

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das variáveis ambientais, tomadas para um mesmo período, foram relativamente constantes, indicando que as determinações das variáveis biofísicas foram realizadas sob as mesmas condições. Assim, no período chuvoso, a umidade relativa do ar (UR) variou em média de 61,95% a 89,2% (Figura 5A), enquanto que no período seco, variou de 56,5% a 86 % (Figura 5B). A temperatura do ar (T_{ar}) no período chuvoso variou de 27°C a 35,1°C (Figura 5C) e a temperatura foliar (T_{fol}) variou de 29,5°C a 39,3°C (Figura 5E), sendo estes valores máximos no horário de maior radiação solar (13 horas). No período seco, a T_{ar} variou de 26,2°C a 36,2°C (Figura 5D) e a T_{fol} variou de 31,1°C a 40,1°C (Figura 5F).

No período chuvoso, a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) variou de 151,05 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a 1317,8 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Figura 5G), e de 326,6 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a 1698,6 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, no período seco (Figura 5H). O déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{FA}), no período chuvoso, variou de 0,94 KPa a 3,56 Kpa (Figura 5I), enquanto que no período seco, variou de 1,58 KPa a 4,38 Kpa (Figura 5J). Assim, podemos inferir que a oscilação de RFA ocorridas ao longo do dia deveu-se a nebulosidade do ambiente, atingindo os valores próximos de 1400 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (13 horas), no período chuvoso e de 1700 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (11 horas), no período seco. Pode-se observar nas Figuras 5 (I e J) que a variação do DPV_{FA} ser uma variável que depende tanto da umidade e temperatura do ar como da temperatura da folha, o que corrobora com os relatos de Marengo e Lopes (2005).

Foi observado que no período chuvoso, o potencial hídrico do xilema foliar (Ψ_x) variou de -0,4; -0,3 e -0,26 MPa (7:00 h) a -1,03; -0,85 e -0,85 MPa (11:00 h), para as plantas de mogno brasileiro, jatobá e ipê- amarelo (Figuras 6A,7A e 8A), respectivamente. No período seco, o Ψ_x variou de -1,28; -1,14 e -1,29 MPa (7:00 h) a -3,49; -2,99 e -2,72 MPa (13:00 h) para as plantas de mogno brasileiro, jatobá e ipê-amarelo (Figuras 6B,7B e 8B), respectivamente. Resultados equivalentes foram observados com *S. macrophylla* no campus Pampunha (UFMG) na estação seca, observam-se no decorrer do dia valores de Ψ_w inferiores a -3 Mpa (SILVA e FILHO, 2001). Lima (1993) não encontrou diferenças no Ψ_w em mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em vasos sob déficit hídrico, atribuindo tal comportamento à eficiência do ajuste estomático. Liberato et al. (2006) verificou reduções no potencial

hídrico de até 70% em plantas de acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) estressadas (sem irrigação) comparadas com plantas irrigadas diariamente.

As taxas de assimilação líquida de carbono (A) variaram ao longo do dia, no período chuvoso de $2,64 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $6,92 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (mogno brasileiro), $3,43 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $8,84 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (jatobá) e $4,82 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $9,46 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ipê-amarelo) (Figuras 6C, 7C e 8C), respectivamente, enquanto que no período seco, esta variação foi de $2,68 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $4,76 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (mogno brasileiro), $3,24 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $6,78 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (jatobá) e $2,75 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $4,45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (ipê-amarelo) (Figuras 6 D, 7D e 8D), respectivamente.

A diminuição da fotossíntese (A) no horário das 13 horas, observada no período chuvoso para o mogno brasileiro (Figura 5C), pode ser atribuída à fotoinibição ou a redução da condutância estomática (DIAS e MARENCO, 2006). A primeira hipótese parece improvável porque o RFA observada durante a maior parte do dia (menos de $1000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) foi menor do que a requerida para saturar a fotossíntese em espécies de crescimento de crescimento rápido aclimatadas ao sol, tais como *Swietenia macrophylla*, *Ochroma pyramidale* e *Cedrela odorata* (MARENCO et al., 2001; MARRUYAMA et al., 2005). Portanto, a queda da condutância estomática parece ser a causa mais provável da redução da fotossíntese no horário das 13 horas. Resultados equivalentes foram encontrados por Tatagiba et al (2007), que analisando os clones 15 e 39 de eucalipto observaram que na época seca a fotossíntese foi reduzida em relação à época chuvosa em todos os horários ao longo do dia para ambos os clones, devido à ocorrência do déficit hídrico no solo. Às 8 horas da manhã durante a época seca os clones apresentaram máxima assimilação de CO_2 , com $17,12 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o clone 15 e $21,14 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o clone 39, reduzindo-se a partir deste horário até o entardecer. Na época chuvosa os clones 15 e 39, apresentaram maiores valores das taxas fotossintéticas também às 8 horas com $23,90$ e $22,97 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente, enquanto os menores valores foram encontrado às 12:00 horas para o clone 15 com $19,82 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e às 16 horas para o clone 39 com $19,47 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

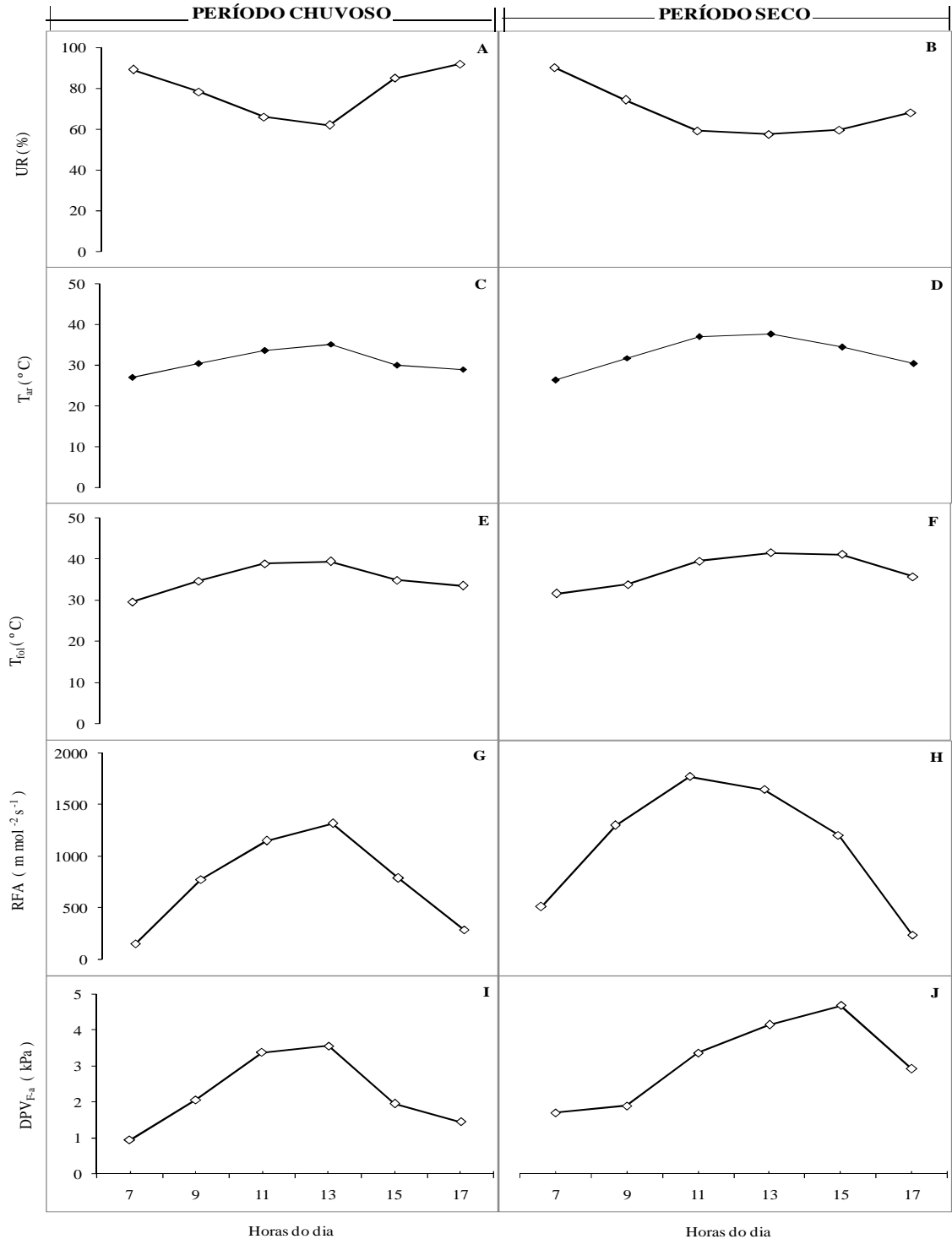


Figura 5: Curso diurno da umidade relativa do ar (A e B), temperatura do ar (C e D), temperatura foliar (E e F), radiação fotossinteticamente ativa (G e H) e déficit de pressão e vapor entre folha e atmosfera (I e J) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo nos períodos seco e chuvoso. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

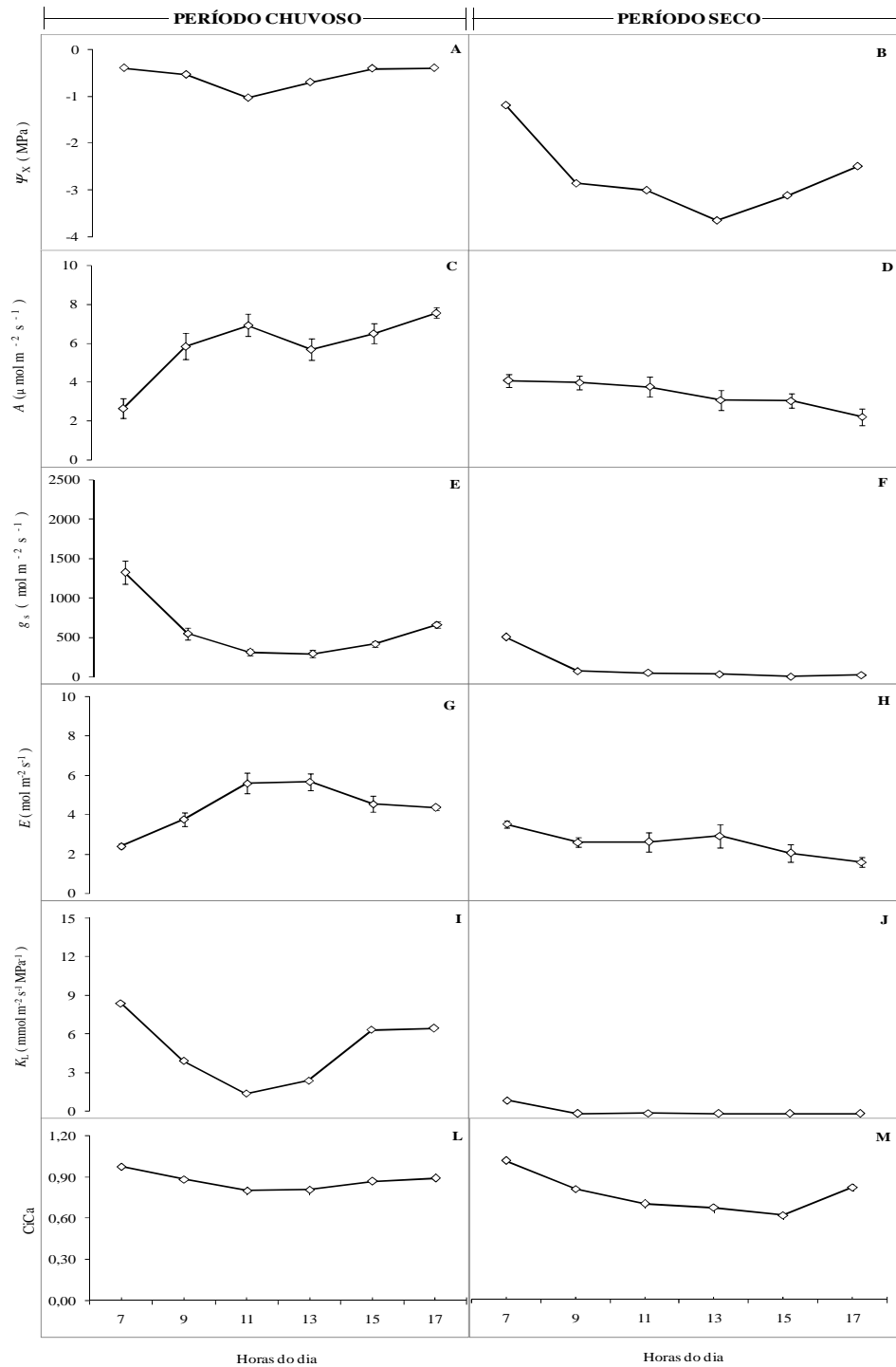


Figura 6: Curso diurno do potencial hídrico do xilema foliar (A e B), taxa de assimilação líquida de carbono (C e D), condutância estomática (E e F), transpiração (G e H), condutividade hidráulica (I e J) e razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (L e M) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

O decréscimo da condutância estomática das plantas de mogno brasileiro, jatobá e ipê-amarelo (Figura 6 E, 7E e 8E), respectivamente, ao longo do dia nos dois períodos (chuvoso e seco) pode ser devido ao aumento do DPV_{FA} , à diminuição do potencial hídrico foliar ou à combinação de ambos os fatores, sem excluir o efeito da irradiância. Com relação aos efeitos do Ψ_w e DPV_{FA} , ainda não é claro se a condutância estomática é mais responsiva ao Ψ_w , atuando como um mecanismo de retroalimentação ou *feedback*) ou se g_s , responde mais rapidamente à variação da umidade do ar (que determina o DPV_{FA}) como um mecanismo de resposta antecipada (*feedward*, para evitar a perda excessiva de água (RASCHKE, 1979).

Com relação às oscilações diurnas obtidas em g_s estas variações estão de acordo com Passos et al. (2005) que em *Coccoloba nucifera* (L.) observaram que os valores de condutância estomática foram maiores nos horários da manhã, o que sugerem um efeito do Ψ_w na condutância estomática. Os resultados observados para o mogno, jatobá e ipê-amarelo (Figuras 6E, 7E e 8E), respectivamente, concordam com os relatos de Cascardo et. (1993) que também constataram em (*Hevea brasiliensis*, Muell.) que a condutância estomática é máxima quando o teor de água da folha é alto, o que ocorre nas primeiras horas da manhã, quando a folha não perdeu muita água por transpiração.

A variação diurna do potencial hídrico do xilema foliar (Ψ_w) observando neste estudo está de acordo aos relatos por outros pesquisadores (PEREZ e MORAIS, 1991; NAVES-BARBIERO et al, 2000). Por exemplo, em *Erythroxylum suberosum* (St.) os valores do Ψ_w diminuem até atingir um mínimo próximo das 14:00 h, observando-se reidratação da folha ao final da tarde (PEREZ e MORAIS, 1991). Também em *Rapanea guianensis* (Lam.) e *Roupala Montana* (Aubl.), o potencial hídrico foliar é máximo pela manhã, mas diminui até atingir valores mínimos entre 13:00 e 15:00 h, aumentando a turgidez da folha ao final da tarde (NAVES-BARBIERO et al., 2000).

Com relação à transpiração (E), plantas jovens de mogno brasileiro variaram no período chuvoso de ($2,39 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $5,65 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), jatobá ($2,27 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $7,23 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e ipê-amarelo ($2,42 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $6,96 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (Figuras 6G, 7G e 8G), respectivamente, enquanto que no período seco a E para o mogno variaram ($1,65 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $3,44 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), jatobá ($2,01 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $5,23 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e ipê-amarelo ($2,04 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $3,78 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (Figuras 6H, 7H e 8H), respectivamente. De forma geral, as plantas do experimento nos períodos em estudo transpiram mais no horário de 7 horas, ou seja, no início da manhã. Prado et al (1994) verificaram reduções na taxa de transpiração em plantas de

Copaifera langsdorfii, espécie arbórea do cerrado, quando submetidas a déficit hídrico. Resultados semelhantes foram encontrados em *C. canephora*, Da Matta et al. (2003) observaram que o déficit hídrico resultou em decréscimos de aproximadamente 50% em g_s , em paralelo a reduções de mesma magnitude na taxa de transpiração (E). Decréscimo em g_s foi também observada em árvores de eucalipto quando estas foram submetidas a déficit hídrico inferior a 30% da capacidade de campo (ALMEIDA E SOARES, 2003), ou após 25 e 57 dias sob condições de déficit moderado (PITA e PARDOS, 2001).

Em plantas jovens de eucalipto, Chaves et al. (2004) observaram que os clones 1250 e 1260 apresentaram menor g_s e menor E , quando submetidos a déficit hídrico. Nos clones 15 e 39 de Eucalipto, Tatagiba et al (2007) observaram que a transpiração foi maior durante a época chuvosa em relação a época seca ao longo dos horários das medições realizadas para os dois clones. As máximas transpirações nos clones ocorreram em diferentes horários durante a época seca. O clone 15 registrou maior perda de água na folha às 12 horas, com $3,12 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, enquanto o clone 39 às 10 horas apresentava $5,96 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Na época chuvosa os horários de máximas transpirações inverteram-se entre os clones, apresentando o clone 15 às 10 horas valores de $6,68 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, e o clone 39 registrando às 12 horas, $8,36 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. O comportamento diário da E das plantas jovens de mogno sob constante irrigação por um período de vinte dias tiveram valores de E variando de $1,34 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a $9,46 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sendo máximo às 13:00 h e mínimos ao início da manhã (7:00 h) e ao final da tarde (17:00 h), enquanto que plantas sob déficit hídrico cujos valores variaram entre $0,34 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a $1,61 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (CORDEIRO et al, 2009).

Podemos inferir que razão entre a concentração interna e ambiente (C_i/C_a) de plantas jovens de mogno, jatobá e ipê- amarelo, sofreram pequenas variações no decorrer do dia, apresentando valores máximos no início da manhã tanto no período chuvoso (Figuras 6L, 7L e 8L) e no período seco (Figuras 6M, 7M E 8M), respectivamente, fato que pode ser explicado pela condutância estomática, que absorveu CO_2 do meio externo devido ao aumento da abertura estomática. Portanto, as plantas quando apresentaram reduções no potencial hídrico no curso diurno, também restringiram a entrada de CO_2 , devido ao fechamento estomático e como consequência uma redução na C_i , demonstrando a interdependência entre assimilação de CO_2 e consumo de água (LARCHER, 2006). Lima et al. (2003), analisando as trocas gasosas em cinco espécies de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulenses*, *E. torelliana* e *E. pharotrica*), submetidas ao aumento na concentração de CO_2 e a interação

com o estresse hídrico, observaram que as taxas de fotossíntese, condutância estomática e transpiração apresentaram comportamento diferenciado entre as espécies nas plantas submetidas ao déficit hídrico.

A correlação entre g_s e Ψ_w foi positiva e altamente significativa para todas as espécies em estudo, porém relativamente baixa no período chuvoso e relativamente alta, no período seco (Tabela 2). Uma relação similar, porém negativa, também foi observada entre a fotossíntese (A) e condutância estomática (g_s) no período chuvoso em *Swietenia macrophylla* e *Hymenea courbaril*. Entretanto, no período seco, essa correlação foi positiva e altamente significativa, porém baixa, para *Swietenia macrophylla* e *Tabebuia serratifolia*. A baixa correlação entre $g_s \times \Psi_w$ e $A \times g_s$ no período chuvoso, confirma que tanto a fotossíntese como a condutância estomática são variáveis da planta que respondem simultaneamente a um conjunto de fatores que se integram de forma coordenada, mas altamente complexa. Desse modo, não é surpreendente encontrar uma baixa correlação entre A e g_s em condições naturais de luminosidade e umidade do ar.

Por outro lado, uma baixa correlação entre fotossíntese e condutância estomática pode indicar ausência de uniformidade na abertura estomática (manchas aromáticas), conforme mostrado por Marengo et al (2006), tornando complexa e não linear a relação entre A e g_s (POSPISILOVA e SANTRUCEK, 1994).

Para o mogno e o ipê amarelo, as altas taxas de transpiração foram compensadas, pelo menos em partes, pela alta condutividade hidráulica; variáveis estas que apresentaram um alto e significativo coeficiente de correlação entre si (Tabela 2). Esta afirmativa pode ser confirmada pelo baixo coeficiente de correlação entre $g_s \times E$ para essas plantas (Tabela 2). Embora não seja uma resposta comum, a ausência de fechamento estomático sob alta demanda evaporativa pode ser observada para algumas espécies. Em oliveira (*Olea europaea* L.), por exemplo, nem sempre o aumento na demanda evaporativa implica em diminuição de g_s (FERNANDEZ et al., 1997; GIORIO et al., 1999). Isto acontece também em plantas de *Prunus dulcis* durante o período seco do ano (ROMERO e BOTÍA, 2006). Em ambos os casos, o fechamento estomático pareceu estar mais associado às alterações no potencial hídrico do solo e a fatores endógenos à planta (sinais químicos) que às variações no DPV_{FA} (GIORIO et al., 1999; MORIANA et al., 2002; TOGNETTI et al., 2004; ROMERO e BOTÍA, 2006). De fato, as variações em g_s apresentadas pelas plantas deste experimento correlacionaram-se fortemente a K_L e ao Ψ_w (Tabela 2). Corroborando, Oliveira et al (2002)

trabalhando com pupunheira, observaram reduções significativas em g_s , quando o potencial da água era de 1,5 Mpa, estando a umidade em torno de 27%.

As análises das taxas de assimilação líquida de carbono, condutância estomática, transpiração, condutividade hidráulica e razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 apresentaram reduções médios de 32,36%, 74,34%, 41,78%, 94,62% e 19,90% (mogno), 30,64%, 60,17%, 13,01%, 91,50% e 11,52% (jatobá) e 41,50%, 71,33%, 30,94%, 94,39% e 12,87% (ipê-amarelo), do período seco em relação ao período chuvoso (Figuras 9A, 9B, 9C, 9D e 9E), respectivamente, apresentando diferenças estatísticas entre os períodos. Com exceção de plantas jovens de jatobá, que a razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 , entre os períodos, não apresentaram diferenças estatísticas. Romero e Botia (2006) avaliaram os cursos diários e sazonais das relações hídricas e trocas gasosas em amendoeiras (*Prunus dulcis*) sob diferentes regimes de irrigação e mostraram que tanto as relações hídricas quanto o comportamento estomático foram significativamente alterados pelo regime hídrico, alterando, por conseguinte, todas as variáveis biofísicas.

Valores médios de A e E diferiram estatisticamente entre os períodos (chuvoso e seco) para todas as espécies em estudo (Tabela 3). No entanto, estas espécies não diferiram estatisticamente em relação à eficiência do uso da água (EUA), devido principalmente a fotossíntese líquida apresentar valores proporcionais próximos ao da transpiração nos dois períodos estudados.

Tabela 2: Coeficiente de correlação de Pearson entre taxa de assimilação líquida de carbono (A), a condutância estomática (g_s), transpiração (E), condutividade hidráulica (K_L) e potencial hídrico do xilema (Ψ_x) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Para as análises foram utilizadas 60 observações (n).

bVariáveis	Período chuvoso			Período seco		
	<i>S.</i>	<i>H.</i>	<i>T.</i>	<i>S.</i>	<i>H.</i>	<i>T.</i>
	<i>macrophylla</i>	<i>courbaril</i>	<i>serratifolia</i>	<i>macrophylla</i>	<i>courbaril</i>	<i>serratifolia</i>
$A \times g_s$	-0,438***	-0,408***	-0,141 ^{NS}	0,432***	-0,033 ^{NS}	0,306**
$A \times E$	0,477***	0,609***	0,562***	0,750***	0,430***	0,402***
$A \times K_L$	-0,143 ^{NS}	-0,170 ^{NS}	-0,106 ^{NS}	0,349**	-0,226*	0,257*
$A \times \Psi_w$	-0,111 ^{NS}	-0,139 ^{NS}	-0,227*	0,116 ^{NS}	-0,407***	0,020 ^{NS}
$g_s \times E$	-0,364**	-0,356**	-0,229*	0,445***	0,002 ^{NS}	0,347**
$g_s \times K_L$	0,657***	0,754***	0,818***	0,939***	0,869***	0,952***
$g_s \times \Psi_w$	0,457***	0,380**	0,396***	0,732***	0,554***	0,669***
$E \times K_L$	-0,069 ^{NS}	-0,321**	-0,227*	0,431***	0,043 ^{NS}	0,331**
$E \times \Psi_w$	-0,322**	-0,625***	-0,635***	0,107 ^{NS}	-0,395***	-0,066 ^{NS}

^{NS} Não significativo pelo teste F ($P > 0,05$), * Significativo pelo teste F ($P < 0,05$), ** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$)
*** Significativo pelo teste F ($P < 0,001$).

Tabela 3: Valores médios de assimilação líquida de carbono (A), transpiração (E) e eficiência no uso da água EUA (A/E) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco.

Espécies	A ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)		E ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)		EUA (A/E) (μ)	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
<i>S. macrophylla</i>	5,85A	3,96B	4,37A	2,54B	1,33A	1,55 ^a
<i>H. courbaril</i>	6,93A	4,81B	4,64A	4,04B	1,49A	1,19 ^a
<i>T. serratifolia</i>	6,90A	4,03B	4,48A	3,09B	1,54A	1,30 ^a

Valores médios seguidos da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

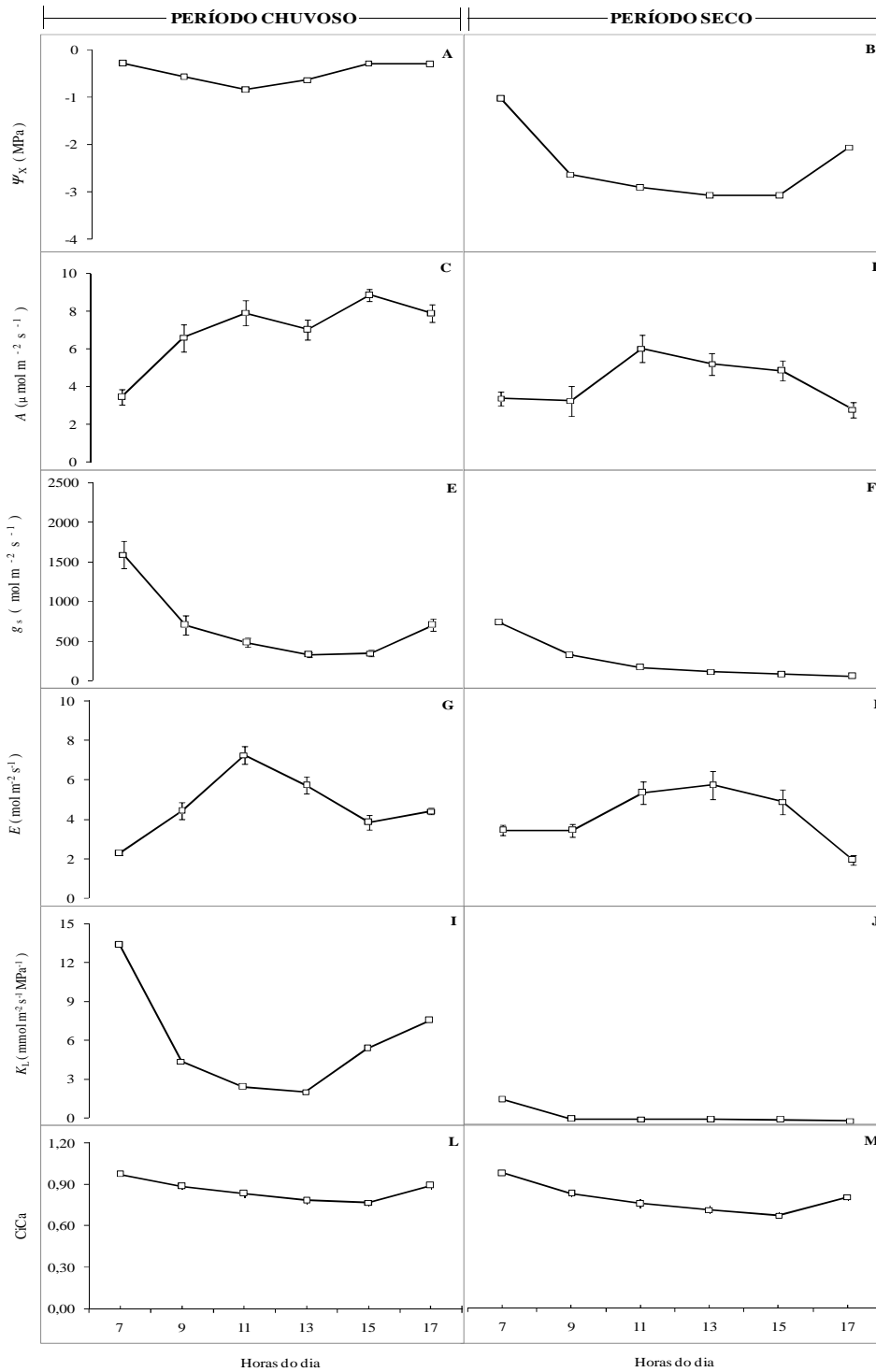


Figura 7: Curso diurno do potencial hídrico do xilema foliar (A e B), taxa de assimilação líquida de carbono (C e D), condutância estomática (E e F), transpiração (G e H), condutividade hidráulica (I e J) e razão entre a concentração interna e ambiente de CO₂ (L e M) em plantas jovens de *Hymenea courbaril* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

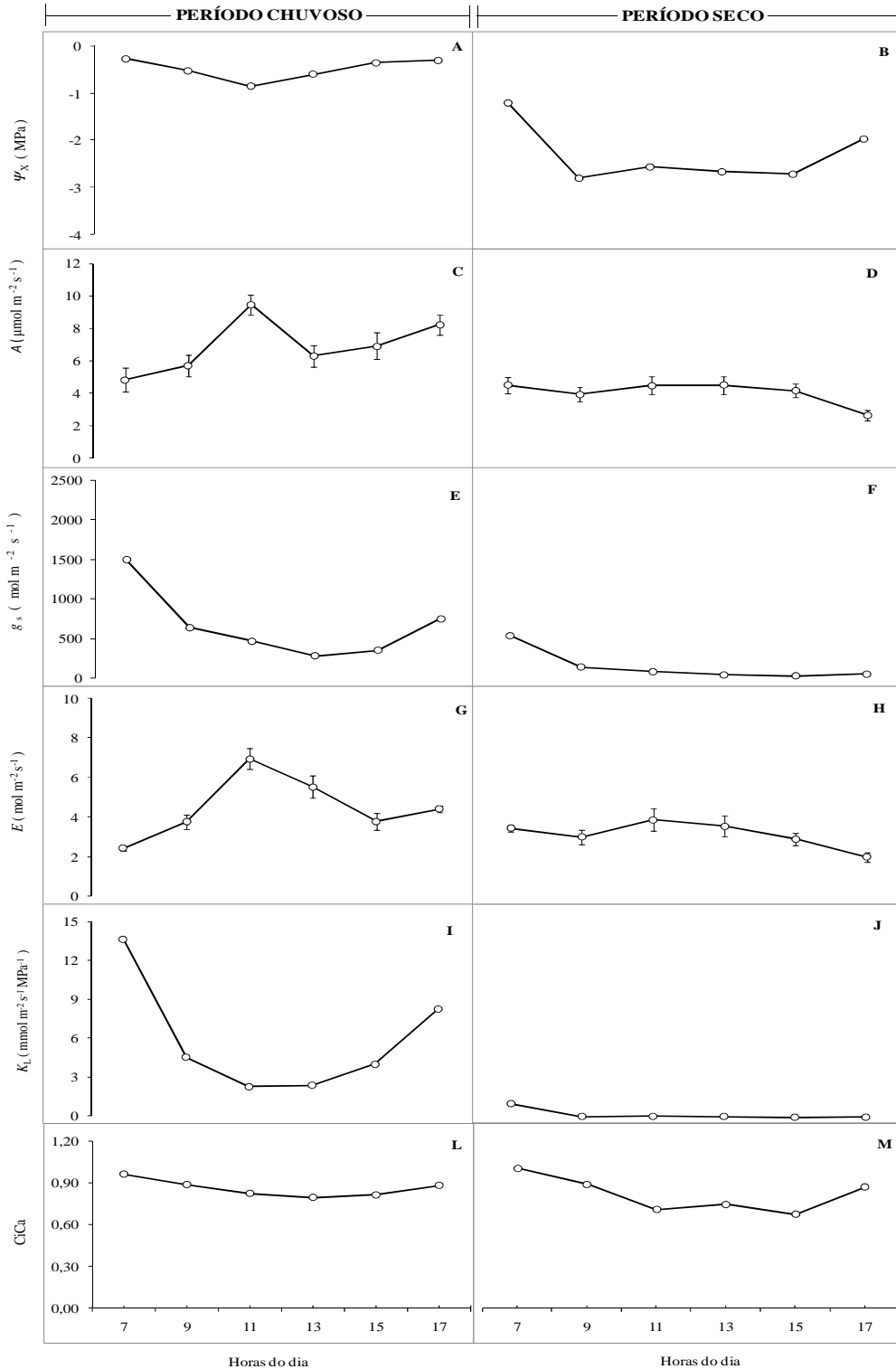


Figura 8: Curso diurno do potencial hídrico do xilema foliar (A e B), taxa de assimilação líquida de carbono (C e D), condutância estomática (E e F), transpiração (G e H), condutividade hidráulica (I e J) e razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (L e M) em plantas jovens de *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

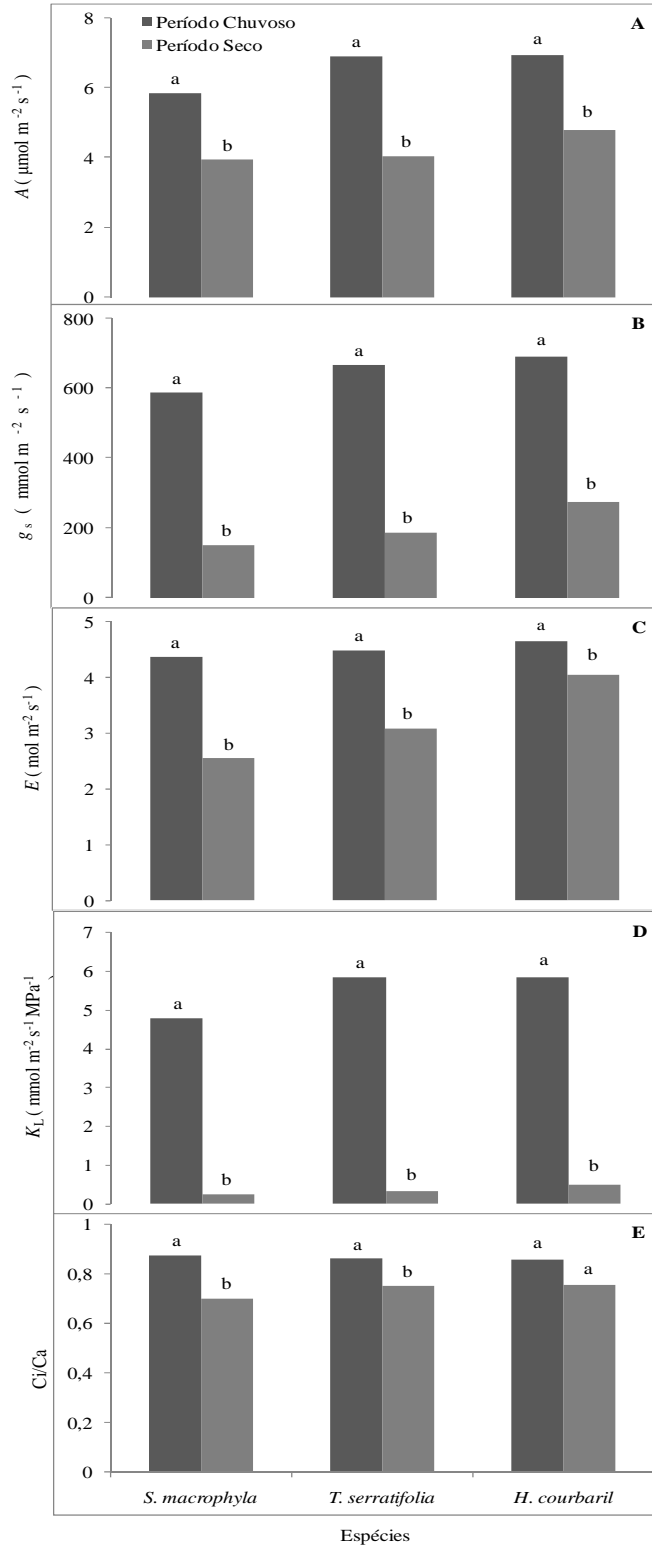


Figura 9: Taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (B), transpiração (C), condutividade hidráulica (D) e razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (E) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia serratifolia* e *Hymenea courbaril* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco, no município de Igarapé-Açu, Pará.

Plantas crescendo em condições de campo estão sujeitas a situações de estresse, como redução na disponibilidade de água ocasionando mudanças na concentração de muitos metabólitos, seguido por distúrbios nos hidratos de carbono e no metabolismo dos aminoácidos (OSBERT et al., 1995). O estresse hídrico provoca modificações na composição das células das plantas superiores, levando em muitos casos à produção e acúmulo de substâncias osmoticamente ativa. Este processo, conhecido como osmorregulação ou ajustamento osmótico, é um componente de grande importância no mecanismo de tolerância à seca em várias espécies (SUBARAO, et al., 2000).

Nas figuras 10, 11 e 12, estão apresentadas as substâncias relacionadas à manutenção do *status* hídrico via ajustamento osmótico nas três espécies florestais da Amazônia (mogno, jatobá e ipê-amarelo). A capacidade de acúmulo de solutos compatíveis é uma resposta comum em organismos sob condições adversas, e vem sendo investigada, nos últimos anos, em plantas (TESTER e DAVENPORT, 2003; CHINNUSAMY e ZHU, 2004). Estes solutos compatíveis são moléculas ou íons atóxicos que não interferem no metabolismo e se acumulam predominantemente no citoplasma, onde têm função de manter a turgescência celular, além de estabilizar proteínas e estruturas celulares nas condições subótimas dos fatores ambientais (BRAY et al., 2001).

Valores médios de glicina-betaína (GB) para o mogno variaram ao longo do dia no período chuvoso (7,46 mg/g MS a 7,82 mg/g MS), jatobá (7,52 mg/g MS a 7,82 mg/g MS) e ipê-amarelo (6,52 mg/g MS a 8,27 mg/g MS) (Figuras 10A, 11A e 12 A), respectivamente. Por outro lado, as curvas diárias de GB no período seco para todas as espécies do experimento variaram com valores médios mínimos no início da manhã e valores médios máximos no final da tarde. Plantas jovens de mogno variaram (8,26 mg/g MS a 15,79 mg/g MS), jatobá (9,12 mg/g MS a 15,95 mg/g MS) e ipê-amarelo (8,72 mg/g MS a 18,47 mg/g MS) (Figuras 10B, 11B e 12B), respectivamente.

Sendo assim, a glicina-betaína é requerida para proteger a planta, mantendo o contrapeso da água entre a célula vegetal e o ambiente, estabilizando as macromoléculas conforme Rontein et al (2002). As plantas sintetizam a glicina betaína por duas reações de oxidação da colina (Colina Betaína aldeído glicina betaína) (RHODES; HANSON, 1993). A primeira reação catalisada por uma colina monooxigenase ferredoxina - dependente (CMO) e a segunda reação por um betaína aldeído desidrogenase NAD^+ - dependente (BADH) (CHEN e MURATA, 2002; ASHRAF e FOOLAD, 2005). O acúmulo de glicina betaína é associado a

uma regulação positiva da expressão do gene para CMO e para BADH concomitantemente, conduzindo assim a uma atividade enzimática elevada quando submetida a qualquer tipo de estresse.

Teores foliares de prolina (PRO) de plantas jovens de mogno variaram com valores médios ao longo do dia no período chuvoso (1,51 $\mu\text{mol/g MS}$ a 1,58 $\mu\text{mol/g MS}$), jatobá (1,78 $\mu\text{mol/g MS}$ a 1,96 $\mu\text{mol/g MS}$) e ipê-amarelo (1,44 $\mu\text{mol/g MS}$ a 1,53 $\mu\text{mol/g MS}$) (Figuras 10C, 11C e 12 C), respectivamente. Em comparação, no período seco, os valores médios de PRO encontrados em todas as plantas do experimento foram superiores em todos os horários em relação aos do período chuvoso. Os teores foliares de PRO das plantas jovens de mogno variaram no período seco (1,66 $\mu\text{mol/g MS}$ a 2,75 $\mu\text{mol/g MS}$), jatobá (1,96 $\mu\text{mol/g MS}$ a 2,76 $\mu\text{mol/g MS}$) e ipê-amarelo (1,48 $\mu\text{mol/g MS}$ a 2,96 $\mu\text{mol/g MS}$) (Figuras 10D, 11D e 12D). A prolina é um aminoácido caracterizado pela presença de um grupo imino, e por essa razão, chamado por alguns autores de iminoácido. Ao se acumular no citosol, atua diminuindo o potencial osmótico da folha e conseqüentemente seu potencial hídrico, favorecendo a absorção de água, mesmo sob baixa condutância estomática, pois aumenta a magnitude do gradiente de potencial hídrico ao longo da planta. Resultados semelhantes foram observados por Lobato et al. (2008) em plantas de feijão caupi submetida ao déficit hídrico, no qual o acúmulo nos teores de prolina aumentou com a diminuição de água no tecido foliar da planta, comprovando que este aminoácido tem a função de ajustador osmótico nesta cultura. Cordeiro et al (2009), trabalhando com plantas jovens de mogno em casa de vegetação por um período de suspensão de água de 20 dias observaram que o aumento mais expressivo para as plantas sob déficit hídrico foi relacionado à prolina, principalmente a partir de 11 horas, com incremento médio da ordem de 77% em relação às plantas controle. Nogueira et al. (2001) registrou um incremento na concentração de prolina foliar em plantas de *Malpighia emarginata* após 20 dias de déficit hídrico. Carvalho (2005) trabalhou com plantas jovens de *S. amazonicum* (paricá) e *S. parahyba* (guapuruvu) submetidas à deficiência hídrica por dois ciclos de deficiência hídrica diferentes: um primeiro de seis dias (com redução do Ψ_{am} para cerca de -1,4 a -2,0 MPa), seguindo-se de rehidratação por três dias, e um segundo ciclo de desidratação por nove dias, com reduções mais brandas do Ψ_{am} . Foi observado que no primeiro ciclo de desidratação, as plantas jovens de *S. amazonicum* apresentaram um acúmulo de prolina sensivelmente maior (irrigadas = 1,23 g.cm^{-2} e não-irrigadas = 1,50 g.cm^{-2}) que as plantas de enquanto *S. parahyba* (irrigadas = 1,01 g.cm^{-2} e

não-irrigadas = $1,41 \text{ g.cm}^{-2}$). Acúmulos significativos foram também verificados nas duas espécies supracitadas no segundo ciclo de deficiência hídrica. Além da prolina, Carvalho (2005) evidenciou, no mesmo experimento, incrementos significativos nos teores foliares de K^+ , aminoácidos solúveis totais e carboidratos solúveis totais. Outros autores encontraram um significativo acúmulo de prolina em resposta ao déficit hídrico, como, por exemplo, em *C. pyramidalis* (SILVA et al., 2004), *Lycopersicon esculentum* (HANDA et al., 1986) e *Zea mays* (ARRAZATE et al., 2005). A maior concentração de solutos encontradas em plantas sob deficiência hídrica indica uma capacidade de ajustamento osmótico, que é uma característica de interesse em plantas resistentes à seca.

Com relação aos teores foliares de carboidratos solúveis totais (CST), plantas jovens de mogno variaram com valores médios no período chuvoso (0,64 mmol de Glu/g MS a 0,77 mmol de Glu/g MS), jatobá (0,69 mmol de Glu/g MS a 0,77 mmol de Glu/g MS) e ipê-amarelo (0,60 mmol de Glu/g MS a 0,82 mmol de Glu/g MS) (Figura 9E, 11E e 12E), respectivamente, enquanto que no período seco os teores de CST para o mogno brasileiro variaram com valores médios (0,63 mmol de Glu/g MS a 2,30 mmol de Glu/g MS), jatobá (0,83 mmol de Glu/g MS a 2,27 mmol de Glu/g MS) e ipê-amarelo (0,73 mmol de Glu/g MS a 2,52 mmol de Glu/g MS) (Figuras 10F, 11F e 12 F), respectivamente. Todas as espécies do experimento apresentaram os valores médios mínimos de CST no início da manhã e máximos no final da tarde, com comportamento semelhante aos da PRO, também no período seco. Sabe-se que em plantas sob déficit hídrico, o acúmulo de carboidratos solúveis totais (CST) na folha, principalmente os de baixo peso molecular pode resultar da hidrólise das reservas de amido e subseqüentes reações de isomerização da glicose, bem como de distúrbios causados pela deficiência de água no floema, reduzindo a translocação destes para outros órgãos. Esses compostos provocam a manutenção da turgescência, mesmo com a diminuição do potencial hídrico foliar, garantindo a expansão celular e o crescimento (NILSEN e ORCUTT, 1996). É possível que, dentro de certos limites, os CST, a prolina e glicina-betaína possam contribuir com o ajustamento osmótico, principalmente ao final do dia. Um aumento no teor de CST foi também observado em folhas de *Medicago sativa* como resposta ao déficit hídrico. Os teores de CST foram de $90 \text{ mg g}^{-1} \text{ MS}$ para um potencial hídrico de $-1,5 \text{ MPa}$ e de $170 \text{ mg g}^{-1} \text{ MS}$ para um potencial hídrico de $-2,8 \text{ MPa}$ (IRIGOYEN et al, 1992).

Os teores foliares de amido em plantas jovens de mogno brasileiro variaram com valores médios no período chuvoso ($0,31 \text{ } \mu\text{g glicose/g MS}$ a $0,35 \text{ } \mu\text{g glicose/g MS}$), jatobá

(0,38 μg glicose/g MS a 0,42 μg glicose/g MS) e ipê-amarelo (0,22 μg glicose/g MS a 0,27 μg glicose/g MS) (Figuras 10G, 11G e 12 G), respectivamente, enquanto que no período seco os teores de amido para o mogno brasileiro variaram (0,17 μg glicose/g MS a 0,29 μg glicose/g MS), jatobá (0,18 μg glicose/g MS a 0,32 μg glicose/g MS) e ipê-amarelo (0,09 μg glicose/g MS a 0,20 μg glicose/g MS) (Figuras 10H, 11H e 12H), respectivamente. Reduções dos valores dos teores foliares de amido foram encontrados no decorrer do dia, esta diminuição pode estar ligada a degradação do amido através das enzimas α e β -amilase, formando novos açúcares como a sacarose em plantas jovens de mogno brasileiro, jatobá e ipê-amarelo (Figura 9O, 11O E 12 O), respectivamente, com intuito de ajuste osmótico e a inativação da enzima chave na síntese de amido é a ADP-glicose pirofosforilase.

No que consiste na concentração de proteínas solúveis totais (PST), plantas jovens de mogno variaram com valores médios no período chuvoso (1,79 mg/g MS a 1,81 mg/g MS), jatobá (1,72 mg/g MS a 2,07 mg/g MS) e ipê-amarelo (1,54 mg/g MS a 1,65 mg/g MS) (Figuras 10I, 11I e 12I), respectivamente, enquanto que no período seco os teores de PST para o mogno variaram (1,23 mg/g MS a 1,73 mg/g MS), jatobá (1,17 mg/g MS a 1,93 mg/g MS) e ipê-amarelo (0,91 mg/g MS a 1,53 mg/g MS) (Figuras 10J, 11J e 12J), respectivamente. Foi observado que nas plantas do experimento houve pouca variação dos valores de PST no decorrer do curso diário do período chuvoso, enquanto que foram verificadas reduções dos valores de PST no decorrer do curso diário no período seco. Contudo, a diminuição das proteínas para o período seco, esta ligada a quebra dessas proteínas em aminoácidos (Figuras 10M, 11M e 12M), haja vista que nesta fase de maturação fisiológica, as folhas vão ter a função de exportadores (fonte) de compostos nitrogenados e fotoassimilados produzidos pela fotossíntese (CARCELLER et al., 1999). Tais resultados se devem ao aumento da atividade de enzimas proteolíticas, que quebram as proteínas de reserva das plantas e também da diminuição da síntese das mesmas. Este tipo de estresse afeta todo processo bioquímico da planta e como uma forma de defesa contra falta de água, a planta muda seu comportamento metabólico como, por exemplo, a degradação das proteínas em aminoácidos, dentre desses a prolina, que está diretamente ligada ao ajustamento osmótico do tecido foliar das células.

As concentrações foliares de sacarose em plantas jovens de mogno variaram com valores médios no período chuvoso (21,8 mg/g MS a 24,2 mg/g MS), jatobá (19,5 mg/g MS a 23,7 mg/g MS) e ipê-amarelo (21,3 mg/g MS a 23,4 mg/g MS) (Figuras 10 N, 11N e 12N), respectivamente, enquanto que no período seco os teores de sacarose para o mogno variaram

(24,6 mg/g MS a 39,1 mg/g MS), jatobá (21,7 mg/g MS a 36,9 mg/g MS) e ipê-amarelo (21,6 mg/g MS a 41,5 mg/g MS) (Figuras 10O,11O e 12O), respectivamente. Assim, o aumento da sacarose no período seco no decorrer do curso diário se deve possivelmente a diminuição fotossintética e a quebra do amido através da enzima α e β -amilase em açúcares, que podem ser quebrados e se transformar através de reações bioquímicas em sacarose (PIMENTEL, 2004). Para Hoekstra et al (2001), também confirmaram o acúmulo de sacarose nas folhas devido à perda de água e também envolvida com o mecanismo de fechamento dos estômatos, no qual a concentração é maior nas folhas mais velhas do que nas mais novas, pois estas exportarem sacarose.

As análises das concentrações foliares de carboidratos solúveis totais, sacarose, aminoácidos solúveis totais, prolina e glicina-betaína apresentaram incrementos médios de 113,81%, 44,63%, 20,67%, 40,47% e 63,26% (mogno), 81%, 39,32%, 16,71%, 24,41% e 51,77% (jatobá) e 148,14%, 56,36%, 22,66%, 49,63% e 86,91% (ipê-amarelo), do período seco em relação ao período chuvoso (Figuras 13A, 13B, 13D, 13F e 13G), respectivamente, apresentando diferenças estatísticas entre os períodos.

As concentrações foliares de amido (AMD) e proteínas solúveis totais (PST), também apresentaram diferenças significativas entre os dois períodos, com reduções de 25,74% e 20,14% (mogno), 36,67% e 19,11% (jatobá) e 44,96% e 19,20% (ipê-amarelo), respectivamente, para o período seco em relação ao período chuvoso (Figuras 13C e 13E).

O aumento nas concentrações de glicina-betaína, prolina, carboidratos solúveis totais, aminoácidos solúveis totais e sacarose observados no período seco mostraram que as plantas das espécies estudadas se ajustaram osmoticamente, pois todas essas substâncias diminuem o potencial osmótico e, como consequência, o potencial hídrico celular, garantido o fluxo de água no interior da planta, provocando a manutenção da turgescência, garantindo a expansão celular e o crescimento (NILSEN e ORCUTT, 1996).

O aumento nas concentrações de prolina livre no período seco em relação ao período chuvoso ocorreu, provavelmente, através do aumento da atividade ou concentração da enzima P-5CR e/ou diminuição da degradação mitocondrial desse aminoácido (MAIA et al., 2007)

O aumento nas concentrações de carboidratos e aminoácidos solúveis totais no período seco em relação ao período chuvoso pode ser decorrente, respectivamente, da hidrólise das reservas de amido e subseqüentes reações de isomerização da glicose, bem como de distúrbios causados pela deficiência de água nos tecidos do floema, reduzindo sua translocação para

outros órgãos (SUBBARAO et. al., 2000) e restrição à síntese de proteínas ou quebras das moléculas pelo aumento da ação das enzimas proteolíticas. Esses compostos, além de proporcionarem vantagens, do ponto de vista do abaixamento do potencial osmótico e da manutenção da turgescência, servem de reservas de carbono e nitrogênio para a imediata retomada do crescimento, tão longo as tensões ambientais sejam aliviadas (NILSEN e ORCUTT, 1996).

O aumento das concentrações de sacarose no período foi devido, provavelmente, a diminuição da fotossíntese e a quebra das moléculas de amido através das enzimas α e β – amilase em açúcares, que podem ser quebrados e se transformar, através de reações bioquímicas, em sacarose (PIMENTEL, 2004).

Variações na fotossíntese observadas no período chuvoso tiveram correlações significativas ($P < 0,05$) com AMD, em plantas de mogno, com AST, em plantas de jatobá e com AMD e PST, em plantas de ipê-amarelo e correlações altamente significativas ($P < 0,01$) com PST e SAC, em plantas de jatobá. No período seco, as variações da fotossíntese tiveram correlações significativas ($P < 0,05$) com AMD, PST e SAC, em plantas de mogno e com AMD e AST, em plantas de jatobá (Tabela 4).

Variações na condutância estomática observadas no período chuvoso tiveram correlações significativas ($P < 0,05$) com AMD, em plantas de mogno e com AST, em plantas de ope-amarelo e correlações altamente significativas ($P < 0,01$) com PST e SAC, em plantas de ipê-amarelo e correlações altamente significativas ($P < 0,01$) com PST e SAC, em plantas de jatobá. No período seco, as variações de condutância estomática tiveram correlações altamente significativas ($P < 0,01$) com AMIDO, em plantas de mogno e correlações fortemente significativas ($P < 0,001$) com PST, AST e SAC, em plantas de mogno e com AMD, PST, AST e SAC em plantas de jatobá e ipê-amarelo (Tabela 4).

Tabela 4: Coeficiente de correlação de Pearson entre taxa de assimilação líquida de carbono (A), a condutância estomática (g_s) e teores foliares de amido (AMD), proteínas solúveis totais (PST), aminoácidos solúveis totais (AST) e sacarose (SAC) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Para as análises foram utilizadas 30 observações (n).

Variáveis	Período chuvoso			Período seco		
	<i>S. macrophylla</i>	<i>H. courbaril</i>	<i>T. serratifolia</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>H. courbaril</i>	<i>T. serratifolia</i>
$A \times \text{AMD}$	0,403*	0,103 ^{NS}	-0,318*	0,386*	0,319*	0,305 ^{NS}
$A \times \text{PST}$	-0,097 ^{NS}	-0,474**	-0,349*	0,369*	0,293 ^{NS}	0,459**
$A \times \text{AST}$	-0,025 ^{NS}	0,318*	0,260 ^{NS}	-0,507**	-0,319*	-0,289 ^{NS}
$A \times \text{SAC}$	-0,043 ^{NS}	0,524**	-0,065 ^{NS}	-0,372*	-0,230 ^{NS}	-0,298 ^{NS}
$g_s \times \text{AMD}$	-0,318*	-0,274 ^{NS}	-0,246 ^{NS}	0,496**	0,674***	0,692***
$g_s \times \text{PST}$	0,221 ^{NS}	0,510**	0,239 ^{NS}	0,688***	0,714***	0,546***
$g_s \times \text{AST}$	-0,002 ^{NS}	-0,212 ^{NS}	0,369*	-0,605***	-0,647***	-0,598***
$g_s \times \text{SAC}$	0,005 ^{NS}	-0,488**	0,107 ^{NS}	-0,710***	-0,740***	-0,793***

^{NS} Não significativo pelo teste F ($P > 0,05$), * Significativo pelo teste F ($P < 0,05$), ** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$)

*** Significativo pelo teste F ($P < 0,001$).

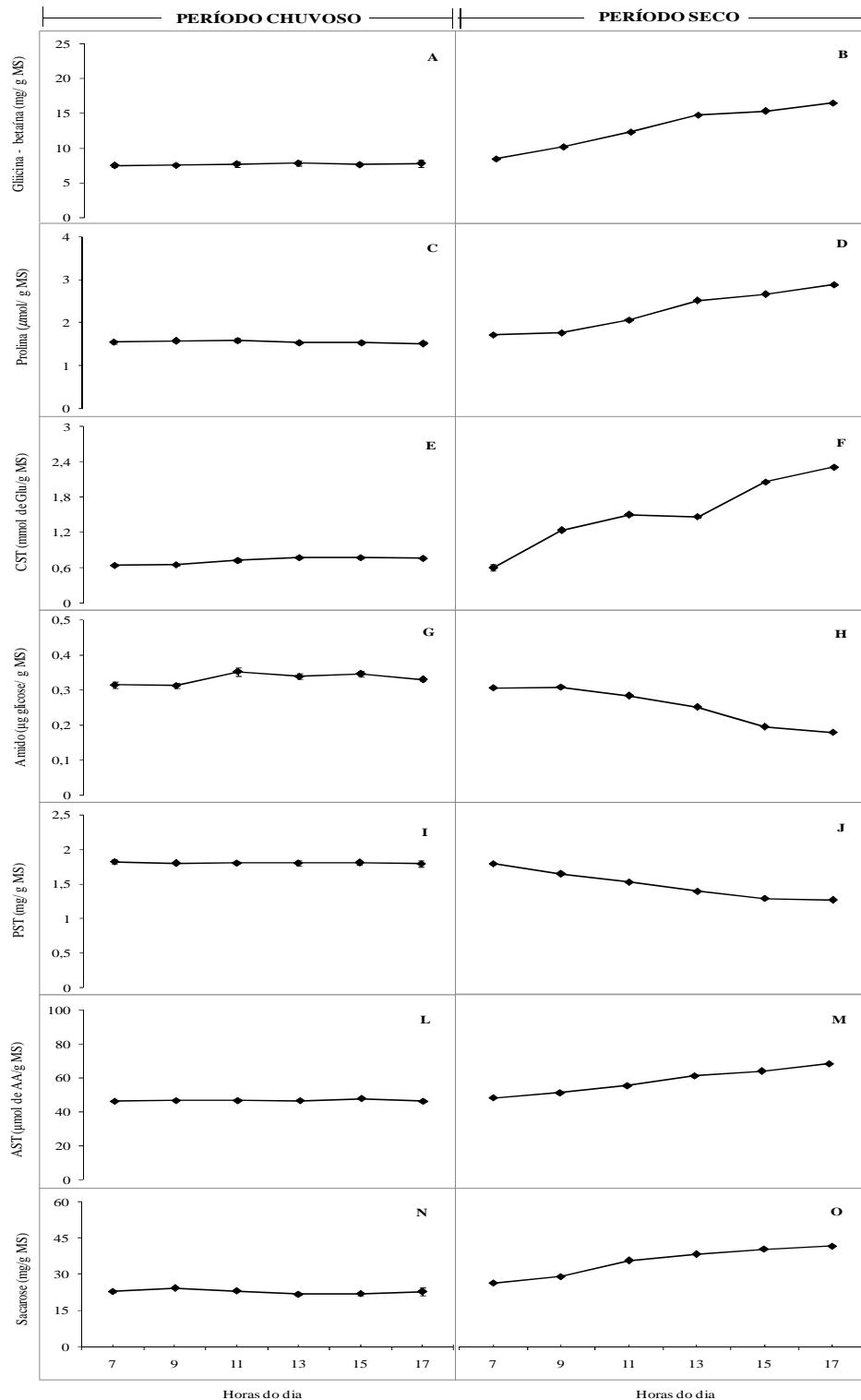


Figura 10: Curso diurno de teores foliares de glicina-betaína (A e B), prolina (C e D), carboidratos solúveis totais (E e F), amido (G e H), proteínas solúveis totais (I e J), aminoácidos solúveis totais (L e M) e sacarose (N e O) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

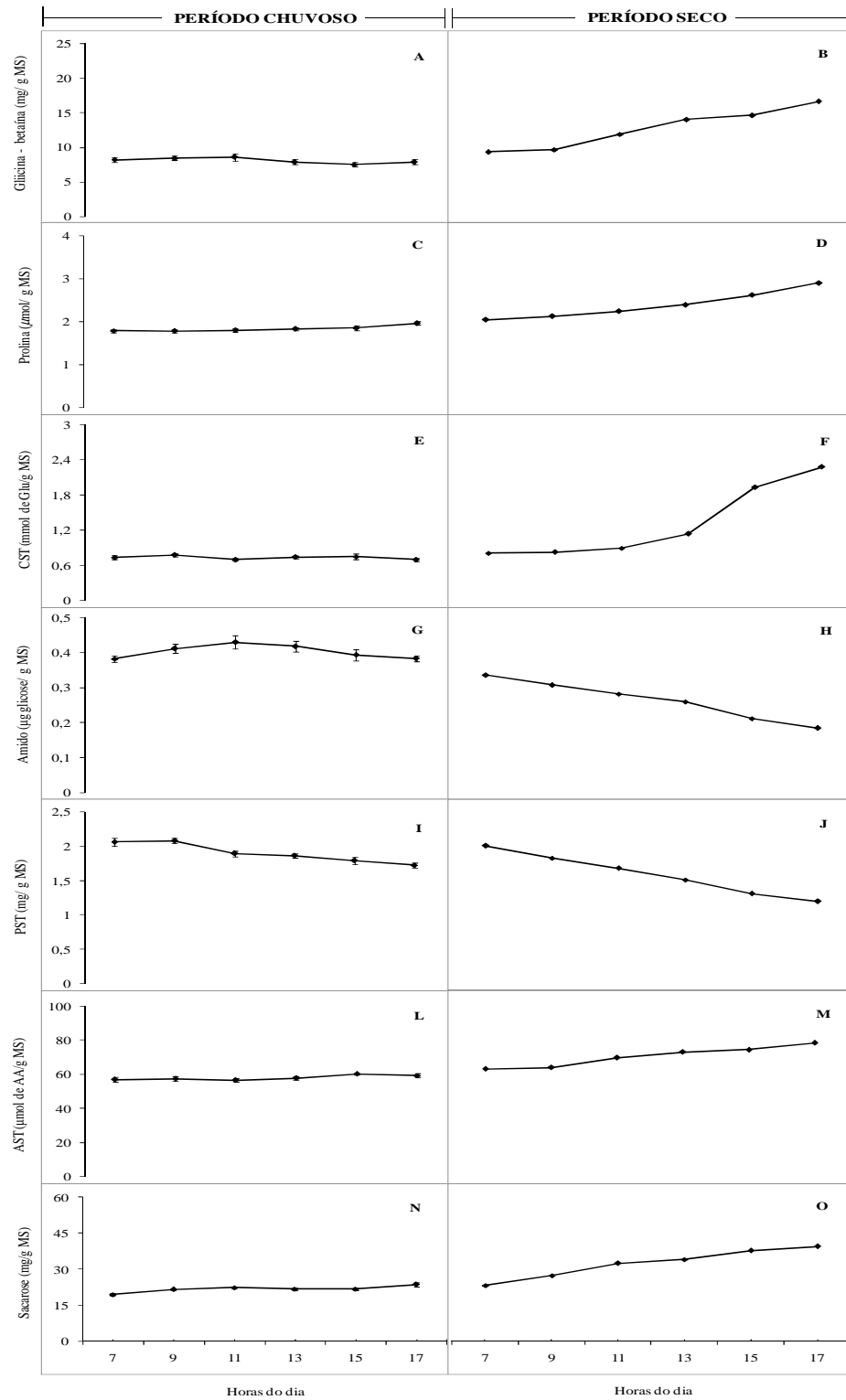


Figura 11: Curso diurno de teores foliares de glicina-betaína (A e B), prolina (C e D), carboidratos solúveis totais (E e F), amido (G e H), proteínas solúveis totais (I e J), aminoácidos solúveis totais (L e M) e sacarose (N e O) em plantas jovens de *Hymenea courbaril* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

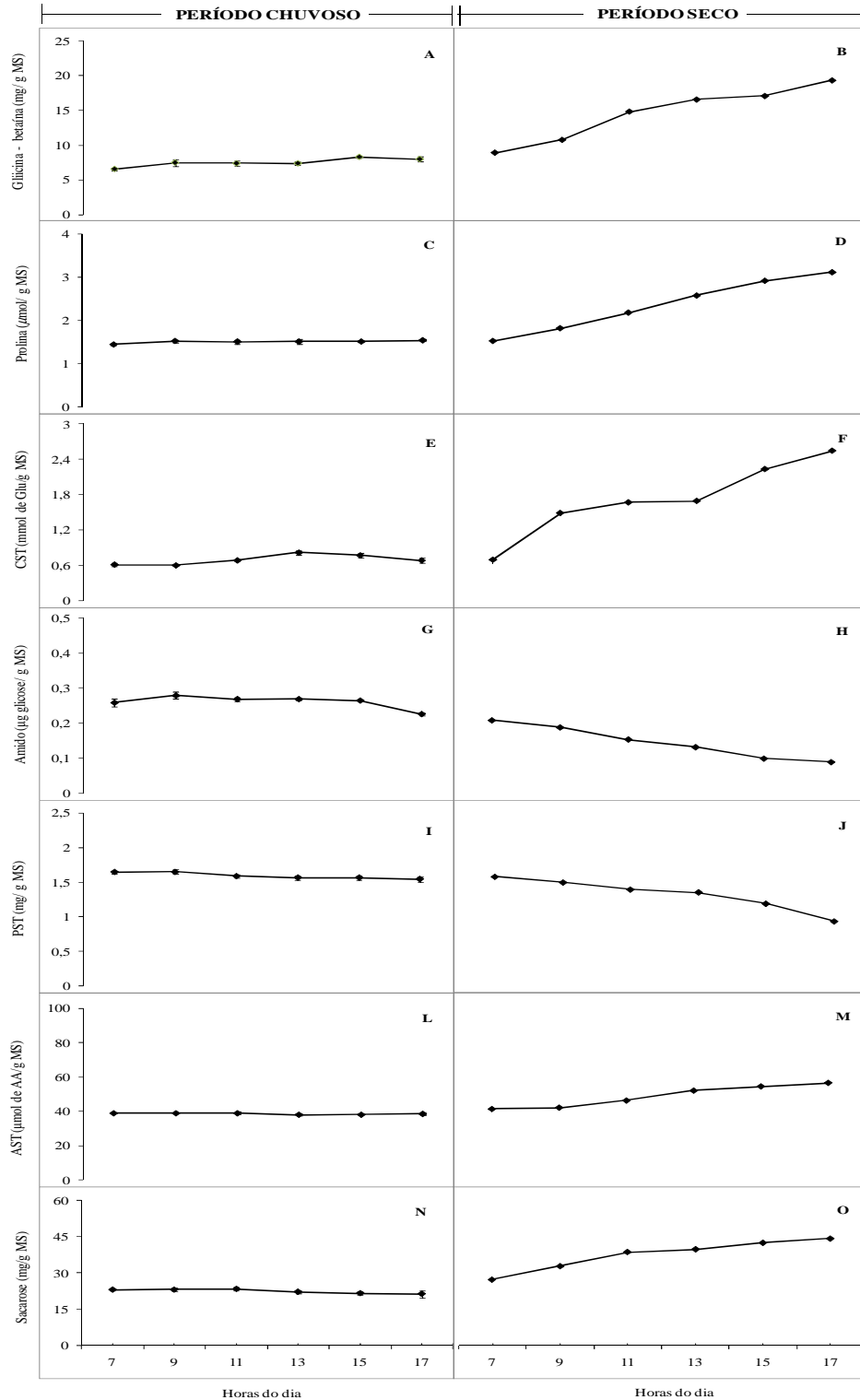


Figura 12: Curso diurno de teores foliares de glicina-betaína (A e B), prolina (C e D), carboidratos solúveis totais (E e F), amido (G e H), proteínas solúveis totais (I e J), aminoácidos solúveis totais (L e M) e sacarose (N e O) em plantas jovens de *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo nos períodos chuvoso e seco. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

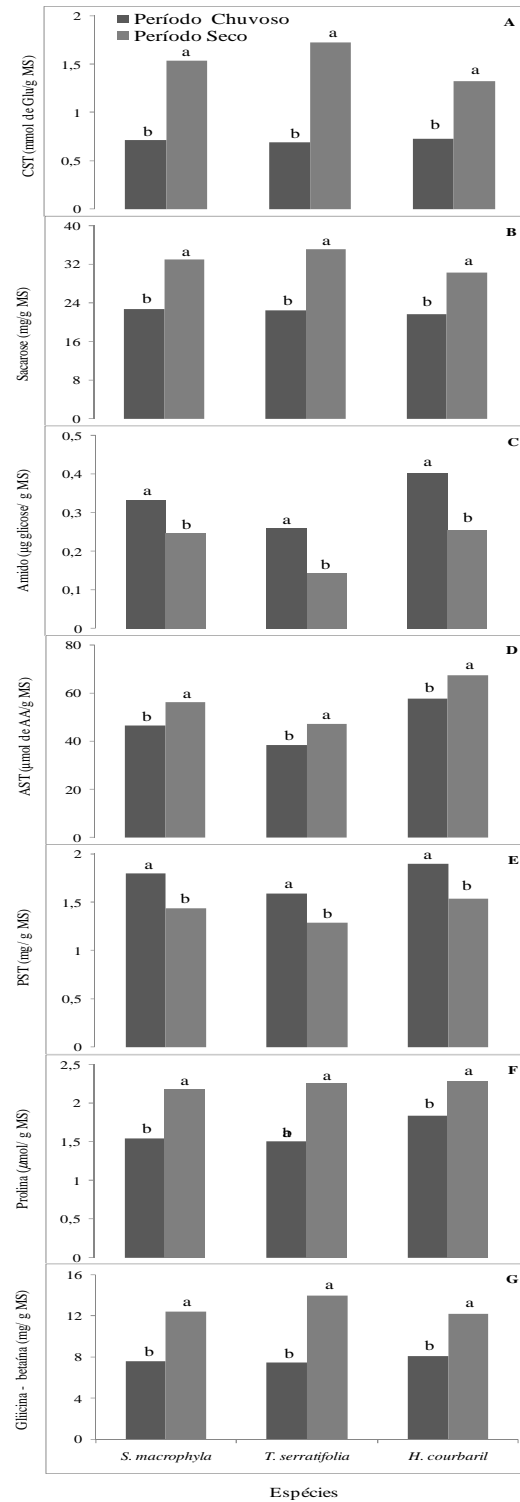


Figura 13: Teores foliares de carboidratos solúveis totais (A), sacarose (B), amido (C), aminoácidos solúveis totais (D), proteínas solúveis totais (E), prolina (F) e glicina-betaína (G) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia serratifolia* e *Hymenaea courbaril* cultivadas em condições de campo no período “chuvoso” e “seco” no município de Igarapé-Açu, Pará.

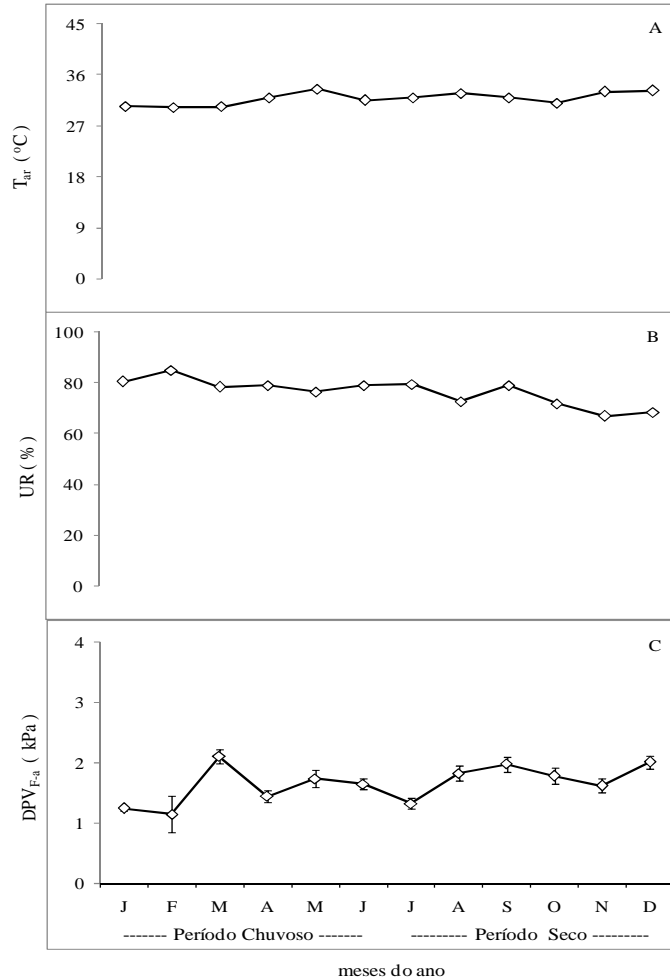


Figura 14: Temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera (C) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenaea courbaril* e *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

Foi observado que no período chuvoso (PCH) (janeiro a junho de 2010) em plantas jovens de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) e ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia*) cultivadas em condições de campo foram submetidas a uma temperatura do ar (T_{ar}) com valores médios de $31,33^{\circ}\text{C}$, enquanto que no período seco (PS) (julho a dezembro de 2010), a T_{ar} apresentou valores médios de $32,33^{\circ}\text{C}$ (Figura 14A). A umidade relativa do ar (UR) apresentou valores médios no PCH de $79,72\%$, enquanto que no período seco ($73,01\%$) (Figura 14B). O déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera (DPV) apresentou valores médios no PCH de $1,54\text{ KPa}$, enquanto no período seco apresentou valores de ($1,75\text{ KPa}$) (Figura 14C). Alguns pesquisadores têm demonstrado a influência dos fatores climáticos sobre o comportamento estomático de plantas. Gucci et al (1996) demonstraram a dependência do comportamento

estomático de plantas de kiwi sobre o status hídrico do solo e do DPV. Nogueira et al. (1998) verificaram que não houve correlação entre E e UR em aceroleiras cultivadas na zona semi-árida de Pernambuco.

Foi observado que as análises de potencial hídrico de antimanhã, taxa de assimilação líquida de carbono, condutância estomática, transpiração, condutividade hidráulica, razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 e eficiência no uso da água apresentaram valores médios no período chuvoso em plantas de mogno brasileiro (-0,2MPa; $9,03\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $382,08\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $3,23\text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 1,03KPa e $2,85\mu$), enquanto que no período seco (-0,53MPa; $6,21\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $190,75\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $2,38\text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 0,37KPa e $1,75\mu$), respectivamente (Figuras15). Para o jatobá, os valores médios no período chuvoso (-0,2MPa; $12,09\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $377,16\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $3,70\text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 1,40KPa e $3,30\mu$), enquanto que os valores médios no período seco (-0,48MPa; $10,04\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $301,5\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $3,55\text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 0,50KPa e $2,80\mu$), respectivamente (Figura 16). As plantas jovens de ipê-amarelo apresentaram valores médios no período chuvoso (-0,19MPa; $12,72\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $397,5\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $3,53\text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 2,03KPa e $4,14\mu$), respectivamente, enquanto que no período seco os valores médios (-0,42MPa; $8,96\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $260\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $3,45\text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 0,86KPa e $2,65\mu$), respectivamente (Figura 17).

Podemos afirmar que a taxa de assimilação líquida de carbono, condutância estomática e transpiração apresentaram reduções médios de no período seco de 31%, 50,08% e 26,30% (mogno), 16,93%, 20,04% e 4,05% (jatobá) e 29,52%, 34,59% e 2,36% (ipê-amarelo). Corroborando com o experimento em estudo, Costa e Marengo (2007), observaram que a diminuição nas respostas fotossintéticas de *C. guianensis*, com a supressão da irrigação, pode estar diretamente associada à modificação do comportamento estomático. Resultados encontrados neste trabalho com *C. guianensis* e também observados em plantas *M. guianensis*, sob condições experimentais semelhantes, evidenciam a variabilidade de respostas apresentada pelas diferentes espécies arbóreas, quando submetidas à supressão da irrigação. No caso da *M. guianensis*, 25 dias foram suficientes para se observar redução significativa de 25, 50 e 50% nas respostas de A, E e g_s , respectivamente, comparado ao tratamento com irrigação (LIBERATO et al., 2006). Em estudo com *Bactris gasipaes* Kunth, observou-se redução de 40% na taxa de A no sexto dia de supressão da irrigação, quando o Ψ_w foi igual a -1,6 MPa, além de reduções de 31 e 54% nas taxas de E e g_s , no quinto dia de experimento (OLIVEIRA et al., 2002). Em *Vitis labrusca* L., sete dias foram suficientes para se verificar

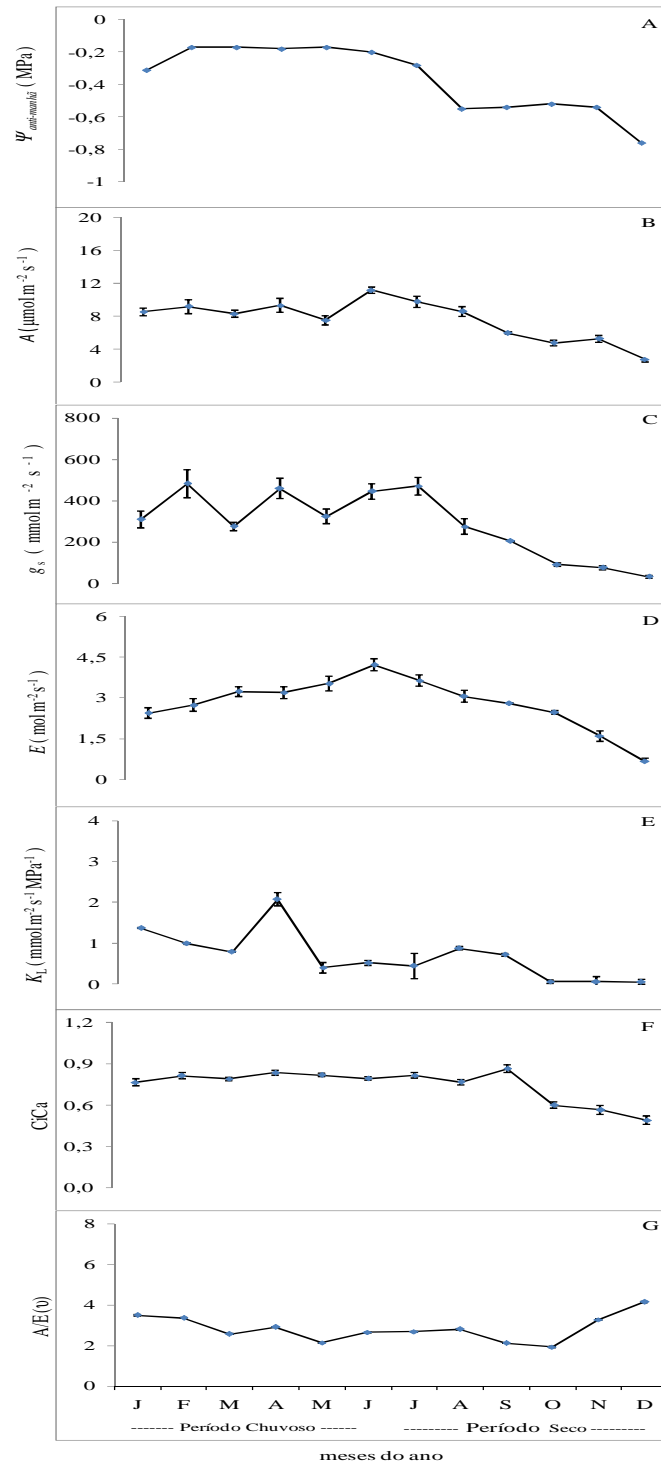


Figura 15: Potencial hídrico de antimanhã (A), taxa de assimilação líquida de carbono (B), condutância estomática (C), transpiração (D), condutividade hidráulica (E), razão entre a concentração interna e ambiente de CO₂ (F) e eficiência no uso da água (G) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \square erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

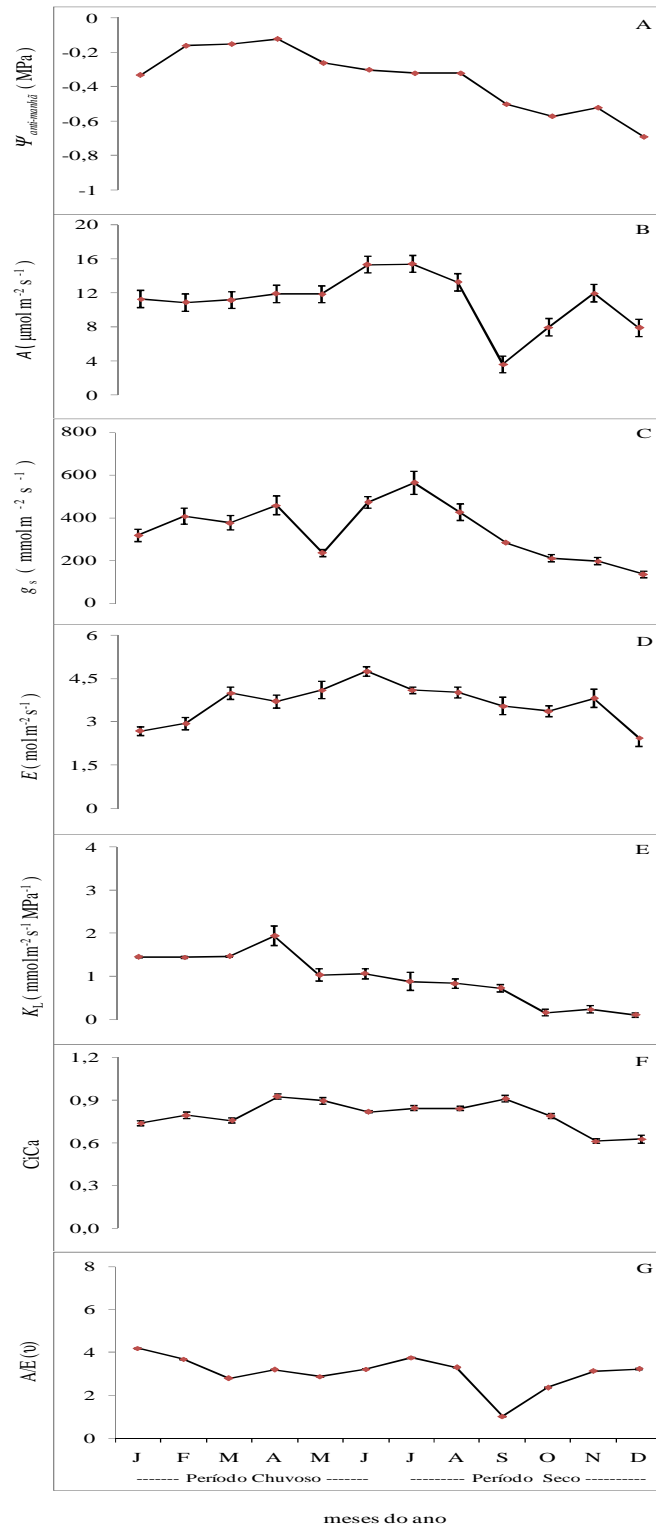


Figura 16: Potencial hídrico de antimanhã (A), taxa de assimilação líquida de carbono (B), condutância estomática (C), transpiração (D), condutividade hidráulica (E), razão entre a concentração interna e ambiente de CO₂ (F) e eficiência no uso da água (G) em plantas jovens de *H. courbaril*, cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

diferenças significativas nas trocas gasosas (A , E e g_s) entre os tratamentos de plantas irrigadas e não irrigadas (SOUZA et al., 2001). A diminuição da taxa fotossintética e condutância estomática, assim como o aumento da concentração intercelular de CO_2 em plantas sob déficit hídrico, também se assemelham ao comportamento de plantas sob condições de estresse salino, pois, ambas as condições comprometem o balanço hídrico da planta (LÓPEZ-CLIMENT et al., 2008).

As diminuições da taxa fotossintética e da condutância estomática, em geral, estão relacionadas, pois o controle do fluxo de CO_2 na folha é mediado pela abertura estomática, assim como os processos fotossintetizantes são mediados pela disponibilidade hídrica regular (TAIZ e ZEIGER, 2009). Isso explica a diminuição significativa na taxa de transpiração de todas as espécies observadas no presente trabalho ao longo dos meses com deficiência hídrica, além do aumento da temperatura foliar das plantas sob o déficit hídrico, provavelmente devido à baixa condutância estomática. A condutância estomática e a taxa fotossintética também declinaram rapidamente em plantas de *Phaseolus vulgaris* após dois dias sem irrigação (MIYASHITA et al., 2005). Assim, o fechamento estomático parece ser comum em muitas espécies de plantas durante o déficit hídrico e esse efeito também ocasiona uma menor taxa de transpiração foliar do mesmo modo que um aumento na temperatura foliar (AZEVEDO NETO et al., 2004; LIBERATO et al., 2006).

As análises das concentrações foliares de glicina-betaína, prolina, carboidratos solúveis totais, aminoácidos solúveis totais e sacarose apresentaram incrementos médios de 49,4%, 18,01%, 58,49%, 16,95% e 26,12% (mogno), 45,75%, 21,93%, 49,15%, 13,28% e 15,38% (jatobá) e 53,62%, 27,24%, 76,65%, 13,27% e 31,65% (ipê-amarelo) (Figuras 18, 19 e 20), respectivamente, do período seco (julho a dezembro de 2010) em relação ao período chuvoso (janeiro a junho de 2010).

As concentrações foliares de amido (AMD) e proteínas solúveis totais (PST), apresentaram reduções de 25,97% e 23,07% (mogno), 35,65% e 14,25% (jatobá) e 28,95% e 56,40% (ipê-amarelo) (Figuras 18, 19 e 20), respectivamente, do período seco (julho a dezembro de 2010) em relação ao período chuvoso (janeiro a junho de 2010).

Muitos trabalhos postulam que o aumento na concentração de solutos orgânicos em tecidos de plantas expostas ao déficit hídrico produz um ajustamento osmótico e reduz a desidratação celular, com preservação de estruturas celulares (VALLIYODAN e NGUYEN, 2006; SILVA et al., 2009). De acordo com Ashraf e Ahmad (2000) e Valliyodan e Nguyen (2006), o acúmulo de solutos compatíveis, como prolina, glicina-betaína, carboidratos solúveis totais, entre outros compostos, tem importante papel de osmoproteção. O acúmulo de sacarose em função do déficit hídrico foi

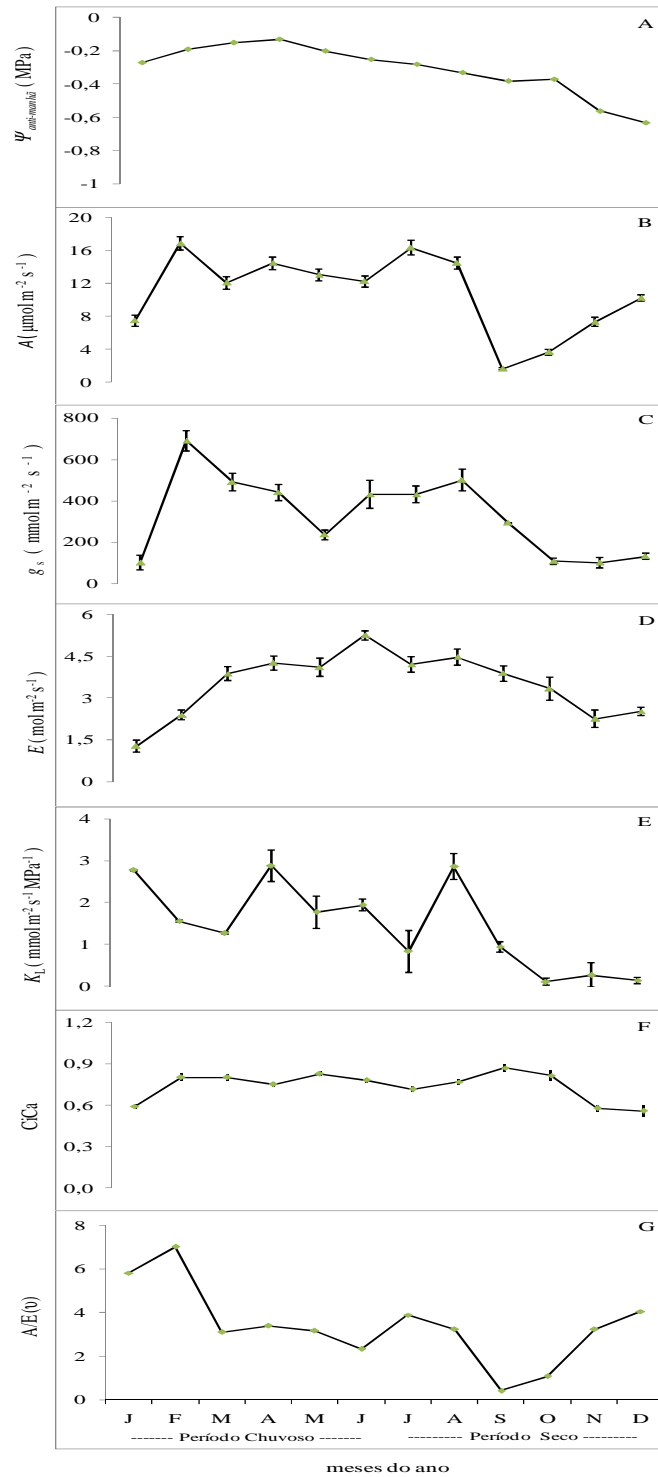


Figura 17: Potencial hídrico de antimanhã (A), taxa de assimilação líquida de carbono (B), condutância estomática (C), transpiração (D), condutividade hidráulica (E), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (F) e eficiência no uso da água (G) em plantas jovens de *Tabebuia serratifolia*, cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

também observado para *Glycine max* (MEYER; BOYER, 1981) e para *Gossypium hirsutum* (TIMPA et al., 1986). O acúmulo de aminoácidos sob deficit hídrico pode ser resultante da redução na síntese de proteínas e da associação de mRNA com polissomas ou do aumento da degradação de proteínas (CATALA et al., 2007). Em todo o caso, o acúmulo de aminoácidos, particularmente prolina, pode contribuir para o ajuste osmótico, de forma a minimizar os impactos prejudiciais da seca sobre as plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

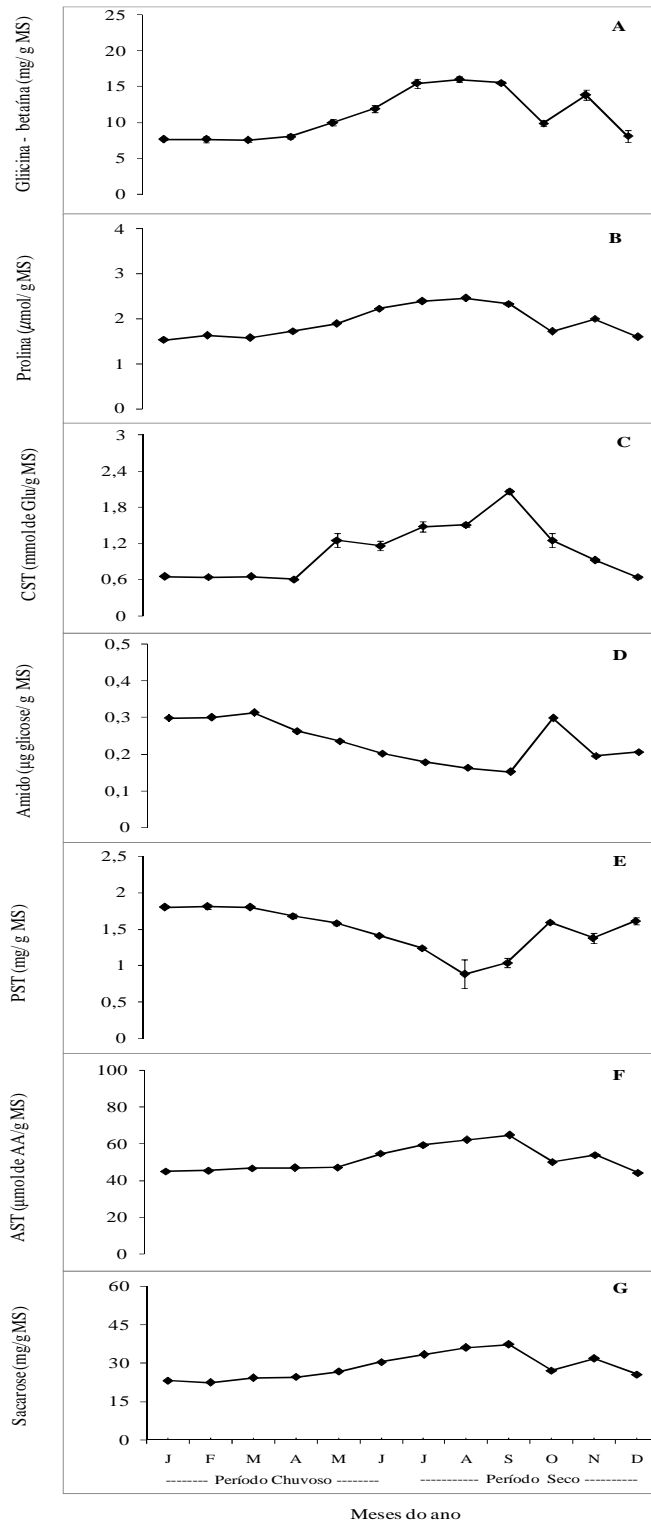


Figura 18: Teores foliares de glicina-betaína (A), prolina (B), carboidratos solúveis totais (C), amido (D), proteínas solúveis totais (E), aminoácidos solúveis totais (F) e sacarose (G) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla* cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

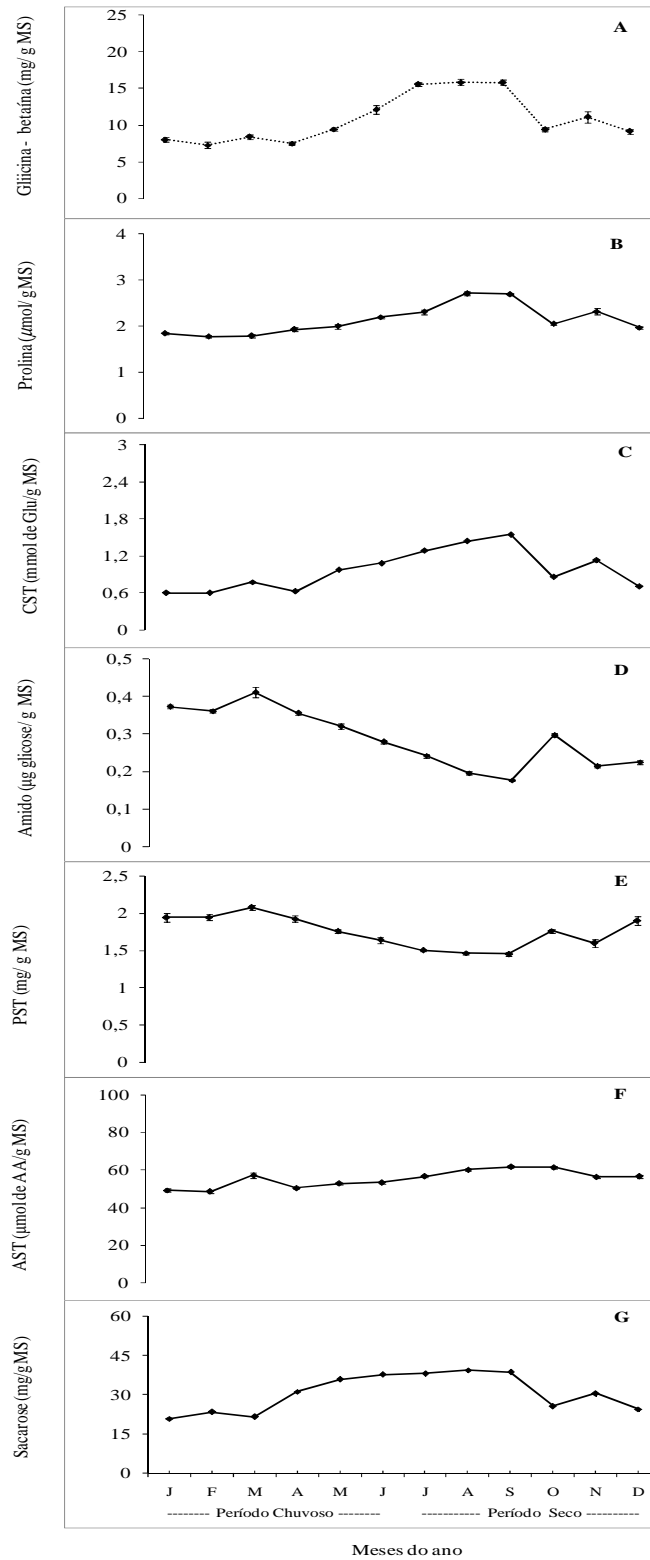


Figura 19: Teores foliares de glicina-betaína (A), prolina (B), carboidratos solúveis totais (C), amido (D), proteínas solúveis totais (E), aminoácidos solúveis totais (F) e sacarose (G) em plantas jovens de *H. courbaril* cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

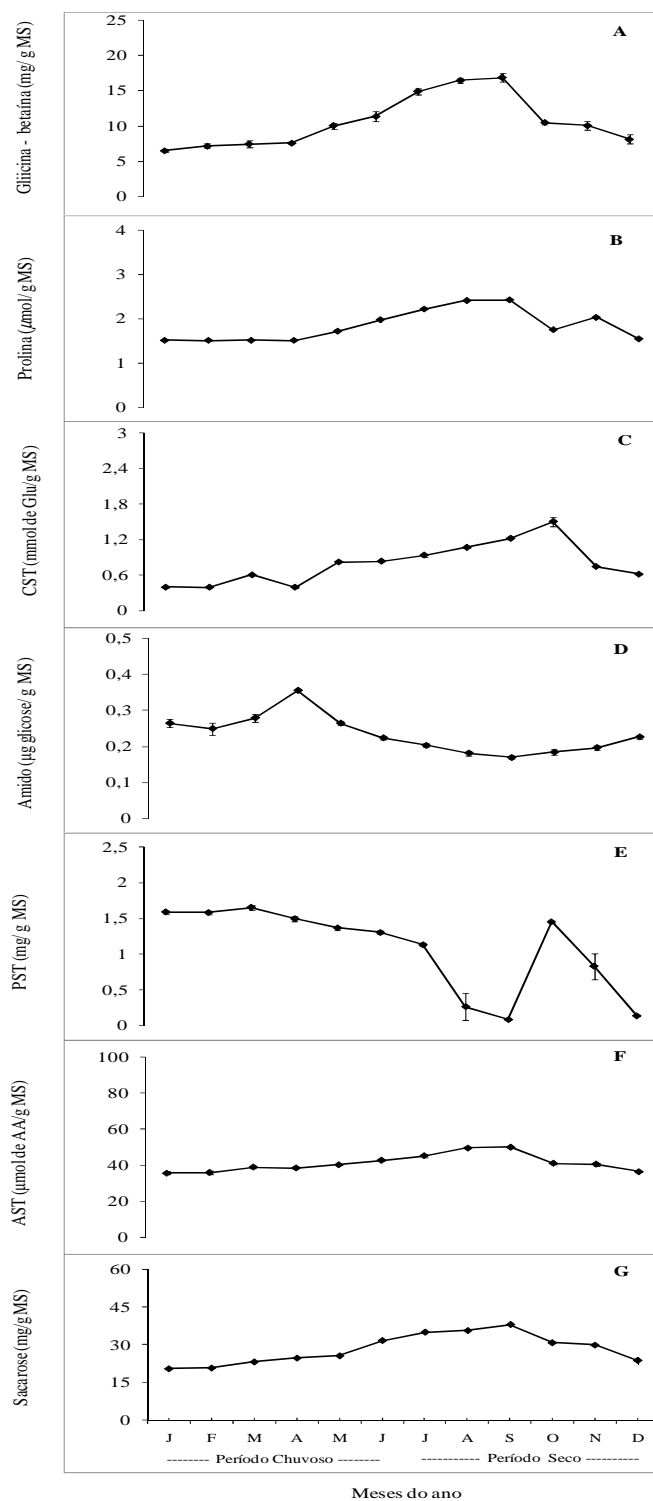


Figura 20: Teores foliares de glicina-betaína (A), prolina (B), carboidratos solúveis totais (C), amido (D), proteínas solúveis totais (E), aminoácidos solúveis totais (F) e sacarose (G) em plantas jovens de *Tabebuia serratifolia*, cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições erro padrão da média, tomadas em dois dias diferentes.

As plantas deste experimento no período de um ano (janeiro a dezembro de 2010) apresentaram valores de altura médios no período chuvoso (janeiro a junho), de 1,25 m (mogno), 1,51 m (jatobá) e 2,51 m (ipê amarelo), enquanto que no período seco (julho a dezembro), 3,40 m (mogno), 2,39m (jatobá) e 4,05(ipê amarelo) (Figuras 21A, 22A e 23A), respectivamente. Em relação ao diâmetro do ramo principal foram verificados valores médios no período chuvoso (janeiro a junho), de 1,79 mm² (mogno), 1,32 mm² (jatobá) e 2,26 mm² (ipê amarelo), enquanto que no período seco (julho a dezembro), 2,94 mm² (mogno), 2,45 mm² (jatobá) e 4,29 mm² (ipê amarelo) (Figuras 21B, 22B e 23B), respectivamente. Além disso, foi observado que a altura e o diâmetro do ramo principal de plantas jovens de ipê – amarelo apresentaram nos dois períodos estudados (chuvoso e seco), incrementos significativamente superiores em relação às plantas de mogno e jatobá (Figuras 24 e 25). Corroborando, Chaves (2001) não encontrou redução de diâmetro e altura causada pelo déficit hídrico em clones de eucalipto, sendo considerada não eficiente na identificação do material genético para reflorestamento em áreas com diferenças na disponibilidade hídrica. Possivelmente, esse efeito não foi detectado em razão da curta duração do experimento. Por outro lado, resultados encontrados por Osório et al. (1998), mostraram diferenças entre a altura de três clones de *E. globulus*, submetidas ao déficit hídrico. Entretanto, o período de experimentação foi maior do que o adotado por Chaves (2001), aliado ao fato desta espécie ser bastante sensível à deficiência hídrica.

Contrastando ao experimento em estudo, Correia e Nogueira (2004) observaram que a altura e o número de folhas foram afetados pelo déficit hídrico a partir de 21 dias da suspensão da irrigação, chegando a um máximo de redução aos 35 dias da diferenciação dos tratamentos. Naquele momento, as plantas mantidas sob constante irrigação apresentaram altura e número de folhas médio de 45 cm 20 unidades, respectivamente; enquanto para as plantas sob seca esses valores foram reduzidos para 27 cm e 8 unidades, respectivamente. O déficit hídrico (de aproximadamente -1,5 MPa) também ocasionou consideráveis reduções na altura da planta (65 a 80%) e no número de folhas (75 a 85%) em plantas de *Gossypium hirsutum* (TIMPA 1986).

O crescimento das plantas pode refletir a habilidade de adaptação das espécies às condições de radiação do ambiente em que estão se desenvolvendo. Geralmente as características de crescimento são utilizadas para inferir o grau de tolerância ou de intolerância das espécies à baixa disponibilidade de luz (SCALON et al., 2002). O sucesso na adaptação de uma espécie a ambientes com baixa ou alta radiação está associado à eficiência na partição dos fotoassimilados para diferentes partes da planta e na rapidez em ajustar

variáveis morfo-fisiológicas no sentido de maximizar a aquisição dos recursos primários (DIAS-FILHO, 1997). Assim, postula-se que as espécies características de estádios finais de sucessão apresentam um crescimento mais lento (jatobá) em relação às dos estádios iniciais (mogno) e intermediários (ipê-amarelo) (BAZZAZ, 1979).

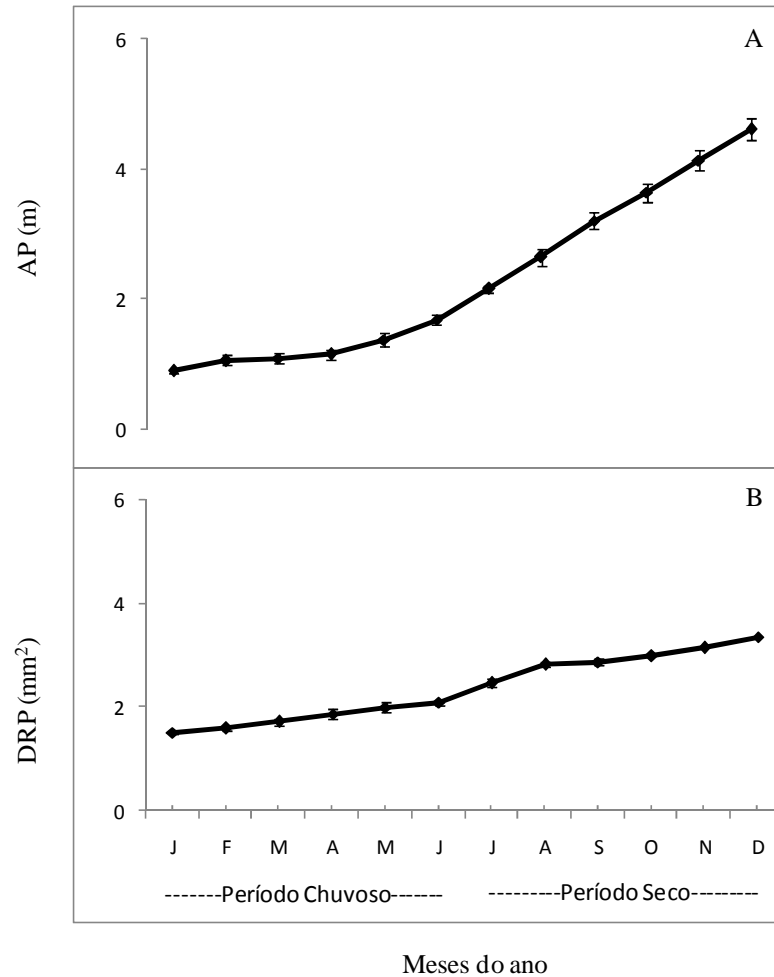


Figura 21: Altura da planta (AP, m) (A) e diâmetro do ramo principal (DRP, mm²) (B) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla* cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \square erro padrão da média.

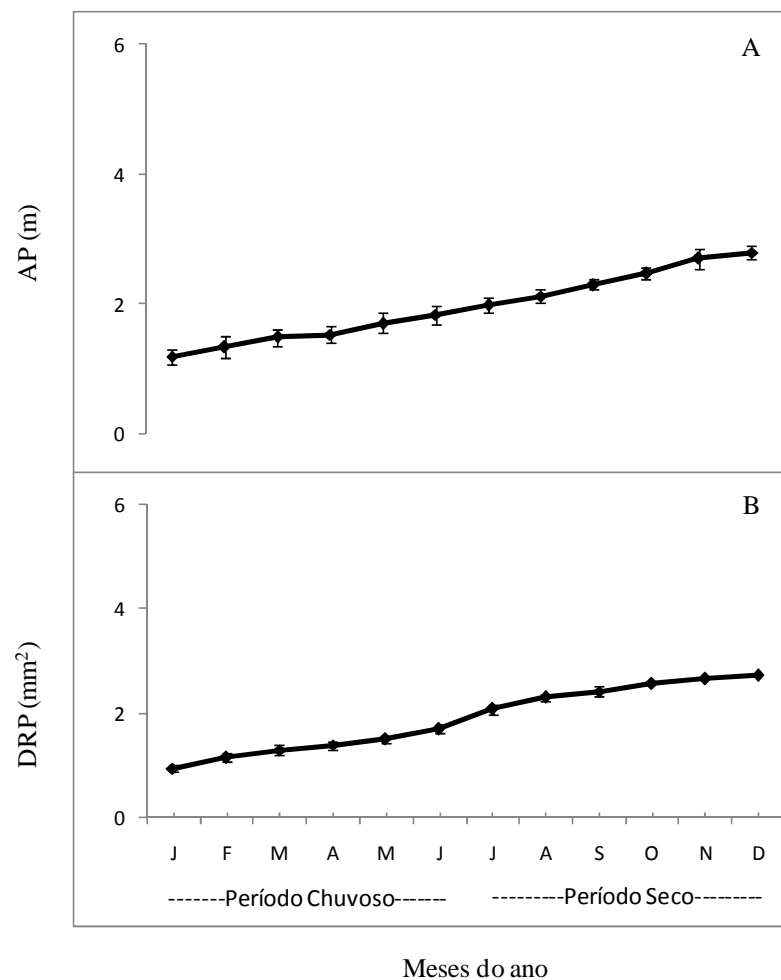


Figura 22: Altura da planta (AP, m) (A) e diâmetro do ramo principal (DRP, mm²) (B) em plantas jovens de *Hymenea courbaril* cultivadas em condições de campo no período de janeiro de dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média.

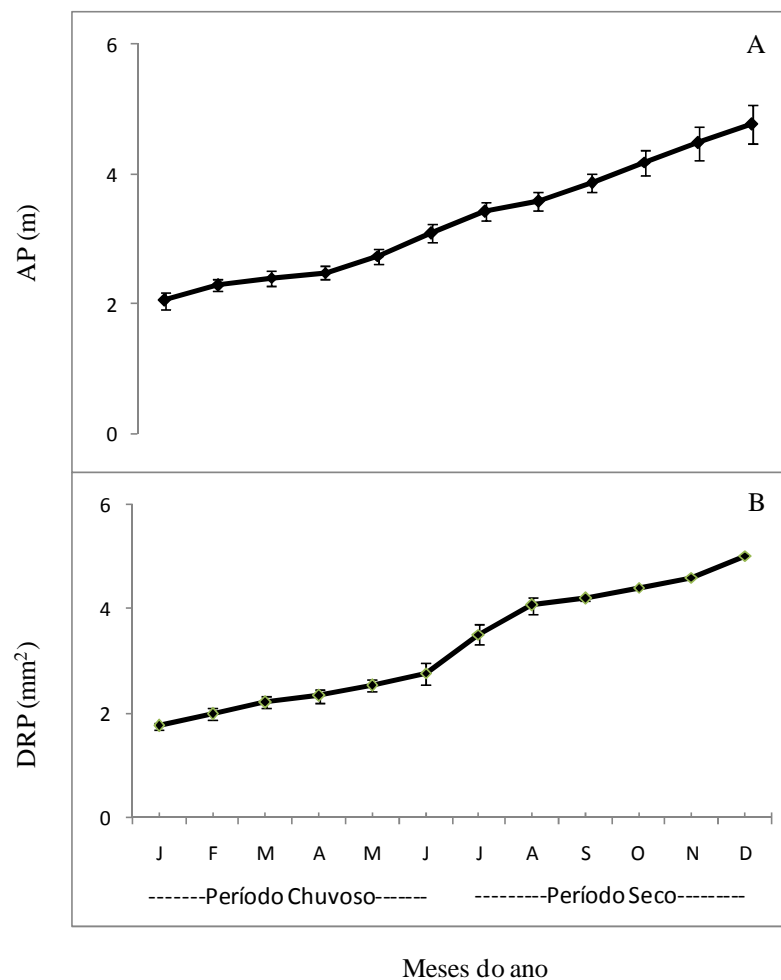


Figura 23: Altura da planta (AP, m) (A) e diâmetro do ramo principal (DRP, mm²) (B) em plantas jovens de *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo no período de janeiro a dezembro de 2010. Os dados referem-se às médias de dez repetições \pm erro padrão da média.

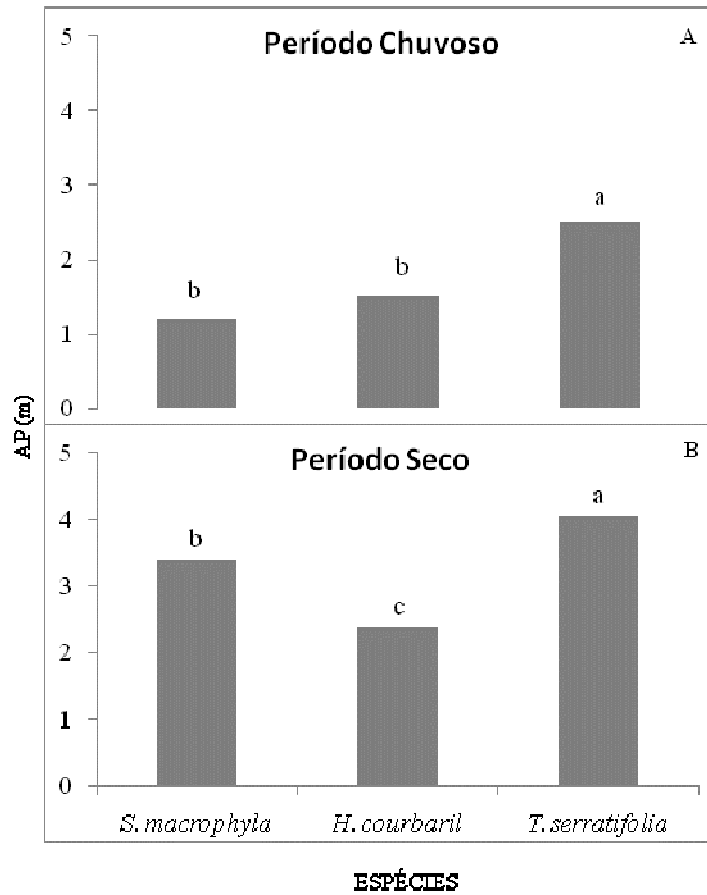


Figura 24: Altura das plantas (AP, m) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo no período chuvoso (A) e seco (B) no município de Igarapé-Açú, Pará.

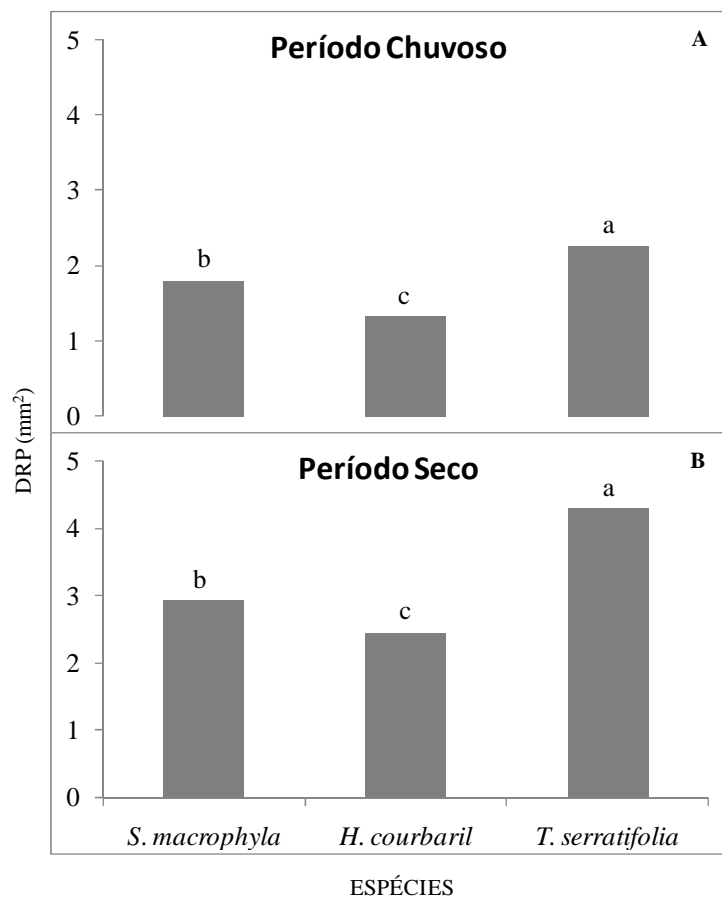


Figura 25: Diâmetro do ramo principal (DRP, mm²) em plantas jovens de *Swietenia macrophylla*, *Hymenea courbaril* e *Tabebuia serratifolia* cultivadas em condições de campo no período chuvoso (A) e seco (B) no município de Igarapé-Açú, Pará.