokman, 1981).

O aumento na espessura da folha, especialmente pelo alongamento ou adição de células paliçádicas, está relacionado a uma redução na resistência do mesofilo ao dióxido

do carbono (Nobel, 1977) e correlacionadas com aumento de fatores que limitam potencialmente o processo fotossintético (Bjorkman, 1981).

Chazdon & Kaufman (1993), estudando duas espécies congênicas de *Piper*, observaram que a capacidade fotossintética estava correlacionada com a espessura do mesofilo.

Nobel (1991) cita que os fatores ambientais podem afetar a anatomia foliar, especialmente durante o desenvolvimento deste órgão, podendo causar mudanças no número de camadas do mesofilo, o que foi corroborado por Chazdon & Kaufmann (1993) ao constatarem que as folhas de *Piper arieianum* (Piperaceae), um arbusto tropical, apresentaram verificaram uma variação significativa dependente da luz na espessura total foliar, espessura da epiderme superior, espessura do paliçádico e alongamento dos estratos do parênquima lacunoso.

Em contrapartida, Standley (1987) constatou que indivíduos de *Carex stricta* L. (Cyperaceae) mesmo crescendo sob intensidades de luz diferentes, apresentaram sempre o parênquima paliçádico bem desenvolvido, sugerindo o autor que essa característica não é uma resposta fenotípica às diferenças ambientais.

Apenas *E. camaldulensis* e *E. citriodora* apresentaram folhas anfiestomáticas. Fahn (1990) discorre que folhas com características anfiestomáticas são comuns em plantas com alta capacidade fotossintética, podendo indicar, provavelmente, que essas espécies tenham produzido maior biomassa e crescimento em relação às nativas (Pyykkö, 1966; Napp zinn, 1988, citado por Espírito-Santo & Pugialli, 1999).

Folhas hipostomáticas com mesofilos dorsiventrals são adaptações que conferem às folhas das angiospermas caracteres mesofíticos, requerendo grande quantidade de água tanto no solo quanto na atmosfera.

Todas as nativas estudadas apresentaram essa característica, sugerindo que possuem mecanismos que as capacite a se desenvolverem em diferentes regiões brasileiras, tendo ampla distribuição geográfica como é o caso de ipê amarelo, jatobá e bálsamo que se desenvolvem em ambientes com diferentes disponibilidades hídricas, como o Cerrado em suas diferentes fitofisionomias (Glória & Guerreiro, 2006).

Porém, para Eames & Mac Daniels (1947), as folhas mesomorfas caracterizam-se por apresentar mesofilo dorsiventral com um só estrato de parênquima paliçádico e estômatos restritos à face abaxial, ao nível das demais células epidérmicas como o observado no jatobá.

A presença do tecido esclerenquimático é marcante em quatro espécies: *E. citriodora*, ipê, bálsamo e jatobá. Nesta última, o esclerênquima forma um arco acompanhando a curvatura do feixe vascular.

A abundância de tecido esclerenquimático é uma característica amplamente aceita como um elemento de natureza escleromófica (Sobrado & Medina, 1980; Fahn, 1990; Medina et al., 1990; Turner et al., 1995). Esse tecido (incluindo a ocorrência de extensões de bainha) confere às folhas uma maior dureza, o que reflete na sua textura e aumenta a espessura da folha (Tanner & Kapos, 1982). Todavia, a presença de tecido esclerenquimático bem desenvolvido é provavelmente um indicativo, juntamente com outras características já descritas anteriormente, do maior grau de escleromorfismo das espécies estudadas.

A presença de reforços mecânicos, tal como o desenvolvimento de bainha esclerenquimática em torno do tecido floemático é interpretado como uma estratégia para a diminuição dos efeitos danosos provocados pelo murchamento (Simões et al., 2003).

Embora todas as espécies apresentem adaptações de plantas mesófitas, observam-se outras características xeromórficas relacionadas não à falta de água, mas sim à falta de nutrientes em solo de Cerrado.

Uma dessas adaptações é a presença de tricomas em quantidade nas epidermes foliares. Em três espécies estudadas, *E. citriodora*, ipê e bálsamo, verificaram-se a presença de tricomas tectores, com várias formas, em ambas as faces da epiderme evidenciando que suas estruturas estão de acordo com as condições adaptativas ao ambiente de Cerrado em Goiânia (GO).

Os tricomas são estruturas importantes na adaptação em ambientes xéricos, pois mantêm uma atmosfera saturada em vapor de água em torno da folha (Fahn, 1986; Fahn & Cutler, 1992; Larcher 2000).

Além desse efeito direto reduzindo a transpiração, estas estruturas podem também influenciar indiretamente a economia de água das plantas através da regulação da temperatura pela reflexão da radiação solar que chega até as folhas (Salatino et al., 1986; Fahn, 1986; Larcher, 2000).

Assim, os tricomas podem representar uma adaptação morfológica que favorece a manutenção da assimilação de CO₂, pois promovem a redução da temperatura foliar em períodos de elevada temperatura ambiental e baixa disponibilidade de água (Ehleringer & Mooney, 1978). De acordo com Gutschick (1999), além de afetar as trocas gasosas e a

temperatura, os tricomas podem gerar prejuízos pelo decréscimo da interceptação da luz. O nível de saturação da luz e a manutenção de uma temperatura foliar ótima, bem como o eventual efeito dos tricomas longos na herbivoria e nas trocas gasosas exigem investigações mais específicas.

Outra característica considerada como xeromórfica é a ocorrência de cristais, resinas, óleos e taninos nas células do mesofilo das folhas. As espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê, bálsamo e jatobá apresentaram nas análises histológicas idioblastos com cristais.

Cristais são freqüentemente classificados por Esau (1977), como produtos de excreção. Segundo Tomlinson (1956), a distribuição destes cristais sugere que estejam associados com a síntese de carboidratos, já que são abundantes na lâmina foliar. Os cristais de oxalato de cálcio, que possuem propriedades reflexivas, apresentam-se como uma adaptação que reflete uniformemente a radiação solar entre as células do mesofilo (Larcher, 2000).

Metcalf (1989) pondera que existem opiniões divergentes em relação ao papel desempenhado pelos cristais, pois vários significados metabólicos são atribuídos à sua freqüência, como por exemplo, proteger o vegetal contra herbivoria, dar suporte mecânico aos tecidos em época de seca e até neutralizar grande quantidade de ácido oxálico nocivo à planta.

Os cristais são comuns nas células vegetais de vários órgãos (Mauseth, 1988; Fahn, 1990) e têm como principal função remover o excesso de cálcio do sistema. Outra função comumente associada à presença destes cristais é a estratégia de manutenção de nutrientes, como reserva de cálcio ou oxalato para a planta (Volk et al., 2002).

Foram identificadas ceras epicuticulares em corte paradérmico do ipê que atuam na proteção da folhas para redução da transpiração. A cera também é uma barreira de proteção contra ataques de patógenos, uma vez que impede a formação de um filme contínuo de água sobre a superfície foliar, dificultando a germinação dos microorganismos sobre a folha (Thomas, 1997; Silva & Cavallet, 2005).

Em todas as espécies estudadas observaram-se cavidades secretoras. As cavidades secretoras são idioblastos que armazenam e segregam diversas substâncias como néctar, látex, mucilagens, compostos fenólicos e outros (Vanucci & Rezende, 2003). Algumas substâncias são denominadas compostos secundários.

Segundo Larcher (2000), a presença de vários compostos secundários é relevante para a proteção contra herbívoros e parasitas, em folhas de longa duração. Alguns compostos têm propriedades medicinais, tendo sido identificados por Grieve (1977) citando que a resina do bálsamo contém entre 50% e 64% de óleo volátil com princípio ativo de ésteres dos ácidos benzóico e ciânico.

Além dos fatores ambientais como luz, temperatura, solo e umidade (Larcher, 2000), a organização da estrutura interna foliar é diretamente influenciada, pelo balanço econômico entre, o ganho de carbono e a perda da água (Givinish & Vermeij, 1976). Assim, é esperado que as folhas de ambientes sob menor intensidade luminosa sejam mais finas em decorrência de poucas camadas de parênquima paliçádico e maior desenvolvimento do parênquima lacunoso (Vogelmann et al., 1996; Cao, 2000). Isto pode ser observado na razão parênquima lacunoso/paliçádico > 1 entre as espécies estudadas. Somente no bálsamo, observou-se a ocorrência de uma única camada de parênquima paliçádico, bem definida, sugerindo que essa espécie está mais adaptada a ambientes com menor intensidade como o caso das matas de galeria, que segundo Oliveira (2006), essa espécie tem ocorrência.

Dentre as cinco espécies estudadas, encontraram-se nos eucaliptos, folhas anfiestomáticas. Segundo Parkhust (1978) e Mott et al. (1982), a característica anfiestomática pode representar um meio de aumentar a taxa fotossintética, por permitir uma troca gasosa eficiente se comparada com folhas hipoestomáticas. Em condições xéricas, a folha necessita aproveitar o tempo limitado de alta umidade relativa para realizar as trocas gasosas, o que poderá ser mais eficiente quanto maior for a área estomática útil (Leite & Lleras, 1978; Medri & Lleras, 1980). Em plantas de Cerrado é muito comum a presença de estômatos nas duas faces da lâmina foliar (Morretes, 1969), muito embora não tenha ocorrido nas três nativas estudadas.

Ipê e jatobá têm estrutura dorsiventral, além da presença de colênquima, tornando a folha mais espessa, podem estar ligadas ao processo adaptativo, uma vez que essas diferenças conferem à folha uma maior sustentação e plasticidade. Folhas desenvolvidas com alta intensidade de luz mais alta apresentam-se mais espessadas, contendo duas camadas de tecido paliçádico.

A presença de poucos espaços intercelulares no mesofilo é um aspecto típico de plantas xeromórficas (Fahn, 1978), que também foi observado nas duas exóticas. Em plantas heliófitas, com alta capacidade fotossintética, esse aspecto representa uma

vantagem adaptativa, pois quanto maior a superfície interna livre nas folhas, mais rápidas e eficientes serão as trocas gasosas, possibilitando intensa fotossíntese nos períodos em que a água se encontra disponível (Fahn, 1978; Parkhurst, 1978), justificando suas taxas superiores de crescimento em relação às nativas desse trabalho.

Todas as espécies têm feixes vasculares de menor porte com uma bainha parenquimática que se estende até as epidermes e freqüentemente está associada a tricomas. As células da bainha podem participar dos processos de condução, ampliando assim o contato entre as células do mesofilo e do sistema vascular (Morretes, 1969; Esaú, 1974). Morretes (1969), Fahn (1986), Jordan & Kruger (1992) afirmam que os tricomas localizados sobre as nervuras podem absorver água atmosférica resultante da condensação dos vapores.

As estruturas anatômicas foliares das cinco espécies apresentam estruturas tipicamente xeromorfas, que certamente contribuem para o estabelecimento inicial desta espécie no seu ambiente natural, bem como para plantios comerciais de essências exóticas.

4.7.2 Estimativa da densidade estomática

A Tabela 7 reúne dados estimados de densidade estomática das cinco espécies estudadas, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, ipê, jatobá e bálsamo, em número de estômatos por milímetro quadrado, distintamente para as duas epidermes (abaxial e adaxial). Os estudos foram realizados através de análise dos cortes histológicos em seções paradérmicas.

Tabela 7. Densidade de estômatos por mm² de folha das espécies *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, bálsamo e ipê.

Espécies	Densidade estomatal (nº/mm ²)		
	Epiderme abaxial	Epiderme adaxial	Nº Total
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	315	256	571
<i>E. citriodora</i>	399	163	562
jatobá	310	-	310
bálsamo	241	-	241
ipê	206	-	206

E. camaldulensis tem maior densidade estomática do que as outras espécies, seguido por *E. citriodora*. Entre as nativas, o jatobá apresenta maior densidade estomática do que o bálsamo e o ipê.

Observa-se que as exóticas têm maior densidade de estômatos nas duas epidermes foliares, permitindo taxas superiores de trocas gasosas, por isso, superiores nas taxas de crescimento.

Aumento na densidade estomática pode permitir que a planta eleve a condutância de gases e, assim, evitar que a fotossíntese seja limitada, sob diferentes condições de ambiente. Alguns trabalhos têm demonstrado correlações positivas entre número densidade estomática e taxa fotossintética (Kundu & Tigerstedt, 1998; Castro, 2002).

Os resultados deste trabalho corroboram as observações de Abrams et al. (1994), segundo as quais, a densidade estomática, geralmente, está positivamente relacionada com as trocas gasosas, pois o aumento da densidade estomática está associado com maior condutância estomática (Boardman, 1977).

Vários trabalhos vêm sendo realizados para se estudar o efeito de diferentes níveis de radiação sobre a estrutura foliar e trocas gasosas (Sims et al., 1998; Alvarenga et al., 2003; Schluter et al., 2003).

Em *Croton urucurana* Baill, uma espécie pioneira, Alvarenga et al. (2003) verificaram também que as maiores taxas fotossintéticas ocorreram em plantas jovens cultivadas em níveis mais elevados de irradiância (30% e a pleno sol).

Fahn & Cutler (1992) inferem que o número e a localização dos estômatos são importantes como respostas à baixa disponibilidade hídrica.

As espécies nativas estudadas têm estômatos apenas na face abaxial das folhas, em menor densidade, adaptações anatômicas que protegem as espécies de Cerrado contra a dessecação devido à alta luminosidade.

Folhas que crescem sob condições de deficiência hídrica apresentam densidade estomática maior, prevalecendo sua distribuição na superfície inferior das folhas, de tamanho reduzido e frequentemente escondidos por depressões ou uma densa cobertura de pêlos (Larcher, 2000).

De acordo com Wilkinson (1979), o tamanho e a densidade dos estômatos estão relacionados com as condições climáticas: as condições de seca e/ou de pleno sol tendem a produzir estômatos maiores ou mais abertos.

Os valores médios de densidade estomática de espécies de sombra geralmente são menores dos que os encontrados para folhas de sol (Marques et al., 1999; Mendes et al., 2001), uma vez que os estômatos em condições de menor luminosidade (e conseqüentemente maior umidade relativa do ar) podem permanecer abertos por mais tempo (Lleras, 1977; Larcher, 2000).

Assim, os valores médios de densidade estomática podem ser determinados pelo microclima onde a folha se desenvolve além da estrutura foliar (área foliar, organização do mesofilo e espessura da lâmina) de cada espécie (Gutschick, 1999).

O valor médio estimado neste estudo indica que, nas folhas observadas, a densidade estomática encontra-se próxima aos valores médios das folhas de plantas esclerófilas (100-500/mm²) (Larcher, 2000).

Porém é importante salientar que a maioria dos valores médios estimados de densidade estomática das folhas obtidos neste estudo, está acima dos valores encontrados para algumas folhas de sol como em *Sebastiania myrtilloides* (121 estômatos mm²), observado por Marques et al. (1999), e em *Myrtus communis* (143 estômatos mm²), registrado por Mendes et al. (2001).

Por outro lado, esses resultados estão de acordo com os obtidos para outras espécies, nas quais geralmente ocorre aumento na freqüência e no índice estomático com o aumento da luminosidade (Abrams & Mostoller, 1995; Castro et al., 1998; Atroch et al., 2001; Hanba et al., 2002).

Diante dos resultados, verificou-se que a anatomia foliar pode influenciar a taxa de trocas gasosas e, assim, promover grandes diferenças na eficiência do uso da luz (Araus et al., 1986; Schlutler et al., 2003).

4.8 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Como o trabalho foi desenvolvido na época da seca, contando com alta demanda evaporativa atmosférica, os resultados obtidos no transpirômetro de equilíbrio refletem a capacidade de transpiração máxima das espécies, conforme suas características morfológicas, tendo sido modulada pelas variações microclimáticas diárias, em condições de casa de vegetação. Como sugestão, para melhorar a eficiência nas coletas dos volumes de água, consumidos por cada espécie no transpirômetro de equilíbrio, seria interessante

desenvolver um sistema eletrônico de leitura com capacidade para o armazenamento dos dados de consumo de água por hora a fim de comparação mais precisa com os resultados obtidos no porômetro.

Outra consideração relevante é avaliar, em estudos futuros, os teores de água nas três camadas de solo com tensiômetros para discutir-se a possibilidade de retranslocação de água pelas raízes, fato que se observou nesse trabalho com a espécie *Myroxylum balsamum*.

Para eficiente correlação entre as características microclimáticas da casa de vegetação com as taxas transpiratórias, medidas no transpirômetro de equilíbrio, sugere-se que sejam tomadas medidas horárias de temperatura do ar, umidade relativa e radiação fotossinteticamente ativa, podendo-se, assim, realizar estudo comparativo efetivo entre o porômetro e o transpirômetro.

O dimensionamento do vaso para a espécie *E. camaldulensis* foi subestimado, o que pode ter sido a principal causa do estresse e declínio de crescimento dessa espécie no final do experimento, sugerindo que se diminua o tempo no vaso e aumente a quantidade de plantio, monitorando a transpiração por estações definidas. E ainda que se inclua em próximas investigações o monitoramento do estado nutricional das plantas.

Este trabalho evidencia a importância das respostas biofísicas das espécies arbóreas, principalmente quanto ao consumo de água, pois contribuem para a definição de estratégias de manejo de ambientes naturais e proporcionam informações que norteiam reflorestamentos com espécies exóticas e nativas para o cerrado goiano.

5 CONCLUSÕES

O transpirômetro de equilíbrio desenvolvido para o presente experimento é um equipamento eficiente, de fácil manuseio para a tomada dos dados, atingindo o objetivo de mensurar o consumo de água diário de cada planta.

Ao utilizar-se o porômetro, evidenciou-se que, todas as espécies estudadas, modularam as taxas transpiratórias, conforme a umidade relativa do ar, a radiação luminosa e ainda, respondem positivamente às variações nas temperaturas, durante o período do dia, em casa de vegetação. *E. camaldulensis* e *E. citriodora* transpiraram mais em todas as cinco mensurações, confirmando os resultados encontrados pelo transpirômetro de equilíbrio.

As espécies estudadas apresentaram diferentes respostas ao plantio no transpirômetro de equilíbrio, em clima de Cerrado. As exóticas exibiram, de modo geral, maior condutância estomática e transpiração, indicando maior consumo de água, ao contrário das espécies nativas, que transpiraram e consumiram menos água.

O crescimento médio, em altura e diâmetro, das espécies exóticas foram superiores às nativas durante todo o experimento, contudo o incremento em área foliar em outubro foi menor para as exóticas do que para as nativas, justificados pelo estresse provocado pela falta de espaço para o crescimento das raízes. Entretanto, o jatobá apresentou o menor desenvolvimento, uma vez que essa espécie por ser de crescimento lento, suas raízes não atingem os estratos do solo com maior disponibilidade hídrica, pressupondo que as condições ambientais na casa de vegetação ocasionaram um ligeiro estresse na planta, evidenciado pela medida de fluorescência que acusou susceptibilidade no fotossistema II, o que poderia prejudicar a fotossíntese e a produção de fotossintatos.

O estudo aprofundado das características anatômicas foliares evidenciou a adaptação dessas espécies às condições de ambientes de cerrado, como o observado nas estruturas foliares das três espécies nativas estudadas. A densidade estomática superior das exóticas justificaria as maiores taxas transpiração e ainda, a maior eficiência fotossintética,

promovendo maior crescimento e maior produção de biomassa em relação às espécies nativas estudadas.

As características anatômicas das folhas da espécie *Eucalyptus camaldulensis* podem explicar porque a espécie transpira mais e cresce mais do que as outras espécies estudadas, uma vez que apontaram ter estômatos em ambas as epidermes, apresentando mesofilo constituído por parênquima paliçádico, acarretando incremento nas taxas de trocas gasosas, o que favorece o maior crescimento.

As características anatômicas das espécies nativas, como a presença de estruturas que as protegem de dessecação, evidenciam que estão adaptadas às condições de Cerrado.

6 REFERÊNCIAS

ABRAMS, M. D.; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. **Ecology**, Washington, v. 75, n.1, p.123-133, 1994.

ABRAMS, M. D.; MOSTOLLER, J. A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understorey sites during a drought. **Tree Physiology**, Victoria, v. 15, n. 6, p. 361-370, 1995.

ABREU, P. E.; MONTEIRO, A. A.; MENESES, J. F. Response of non heated plastic covered greenhouse tomatoes during the cool season and under two different natural ventilation. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 366, p. 195-200, 1994.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V. **Clonagem e algumas doenças de *Eucalyptus* em viveiro e campo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 40 p.

ALMEIDA, J. **Características de crescimento e qualidade da madeira de progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn**. 1993. 63 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

ALMEIDA, S. P. Frutas Nativas do Cerrado: Caracterização Físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.) **Cerrado, ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. p. 247-285.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. 464 p.

ALVIM, P. T. Some factors to be considered in diagnosing moisture deficiency by stomatal opening. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 726-732, 1968.

ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Typografia Brasil Rothschild, 1961. 660 p.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000. Suplemento.

ANGELOCCI, L. R.; VALANCOGNE, C.; VILLA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. R. Estimativa da transpiração máxima de macieiras em pomares pelo modelo de Penman-Monteith e comparação com o fluxo de seiva medido pelo método de balanço de calor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: SBA, 1997. p. 719-721.

ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, p. 1093-1100, 1996.

ARAUS, J. L.; AMARO, T.; ZUHAIR, Y.; NACHIT, M. M. Relationship between photosynthetic capacity and leaf structure in several shade plants. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 73, p. 1760-1770, 1996.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161 p.

ASSMANN, S. M.; SHIMAZAKI, K. The multisensory guard cell. Stomatal response to blue light and abscisic acid. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 119, p. 809-815, 1999.

ALVARENGA, A. A.; ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.

AZEVEDO, P. V.; RAO, T. V. R.; AMORIM NETO, M. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MACIEL, G. F. Resistências aerodinâmica e estomática da cultura do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 19-24, 1993.

BALL, R. A.; OOSTERHUIS, D. M.; MAUROMOUSTAKOS, A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 788-795, 1994.

BARBER, J.; ANDERSON, B. Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis. **Trends in Biochemical Science**, London, v. 17, p. 61-66, 1992.

BARROS, M. A. G. Flora medicinal do Distrito Federal. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 35-45, 1982.

BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulencis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 238-250, 2000.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. M.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. London, 1972. 498 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H. J.; OMETTO, J. C. A. L. R.; BRUNINI, O. Efeito de variáveis micrometeorológicas e disponibilidade hídrica no solo sobre resistência estomática à difusão gasosa em feijoeiro. **Turrialba**, San Jose, v. 41, n. 4, p. 445-451, 1991.

BERRY, J.; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p. 491-543, 1980.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.

BERGONCI, J. I., PEREIRA, P. G. Comportamento do potencial da água na folha e da condutância estomática do milho em função da fração de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 229-235, 2002.

BERGH, J.; MCCMURTRIE, R. E.; LINDER, S. Climatic factors controlling the productivity of Norway spruce: A model-based analysis. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 110, n. 2, p. 127-139, 1998.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 355-377, 1977.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 61-72, 2003.

BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGEL, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, H. (Eds.). **Encyclopedia of Plant Physiology: Physiological Plant Ecology I**. New York: Springer Verlag, 1981. v. 12a (New series), p. 57-107.

BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. Adaptability of photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 16, n. 4, p. 889-915, 1963.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Heidelberg, v. 170, p. 489-504, 1987.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG-ADAMS, B. Regulation of photosynthetic light energy capture, conversion, and dissipation in leaves of higher plants. In: SCHULZE, E. D.; CALDWELL, C. W. (Eds.). **Ecophysiology of Photosynthesis**, Berlin : Springer-Verlag, 1994. p.17-47.

BLUMENTHAL, M. **Plant Medicines from the New World- Whole Food**. London, 1997. 114 p.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**, Melbourne, 1994. 687 p.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. Shoot morphology and leaf anatomy in relation to photosynthesis. In: COOMBS, J.; HALL, D.; LONG, S.; SCURLOCK, J. (Eds.). **Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis**, Oxford : Pergamon Press, 1987. p. 107-117.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SCHREIDER, U.; LECHNER E. G. Chlorophyll II fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field. A review of current instrumentation. **Functional ecology**, London, v. 3, p. 497-514, 1989.

BOLHÀR-NORDENKAMPF H. R, ÖQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: HALL , D.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. R.; LEEGOOD, C. R. C.; LONG, S. P. (Eds), **Photosynthesis and production in a changing environment**, London: Chapman & Hall, 1993. p. 193-206.

BONO, L.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G.; FRANÇA, S.; RADIN, B.; SANTOS, A. O.; BERGONCI, J. I. Alterações no padrão de resposta à luz da condutância estomática do milho causadas pelo déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 27-34, 2001.

BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L. Espécies arbóreas padronizados do Cerrado mineiro e sua distribuição no Estado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, p. 5-11, 1992.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e o potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1053-1060, 1998.

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 9, p. 117-123, 1997.

CAMPANOLA, C. **A Pesquisa Florestal Brasileira**. Embrapa. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3/base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/artigos/pesq_florest.html>. 2006. Acesso em: 03 maio 2006

CAMPINHOS JR. E.; IKEMORI, Y. K. Nova técnica para a produção de mudas de essências florestais. **IPEF**, Piracicaba, v. 23, p. 47-52, 1983.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Floresta**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 45-52, 1970.

CAMPOSTRINI, E. **Comportamento de quatro genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob restrição mecânica ao crescimento do sistema radicular**. 1997. 166 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1997.

CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in a Bornean heath forest. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 78, n. 10, p. 1245-1253, 2000.

CARON, B. O.; HELDWEIN, A. B. Consumo d'água e coeficiente de cultura para meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 19-25, 2000.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras – recomendações silviculturais, potencialidades e usos**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 640 p.

CARVALHO, R. M. A.; SOARES, T. S. S.; VALVERD, S. R. Setor florestal é destaque na economia brasileira. **Revista da Madeira**, Viçosa, n. 95, ano 16, 2006.

CASTILLA PRADOS, C. Condiciones ambientales em invernaderos no climatizados. In: PEREZ PARRA, J.; CUADRADO GÓMEZ, I. M. (Eds.). **Tecnología de invernaderos II**, Almeria: FIAPA, 1998. p. 163-177.

CASTRO, A. A. J. F. **Florística e fitossociologia de um Cerrado marginal brasileiro, Parque Estadual de Vaçununga, Santa Rita do Passa Quatro – SP**. 1987. 243 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

CASTRO, E. M.; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, D. M.; GAVILANES, T. O. T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 8, n. 3, p. 31-35, 1998.

CASTRO, E. M. **Alterações anatômicas, fisiológicas e fitoquímicas em plantas de Mikania glomerata Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento**. 2002. 221 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CAVALCANTE, J. R.; CONFORTO, E. C. Desempenho de cinco clones jovens de seringueira na região do planalto ocidental paulista. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, 2002.

CAVASSAN, O. **Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de Cerrado no Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP)**. 1990. 206 f. Tese (Doutorado em Biologia)-Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

CESAMEP. **Matéria Médica Vegetal Brasileira: Bálsamo-do-Peru (*Myroxylon peruiferum* L.F)**. 2007. Disponível em: <<http://www.bchicomendes.com/cesamep/myroperu.htm>>. Acesso em: 01 jan 2007.

CHABOT, B. F.; JURIK, T. W.; CHABOT, J. F. Influence of instantaneous and integrated light-flux density on leaf anatomy and photosynthesis. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 66, n. 8, p. 940-945, 1979.

- CHANG, Y. K.; SILVA, M. R.; GUTKOSKI, L.; SEBIO, L.; SILVA, M. A. A. P. Development of extruded snacks using jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) flour and cassava starch blends. **Journal Science Food Agriculture**, Hoboken, v. 78, p. 59-66, 1998.
- CHAZDON, R. L.; KAUFMANN, S. Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. **Functional Ecology**, London, v. 7, p. 385-394, 1993.
- COCKSHULL, K. E. Crop environment. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 312, p. 77-85, 1992.
- COELHO-FILHO, M. A; ANGELOCCI, L. R.; ROJAS, J. S. D.; CAMPECHE, L. F. S. M.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida "Tahiti". **Revista brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 265-274, 2004.
- CORNIC, G., PAPGEORGIOU, I.; LOUASON, G. Effect of a rapid and a slow drought cycle followed by rehydration on stomatal and non-stomatal components of leaf photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 126, p. 309-318, 1987.
- CÔRREA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. 6 v. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1984.
- COWAN, I. R. Stomatal behavior and environment. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 4, n. 15, p. 117-228, 1977.
- CRANE, W. J. B.; RAISON, R. J. Removal of phosphorous in logs when harvesting *Eucalyptus delegatensis* and *Pinus radiata* forests on short and long rotations. **Australian Forestry**, Canberra, v. 43, n. 4, p. 253-260, 1981.
- CUI, M.; VOGELMANN, T. C.; SMITH, W. K. Chlorophyll and gradients in sun and shade leaves of *Spinacia oleracea*. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 14, n. 5, p. 493-500, 1991.
- CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal**. Parte II - Órgãos, Experimentos e interpretação. 2. ed. São Paulo, Tradução Roca, 1987. 336 p.
- DAÍ, Z.; EDWARD, G. E.; KU, M. S. B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (*Castor bean*) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 99, p. 1426-1434, 1992.
- DALE, J. E. How do leaves grow? **BioScience**, Washington , v. 42, p. 423-432, 1992.
- DALMAGO, G.A. **Evapotranspiração máxima e sua modelagem para a cultura do pimentão em estufa plástica**. 2001. 166 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DALSASSO, L. C. **Consumo de água e coeficiente de cultura do tomateiro (*Lycopersicum esculentum* M.) e do pepino (*Cucumis sativum* L.) cultivados em estufas plásticas.** 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Photoinhibition of photosynthesis in *Mimosa pudica* and *Swietenia macrophylla* inferred by monitoring the initial fluorescence. **Photosynthetica**, Prague, v. 44, p. 235-240, 2006.

DINIZ, M. C. M. M. **Desenvolvimento e rebrota da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob estresse hídrico, em associação com fungos micorrízicos - *Bradyrhizobium*.** 1999. 78 f. Dissertação (Mestrado em Solos)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

DRUMOND, M. A.; SILVA, A. F.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L. Distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do médio Rio Doce – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 187-199, 1997.

EAMES, A. J.; MACDANIELS, L. H. **An introduction to plant anatomy.** 2. ed. New York.: McGraw-Hill Book Company, 1947. 427 p.

EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A. Leaf hairs: effect on physiological activity and adaptative value to a desert shrub. **Oecologia**, Dordrecht, v. 37, p. 183-200, 1978.

ELDRIDGE, K.; DAVISON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, C. **Eucalypt: domestication and breeding.** New York: Oxford University, 1993. 288 p.

ELIAS, S. R. M.; ASSIS, R. M.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; REZENDE, M. H. Leaf anatomy in young plants of *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 169-174, 2003.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 550 p.

ESPÍRITO SANTO, A.; PUGIALLI, H. R. L. Estudo da Plasticidade Anatômica Foliar de *Stromanthe thalia* (Vell.) J.M.A. Braga (Marantaceae) em Dois Ambientes de Mata Atlântica. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 76/77, p. 109-124, 1999.

FAHN, A. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. **Annals of Botany**, Oxford, v. 57, p. 631-637, 1986.

FAHN, A. **Plant Anatomy.** 4. ed. New York: Pergamon, 1990. 588 p.

FAHN, A.; CUTLER, D. **Xerophytes.** Encyclopedia of plant taxonomy. Berlim: Gebruder Borntraeger, 1992. 176 p.

FARQUHAR, G. D.; WONG, S. C. An empirical model. **Plant Physiology**, Collingwood, v. 11, n. 3, p. 191-210, 1984.

FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis nativos do cerrado em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p. 9-18, 1980.

FERREIRA, A. G.; JOÃO, K. H. L.; HEUSER, E. D. Efeitos da escarificação sobre a germinação e do pH no crescimento de *Acacia bonariensis* Grill e *Mimosa bimucronata* (D.C.) O.K. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 4, p. 63-65, 1992.

FERREIRA, L. G. R. **Fisiologia vegetal: Relações Hídricas**. Fortaleza: EUFC, 1992. 138 p.

FERREIRA, L.; CHALUB, D.; MUXFELDT, R. Ipê-amarelo. *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, Manaus, n. 5, p. 1-2, 2004.

FERRI, M. G. Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. **Botânica**, São Paulo, v.4, p. 161-224, 1944.

FERRI, M. G. (Coord.) **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1985. v. 1. 362 p.

FERRI, M. G.; COUTINHO, L. M. Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação, em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás). **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP**, Botânica, São Paulo, v. 15, p. 103-150, 1958.

FRANCO, A. C.; LÜTTGE, U. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 131, p. 356-365, 2002.

FRANCO, A. C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (Eds.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. 1. ed. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, 2005. p. 179-196.

FRANCO, A. C. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. **Plant Ecology**, Oxford, v. 136, p. 69-76, 1998.

FREITAS, G. D.; SIQUEIRA JUNIOR, L. Avaliação do programa de pesquisas sobre meio ambiente em empresas florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1993. Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1993. p. 108-118.

GARCIA, C. H.; PIMENTEL-GOMES, F. Forest outlines of Brazil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 67, p. 105-117, 1992.

GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M.D (Ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: Unesco, 1996. p. 59-129.

GAVILANTES, M. L.; BRANDÃO, M. Frutos, folhas e raízes de plantas do Cerrado, suas propriedades medicinais, tendo como veículo a cachaça. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 173, p. 40-44, 1992.

- GHOLZ, H. L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 1-18, 1990.
- GIBBS, P. E.; OLIVEIRA, P. E.; BIANCHI, M. B. Postzygotic control of selfing in *Hymenaea stigonocarpa* (Leguminosae-Caesalpinioideae), a batpollinated tree of Brazilian Cerrados. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 160, n. 1, p. 72-78, 1999.
- GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia vegetal**. 2. ed. atual. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 438 p.
- GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.
- GONÇALVES, A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo de atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 353-358, 2005.
- GORTON, H. L. Stomates and pulvini: a comparison of two rhythmic turgor-mediated movement systems. In: SATTER, R. L.; GORTON, H. L.; VOGELMANN, T. C. (Eds) **The Pulvinus: Motor Organ for Leaf Movement**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1990. p. 214-237.
- GOVINDJEE. Sixty-three years since Kautsky: Chlorophyll a fluorescence. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 22, p. 131-160, 1995.
- GREENWOOD, E. A. N.; BERESFORD, J. D.; BARTLE, D. J. R.; BARRON, R. J. W. Evapotranspiration from vegetation in landscape developing secondary salinity using the ventilated chamber technique. IV- Evaporation from a regenerating forest of *Eucalyptus wandoo* on land formerly cleared for agriculture. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 357-366, 1982.
- GRIEVE, M. **A Modern Herbal**. The medicinal, culinary, cosmetic and economic properties, cultivation and folklore of herbs, grasses, fungi, shrubs, and trees with all their modern scientific uses. Penguin: London, 1977. 912 p.
- GUERRA, C. **Meio ambiente e trabalho no mundo do eucalipto**. 2. ed. Belo Horizonte: Associação Agência Terra, 1995. 142 p.
- GUTSCHICK, V. P. Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure - research reviews. **New Phytologist**, Oxon, v. 143, p. 3-18, 1999.
- HAEHNEL, W.; NAIRN, J. A.; REISBERG, P.; SAUER, K. Picosecond fluorescence kinetics and transfer in chloroplast and algae. **Biochemistry and Biophysical Acta**, Amsterdam, v. 680, n. 1, p. 161-173, 1982.

HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, L. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 8, p. 1021-1030, 2002.

HAO, L.; LIANG, H.; WANG, Z.; LIU, X. Effects of water stress and rewatering on turnover and gene expression of photosystem II reaction center polypeptide D1 in *Zea mays*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 26, p. 375-378, 1999.

HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; SAGGIN, S. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 2 – Efeito da espécie cultivada e da época do ano nos valores obtidos com minitanques. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, p. 35-41, 2001.

HERNANDEZ, F. B. T. **Determinação do consumo de água na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) na região de Jaboticabal-SP.** 1991. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agroomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Prof. Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1991.

HIKOSAKA, K. Modeling optimal temperature acclimation of photosynthetic apparatus in C₃ plants with respect to nitrogen use. **Annals of Botany**, Oxford, v. 80, p. 721-730, 1997.

HIRSCHMANN, G. S.; ARIAS, A. R. A survey of medicinal plants of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, London, v. 29, p. 159-172, 1990.

HOEFLICH, V. A. **Planejamento estratégico para o desenvolvimento florestal brasileiro: 504 anos de espera, até quando?** 2005. Disponível em: <<http://www.ibps.com.br/index.asp/>>. Acesso em: 10 agosto 2005.

HOEHNE. **Botânica e Agricultura no Brasil no Século XVI.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1937. p. 171-255.

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. **Journal of Ecology**, London, v. 91, p. 475-484, 2003.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology.** 2. ed. New York: John Willy & Sons, 1999. 512 p.

HOSOKAWA, R. H. Evolução científica e tecnológica do manejo de florestas equiâneas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade de Investigação Florestal, 1999. p. 90-102.

HUANG, B.; JOHNON, J. W.; NESMITH, S.; BRIDGES, D. C. Growth, physiological and anatomical response of two wheat genotypes to water logging and nutrient supply. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 45, n. 271, p. 193-202, 1994.

INOUE, M. T.; RIBEIRO, F. A. Fotossíntese e transpiração em clones de *Eucalyptus* sp e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 40, p. 15-20, 1988.

- INOUE, M. T. Estudo comparativo da Fotossíntese, Transpiração e Resistência Difusiva em clones jovens de *Populus Nigra* e *P. Trichocarpa*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 25-29, 1989.
- INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 2007. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>>. Acesso em: 25 junho 2007.
- IVANOVA, L. A.; P'YANKOV, V. I. Structural adaptation of the leaf mesophyll to shading. **Russian Journal of Plant Physiology**, Moscow, v. 49, n. 3, p. 419-431, 2002.
- JACKSON, L. W. R. Relation of leaf structure to shade tolerance of dicotyledonous tree species. **Forest Science**, New Brunswick, v. 13, n. 3, p. 321-323, 1967.
- JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.
- JENSEN, M. E. **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1973. 215 p.
- JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1940. 523 p.
- JONES, H. G. **Plants and microclimate – a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 428 p.
- JUSTO, C. F.; SOARES, A. M.; GAVILANES, M. L.; CASTRO, E. M. Plasticidade anatômica das folhas de *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, p. 112-123, 2005.
- JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento**. BNDES setorial, n. 16, p. 3-30, 2002.
- KAPLAN, J. The ecology of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn in Israel. **La-Yaaran**, Ilanot, n. 24, p. 1-2, 1974.
- KARSCHON, R. The effect of coppice cutting on the water balance of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **The Israel Journal of Agriculture Research**, Bet- Dagan, v. 21, n. 3, p. 115-126, 1971.
- KAUFMANN, M. R. Evaluation of season, temperature, and water stress effects on stomata using a leaf conductance model. **Plant physiology**, Minneapolis, v. 69, p. 1023-1026, 1982.
- KITAJIMA, K. Relative importance of photosynthesis traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia**, Dordrecht, v. 98, p. 419- 428, 1994.

KLICH, M. G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 44, n. 3, p. 171-183, 2000.

KÖRNER, C.; JUDITH, A.; SCHEEL, A.; BAUER, H. Maximum leaf diffusive conductance in vascular plants. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 45-82, 1979.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY S. G. **Growth control in woody plants**. San Diego: American Press, 1997. 254 p.

KRAMER, P.J. **Plant and soil water relationships: a modern synthesis**. New York: McGraw-Hill, 1969. 538 p.

KRAUS, J. E; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997. 198 p.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Boca Raton, v. 42, p. 313-349, 1991.

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: **Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress**. Nebraska: INTSORMIL, 1993. p. 65-79.

KUNDU, S. K.; TIGERSTEDT, P. M. A. Variation in net photosynthesis, stomatal characteristics, leaf area and whole plant phytomass production among ten provenances of neem (*Azadirachta indica*). **Tree Physiology**, Victoria, n. 19, p. 47-52, 1998.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. C.; SALGADOLABOURIAU, M. L. Transpiração de *Shizolobium parahyba* (Vell.) Toledo. I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, p. 237-258, 1961.

LADEIRA, H. **Quatro décadas de Engenharia Floresta no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: - Ecosistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LAWLOR, D. W. The effects of water deficit on photosynthesis. In: SMIRNOFF, N. (Ed), **Environmental and Plant Metabolism-Flexibility and Acclimation**. Oxford: Bios Scientific Publisher, 1995. p. 129-160.

LAW, R. D.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 120, n. 1, p. 173-181, 1999.

- LAZARINI, R. A. M. **Ipê Amarelo**. Disponível em:
<<http://www.floraefauna.com/plantamesagosto.htm>>. Acesso em: 17 abril 2007.
- LEE, D. W.; OBERBAUER, S. F.; JOHNSON, P.; KHIRNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S. K. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 87, n. 4, p. 447-455, 2000.
- LEE, Y.; LANGENHEIM, J. H. **Systematics of the genus *Hymenaea* L. (Leguminosae, Caesalpinoideae, Detarieae)**, Berkeley: University of California Publications in Botany, n. 69, p. 1-69, 1975.
- LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.
- LEROY, J. P. **A dívida ecológica brasileira. Quem deve a quem?** Julho/2000. Disponível em: <<http://www.brasil sustentavel.org.br/debate/6/debate6a.rtf>>. Acesso em: 01 dezembro 2007
- LIMA, W. P. Hidrologia de florestas implantadas. EMBRAPA, **XV Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais**. Curitiba, 1984. 12 p.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1993. 302 p.
- LIMA, W. P. **Consumo de Água por Espécies Florestais**. Disponível em:
<<http://lcf.esalq.usp.br/lhf/apostila/cap08.pdf>>. Acesso em: 01 dezembro 2007.
- LLERAS, E. Differences in stomatal number per unit area within the same species under different microenvironmental conditions: a working hypothesis. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 7, p. 473-476, 1977.
- LIMA JUNIOR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 33-41, 2006.
- LONG, S. P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P. G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 45, p. 633-662, 1994.
- LOPES, C. Mejoramiento genético em *Eucalyptus camaldulensis* y *Prosopis*. III. In: **Mejores Árboles Para Más Forestadores -El Programa de Producción de Material de Propagación Mejorado y el Mejoramiento Genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo**. Edición: Carlos A. Norverto . Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos – SAGPyA. Buenos Aires – Argentina. 2007. Disponível em:
<<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/indiproj/forestar.htm>>. Acesso em: 01 dezembro 2007

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. v. 1, 352 p.
- LORENZI, H.; MATOS, J. A. **Plantas Medicinais, no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 544 p.
- LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S. O., YAMADA, T. (Eds). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1987. p. 1-11.
- LUTTGE, U. Interaction of stress factors and the midday-depression in plants with C3 – photosynthesis. **Physiological Ecology of Tropical Plants**, New York, p. 122-124, 1997.
- MACAU, C. **Projeto Sonhem: Monitoramento e Formação Ambiental nos Cerrados Maranhenses**. Relatório Técnico. Programa de Pequenos Projetos Ecosociais/PPP/ECOS, 2006. 35 p.
- MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, Campinas, v. 53, p. 141-149, 1994.
- MAESTRI, R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Manejo Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. v. 1, p. 331-350.
- MAINIERI, C. **Madeiras brasileiras: características gerais, zonas de maior ocorrência, dados botânicos e usos**. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1970. 109 p.
- MAPFUMO, E.; CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A.; BARON, V. S.; Forage growth and yield components as influenced by subsurface compaction, **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, p. 805-812, 1998.
- MARQUES, A. R.; GARCIA, Q. S.; FERNANDES, G. W. Effects of sun and shade on leaf structure and sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. **Boletim Botânico Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 18, p. 21-27, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MATTOS, E.A. **Trocas gasosas em folhas de três espécies arbóreas do cerrado da Fazenda Canchim, São Carlos (SP): a disponibilidade hídrica durante a estiagem de inverno limita a abertura estomática?**. 1992. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992.

MATTOS, E. A. Perspectives in comparative ecophysiology of some Brazilian vegetation types: leaf CO₂ and H₂O gas exchange, chlorophyll a fluorescence and carbon isotope discrimination. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 1-22, 1998.

MATTOS, E. A.; LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Overnight rainfall inducing rapid changes in photosynthetic behaviour in a Cerrado woody species during a dry spell amidst the rainy season. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 50, p. 1-6, 2002.

MAUSETH, J. D. **Plant anatomy**. Menlo Park, Benjamin Cummings. 1988. 560 p.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 659-668, 2000.

MC DERMIT, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 12, p. 1538-1548, 1990.

MEDINA, E., GARCIA, V.; CUEVAS, E. Sclerophylly and oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forest of the upper Rio Negro region. **Biotropica**, Lawrence, v. 22, p. 51-64, 1990.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira “Valência” sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 11, p. 29-34, 1999.

MEDRI, M. E.; LLERAS, E. Aspectos da anatomia de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell Arg. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 10, n. 3, p. 463-493, 1980.

MEINZER, F. C.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. C.; BUSTAMANTE, M.; IGLER, E.; JACKSON, P.; CALDAS, L.; RUNDEL, P. W. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian Cerrado woody species. **Functional Ecology**, London, v. 13, p. 273-282, 1999.

MEIRA-NETO, J. A. A.; SILVA, A. F. **Caracterização dos fragmentos florestais das áreas de influência e diretamente afetada da UHE de Pilar, Vale do rio Piranga, Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 57 p.

MENDES, M. M.; GAZARINI, L. C.; RODRIGUES, M. L. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments - effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 45, n. 2, p. 165-178, 2001.

MENDONÇA, R. C. FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1998. p. 289-556.

- MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (org.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas, Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2000.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. 2. ed. Systematic anatomy of leaf and stem with a brief history of the subject. Oxford, Clarendon Press, 1979. v. 1. 41 p.
- METCALFE, C. R. Secreted mineral substances crystals. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. (Eds.). **Anatomy of dicotyledons**. Systematic anatomy of leaf and stem. Oxford: Clarendon Press, 1989. v. 2, p. 82-89.
- MILANEZ, F. R. Nota sobre a anatomia da folha de *Coccoloba cereifera* Schwacke. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 26, p. 23-39, 1951.
- MONTAGININI, F.; SANCHO, F. Nutrient budgets of young plantations with native trees: strategies for sustained management. In: BENTHEY, W.; GOWEN, M. (Eds.). **Forest sources and wood-based biomass energy as rural development assets**. New Delhi: Oxford & IBH Publishing. 1994. p. 213-233.
- MONTERO, J. I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E.; BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 170, p. 227-234, 1985.
- MORAES, J. A. P. V.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water relations in Cerrado vegetation. In: Scarano, F. R.; FRANCO, A. C. (Eds.). Ecophysiological Strategies of Xerophytic and Amphibious Plantas in the Neotropics. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 45-63, 1998.
- MORAES, J. A. P. V.; PEREZ, S. C. J. G. A.; CARVALHO Jr, L. F. Curso diário e sazonal do potencial da água e da resistência estomática em plantas de um cerrado. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 27, p. 13-23, 1989.
- MORONI, M. T.; NORLEDGE, D.; BEADLE, C. L. Root distribution of *Eucalyptus nitens* and *E. globules* in irrigated and droughted soil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 177, p. 399-407, 2003.
- MORRETES, B. L. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do Cerrado II. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, São Paulo, v. 22, p. 207-244, 1967.
- MORRETES, B. L. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do Cerrado III. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, São Paulo, v. 24, p. 732, 1969.
- MORRETES, B. L.; FERRI, M. G. Contribuição ao estudo da anatomia de folhas de plantas do Cerrado. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, São Paulo, v. 16, p. 7-70, 1959.

MUNNS, R. Why measure osmotic adjustment? **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 15, p. 717-726, 1988.

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 173-179, 2001.

NASCIMENTO, E. A.; OLIVEIRA, L. E. M.; CASTRO, E. M.; DELU-FILHO, N.; MESQUITA, A. C.; VIEIRA, C. V. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, 2006.

NAVES-BARBIERO, C. C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p. 119-134, 2000.

NAVES, V. L.; ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, L. E. M. Comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 408-414, 1994.

NOBEL, P. S. **Plant Physiology**. 2. ed. California: Academic Press, 2001. 374 p.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and Environmental Plant Physiology**. San Diego: Academic Press, 1991. 635 p.

NOCE, R.; SILVA, M. L.; CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S. Concentração das exportações no mercado internacional de madeira serrada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 431-437, 2005.

NOGUEIRA, J. C. B. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. **Boletim Técnico Instituto Florestal**, São Paulo, n. 24, p. 1-17, 1977.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 57, n. 1, p. 31-38, 2002.

OBERBAUER, S. F.; STRAIN, B. R. Effects of canopy position and irradiance on the leaf physiology and morphology of *Pentaclera macroloba* (Mimosaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 73. n. 3, p. 409-416, 1986.

OGREN, E.; OQUIST, G. Photoinhibition of photosynthesis in *lemna-gibba* as induced by the interaction between light and temperature. Photosynthetic electron-transport. **Physiologic Plantarum**, Copenhagen, v. 62, n. 2, p. 187-192, 1984.

OLBRICH, B. W.; ROUX, D.; P O U L T E R A, A. G.; BOND, W. J.; STOCK, W. D. Variation in water use efficiency and ¹³C levels in *Eucalyptus grandis* clones. **Journal of Hydrology**, San Diego, v. 150, p. 615-633, 1993.

OLIVEIRA, F. L. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*):** adubação orgânica, adubação verde e consorciação. 2001. 87 f. Tese (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparison of shade and sun plants. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. (Eds.). **Photoinhibition of photosynthesis: from mechanisms to the field**. Oxford: Bioscience Scientific, 1994. p. 1-24.

OLBRICH, B.W., ROUX, D.; POULTER, A. G. Variation in use efficiency and G 13C levels in *Eucalyptus grandis* clones. **Journal of Hydrology**, San Diego, v. 150, p. 615-633, 1993.

OLIVEIRA, C. R. M.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; MACEDO, R. L. G. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 197-206, 2006.

PAIVA, A. V.; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 141-151, 2000.

PAPADOPOULOS, A. P.; PARARAJASINGHAM, S.; SHIPP, J. L.; JARVIS, W. R.; JEWETT, T. J.; CLARKE, N. D. Integrated management of greenhouse vegetable crops. **Horticultural Reviews**, New York, v. 21, p. 1-39, 1997.

PAULA, N. F. **Capacidade fotossintética, deciduidade e teor de nitrogênio e fósforo em espécies lenhosas do Cerrado**. 2002. 121 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

PAVIANI, T. I. Anatomia vegetal e Cerrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 30, p. 1076-1086, 1978.

PEARCY, R. W.; SCHULZE, E. D.; ZIMERMANN, R. Measurement of transpiration and leaf conductance. **Plant Physiology**. Minneapolis: Ed. Chapman and Hall, 1991. 457 p.

PENTEADO, M. B. **Evolução de um programa universidade-empresa de pesquisa florestal cooperativa**. 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia, fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002. 478 p.

PEREIRA, J. S.; KOZLOWSKI, T. T. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* seedlings. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 54, p. 2868-2880, 1976.

PEREIRA NETO, A. B.; HAY, J. D. Fotossíntese em *Caryocar brasiliense* no Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 9, p. 259-262, 1986.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Efeito da geada sobre as relações hídricas em plantas do Cerrado. **Anais do Seminário Regional de Ecologia III**, São Carlos, p. 277-283, 1983.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 27-37, 1991a.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Curso diário e sazonal do potencial da água e da condutância estomática em espécies de cerradão. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 51, n. 4, p. 805-811, 1991b.

PEZZOPANE, J. R. M. **Avaliações microclimáticas, fenológicas e agronômicas em café a pleno sol e consorciado com banana 'prata anã'**. 2004. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Física do Ambiente)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEZZOPANE, J. E. M. **Caracterização microclimática, ecofisiológica, fitossociológica em uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG**. 2001. 225 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

PIEL, C.; FRAK, E.; ROUX, X.; GENTY, B. Effect of local irradiance on CO₂ transfer in walnut. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 379, p. 2423-2430, 2002.

PINZÓN-TORRES, J. A. **Aspectos da fotossíntese e da assimilação do nitrogênio em quatro espécies de Leguminosas arbóreas tropicais**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

POORTER, H.; REMKES, C.; LAMBERS, H. Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. **Plant Physiology**, Palo Alto, v. 94, p. 621-627, 1990.

PORTES, T. A.; GUIMARÃES, C. M. **Potômetro de Ganong modificado para determinar o consumo de água pelas plantas**. Goiânia: Embrapa/CNPAF, 1984. (Pesquisa em andamento, número 45).

PORTES, T. A. **Apostila de fisiologia vegetal**. Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas-UFG/ICB, Goiânia. 1997.

PORTES, T. A. **A emissão da fluorescência pela clorofila “a” e o balanço de O₂ como parâmetros para determinação da variabilidade genética condicionantes da produtividade em feijão *Phaseolus vulgaris* L.** 1990. 82 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

PORTES, T. A.; CASTRO JUNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: Um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, p. 53-56, 1991.

POWLES, S. B. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p. 15-44, 1984.

PRADO, C. H. G. A.; WENHUI, Z.; ROJAS, M. H. C.; SOUZA, G. M. Seasonal leaf gas exchange and water potential in a woody Cerrado species community. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 7-16, 2004.

PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, Prague, v. 33, p. 103-112, 1997.

PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V., MATTOS, E. A. Gas exchange and leaf water status in potted plants of *Copaifera langsdorffii*. 1. Responses to water stress. **Photosynthetica**, Prague, v. 30, n. 2, p. 207-213, 1994.

PRADOS, N. C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. 1986. 195 f. Tesis (Doutorado em Fitotecnia) - Caja Rural Principal, Almería, Espana, 1986.

PRYOR, L. D. **The biology of eucalyptus**. London: Edward Arnold, 1976. 82 p.

PYYKKÖ, M. The leaf anatomy of East Patagonian xerophytic plants. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 3, p. 453-622, 1966.

QURASHI, M. A.; KRAMER, P. J. Water stress in three species of Eucalyptus. **Forest Science**, New Brunswick, v.16, n. 1, p. 74-78, 1970.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; SILVA, J. C. S.; FAGG, C. W.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex. Hayne, sob diferentes condições de sombreamento. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 23, n. 77, p. 37-42, 2003.

RATTER, J. A., BRIDGEWATER, S., ATKINSON, R.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 53, n. 2, p. 153-180, 1996.

RAWAT, P. S.; GUPTA, B. B.; RAWAT, J. S. Transpiration as affected by soil moisture in *E. tereticornis* seedlings. **Indian Forester**, Forest Research Institute, Dehra Dun, v. 110, n. 1, p. 35-39, 1984.

REICH, P. B.; WALTER, M. B.; ELLSWORTH, D. S. From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. **Ecology**, Washington, v. 94, p. 13730-13734, 1997.

REIFSNYDER, W. E.; LULL, H. W. **Radiant energy in relation to forests**. USDA Forest Service. Technical Bulletin, v. 1344, p. 63-95, 1965.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Série técnica, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.

REIS, G. G.; HALL, A. E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 43-55, 1987.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.

REISSER JÚNIOR, C.; BURIOL G. A. Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa plástica e ambiente natural, em duas épocas do ano. **Hortisul**, Pelotas, v. 3, n. 4, p. 15-20, 1996.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1988. 525 p.

REMADE. Características Intrínsecas da Madeira. In: Eucalipto a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, n. 59, v. 11, 2001.

REZENDE, J. L. P. Evolução da ciência e da pesquisa florestal no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, Belo Horizonte, 1993. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1993. p. 44-71.

RIBAS, F.; CABELLO, M. J.; MORENO, M. M. Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) a distintas dosis de riego. **Investigation Agronomy**, Producción Y Protección Vegetal, Córdoba, v. 15, n. 3, p. 196-212, 2000.

RICHARDSON, A. D.; BERLYN, G. P.; ASHTON, P. M. S.; THADANI, R.; CAMERON, I. R. Foliar plasticity of hybrid spruce in relation to crown position and stand age. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 78, n. 3, p. 305-317, 2000.

RICHARDSON, A. D.; ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P.; MCGRUDDY, M. E.; CAMERON, I. R. Within-crown foliar plasticity of Western Hemlock, *Tsuga heterophylla*, in relation to stand age. **Annals of Botany**, Oxford, v. 88, n. 6, p. 1007-1015, 2001.

RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 2000. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 16th April 2006. Disponível em: <<http://delta-intkey.com>>. Acesso em: 16 abril 2006.

RIGHI, E. Z.; ANGELOCCI, L. R.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B. Transpiração do tomateiro cultivado em estufa plástica e suas relações com a radiação solar e déficit de saturação do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 9-18, 2002.

RIZZINI, C. T. Experimental studies on seedling development of Cerrado woody plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 52, n. 3, p. 410-426, 1965.
RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo: EDUSP, 1976. 207 p.

ROBERTS, J.; PITMAN, R. M.; WALLACE, J. S. A comparison of evaporation from stands of scots pine and corsican pine in Thetford Chase, East Anglia. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 19, p. 858-872, 1982.

RODRIGUEZ, L. C. E.; SEIXAS, F.; SILVA-JUNIOR, F. G.; GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LIMA, J. O. B. P.; AMARAL, W. A. N; FREITAS, A. R. H. R. **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro: diagnóstico, prioridades e modelos de financiamento**. Relatório final. Piracicaba: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. 12p.

ROSENBERG, N. J.; MCKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and a simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 47, p. 303-320, 1989.

RUTTER, A. J. Water consumption by forests. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Water Deficits and Plant Growth**. New York: Academic Press, v. 2, 1968. p. 23-84.

RUTTER, R. A. **Catálogo de Plantas Úteis de la Amazonia Peruana**. Yarinacocho: Instituto Lingüístico de Verano, Peru, 1990. 349 p.

SADER, E. De olho na crise da água. **Revista Eco 21**, Rio de Janeiro, ano XV, n. 101, 2005.

SALATINO, A.; MONTENEGRO, G.; SALATINO, M. L. F. Microscopia eletrônica de varredura de superfícies foliares de espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 9, p. 117-124, 1986.

SAMÔR, O. J. M; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2002.

SANDS, R.; MULLIGAN, D. R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 30, p. 91-111, 1990.

- SANTOS FILHO, B. G. **Parâmetros biofísicos e fisiológicos associados à economia da água em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) submetidas à estresse hídrico**. 1984. 158 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal-Fisiologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1984.
- SANTOS, M. C.; PAIVA, S. N. Os Sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 12, p. 135-141, 2002.
- SARMIENTO, G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. Adaptive strategies of woody species in neotropical savanas. **Biological Review**, Cambridge, v. 60, p. 315- 355, 1985.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth Publishing Co, 1992. 682 p.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT: **Guide version 6**. 3. ed. Cary, NC, SAS Institute. 1990.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **O Setor Florestal Brasileiro: fatos e números 2003**. São Paulo, 2003. p. 3.
- SCARPINELLA, G. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Kyoto**. 2002. 182 f. Dissertação (Mestrado em Energia)-Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003.
- SCHULTES, R. E.; RAFFAUF, R. F. **The Healing Forest: Medicinal and Toxic Plants of the Northwest Amazonia**. Oregon: Dioscorides Press, 1990. 484 p.
- SCHLUTER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (*sdd1-1*) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.
- SCHULZE, E. D. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. **Annual Review of Plant Physiology**, California, v. 37, p. 247-274, 1986.
- SCHULZE, E. D. Soil, water deficits and atmospheric humidity as environmental signals. In: SMITH, J. A.C.; GRIFFITHS, H. **Water deficits: plant responses from cell to community**. Oxford: BIOS Scientific Publisher, 1993. p. 98-125.
- SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

- SEGOVIA, J. F. O.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de estufas de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 37-41, 1997.
- SENA GOMES, A. R.; KOZLOWSKI, T. T. Physiological and growth responses to flooding of seedlings of *Hevea brasiliensis*. **Biotropica**, Washington, v. 20, p. 286-296, 1988.
- SIEBENEICHLER, S. C.; SANT'ANNA, R.; MARTINEZ, C. A.; MOSQUIM, P. R.; CAMBRAIA, J. Alterações na fotossíntese, condutância estomática e eficiência fotoquímica induzida por baixa temperatura em feijoeiros. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 37-44, 1996.
- SILVA, F. C. **Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um Cerrado**. 1990. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia)-Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1990.
- SILVA, J. C. Eucalipto – A Madeira do futuro. **Revista da Madeira**. Curitiba, 2001. 114 p.
- SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do cerrado: guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.
- SILVA JÚNIOR, G. S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Botânica)-Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- SILVA, W.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, L. H. L. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, submetidos a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 1/2, p. 3-16, 1997.
- SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 25-34, 1998.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 176-182, 2001.

- SILVA, E. S. A.; FIGUEIREDO, F. J. C.; FERREIRA, C. S.; ROCHA NETO, O. G. Condutância estomática e transpiração de cupuaçuzeiros cultivados ao sol e à sombra. EMBRAPA, CPATU. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: CENTUR, 2002. CD-ROM.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO-NETO; A. D.; BRITO. J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO-NETO; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-246. 2003.
- SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2000. 135 p.
- SIMÕES, M. O. M.; LOPES, P. S. N.; OLIVEIRA, M. N. S.; FONSECA-JUNIOR, E. M.; RIBEIRO, L. M. Estudo anatômico do Mesófilo Foliar de *Albizia* spp (Leguminosae / Mimosoidea). **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 5, n. 1, p. 1-9, 2003.
- SIMS, D. A.; SEEMANN, J. R.; LUO, Y. Elevated CO₂ concentration has independent effects on expansion rates thickness of soybean leaves across length and nitrogen gradients. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, n. 320, p. 583-591, 1998.
- SINGH-SANGWAN, N.; FAROOQI, A. H. A; SINGH-SANGWAN, R. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. **New Phytology**, Cambridge, v. 128, p. 173-179, 1994.
- SIQUEIRA, J. C. **Utilização popular das plantas do Cerrado**. São Paulo: Edições Loyola, 1981. 60 p.
- SIQUEIRA, J. C. **Plantas medicinais: identificação e uso das espécies dos cerrados**. São Paulo: Edições Loyola, 1988. 39 p.
- SHARPE, P. J. H. Adaxial and abaxial stomatal resistance of cotton in the field. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 570-574, 1973.
- SOARES, C. P. B. **Um modelo para o gerenciamento da produção de madeira em plantios comerciais de eucalipto**. 1999. 71 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- SOBRADO, M. A.; MEDINA, E. General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the “bana” vegetation of Amazonas. **Oecologia**, Oxford, v. 45, p. 41-345, 1980.

- SOJKA, R. E.; PARSONS, J. E. Soybean water status and canopy microclimate relationships at four row spacings. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 961-968, 1983.
- SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da mata atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 257-273, 1991.
- SOUZA, R. P. **Germinação, crescimento, atividade fotossintética e translocação de compostos de carbono em espécies arbóreas tropicais: estudo comparativo e influência de sombreamento natural**. 1996. 300 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)-Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- SOUZA, C. D. **Florística, Fitossociologia e Etnobotânica na Região do Entorno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil**. 1999. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)-Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.
- SOUZA; M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE; H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 399-410, 2006.
- SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T. Limitation of transpiration by hydraulic conductance and xylem cavitation in *Betula occidentalis*. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, p. 279-287, 1993.
- SUTCLIFFE, J. F. **As plantas e a água**. São Paulo: Edusp, 1980. 67 p.
- STANDLEY, L. A. Variation of stomatal distribution an *Carex aquatilis* (Cyperaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 73, n. 10, p. 1393-1399, 1987.
- STEWART, J. B. Evaporation from forest. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17., 1981, Kyoto. **Proceedings....** Tokyo: IUFRO, 1981. p. 129-138.
- STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 14, p. 28-38, 1987.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; **Fisiologia vegetal**, 3. ed. Artmed: Porto Alegre, 2004. 719 p.
- TAJCHMAN, S.; HADRICH, F.; LEE, R. Energy budget evaluation of the transpiration-pF relationship in a young pine stand. **Water Resources Research**, Washington, v. 15, n. 1, p. 159-163, 1979.
- TANNER, E. V. J.; KAPOV, V. Leaf structure of jamaican montane rain-forest trees. **Biotropica**, Saint Louis, v. 14, p. 16-24, 1982.

- TARDIEU, F.; KATERJI, N.; BETHONOD, O.; ZHANG, J.; DAVIES, W.J. Maize stomatal conductance in the field: its relationship with soil and leaf water potentials, mechanical constraints and ABA concentration in the xylem sap. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.14, p. 121–126, 1991.
- TARDIEU, F.; ZHANG, J.; GOWING, D.J.G. Stomatal control by both [ABA] in the xylem sap and leaf water status: a test of a model for droughted or ABA-fed fieldgrown maize. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, p. 413-420, 1993.
- TARDIEU, F.; DAVIES, W.J. Stomatal response to abscisic acid is a function of current plant water status. **Plant Physiology**, Rockville, v. 98, n. 2, p. 540-545, 1992.
- TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 149-159, 2007.
- TAKAHASHI, L. Y.; MARTINS, S. S. Desenvolvimento de espécies florestais do norte do Paraná a céu aberto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 7., 1993, Curitiba, **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 758.
- TAYLOR, H. M.; WILLAT, S. T. Shrinkage of soybean roots. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 818-820, 1983.
- TENHUNEN J. D.; PEARCY, R. W.; LANGE, O. L. Diurnal variation in leaf conductance and gas exchange in natural environments. In: ZEIGER, E.; FARQUHAR, G.; COWAN, I. (Eds) **Stomatal Function**. Stanford: Stanford University Press, 1987. p. 323-351.
- THOMAS, H. Drought resistance in plants. In: BASRA, A. S.; BASRA, R. K. **Mechanisms of environmental stress resistance in plants**. Amsterdam: Harwood Academic Publisher, 1997. p. 83-110.
- TRIBUZI, E. S. **Variações da temperatura foliar do dossel e o seu efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central**. 2005. 84 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- TOMLINSON, P. B. Studies in the systematic anatomy of the Zingiberaceae. **Journal of the Linnean Society**, London, v. 55, p. 547-592, 1956.
- TONELLO, K. C.; COTTA, M. K.; ALVES, R. R.; RIBEIRO, C. F. A.; POLLI, H. Q. **O Destaque Econômico do Setor Florestal Brasileiro**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 8 p.
- TURNER, I. M.; ONG, B. L.; TAN, H. Y. W. Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malaysian heath community. **Biotropica**, Saint Louis, v. 2, p. 2-12, 1995.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Histórico sobre a Universidade Federal do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: <http://www.ufpr.br/adm/templates/p_index.php?template=1&Cod=81&hierarquia=6.1.2> Acesso em: 21 abril 2007.
- VALADARES, F.; ALLEN, M. T.; PEARCY, R. W. Photosynthetic responses to dynamic light under field conditions in six tropical rainforest shrubs occurring along a light gradient. **Oecologia**, Oxford, v. 111, p. 505-514, 1997.
- VALANDRO, J.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 189-193, 1999.
- VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e Caracterização Energética da Madeira e Casca de Espécies do Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.
- VAN DER POST, C. J.; VAN-SHIE, J. J.; GRAAF, R. Basic problems of water relationship: energy balance and water supply in glasshouses in the West-Netherlands. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 35, p. 13-21, 1974.
- VAN KOOTEN, O.; SNEL, J. F. H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. **Photosynthesis Research**, Hage, v. 25, p. 147-150, 1990.
- VANNUCCI, A. L.; REZENDE, M. H. **Anatomia vegetal: noções básicas**. Goiânia: Edição do autor, 2003. 190 p.
- VARGUES, A. C.; CAMPO, J. L.; MONTEIRO, A. A. The effect of greenhouse double-roof on tomato growth and yield. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 357, p. 317-324, 1994.
- VENDRAMINI, F.; DÍAZ, S.; GURVICH, D. E.; WILSON, P. J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J. G. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. **New Phytologist**, Lancaster, v. 154, p. 147-157, 2002.
- VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1984.
- VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Óleo essencial de eucalipto. USP/ESALQ. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n. 17, 2003. 26p.
- VOGELMANN, T. C.; NISHIO, J. N.; SMITH, W. K. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science**, London, v. 1, p. 65-70, 1996.
- VOLK, G. M.; LYNCH-HOLM, V. J.; KOSTMAN, T. A.; GOSS, L. J.; FRANCESCHI, V. R. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. **Plant Biology**, Beltsville, v. 4, p. 4-45, 2002.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEL, E. R.; BARBOSA, J. C. Influência de algumas variáveis meteorológicas sobre a qualidade dos frutos de laranjeiras-‘Valência’ e ‘Natal’. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 85-94, 2000.

VOSE, J. M.; SWANK, W. T. Effect of long-term drought on the hydrology and growth of a white pine plantation in the southern Appalachians. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p. 25-39, 1994.

WALTER, H. **Ecology of tropical and subtropical vegetation**. Edinburg: Oliver & Boyd, 1971. p. 1-29.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J. M.; PIRES, I. E.; ANDRADE, H. B. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 187-192, 2000.

WESTOBY, M. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy schema. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 199, p. 213-227, 1998.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EDU/EDUSP, 1982. 103 p.

WILKINSON, H. P. The plant surface (mainly leaf). Part I: stomata. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons** – systematic anatomy of the leaf and stem. 2. ed. London: Oxford University Press, 1979. v.1, p. 97-117.

WILSON, P. J., THOMPSON, K.; HODGSON, J. G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. **New Phytology**, Cambridge, v. 143, p. 155-162, 1999.

WISE, R. R.; OLSON, A. J.; SCHRADER, S. M.; SHARKEY, T. D. Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown *Pima cotton* plants at high temperature. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 27, p. 717-724, 2004.

WHITEHEAD, D.; OKALI, D. U. U.; FASEHUN, F. E. Stomatal response to environmental variable in two tropical forest species during a dry-season in Nigeria. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 8, p. 571-587, 1981.

WONG, S. C.; COWAN, I. R.; FARQUHAR, G. D. Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity. **Nature**, London, v. 282, p. 424-426, 1979.

WOOLLONS, R. C.; SNOWDON, P.; MITCHELL, N. C. Augmenting empirical stands projections with edaphic and climatic variable. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 98, n. 3, p. 267-275, 1997.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D. D.; BARUCH, Z.; BONGERS, F.; CAVENDER-BARES, J.; CHAPIN, T.; CORNELISSEN, J. H. C.; DIEMER, M.; FLEXAS, J.; GARNIER, E.; GROOM, P. K.; GULIAS, J.; HIKOSAKA, K.; LAMONT, B. B.; LEE, T.; LEE, W.; LUSK, C.; MIDGLEY, J. J.; NAVAS, M.; NIINEMETS, U.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; POOT, P.; PRIOR, L.; PYANKOV, V. I.; ROUMET, C.; THOMAS, S. C.; TJOELKER, M. G.; VENEKLAAS, E. J.; VILLAR, R. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, London, v. 428, p. 822-828, 2004.

WU, J.; NEIMANIS, S.; HEBER, U. Photorespiration is more effective than the Mehler reaction in protecting the photosynthetic apparatus against photoinhibition. **Botanica Acta**, Berlin, v. 104, p. 283- 291, 1991.

WYLIE, R. B. Principles of foliar organization shown by sun-shade leaves, from ten species of deciduous dicotyledonous trees. **American Journal of Botany**, Baltimore, v. 38, n. 5, p. 355-361, 1951.

XAVIER, A.; COMÉRCIO, J.; IANNELLI, C. M. Eficiência da estaquia, da microestaquia e da micropropagação na clonagem de *Eucalyptus* spp. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALYPTUS, Salvador, 1997. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, v. 2, p. 40-45, 1997.

XAVIER, A.; COMÉRCIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.

YET, H. Y.; WENSEL, L. C.; TURNBLOM, E. C. An objective approach for classifying precipitation patterns to study climatic effects on tree growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 139, n. 1, p. 41-50, 2000.

YONG, J. W. H.; WONG, S. C.; FARQUHAR, G. D. Stomatal responses to changes in vapour pressure difference between the leaf and air. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 20, p. 1213-1216, 1997.

ZAHNER, R. Refinement of empirical functions for realistic soil moisture regions under forest cover. **International Symposium on Forest Hydrology**, New York, p. 261-274, 1967.

ZHANG, J.; TOAI, T. VAN; HUYNH, L.; PREISZNER, J.; VAN TOAI, T. Development of flooding-tolerant *Arabidopsis thaliana* by autoregulated cytokinin production. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 6, n. 2, p. 135-144, 2000.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505 p.

ANEXOS

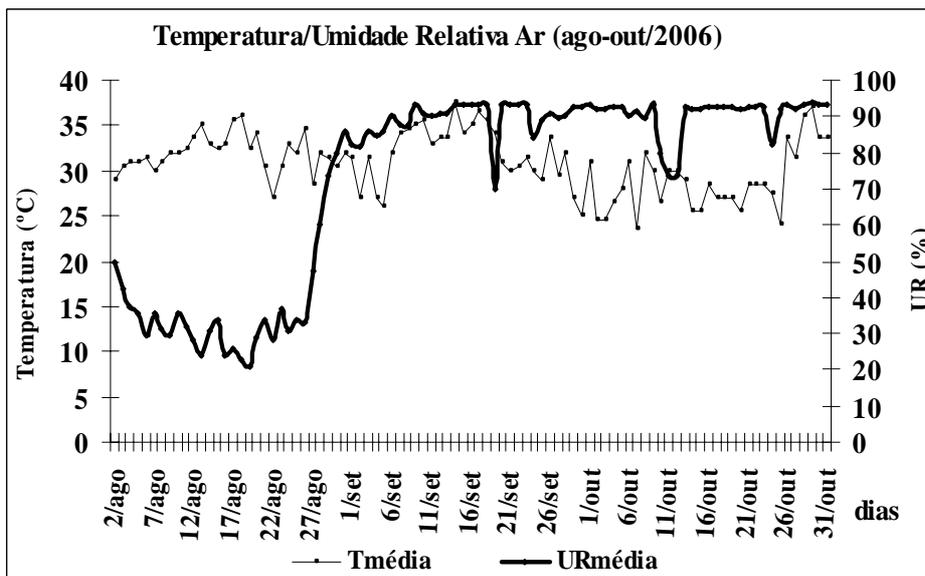


Anexo A. Espécies estudadas plantadas no Transpirômetro de equilíbrio - Fotos de *Tabebuia serratifolia* - ipê amarelo (A) e *Hymenaea stigonocarpa* - jatobá (B).

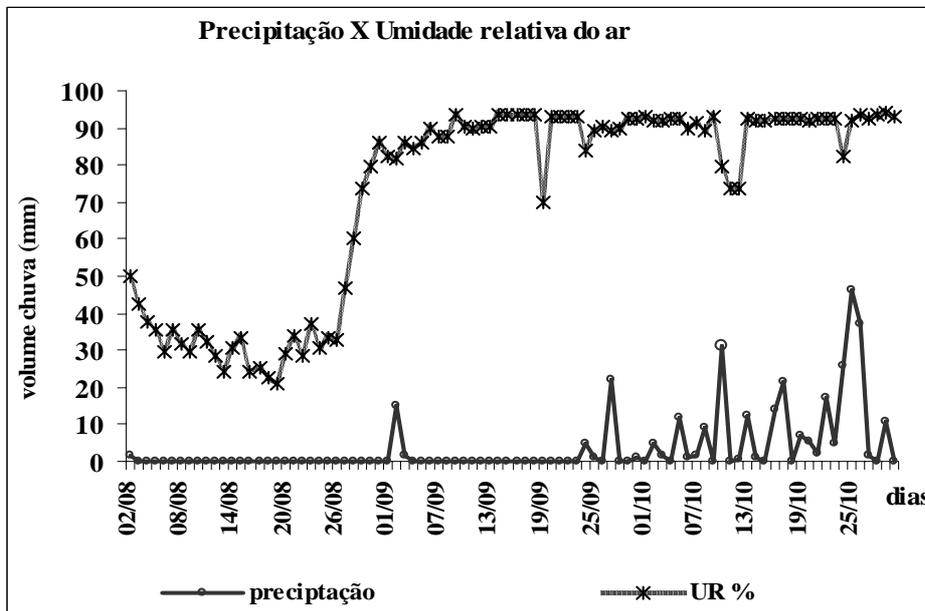


Anexo B. Espécies estudadas plantadas no Transpirômetro de equilíbrio - Fotos de *Myroxylum balsamum* - bálsamo (C), *E. camaldulensis* (D) e *E. citriodora* (E).

(a)



(b)



Anexo C. Medidas de Temperatura e Umidade Relativa do Ar na casa de Vegetação durante Ago-Out de 2006. (a) Temperatura (T°C) e Umidade Relativa do Ar (UR%); (b) Umidade do ar (UR%) e precipitação pluviométrica (mm) durante os meses de ago-out de 2006 em casa de vegetação (UR%) e precipitação pluviométrica (mm), dados referência da Estação Climatológica da UFG.

Anexo D. Área foliar das cinco espécies por repetição por dia ao longo de 12 semanas (ago-out/2006)

Área foliar (dm ²)		7/8/2006	16/8/2006	23/8/2006	30/8/2006	6/9/2006	13/9/2006	20/9/2006	27/9/2006	4/10/2006	11/10/2006	18/10/2006	25/10/2006
jatobá	rep1	8,044	9,368	10,245	11,700	12,247	13,110	13,352	14,266	14,787	15,214	15,707	16,148
	rep2	3,149	8,264	9,915	10,369	10,481	10,522	10,602	11,519	11,926	13,787	14,373	14,561
	rep3	6,449	8,720	10,039	12,864	13,573	13,973	14,498	15,202	15,258	16,530	17,226	17,349
	rep4	5,832	7,784	8,180	9,453	9,828	10,020	10,419	10,727	11,212	11,353	11,661	11,933
	média	5,869	8,534	9,595	11,097	11,532	11,906	12,218	12,929	13,296	14,221	14,742	14,998
<i>E. citriodora</i>	rep1	0,739	3,564	5,421	8,698	11,888	17,712	24,291	29,649	35,172	41,184	43,548	46,038
	rep2	0,504	1,182	6,649	4,662	11,352	14,426	15,751	15,821	16,133	16,814	20,124	21,794
	rep3	0,816	3,113	7,197	13,449	20,011	22,456	27,113	28,903	30,969	31,721	32,908	33,297
	rep4	0,057	0,123	0,639	0,841	1,554	1,904	2,869	3,362	5,021	5,074	5,145	5,292
	média	0,529	1,995	4,976	6,913	11,201	14,125	17,506	19,434	21,824	23,699	25,431	26,605
<i>E. camaldulensis</i>	rep1	3,615	5,629	7,264	10,341	14,275	18,378	21,129	24,474	23,891	25,864	26,071	26,504
	rep2	4,149	6,001	9,598	9,958	18,208	20,260	20,539	22,708	23,324	25,583	25,645	26,796
	rep3	3,653	8,6514	8,752	21,566	21,566	33,570	39,278	43,929	46,937	48,545	51,666	52,481
	rep4	2,883	5,616	9,991	17,517	21,552	26,539	27,478	28,475	31,311	31,826	32,222	31,781
	média	3,575	6,475	8,901	14,845	18,900	24,687	27,106	29,896	31,366	32,954	33,901	34,390
ipê	rep1	0	0	2,164	7,569	10,824	11,706	12,126	12,338	24,215	25,176	25,783	26,079
	rep2	0	0	0	0	0,3535	1,226	6,325	8,777	17,213	24,256	25,398	25,645
	rep3	0	0	0,269	6,875	10,117	10,347	11,165	21,608	24,074	27,460	27,601	31,139
	rep4	0	0	0	0	0,086	2,786	8,643	9,0092	10,368	21,963	23,814	29,338
	média	0	0	0,608	3,611	5,345	6,516	9,565	12,933	18,968	24,714	25,649	28,051
bálsamo	rep1	6,406	6,677	6,732	7,393	8,979	9,183	9,204	10,321	14,301	16,967	17,658	19,614
	rep2	2,100	7,359	7,523	7,869	9,302	10,123	10,985	13,295	14,787	16,535	20,053	20,165
	rep3	4,221	4,471	4,826	5,044	6,705	7,786	8,255	8,569	10,360	13,435	14,377	15,692
	rep4	7,434	10,133	10,284	11,793	14,152	15,899	16,013	18,592	22,578	24,861	27,369	31,850
	média	5,040	7,160	7,341	8,025	9,785	10,748	11,114	12,694	15,507	17,949	19,864	21,830

Anexo E. Análise estatística comparando o crescimento em altura das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo, durante 12 semanas, comparando-se as médias das alturas por semana usando Regressão Polinomial.

Efeitos	GL	GL	F calculado	Pr > F
	numerador	denominador		
Altura_Basal	1	14	721,01	<0,0001
Espécie	4	14	130,63	<0,0001
Efeito linear	1	149	845,02	<0,0001
Efeito Quadrático	1	149	9,64	0,0023
Efeito Cúbico	1	149	1,88	0,1724
semana	7	149	0,09	0,9987
Efeito Linear * Espécie	3	149	97,62	<0,0001
Efeito Quadrático * Espécie	4	149	10,23	<0,0001
Efeito Cúbico * Espécie	4	149	1,45	0,2207
Espécie*semana	29	149	0,15	1,0000

Anexo F. Ajuste dos efeitos quadráticos e lineares das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo para a variável, crescimento em altura, ao longo de 11 semanas.

Efeitos	Contraste	Espécie	Estimativa Diferença entre médias	Erro padrão	GL	t calculado	Pr > t
Altura_Basal	Altura_Basal		0,9924	0,2639	14	3,76	0,0021
Intercepto Espécie	Espécie	Bálsamo	0,2513	1,1947	14,7	0,21	0,8363
Intercepto Espécie	Espécie	E.camal.	-0,00291	1,4541	14,5	-0,00	0,9984
Intercepto Espécie	Espécie	E.citriod	-0,2700	0,9537	15,2	-0,28	0,7810
Intercepto Espécie	Espécie	Ipê	-0,2899	0,6148	17,1	-0,47	0,6432
Intercepto Espécie	Espécie	Jatobá	0,3139	1,4701	14,5	0,21	0,8339
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Bálsamo	0,09979	0,07522	190	1,33	0,1862
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	E.camal.	1,6899	0,07522	190	22,47	<0,0001
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	E.citriod	0,7887	0,07522	190	10,49	<0,0001
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Ipê	0,1678	0,07522	190	2,23	0,0268
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Jatobá	0,2063	0,07522	190	2,74	0,0067
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Bálsamo	0,008969	0,006105	190	1,47	0,1435
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	E.camal.	-0,06898	0,006105	190	-11,30	<0,0001
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	E.citriod	-0,02844	0,006105	190	-4,66	<0,0001
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Ipê	0,01280	0,006105	190	2,10	0,0374
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Jatobá	-0,00125	0,006105	190	-0,20	0,8380

Anexo G. Comparação entre o padrão de crescimento diamétrico semanal entre as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo usando Regressão Polinomial durante 11 semanas.

Efeitos	Contraste	GL	GL	F	Pr > F
		numerador	denominador	calculado	
Diâmetro_Basal	Diâmetro_Basal	1	148	3,55	0,0616
Espécie	Espécie	4	148	30,76	<0,0001
Efeito linear	sem	1	148	679,00	<0,0001
Efeito Quadrático	sem2	1	148	32,51	<0,0001
Efeito Cúbico	sem3	1	148	2,08	0,1515
semana	semana	7	148	0,22	0,9803
Efeito linear	sem*Espécie	4	148	17,72	<0,0001
*Espécie					
Efeito Quadrático	sem2*Espécie	4	148	1,77	0,1378
*Espécie					
Efeito Cúbico	sem3*Espécie	4	148	2,08	0,0857
*Espécie					
Espécie*semana	Espécie*semana	28	148	0,74	0,8266

Anexo H. Ajuste dos Efeitos Quadráticos e Lineares das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo para a variável, crescimento em diâmetro, ao longo de 11 semanas.

Efeitos	Contraste	Espécie	Estimativa		GL	t calculado	Pr > t
			Diferença entre médias	Erro padrão			
Diâmetro Basal	Diâmetro Basal		1,0309	0,3273	14	3,15	0,0071
Intercepto	Espécie	Bálsamo	0,000426	0,01575	16,8	0,03	0,9787
Intercepto	Espécie	E.camal.	0,004605	0,01230	19,1	0,37	0,7122
Intercepto	Espécie	E.citriod	-0,00119	0,01051	21,6	-0,11	0,9107
Intercepto	Espécie	Ipê	0,002542	0,01121	20,4	0,23	0,8229
Intercepto	Espécie	Jatobá	0,004323	0,01853	16	0,23	0,8185
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Bálsamo	-0,00138	0,001991	58,4	-0,69	0,4901
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	E.camal.	0,005909	0,001991	58,4	2,97	0,0043
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	E.citriod	0,006959	0,001991	58,4	3,50	0,0009
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Ipê	-0,00304	0,001991	58,4	-1,53	0,1318
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Jatobá	-0,00079	0,001991	58,4	-0,40	0,6918
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Bálsamo	0,000491	0,000160	63,9	3,08	0,0031
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	E.camal.	0,000293	0,000160	63,9	1,84	0,0711
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	E.citriod	0,000042	0,000160	63,9	0,27	0,7913
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Ipê	0,000708	0,000160	63,9	4,44	<0,0001
Efeito Quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Jatobá	0,000351	0,000160	63,9	2,20	0,0316

Anexo I. Análise estatística das áreas foliares (AF) ao longo das semanas através de comparação por regressão das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Contraste	GL		F calculado	Pr > F
		numerador	denominador		
AF_Basal	AF_Basal	1	14	0,00	0,9651
Espécie	Espécie	4	14	3,10	0,0505
Efeito linear	sem	1	148	137,89	<0,0001
Efeito quadrático	sem2	1	148	1,49	0,2246
Efeito cúbico	sem3	1	148	1,76	0,1864
semana	semana	7	148	0,54	0,8042
Efeito linear *Espécie	sem*Espécie	4	148	6,67	<0,0001
Efeito quadrático *Espécie	sem2*Espécie	4	148	10,86	<0,0001
Efeito cúbico *Espécie	sem3*Espécie	4	148	0,67	0,6138
Especie*semana	Especie*semana	28	148	0,56	0,9644

Anexo J. Análise estatística do Ajuste dos Efeitos Lineares e Quadráticos das áreas foliares (AF) ao longo das semanas das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Contraste	Espécie	Estimativa		GL	t calculado	Pr > t
			Diferença entre médias	Erro padrão			
AF_Basal	AF_Basal		0,1791	0,1576	32,3	1,14	0,2641
InterceptoEspécie	Espécie	Bálsamo	5,9570	1,0165	36	5,86	<0,0001
InterceptoEspécie	Espécie	E.camal.	-0,2126	0,8485	37,1	-0,25	0,8035
InterceptoEspécie	Espécie	E.citriod	-1,5647	0,6400	38,6	-2,44	0,0192
InterceptoEspécie	Espécie	Ipê	-1,2049	0,6345	38,6	-1,90	0,0651
InterceptoEspécie	Espécie	Jatobá	6,4206	1,1214	35,4	5,73	<0,0001
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Bálsamo	-0,1016	0,7238	20,4	-0,14	0,8897
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	E.camal.	3,9078	0,7238	20,4	5,40	<0,0001
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	E.citriod	3,3822	0,7238	20,4	4,67	0,0001
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Ipê	0,1502	0,7238	20,4	0,21	0,8376
Efeito linear (Espécie)	sem(Espécie)	Jatobá	1,1278	0,7238	20,4	1,56	0,1345
Efeito quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Bálsamo	0,1253	0,04217	90,7	2,97	0,0038
Efeito quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	E.camal.	-0,1502	0,04217	90,7	-3,56	0,0006
Efeito quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	E.citriod	-0,06858	0,04217	90,7	-1,63	0,1073
Efeito quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Ipê	0,2120	0,04217	90,7	5,03	<0,0001
Efeito quadrático (Espécie)	sem2(Espécie)	Jatobá	-0,04508	0,04217	90,7	-1,07	0,2879

Anexo L. Análise estatística de Transpiração (T) das espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo ao longo de 12 semanas (ago-out/2006).

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	12,2	4,81	0,0147
semana	10	6	57,24	<0,0001
Espécie*semana	40	7,41	4,29	0,0218
Transpiração basal	1	14	9,89	0,0072

Anexo M. Transpiração foliar do dia 22/09/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	21,4	33,71	<0,0001
semana	5	72	14,58	<0,0001
Espécie*semana	20	69	4,22	<0,0001
Transpiração basal	1	63,6	4,66	0,0346

Anexo N. Transpiração foliar do dia 01/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	32,7	22,45	<0,0001
semana	5	67,5	48,04	<0,0001
Espécie*semana	20	68,6	1,22	0,2674
Transpiração basal	1	87,9	2,86	0,0943

Anexo O. Transpiração foliar do dia 05/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	18,7	18,53	<0,0001
semana	5	61,4	14,90	<0,0001
Espécie*semana	20	60,6	1,84	0,0365
Transpiração basal	1	86	11,94	0,0009

Anexo P. Transpiração foliar do dia 13/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	14,3	5,89	0,0052
semana	5	62,1	12,99	<0,0001
Espécie*semana	20	57,8	0,93	0,5517
Transpiração basal	1	86,6	0,03	0,8615

Anexo Q. Transpiração foliar do dia 21/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	15	15,85	<0,0001
semana	5	74.8	7,74	<0,0001
Espécie*semana	20	74	2,11	0,0109
Transpiração basal	1	78.4	23.29	<0,0001

Anexo R. Condutância estomática foliar do dia 22/09/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	24,6	26,07	<.0,001
semana	5	38,8	1,31	0,2802
Espécie*semana	20	45,1	4,50	<0,0001
Condutância basal	1	34,4	0,66	0,4238

Anexo S. Condutância estomática foliar do dia 01/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	29,3	29,62	<0,0001
semana	5	70,1	54,58	<0,0001
Espécie*semana	20	69,6	2,50	0,0026
Condutância basal	1	85,5	0,00	0,9870

Anexo T. Condutância estomática foliar do dia 05/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	19,5	22,52	<.0,001
semana	5	76,4	4,50	0,0012
Espécie*semana	20	73,6	1,08	0,3913
Condutância basal	1	86,8	6,55	0,0122

Anexo U. Condutância estomática foliar do dia 13/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	14,4	13,80	<0,0001
semana	5	76,2	3,17	0,0118
Espécie*semana	20	72,3	2,02	0,0162
Condutância basal	1	86,9	0,12	0,7252

Anexo V. Condutância estomática foliar do dia 21/10/2006 para as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, jatobá, ipê e bálsamo.

Efeitos	Graus de liberdade do numerador	Graus de liberdade do denominador	F calculado	Pr > F
Espécie	4	15	20,32	<0,0001
semana	5	75,2	2,05	0,0809
Espécie*semana	20	74,1	1,30	0,2094
Condutância basal	1	80,5	4,27	0,0419