

ECOFISIOLOGIA DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA DO BRASIL EM DIFERENTES REGIMES DE ÁGUA

Kelly Cristina Tonello¹, José Teixeira Filho²

¹Prof. Dr. Eng. Florestal, Depto Ciências Ambientais, UFSCar, Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro do Itinga, Sorocaba-SP – Brasil, CEP 18.052-80, kellytonello@ufscar.br;

²Prof. Dr. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas-SP, Brasil. CEP: 13083-875, jose@feagri.unicamp.br.

1 RESUMO

O potencial hídrico da folha é um dos fatores mais importantes que afetam o funcionamento dos estômatos. O presente avaliou o comportamento da transpiração e condutância estomática de *Pterogyne nitens*, *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum* em diferentes disponibilidades hídricas, assim como correlacionou com fatores ambientais locais de déficit de pressão de vapor da atmosfera (DPV) e radiação global (RG). O padrão da transpiração e condutância estomática em função da DPV e RG foram afetados pelo déficit hídrico de forma que plantas sob estresse mantiveram baixas taxas de transpiração e condutância estomática, mesmo com o aumento da demanda de evaporação. Nas condições em que esse estudo foi desenvolvido, os resultados obtidos evidenciam que espécies de *status* sucessionais distintos exibem respostas diferenciais em relação às características fisiológicas avaliadas. Sob condições naturais de luz, a pioneira *Pterogyne nitens* apresentou maior transpiração e condutância estomática em relação às espécies não pioneiras.

Palavras-chave: transpiração, condutância estomática, *Myroxylum peruiferum*, *Pterogyne nitens*, *Aspidosperma polyneuron*

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. ECOPHYSIOLOGY OF THREE NATIVE SPECIES FROM A BRAZILIAN ATLANTIC FOREST WITH DIFFERENT WATER REGIMES

2 ABSTRACT

The leaf water potential is one of the most important factors affecting the stomata functioning. This work evaluated the stomatal conductance and transpiration of *Pterogyne nitens*, *Aspidosperma polyneuron* and *Myroxylum peruiferum* in different water availability, as well as correlated them with two local environmental factors, atmosphere vapor pressure deficit (VPD) and global radiation (GR). The pattern of stomatal conductance and transpiration as a function of VPD and GR were affected by drought stress. Stressed plants maintained low rates of transpiration and stomatal conductance, even with the increased demand for evaporation. Under

this study conditions, the results show that distinct successional species status display differential responses in relation to physiological characteristics evaluated. Under natural light, the pioneer *Pterogyne nitens* showed higher stomatal conductance and transpiration in relation to not pioneer species.

Keywords: transpiration, stomatal conductance, *Myroxylum peruiferum*, *Pterogyne nitens*, *Aspidosperma polyneuron*

3 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma expressiva diversidade de ecossistemas florestais, dada a sua grande área física, diversidade de climas e solos existentes em seu território (Leitão-Filho, 1987), o que torna difícil e complexo seu entendimento e indica ainda, que há um enorme campo de pesquisa a ser explorado.

A Mata Atlântica é o segundo ecossistema mais ameaçado de extinção do mundo, perdendo apenas para as quase extintas florestas da ilha de Madagascar na costa da África. Atualmente, está reduzida a 7% de sua área (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2002). Em razão da ameaça à sua riqueza biológica, este bioma, foi indicado por especialistas – em um estudo coordenado pela Conservation International – como um dos “hot spots” mundiais, ou seja, uma das prioridades para a conservação da biodiversidade em todo o mundo (Myers et al., 2000).

Diversas áreas desmatadas e que foram abandonadas, apresentam baixa capacidade de auto-recuperação, necessitando de projetos de restauração florestal para sua adequação (Iannelli-Servin, 2007). Nestes projetos, a primeira etapa consiste na avaliação do potencial de regeneração pelo banco ou chuva de sementes. Entretanto, em muitos casos, a resiliência da área já foi afetada e um dos procedimentos indicados é a restauração através do plantio de mudas de espécies locais (Kageyama & Gandara, 2000). Particularmente para as florestas da Mata Atlântica, a restauração florestal através do plantio de mudas é comumente utilizada pois o tipo de vegetação apresenta baixo potencial de brotação de raízes, diferentemente do que ocorre com as espécies do Cerrado.

Na restauração, a escolha adequada de espécies é essencial para o estabelecimento e perpetuação do plantio, uma vez que o plantio das mudas de diferentes espécies e grupos sucessionais é realizado em um mesmo momento devido aos aspectos técnicos e econômicos da implantação. Desse modo, todas as espécies crescem inicialmente sobre as mesmas condições de radiação e manejo.

No momento de implantação das mudas, todo o manejo é realizado de forma a minimizar qualquer estresse que as espécies possam sofrer para iniciar seu desenvolvimento. Porém, de acordo com Iannelli-Servin (2007), a falta de informação sobre as respostas das espécies nativas da Mata Atlântica frente a ambientes com diferentes níveis de estresse limita a recomendação das mesmas de acordo com as técnicas de plantio e podendo inclusive, comprometer a restauração florestal logo na primeira fase do processo, que é o plantio e desenvolvimento inicial da floresta.

Conhecer as respostas sobre as diferentes espécies aos estresses ambientais significa compreender as respostas fisiológicas das mesmas aos diferentes estímulos físicos e biológicos e suas adaptações evolutivas para superá-los (Percy, 1987). Assim, o estudo da ecofisiologia das espécies nativas usadas em restauração florestal pode auxiliar na adequação das metodologias de restauração visando garantir o sucesso dessas ações e a perpetuação das áreas restauradas,

trazendo melhor compreensão das relações ecológicas que formam as florestas tropicais. Assim, essas informações podem auxiliar na escolha das espécies para cada tipo de ambiente a ser restaurado, dada a flexibilidade das espécies às variações ambientais (Iannelli-Servin, 2007), assim como auxiliar no esclarecimento da dinâmica de sucessão na floresta (Pezzopane et al., 2002).

O presente trabalho teve por fim avaliar o comportamento da transpiração e condutância estomática de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica brasileira, sendo elas o *Pterogyne nitens*, *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum* em diferentes disponibilidades hídricas, assim como correlacionar esse comportamento aos fatores ambientais locais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), localizada no município de Campinas/SP entre as coordenadas geográficas de latitude 22°53'20 "S e longitude 47°04'40" W de Greenwich.

Três indivíduos de três espécies arbóreas de *Pterogyne nitens*, *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum*, com aproximadamente 1 ano de idade, foram plantadas em vasos individuais, espaçados 2 m um do outro, de modo a eliminar o efeito de sombra sobre a copa de cada indivíduo. Cada indivíduo recebeu níveis de irrigações diferenciadas os quais foram determinadas pelo potencial hídrico foliar antemanhã, visando obter maior heterogeneidade de potenciais hídricos do solo durante o período de avaliação.

4.1 Potencial hídrico foliar (Ψ_{pd})

Para o acompanhamento das disponibilidades hídricas no solo de cada indivíduo, foram realizadas medidas de potencial hídrico antemanhã utilizando-se câmara de pressão de Scholander (Scholander et al., 1965), modelo 3035 (Soil Moisture Equipment Corp., USA), em folhas sadias totalmente expandidas. Para isso coletaram-se simultaneamente três ramos por indivíduo, os quais foram mantidos em potenciais hídricos diferentes, com a finalidade de obter condições de disponibilidades de água diferentes para o monitoramento dos valores de transpiração e condutância estomática. Para evitar a perda de água por transpiração, as folhas foram cortadas na inserção do pecíolo, envoltas em filme plástico e acondicionadas sob refrigeração, sendo imediatamente levadas ao Laboratório de Hidráulica FEAGRI/UNICAMP onde se procederam as medidas.

4.2 Transpiração (E) e condutância estomática (Gs)

Medidas de transpiração e condutância estomática de três indivíduos de *Pterogyne nitens* (P1, P2, P3), *Myroxylum peruiferum* (M1, M2, M3) e *Aspidosperma polyneuron* (A1, A2, A3) foram realizadas ao longo dos dias 13, 20 e 21 de junho de 2007, um mês após o plantio nos vasos. As medições foram obtidas com auxílio do equipamento portátil porômetro de difusão de estado estacionário, modelo LI-1600 da LI-COR, em intervalos horários das 8 às 17 horas. As folhas foram escolhidas aleatoriamente do terço médio da copa, com exposição total à radiação

solar incidente, sadias e totalmente expandidas. As medidas de E e G_s foram realizadas em três repetições para cada indivíduo.

4.3 Clima

A FEAGRI/UNICAMP possui uma estação meteorológica em seu campo experimental, localizada a 500 metros de onde foram instalados os indivíduos das espécies estudadas. A estação climática automática Campbell Scientific Inc, USA monitora no intervalo de 10 minutos, ao longo do dia, parâmetros ambientais tais como, radiação solar global, temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Duas variáveis meteorológicas como radiação global (RG) e déficit de pressão de vapor (DPV) foram escolhidas para correlacionar com a transpiração (E) e condutância estomática (G_s). Informações sobre temperatura e umidade relativa do ar foram utilizadas para o cálculo do DPV, obtido pela diferença entre a pressão de saturação de vapor d água (e_s) e a pressão parcial de vapor (e_a), segundo metodologia empregada por Pereira et al. (2002):

$$DPV = e_s - e_a, \text{ eq. 1}$$

A pressão de saturação de vapor (e_s) foi calculada aplicando-se a Equação 2, de Tetens:

$$e_s = 6,108 \times 10^{7,5Tar/237,3+Tar}, \text{ eq. 2}$$

em que, Tar é a temperatura do ar, em °C, e e_s expressa em mbar.

A pressão parcial de vapor (e_a), por sua vez, foi calculada pela Equação 3 (Pereira et al., 2002):

$$e_a = UR\% \times e_s/100, \text{ eq. 3}$$

em que, UR é a umidade relativa atual do ar, em %.

4.4 Ψ_{pd} , E, RG e DPV

Os fluxos de transpiração foram relacionados com as condições climáticas locais, procurando analisar o comportamento das espécies para essas condições.

Foram construídas ainda curvas de resposta à saturação lumínica e de diferença de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV), por Ψ_{pd} . A relação entre potencial hídrico antemanhã com a transpiração ao longo do período de medição foi realizada por meio da representação gráfica, assim como a verificação do comportamento de transpiração de cada indivíduo com relação à RG e DPV.

5 RESULTADOS

5.1 Condições climáticas

O comportamento da RG e DPV ao longo dos dias monitorados podem ser visualizados na Figura 1. Nos três dias de monitoramento, observou-se para RG valores crescentes a partir das 8:00 h, atingindo o valor máximo entre 12:00 e 13:00 h, decrescendo gradativamente até às 17:00 h. Os três dias de estudo apresentaram padrões semelhantes de RG, sendo que a máxima RG ocorreu no dia 13/06/2007, com 681 W.m^{-2} .

Valores extremos de déficit de pressão de vapor (DPV) foram observados entre 13:00 e 14:00 h, com 1,9 kPa para *Pterogyne nitens* (21/06) e *Aspidosperma polyneuron* (20/06) e 2,3 kPa para *Myroxylum peruiferum* (13/06).

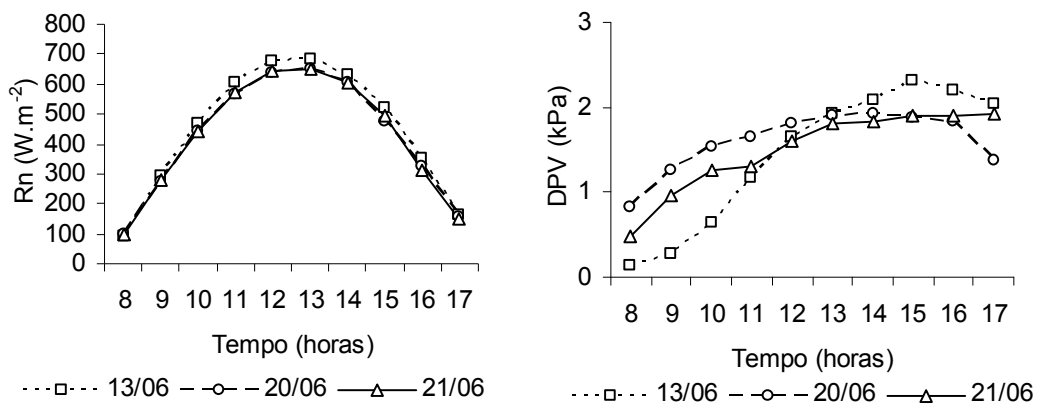


Figura 1. Padrão de comportamento do déficit de pressão de vapor (DPV) e radiação global (RG) nos dias 13, 20 e 21 de junho, área experimental da FEAGRI/UNICAMP. Campinas-SP-Brasil, 2007.

5.2 Curso diurno horário da E e Gs

Os maiores valores de transpiração (E) e condutância estomática (Gs) foram observadas para as mudas de *Pterogyne nitens* (P1, P2 e P3), muito embora os indivíduos de *Myroxylum peruiferum* (M1, M2 e M3) tenham apresentado potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{pd}) superior.

O indivíduo P1 de *Pterogyne nitens*, com $\Psi_{pd} = -0,9 \text{ MPa}$ apresentou os maiores fluxos de transpiração, $16,8 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ às 12:00 h. Neste mesmo Ψ_{pd} foi observado para *Aspidosperma polyneuron* (A1) e *Myroxylum peruiferum* (M3) a máxima com $2,5 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, também às 12:00 h, sendo este valor 86% inferior a P1 (Fig. 2a). O segundo maior valor de E ainda foi encontrado para P2 com $14,6 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ cujo Ψ_{pd} encontrava-se em 1,2 MPa (Fig. 2a).

Potenciais hídricos mais extremos foram registrados para *Pterogyne nitens* (P3 com -3,3 MPa) e *Aspidosperma polyneuron* (A2 com -2,8 MPa e A3 com -3,3 MPa), onde foi observado $1,5 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ como transpiração máxima com ocorrência às 12 horas para esses indivíduos (Figuras 2a, b, c).

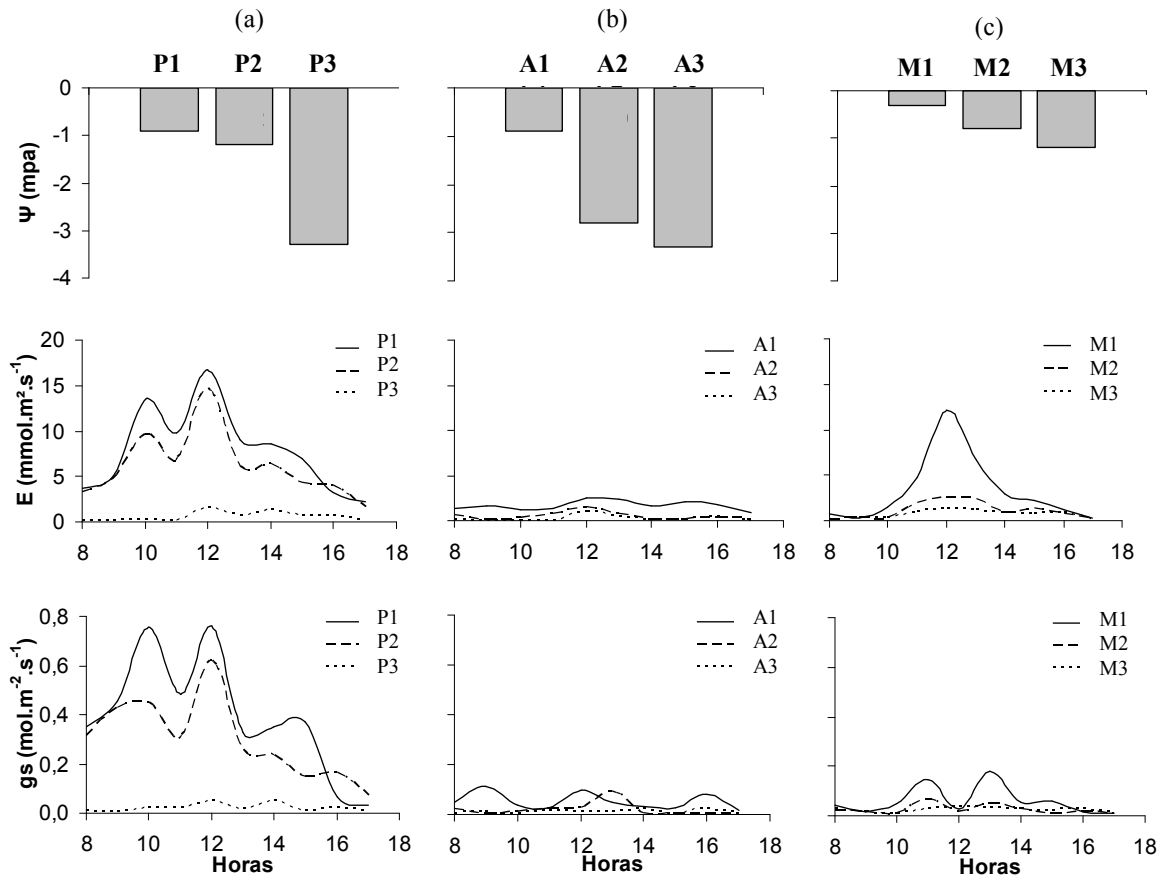


Figura 2. Potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{pd}), transpiração (E) e condutância estomática (gs) de indivíduos de *Pterogyne nitens* (P1, P2 e P3), *Aspidosperma polyneuron* (A1, A2 e A3) e *Myroxylum peruiferum* (M1, M2 e M3) ao longo de um dia. Campo experimental FEAGRI/UNICAMP - Campinas-SP.

A condutância estomática acompanhou o comportamento da transpiração. O indivíduo P1 apresentou maiores valores de Gs, com aproximadamente $0,8 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ às 12:00 h. O menor valor máximo foi observado para A2, $0,03 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ também às 12:00 h. Interessante notar que no caso de P1 e P2, os valores de E e Gs possuem comportamento crescente no início da manhã. Porém, observa-se às 11:00 horas um declínio repentino das trocas gasosas, que se recuperam às 12:00 horas. Este comportamento também foi observado para a condutância estomática de A1 (10:00 horas), M1 e M2 (12:00 horas).

Em Ψ_{pd} inferiores a $-0,8 \text{ MPa}$, ocorre uma restrição de trocas gasosas entre planta-atmosfera, caracterizado pelas baixas condutâncias estomáticas observadas, predominantemente para *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum* ($G_s < 0,1 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Em contrapartida, somente quando *Pterogyne nitens* encontrou-se com $-3,3 \text{ MPa}$, os valores de Gs foram semelhantes às outras duas espécies.

5.3 Padrão de comportamento da E e Gs

De modo geral, as mudas com menor Ψ_{pd} apresentaram menores taxas de trocas gasosas (Figura 3). Entretanto, *Myroxylum peruiferum* e com maior destaque, *Aspidosperma polyneuron* não apresentaram grandes oscilações no comportamento da E e Gs ao longo do dia, nem mesmo sob condições hídricas diversas.

Foi observada uma correlação alta e positiva entre Ψ_{pd} e transpiração média máxima (E_{max}) para as três espécies estudadas ($r^2 = 0,99$, $r^2 = 0,91$ e $r^2 = 0,98$ para *Pterogyne nitens*, *Myroxylum peruiferum*, *Aspidosperma polyneuron*, respectivamente).

A condutância estomática máxima também variou em função do Ψ_{pd} e sua correlação apresentou comportamento semelhante à E_{max} .

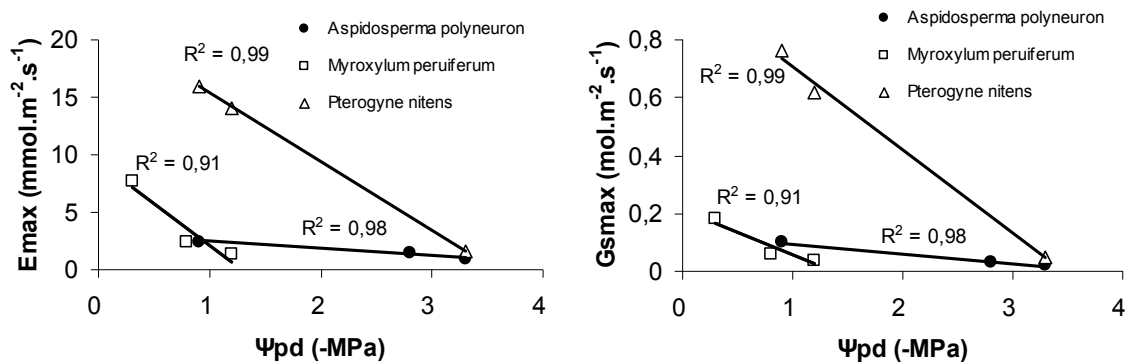


Figura 3. Relação entre valores máximos de transpiração (E_{max}) e condutância estomática (G_{smax}) em função do potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{pd}) para *Aspidosperma polyneuron*, *Myroxylum peruiferum* and *Pterogyne nitens*. Área experimental FEAGRI/UNICAMP. Campinas-SP-Brazil, 2007.

5.4 Ψ_{pd} , Gs, E, RG e DPV

A Gs e a E foram menores em plantas com menor disponibilidade hídrica no solo. Contudo, a amplitude da resposta da E e Gs variaram com a radiação global (Rg) e déficit de pressão de vapor da atmosfera (DPV) (Figuras 4 e 5).

Mesmo nos indivíduos de *Pterogyne nitens* que apresentaram um status hídrico mais favorável, tanto a E como a Gs decrescem após o pico de Rg (13:00 h). Cabe observar que os dias de estudo foram dias ensolarados com nenhuma incidência de nuvens no céu, como confirmado pelo traçado da RG na Figura 1.

Desse modo, as variáveis fisiológicas acompanham a demanda evaporativa atmosférica (DPV) e a radiação global (RG), dependendo do Ψ_{pd} . Este comportamento fica ainda mais evidente nas Figuras 4 e 5, que mostram o maior incremento da transpiração e condutância estomática com o aumento da radiação global e déficit de pressão de vapor até um determinado patamar, o ponto de saturação. Entretanto, essa resposta decresce de acordo com o status hídrico de cada indivíduo.

Espera-se, entretanto, que conforme a planta possua restrições de água para o mecanismo fisiológico, ocorra decréscimos de E e Gs influenciados por sua vez, pela demanda atmosférica. Sendo assim, o ponto de saturação para trocas gasosas também decresceria. Contudo, foi

observado que em algumas situações, o ponto de saturação (tanto para E e Gs) para diferentes Ψ_{pd} sofre um retardamento conforme intensifica RG e DPV (Tabela 1).

Tabela 1. Regressão polinomial e ponto de saturação da transpiração (E) e condutância estomática (Gs) em função da radiação global (RG) e deficit de pressão de vapor (DPV) de indivíduos de *Pterogyne nitens* (P1, P2 e P3), *Aspidosperma polyneuron* (A1, A2 e A3) e *Myroxylum peruiferum* (M1, M2 e M3) ao longo de um dia. Campo experimental FEAGRI/UNICAMP - Campinas-SP.

Ψ_{pd} (MPa)	Regressão Polinomial	Ponto de saturação
<i>Pterogyne nitens</i>		
-0,9	$E = -1,237*RG^2 + 7,4132*RG$	3,0 kW.m ⁻²
	$E = -5,7313*DPV^2 + 15,017*DPV$	1,31 kPa
	$Gs = -0,0133*RG^2 + 0,1635*RG$	6,1 kW.m ⁻²
	$Gs = -0,5556*DPV^2 + 1,1798*DPV$	1,1 kPa
-1,2	$E = -1,0193*RG^2 + 6,0036*RG$	2,9 kW.m ⁻²
	$E = -4,7924*DPV^2 + 12,104*DPV$	1,26 kPa
	$Gs = -0,0171*RG^2 + 0,1535*RG$	4,5 kW.m ⁻²
	$Gs = -0,3815*DPV^2 + 0,804*DPV$	1,1 kPa
-3,3	$E = -0,0064*RG^2 + 0,2211*RG$	17,3 kW.m ⁻²
	$E = 0,3034*DPV^2 - 0,0355*DPV$	0,06 kPa
	$Gs = -0,0015*RG^2 + 0,0117*RG$	3,9 kW.m ⁻²
	$Gs = -0,0067*DPV^2 + 0,0237*DPV$	1,8 kPa
<i>Aspidosperma polyneuron</i>		
-0,9	$E = -0,1421*RG^2 + 1,0732*RG$	3,8 kW.m ⁻²
	$E = -0,5779*DPV^2 + 2,0381*DPV$	1,8 kPa
	$Gs = -0,0049*RG^2 + 0,0348*RG$	3,6 kW.m ⁻²
	$Gs = -0,0329*DPV^2 + 0,088*DPV$	1,3 kPa
-2,8	$E = -0,0966*RG^2 + 0,5329*RG$	2,8 kW.m ⁻²
	$E = -0,3622*DPV^2 + 0,9028*DPV$	1,2 kPa
	$Gs = 0,0009*RG^2 + 0,0025*RG$	1,4 kW.m ⁻²
	$Gs = 0,0077*DPV^2 - 0,0003*DPV$	0 kPa
-3,3	$E = -0,0585*RG^2 + 0,334*RG$	2,9 kW.m ⁻²
	$E = 0,0422*DPV^2 + 0,1001*DPV$	1,2 kPa
	$Gs = -0,0012*RG^2 + 0,0079*RG$	3,3 kW.m ⁻²
	$Gs = 0,0022*DPV^2 + 0,0031*DPV$	0,7 kPa
<i>Myroxylum peruiferum</i>		
-0,3	$E = -0,171*RG^2 + 1,2881*RG$	3,9 kW.m ⁻²
	$E = -3,5754*DPV^2 + 8,4623*DPV$	1,2 kPa
	$Gs = -0,001*RG^2 + 0,0257*RG$	12,9 kW.m ⁻²
	$Gs = -0,0599*DPV^2 + 0,1539*DPV$	1,3 kPa
-0,8	$E = 0,0106*RG^2 + 0,3532*RG$	16,9 kW.m ⁻²
	$E = -1,5932*DPV^2 + 3,8409*DPV$	1,3 kPa
	$Gs = -0,0007*RG^2 + 0,0107*RG$	7,6 kW.m ⁻²

	$G_s = -0,027*DPV^2 + 0,0665*DPV$	1,2 kPa
	$E = -0,0129*RG^2 + 0,306*RG$	11,7 kW.m ⁻²
-1,2	$E = -0,7609*DPV^2 + 1,9676*DPV$	1,3 kPa
	$G_s = -0,0017*RG^2 + 0,0143*RG$	4,2 kW.m ⁻²
	$G_s = -0,0144*DPV^2 + 0,0429*DPV$	1,5 kPa

Para *Pterogyne nitens*, observa-se que o ponto de saturação da G_s pela RG decresce com o Ψ_{pd} e de DPV mantêm-se até -1,2 MPa, com ligeiro acréscimo quando em -3,3 MPa. O acréscimo da transpiração mostrou-se saturada pela RG em níveis de 3,0 kW.m⁻² quando os Ψ_{pd} encontravam-se até -1,2 MPa (P1 e P3). Em P3, essa saturação foi retardada para 17,3 kW.m⁻². Quanto ao DPV , a saturação manteve-se a mesma para P1 e P2, quase igualando-se a zero em P3.

Os indivíduos A2 e A3, apresentaram saturação da transpiração por DPV e R_g semelhantes, 1,2 kPa e 2,9 kW.m⁻², respectivamente. Os valores observados para A1 foram superiores à esses. A resposta do ponto de saturação da G_s em função do DPV , decresceu com o declínio do Ψ_{pd} .

Em *Myroxylum peruiferum*, o ponto de saturação da transpiração e condutância estomática pelo efeito do DPV comportou-se semelhantemente nos três indivíduos avaliados. Em contrapartida, verifica-se uma maior influência do DPV sobre M1. O declínio do Ψ_{pd} foi acompanhado pela queda do ponto de saturação da condutância estomática em função da R_g . No caso da transpiração, houve um aumento do ponto de saturação em M2.

Aspidosperma polyneuron (P1) se diferenciou de *Myroxylum peruiferum* apenas na saturação pelo DPV , observado em 1,8 w.m⁻². Os demais indivíduos desta espécie (A2 e A3) apresentaram saturação em 2,8 kW.m⁻² e 1,3 kPa.

Como em *Myroxylum peruiferum*, os indivíduos de *Pterogyne nitens* apresentaram a mesma resposta de saturação por RG e DPV , 3,0 kW.m⁻² e 1,3 kPa. Porém, o comportamento da transpiração desta espécie apresentou-se crescente ao longo da RG e DPV . Somente quando o Ψ_{pd} encontrou-se muito baixo este comportamento não foi verificado.

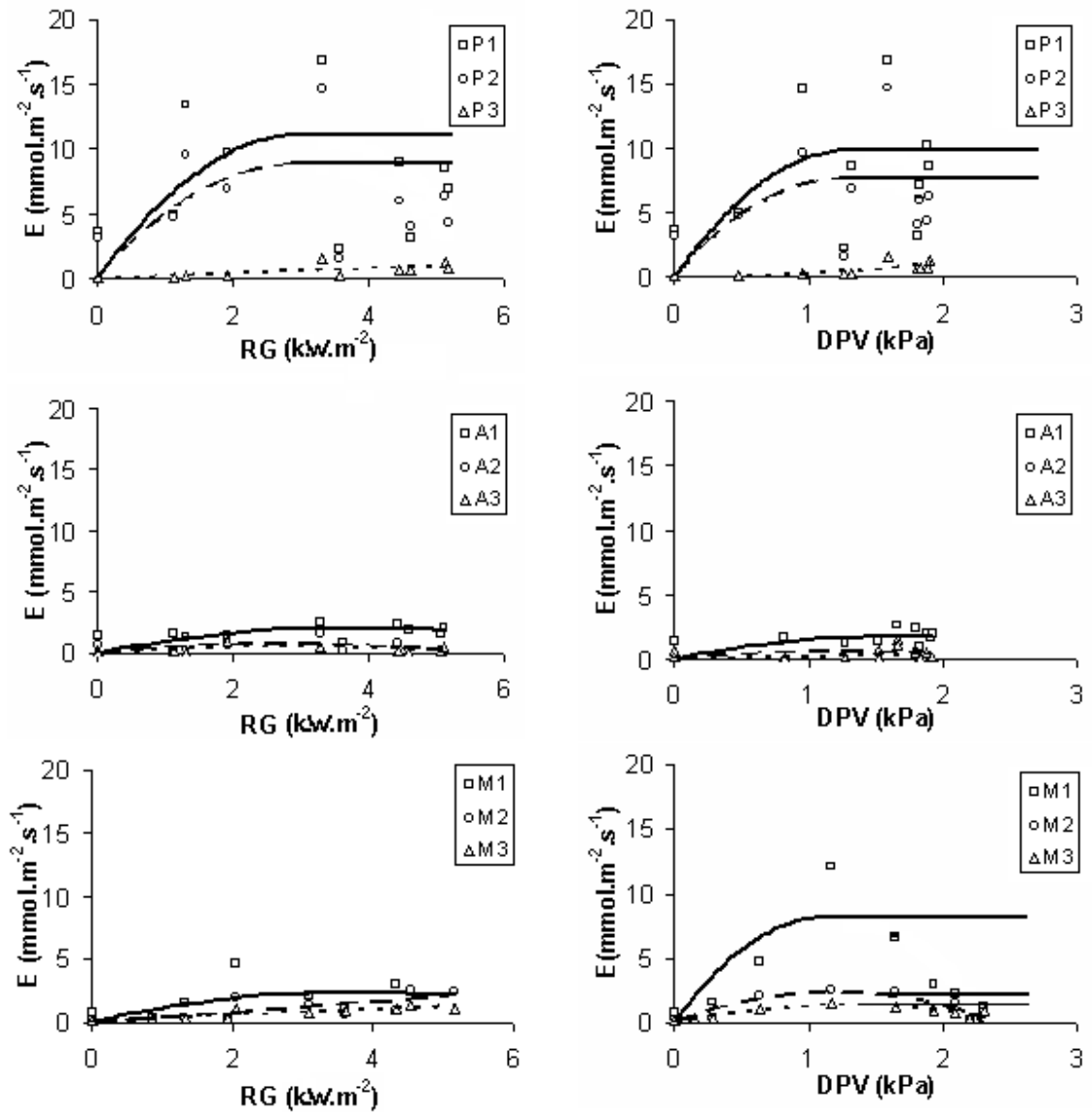


Figura 4. Transpiração (E) em função da radiação global (RG) e deficit de pressão de vapor (DPV) de *Pterogyne nitens* (P1, P2 e P3), *Aspidosperma polyneuron* (A1, A2 e A3) e *Myroxylum peruiferum* (M1, M2 e M3) ao longo de um dia. Campo experimental FEAGRI/UNICAMP - Campinas-SP.

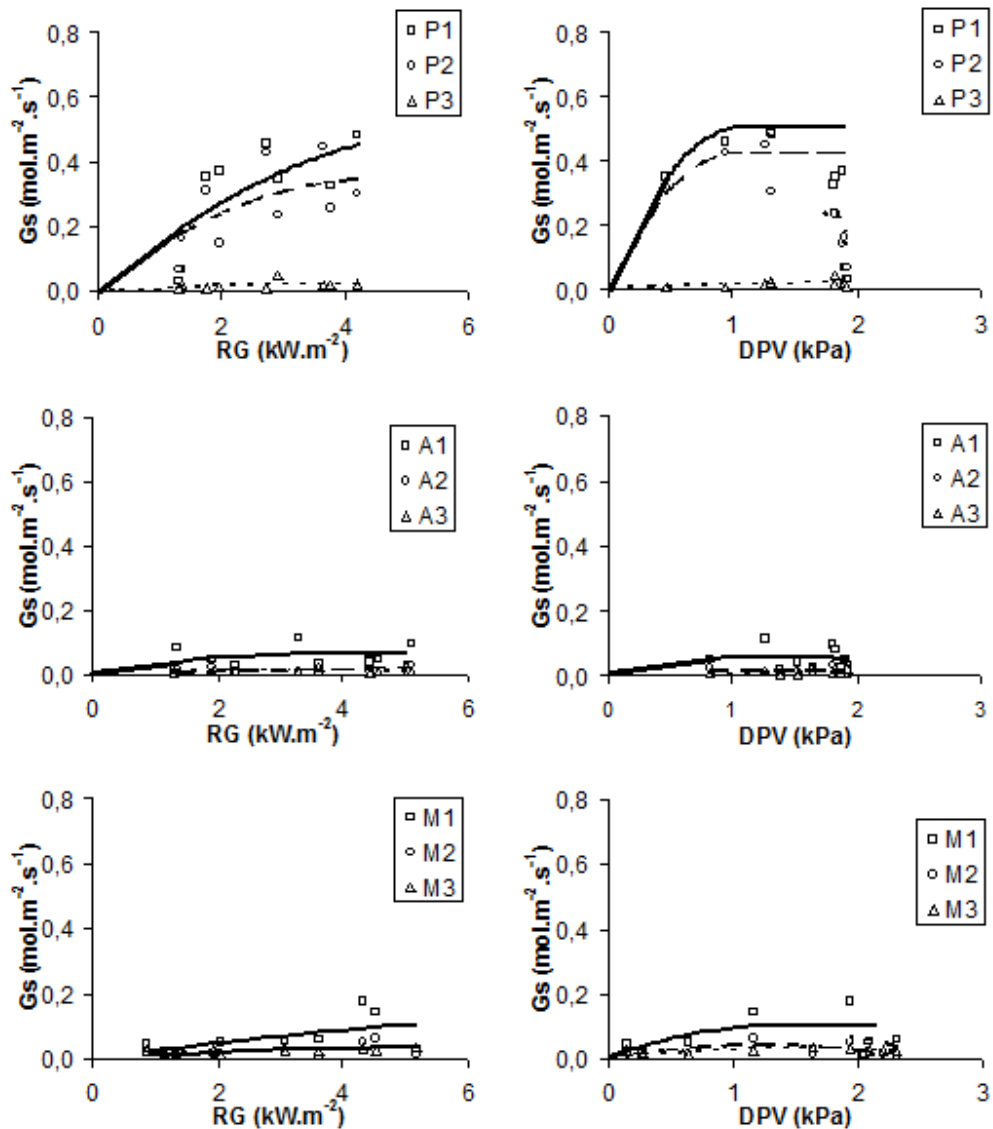


Figura 5. Condutância estomática (G_s) em função da radiação global (RG) e deficit de pressão de vapor (DPV) de indivíduos de *Pterogyne nitens* (P1, P2 e P3), *Aspidosperma polyneuron* (A1, A2 e A3) e *Myroxylum peruiiferum* (M1, M2 e M3) ao longo de um dia. Campo experimental FEAGRI/UNICAMP - Campinas-SP.

6 DISCUSSÃO

De modo geral, as mudas com menor potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{pd}), apresentaram menores taxas de trocas gasosas. Verificou-se uma forte regulação da condutância estomática e transpiração conforme o Ψ_{pd} decresce. Como Ψ_{pd} decresce, os valores máximos de E

e Gs também decrescem. Este comportamento indica que, conforme a planta apresenta maiores restrições de água no solo, isto é, água disponível para suas necessidades fisiológicas, ela também exercerá restrições na abertura de seus estômatos para liberação de água para a atmosfera. De acordo com O'Grady et al. (2008), a regulação do estado hídrico da planta através do controle estomático da transpiração é uma estratégia de plantas lenhosas, uma vez que evita a queda dos potenciais hídricos a níveis críticos e prevenindo um agrave na disfunção do xilema, onde o custo de recuperação de função hidráulica pode ser elevada.

6.1 Impactos no uso da água pela planta

Os valores máximos de transpiração e condutância estomática estão ambos correlacionados com o potencial hídrico foliar antemanhã (Figuras 2a, 2b, 2c) nas três espécies estudadas. A relação do comportamento da transpiração e condutância estomática em função do Ψ_{pd} também foram avaliados em diversos estudos. O'Grady et al. (2008) encontraram alta correlação da transpiração e condutância da copa máxima média com o potencial hídrico foliar antemanhã em *Eucalyptus globulus* na Austrália ($r^2 = 0,78$ e $r^2 = 0,73$, respectivamente). Entretanto, independente da espécie avaliada, a correlação obtida neste estudo tanto para a transpiração quanto para a condutância estomática, atingiram valores superiores a 0,90.

Valores médios de transpiração obtidos no intervalo horário de 10:00 e 11:30 hs por Poni et al. (2009) mostram que os indivíduos mantidos irrigados, apresentaram média máxima de $7,0 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ao passo que, para aqueles submetidos a restrições de água, houve um comportamento variável, mas com máxima média de $5,5 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Já Pezzopane et al. (2002) encontraram valores de transpiração próximos de 1,5, 3,0 e $2,0 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ às 9:00, 13:00 e 16:00 h, respectivamente, em plantas de *Siparuna guianensis* localizadas em dossel aberto de uma floresta secundária em Viçosa-MG/Brazil e cujo o potencial hídrico foliar antemanhã encontrava-se ao redor de $-0,2 \text{ MPa}$.

A condutância estomática pode ser entendida como um importante mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração (Jarvis & McNaughton, 1986). A deficiência hídrica provoca a perda na turgescência nas células guarda, resultando na redução da condutância estomática, o que evita a perda excessiva de água pela transpiração. Assim como afirmado por Ludlow (1990), observado em Poni et al. (2009) e ainda, encontrado neste estudo, a taxa de transpiração é proporcional à condutância estomática e ao potencial hídrico foliar (Fig.2).

Valores de condutância estomática máxima semelhantes aos encontrados em mudas de *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum*, porém em condições diferentes de Ψ_{pd} ($-0,3 \text{ MPa}$) foram obtidos por Costa e Marenco (2007) em indivíduos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Manaus-AM-Brazil. Os valores de condutância estomática oscilaram na faixa de $0,03$ e $0,04 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, diminuindo gradativamente durante o dia, chegando a atingir $0,02 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ou menos após às 16:00 h. Em Poni et al. (2009), a máxima média obtida para condutância estomática em videiras sob deficiência hídrica e irrigação plena foi de $0,07$ e $0,20 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente.

Silva & Lemos Filho (2001) estudaram relações hídricas em função da demanda evaporativa em *Swietenia macrophylla*, *Joannesia princeps*, *Inga edulis*, *Licania tomentosa* e *Centrolobium tomentosum*. Os autores observaram que geralmente a condutância diminuiu no início da tarde e *I. edulis* apresentou menor restrição à transpiração. Os maiores valores de

condutância foram observados em um dia nublado na estação chuvosa, com baixo DPV. Esses autores encontraram condutância estomática de $0,2 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para *Inga edulis*, quando o potencial hídrico foliar antemanhã e DPV encontravam-se semelhantes à situação aqui observada para M3 (DPV = 1,6 kPa e $\Psi_{pd} = 1,2 \text{ MPa}$).

Com relação ao curso diurno da transpiração e condutância estomática, foram observadas oscilações expressivas no comportamento em mudas de *Pterogyne nitens* (P1 e P2) (Figuras 2b, 2c). Como relatado por diversos autores como Costa e Marengo (2007), Passos et al. (2005) e Ferreira et al. (1999) os valores de Gs foram maiores nos horários da manhã, o que sugere um efeito do potencial hídrico na condutância estomática. Os maiores valores de condutância estomática ocorrem quando a radiação solar é máxima e o potencial hídrico da folha ainda não atingiu os valores mínimos passíveis de induzir o fechamento estomático. Paralelamente, Cascardo et al. (1993) também constataram que a condutância estomática da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell.) é máxima quando o potencial hídrico foliar é alto, o que ocorre nas primeiras horas da manhã.

De acordo com Nicolas et al. (2008), há uma estreita relação entre a abertura estomática e RG e DPV ao longo do dia.

Rolando e Little (2008) avaliaram o potencial hídrico em *Eucalyptus grandis* plantados em vaso, em 7 dias consecutivos, sem adição de água. Estes autores observaram queda do Ψ_{pd} de -0,8 a -1,22 MPa, acompanhado de declínio da condutância estomática, de 0,13 para $0,05 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e atribuíram a queda da condutância estomática ao longo do dia ao aumento do DPV, à diminuição do potencial hídrico da folha ou ao efeito combinado de ambos fatores, incluindo o efeito da irradiância.

Pilau et al. (2007) reforçam em seus estudos as relações entre a condutância foliar com os fatores ambientais como temperatura do ar e déficit de saturação de vapor do ar (DPV). Tenhunen et al. (1980) estudaram o Ψ_{pd} na condutância estomática e transpiração em *Arbutus unedo* ao longo do dia e observaram uma intensa redução da Gs às 12:00 h associado a elevados valores de temperatura e DPV, como observado em M1 e M2.

Nogueira et al. (2001) monitoraram a variação diária e sazonal de trocas gasosas e potencial hídrico foliar em aceloreiras. De acordo com os autores, valores relativamente altos de transpiração foram observados no início da manhã ($5,5 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ às 6 horas) e final de tarde ($4,0 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ às 16 horas), decaindo para mais de 50% no período das 8:00 às 14:00 horas. O potencial hídrico foliar no início das medições (6 horas) das plantas encontrava-se próximo de -0,4 MPa.

Naves-Barbiero et al. (2000) compararam o fluxo de seiva, condutância estomática e potencial hídrico foliar de duas espécies lenhosas típicas do cerrado (*Rapanea guianensis* e *Roupala montana*). Em ambas as espécies, os estômatos exerceram um forte controle no fluxo transpiratório ao longo do dia. *Roupala montana* foi mais sensível ao DPV do que *R. guianensis*. A queda acentuada do fluxo de seiva, considerando-se os valores de DPV na faixa de 1,5 a 3,5 kPa, refletiu o controle estomático exercido por essas espécies em relação à alta demanda evaporativa da atmosfera.

Curvas de saturação são características para as respostas aos fatores ambientais, os quais com o aumento da disponibilidade (Larcher, 2003), promovem a transpiração ou condutância estomática até um limiar em que mais nenhum aumento considerável é realizado.

Pela curva de saturação por RG e DPV pode-se observar que quanto maior for a restrição de água a qual a espécie está submetida, maior será a sensibilidade dos estômatos à RG e DPV,

causando assim, queda nas taxas de transpiração e condutância estomática (Fig.4 e 5). Zeppel et al. (2008) estudaram a influência do DPV e RG no uso da água em uma floresta de New South Wales, Austrália. Os autores concluíram que ocorreu uma sensibilidade na condutância estomática e, por conseqüência da transpiração, ao DPV conforme declina o potencial hídrico foliar antemanhã. Entretanto, o ponto de saturação da E em função do DPV encontrada por esses autores ($> 3,0$ kPa), é superior ao valor encontrado neste trabalho nas três espécies (Fig.4).

Torna-se interessante verificar o grupo ecológico de cada espécie aqui avaliada. *Pterogyne nitens* é considerada uma espécie pioneira, ou seja, dentre outras características possui rápido crescimento associado a extremos períodos de exposição à radiação solar, intolerantes à sombra. Por sua vez, *Aspidosperma polyneuron* e *Myroxylum peruiferum* pertencem ao grupo das não pioneiras, tolerantes à sombra na fase juvenil, com taxa de crescimento mais lento (Martins, 2001). Talvez essa seja uma das razões de *Pterogyne nitens* apresentar as maiores respostas de E e Gs quando relacionadas à RG e DPV, mesmo encontrando-se em condições atmosféricas e de Ψ_{pd} semelhantes às demais espécies aqui estudadas.

7 CONCLUSÃO

Finalmente, a análise conjunta dos dados nos permite inferir que:

- O padrão da transpiração e condutância estomática em função da radiação global e déficit de pressão de vapor foram afetados pelo déficit hídrico, de forma que plantas sob estresse mantiveram baixas taxas de transpiração e condutância estomática, mesmo com o aumento da demanda de evaporação.
- Nas condições em que esse estudo foi desenvolvido, os resultados obtidos evidenciam que espécies de status sucessionais distintos exibem respostas diferenciais em relação às características fisiológicas avaliadas. Sob condições naturais de luz, a pioneira *Pterogyne nitens* apresentou maior transpiração e condutância estomática em relação às espécies não pioneiras.
- O conhecimento do comportamento ecofisiológico das espécies florestais nativas pode auxiliar o estabelecimento de programas de recomposição florestal dado o entendimento das necessidades de cada espécie.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASCARDO, J.C.M., OLIVEIRA, L.E.M. SOARES, A.M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.5(1), p.31-34. 1993.

COSTA, G.F.; MARENCO, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**: v. 37(2), p.229 – 234. 2007.

- FERREIRA, C.A.G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, período de 1995 a 2000. **Relatório Final**. São Paulo, 2002.
- IANNELLI-SERVIN, C.M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 94p.
- JARVIS, P.G.; MCNAUGHTON, K.G. Stomatal control of transpiration: Scaling up from leaf to region. **Advance in Ecological Research**, v.15, p.1-49, 1986.
- KAGEYAMA, P.Y., GANDARA, F.G. Recuperação de Áreas Ciliares . In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H.F. ; **Matas Ciliares : Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 289 – 312p. 2000.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. 3 ed. Berlin: Springer-Verlag, 2003. 513p.
- LEITÃO-FILHO, H.F. Considerações sobre florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **IPEF**, n.45, p. 41-46. 1987.
- LUDLOW, M.M.; MUCHOW, R.C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Adv. Agron.** n.43, p.107-153. 1990.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas de ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001, 146p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858. 2000.
- 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**, 12(2): 119-134. 2000.
- NICOLÁS, E.; BARRADAS, V.L.; ORTUÑO, M.F.; NAVARRO, A.; TORRECILLAS, A.; ALARCÓN, J.J. Environmental and stomatal control of transpiration, canopy conductance and decoupling coefficient in young lemon trees under shading net. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, p.200-206, 2008.
- NOGUEIRA, R.J.M. et al. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceloreiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1331-1342, 2000.

- O'GRADY, A.P., WORLEDGEB, D., BATTAGLIAB, M. Constraints on transpiration of *Eucalyptus globulus* in southern Tasmania, Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, V.148, Issue 3, p. 453-465. 2008.
- PASSOS, C.D.; PASSOS, E.E.M.; PRADO, C.H.B.A. Comportamento sazonal do potencial hídrico e das trocas gasosas de quatro variedades de coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.2, p.248-254, 2005.
- PEARCY, R.W. Photosynthetic gas exchange responses of Australian tropical forest trees in canopy, gap and understory micro-environments. **Functional ecology**, Oxford, v.1, p. 169. 1987.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, G.G., REIS, M.G.F., HIGUCHI, P.H., POLLI, H.Q. Ecophysiological characterization of some tree species in a secondary seasonal semideciduous forest in the domain of the Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.2, p.273-281, 2002.
- PILAU, F.G., BONNECARRÈRE, R.A.G., NETO, D.D., FANCELLI, A.L., MARTIN, T.N., PEREIRA, C.R., MANFRON, P.A. Transpiração e condutância foliar à difusão de vapor de feijoeiro irrigado em função da temperatura da folhagem e variáveis ambientais. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v. 29, n. 1, p. 127-131, 2007.
- PONI, S., BERNIZZONI, F., S.; CIVARDI, G., M.; PORRO, D.; F. C. Performance and water-use efficiency (single-leaf vs. whole-canopy) of well-watered and half-stressed split-root Lambrusco grapevines grown in Po Valley (Italy). **Agriculture, Ecosystems & Environment**. V. 129, p.1-3, 97-106. 2009.
- ROLANDO, C.A., LITTLE, K.M. Measuring water stress in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden seedlings planted into pots. **South African Journal of Botany**, v.74, Issue 1, January 2008, p.133-138.
- SCHOLANDER, P.F. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339-346, 1965.
- SILVA, B.G. & LEMOS FILHO, J.P. Relações hídricas em espécies lenhosas no campus Pampulha/UFMG, Belo Horizonte, MG. **Revista brasileira de Botânica**. V.24, p.519-525. 2001.
- SORIANI, H.H. **Análise das trocas gasosas, fluorescência e crescimento em quatro espécies arbóreas de Mata Mesófila Semidecidual submetidas a diferentes condições de luminosidade**. 150f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. 2007.

TENHUNEN, J.D., LANGE, O.L., BRAUN, M., MEYER, A., LÖSCH, R., PEREIRA, J.S. Midday stomatal closure in *Arbutus unedo* leaves in a natural macchia and under simulated habitat conditions in an environmental chamber. **Oecologia** (Berlin) v.47, p. 365–367. 1980.

ZEPPEL, M.J.B. et al. Long term trends of stand transpiration in a remnant forest during wet and dry years. **Journal of Hydrology**, v.349, p.200-213. 2008.