

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Dipteryx alata* Vogel
EM DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO SOLAR**

DANIELA ROBERTA BORELLA

PROF. DR. ADILSON PACHECO DE SOUZA
Orientador

**CUIABÁ, MT
ABRIL/2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Dipteryx alata* Vogel
EM DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO SOLAR**

DANIELA ROBERTA BORELLA

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Física Ambiental.*

PROF. DR. ADILSON PACHECO DE SOUZA
Orientador

**CUIABÁ, MT
ABRIL/2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B731r Borella, Daniela Roberta.
RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Dipteryx alata* Vogel EM DIFERENTES
NÍVEIS DE RADIAÇÃO SOLAR / Daniela Roberta Borella. -- 2018
83 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Adilson Pacheco de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de
Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2018.
Inclui bibliografia.

1. evapotranspiração da cultura. 2. coeficiente de cultivo. 3. Cerrado. 4. baruzeiro.
5. luminosidade. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

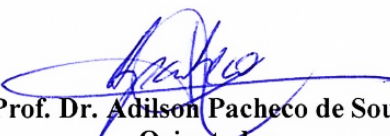
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

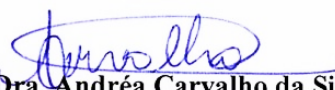
TÍTULO: RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Dipteryx alata* Vogel EM
DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO SOLAR

AUTORA: DANIELA ROBERTA BORELLA

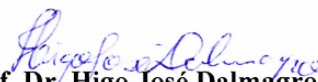
Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 06 de abril de 2018, pela
comissão julgadora:


Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza
Orientador

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais
do Campus de Sinop/UFMT


Profa. Dra. Andréa Carvalho da Silva
Examinadora Interna

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais
do Campus de Sinop/UFMT


Prof. Dr. Higo José Dalmagro
Examinador Externo

Universidade de Cuiabá/UNIC/Cuiabá

DEDICATÓRIA

A Deus pela vida, aos meus pais Iliane Bianchessi Borella e Ildo Antônio Borella e irmãos pelo amor, carinho, compreensão, paciência e apoio nas minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza pela orientação, confiança, suporte, dedicação e paciência, ingredientes que possibilitaram a realização desta dissertação;

A Prof^a. Dr^a. Andréa Carvalho da Silva pela sua amizade, ensinamentos e contribuição na realização desta dissertação;

Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pelo grande trabalho feito pelo Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso por compartilharem seus conhecimentos no decorrer do mestrado;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental pela amizade, convívio e momentos de alegria em especial aos amigos da turma 2016/1 do mestrado e doutorado;

Aos integrantes do grupo de pesquisa Ambiente e Planta pela amizade, companheirismo e ajuda na execução de todas as etapas deste projeto;

Ao Jorge Alberto pelo companheirismo, carinho, paciência, apoio e motivação nas minhas decisões;

Aos meus Pais Ildo e Iliane pelo apoio, conselhos e ensinamentos que foram fundamentais para tomadas de decisões no decorrer do mestrado;

Aos irmãos Graciela e Ismael pela compreensão de minha ausência por causa da dedicação ao mestrado;

À Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa durante a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA	3
1.3 HIPÓTESES	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo Geral.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Bioma Cerrado e a espécie <i>Dipteryx alata</i> Vogel.....	6
2.2. Análise de crescimento vegetal	8
2.3. Fatores ambientais limitantes a produção vegetal	9
2.4. Trocas gasosas.....	10
2.5. Evapotranspiração potencial de superfícies vegetadas	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Caracterização da Área Experimental	16
3.1.1 Clima local	17
3.1.2 Monitoramento Micrometeorológico	17
3.2. Produção das mudas.....	20
3.3. Desenvolvimento vegetal	24
3.3.1 Análises de crescimento	24
3.3.2 Parâmetros fotossintéticos	26
3.3.3 Estimativa de Graus-Dias	26
3.4. Medidas da evapotranspiração	27
3.5. Análises estatísticas	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Dinâmica micrometeorológica.....	31
4.2. Desenvolvimento vegetal	41
4.3. Trocas Gasosas.....	50
4.4. Evapotranspiração e coeficiente da cultura	55
5. CONCLUSÕES	60
7. REFERÊNCIAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Viveiros suspensos com telas agrícolas poliefinas e a pleno sol em Sinop, MT, 2017.....	16
Figura 2 - Valores mensais e desvio padrão da temperatura (A), umidade relativa do ar (B), insolação (C), precipitação pluvial e evapotranspiração potencial (D) em Sinop, MT, 2017.....	17
Figura 3 - Fruto e semente da espécie <i>D. alata</i>	21
Figura 4 - Padrões das plântulas transplantadas para os tubetes e para o início das medidas de crescimento e de evapotranspiração em Sinop, MT, 2017.....	21
Figura 5 - Obtenção de variáveis de crescimento não-destrutivas das mudas de <i>D. alata</i> , em Sinop, MT, 2017.....	24
Figura 6 - Obtenção de variáveis de crescimento destrutivas das mudas de <i>D. alata</i> , em Sinop, MT, 2017.	25
Figura 7 - Montagem do sistema de capilaridade para medida de evapotranspiração de mudas de baruzeiro em Sinop, MT, 2017.	29
Figura 8 – Variações diárias da radiação solar global e insolação (A), precipitação e evapotranspiração de referência (B) entre 04/06 a 07/10/2017 (125 DAT) em Sinop, MT, 2017.....	32
Figura 9 - Valores diários (A e B) e médios mensais (C e D) da radiação solar global durante 125 DAT, nos diferentes níveis de radiação solar, em Sinop, MT, 2017.	34
Figura 10 - Valores máximos, médios e mínimos diários da temperatura do ar durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em diferentes condições de sombreamento com mudas de <i>D. alata</i> , em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.	36
Figura 11 - Valores máximos, médios e mínimos diários da umidade relativa do ar durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em diferentes condições de sombreamento com mudas de <i>D. alata</i> , em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.	37
Figura 12 – Evolução diurna da temperatura do ar (A e B) e da umidade relativa do ar (C e D) durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em níveis quantitativos (A e C) e qualitativos (B e D) de sombreamento em Sinop, MT, 2017.....	38
Figura 13 - Valores diários da pressão de vapor de saturação (A e B), pressão de vapor atual (C e D) e o déficit de pressão de vapor (E e F) durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.	40
Figura 14 – Evolução diurna da pressão de vapor de saturação (A e B), pressão de vapor atual (C e D) e o déficit de pressão de vapor (E e F) durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.	41
Figura 15 - Correlação entre temperatura máxima (a) e temperatura mínima (b) com a área foliar da muda ($\text{cm}^2 \text{ muda}^{-1}$) em Sinop, MT, 2017.....	42
Figura 16 - Percentual das massas de matéria seca das diferentes partições de mudas de <i>D. alata</i> aos 125 DAT em níveis quantitativos (A) e qualitativos (B) de sombreamento em Sinop, MT, 2017.....	48
Figura 17 - Taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração de mudas de <i>D. alata</i> ao longo de 125 dias em níveis quantitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.	51
Figura 18 - Taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração de mudas de <i>D. alata</i> ao longo de 125 dias em níveis qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.	52

Figura 19 - Evapotranspiração acumulada (mm) de mudas de <i>D. alata</i> , em níveis quantitativos (A) e qualitativos (B) de sombreamento, em função da soma térmica acumulada entre 04/06 a 27/09/2017, em Sinop, MT, 2017.	55
Figura 20 - Evapotranspiração acumulada (mm) de mudas de <i>D. alata</i> , em níveis quantitativos (A) e qualitativos (B) de sombreamento, durante 115 DAT (04/06 a 27/09/2017) em Sinop, MT, 2017. TR – termorefletora; VM – vermelha; AZ – azul; e VD – verde. Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade em Sinop, MT, 2017.....	56
Figura 21 - Valores médios mensais da Evapotranspiração da cultura (A e B) e do coeficiente da cultura (C e D) das mudas de <i>D. alata</i> , em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento, durante 115 DAT (04/06 a 27/09/2017), em Sinop, MT, 2017.....	58
Figura 22 - Evapotranspiração da cultura (A e B) e coeficientes de cultivo (C e D) médios diários de mudas de <i>D. alata</i> , em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento, em função da soma térmica acumulada entre 04/06 a 27/09/2017, em Sinop, MT, 2017. ...	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise química e granulométrica da mistura (substrato comercial + solo de floresta nativa + casca de arroz carbonizada) em Sinop, MT, 2017.....	22
Tabela 2 - Valores médios da massa do substrato para determinação da umidade na capacidade de campo e massa específica do substrato.....	23
Tabela 3 - Valores mensais da temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR); radiação solar global (HG), insolação (n), precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET0), obtida pelo método Penman-Montheit (FAO-56) entre junho e outubro, em Sinop, MT.....	31
Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão (DP) da transmissividade da radiação solar nas telas agrícolas com relação à condição pleno sol em Sinop, MT, 2017.	33
Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros de crescimento de mudas de <i>D. alata</i> aos 125 DAT em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017. ...	43
Tabela 6 - Valores médios de massa de matéria seca das diferentes partições de mudas de <i>D. alata</i> aos 125 DAT em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.	47
Tabela 7 - Relação das massas de matéria seca das raízes e da parte aérea (MSR/MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>D. alata</i> em diferentes níveis de sombreamento em Sinop, MT, 2017.....	49
Tabela 8 - Valores instantâneos de temperatura foliar (T_{leaf}), temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR_{ar}), radiação solar global (H_G), radiação fotossinteticamente ativa (H_{PAR}), déficit de pressão de vapor (dPV) e transmissividade ($\tau\lambda$) em níveis quantitativos de sombreamento, entre junho e outubro, em Sinop, MT	53
Tabela 9 - Valores instantâneos de temperatura foliar (T_{leaf}), temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR_{ar}), radiação solar global (H_G), radiação fotossinteticamente ativa (H_{PAR}), déficit de pressão de vapor (dPV) e transmissividade ($\tau\lambda$) em níveis qualitativos de sombreamento, entre junho e outubro, em Sinop, MT	54
Tabela 10 - Consumo hídrico médio de mudas de <i>D. alata</i> , em níveis quantitativos de sombreamento, em Sinop, MT, 2017.....	56
Tabela 11 - Consumo hídrico médio de mudas de <i>D. alata</i> , em níveis qualitativos de sombreamento, em Sinop, MT, 2017.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Taxa Fotossintética	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
AF	Área Foliar	($\text{cm}^2 \text{muda}^{-1}$)
AZ	Tela Azul	
BOC	Balanço de Radiação de Ondas Curtas	($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
BOL	Balanço de Radiação de Ondas Longas	($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
CR	Comprimento do Sistema Radicular	(cm)
D	Diâmetro da muda	(mm)
DAT	Dias Após Transplântio	(dia)
DMS	Diferença Mínima Significativa	
dPV	Déficit de pressão de vapor	(kPa)
Δ	Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m	($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
E	Transpiração	($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
ea	Pressão de vapor atual	(kPa)
es	Pressão de vapor de saturação	(kPa)
ET	Evapotranspiração	(mm)
ETP	Evapotranspiração Potencial	(mm)
ET_0	Evapotranspiração de referência	(mm dia^{-1})
ETc	Evapotranspiração da cultura	(mm dia^{-1})
G	Fluxo de Calor no Solo	($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
GD	Graus-dias	
GDA	Graus-dias Acumulados	
g_s	Condutância estomática	($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
H	Altura da muda	(cm)
H_G	Radiação solar global	(W m^{-2})
H_{PAR}	Radiação Fotossinteticamente Ativa	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
IAF	Índice de Área Foliar	($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$)
IQD	Índice de qualidade de Dickson	
IV	Comprimento de Onda Infravermelho	(nm)
Kc	Coeficiente de cultivo	
Lux	Luminância	
λ	Comprimento de Onda	(nm)
Ma	Massa de água	(g)
$M_{\theta cc}$	Massa do substrato na capacidade de campo	(g)
Ms	Massa do substrato seco	(g)
MSC	Massa de Matéria Seca de Caule	(g muda ⁻¹)
MSF	Massa de Matéria Seca de Folhas	(g muda ⁻¹)
MSP	Massa de Matéria Seca de Folíolos	(g muda ⁻¹)
MSR	Massa de Matéria Seca de Raízes	(g muda ⁻¹)
MST	Massa de Matéria Seca Total de Muda	(g muda ⁻¹)
MSPA	Massa de Matéria Seca da Parte Aérea	(g muda ⁻¹)
MT	Massa do tubete	(g)
n	Insolação	(horas)
NF	Número de Folhas	
NFL	Número de Folíolos	
P	Precipitação	(mm)
ρ	Massa específica do substrato	(g/cm^{-3})
ρ_a	Massa específica da água	(g/cm^{-3})
PS	Pleno Sol	
RAF	Razão de Área Foliar	($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)
Rn	Saldo de Radiação	($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)

S	Área do solo à correspondente à cada muda	(m ²)
T	Temperatura do ar	(°C)
TB	Temperatura Basal Superior	(°C)
Tb	Temperatura Basal Inferior	(°C)
TM	Temperatura máxima diária	(°C)
Tm	Temperatura mínima diária	(°C)
T _m	Temperatura média diária do ar	(°C)
TR	Tela Termorefletora	
USB	<i>Universal Serial Bus</i>	
UV	Comprimento de Onda Ultravioleta	(nm)
U ₂	Velocidade do Vento a 2,0 metros de altura	(m s ⁻¹)
γ	Constante psicrométrica	(kPa °C ⁻¹)
θ _{cc}	Umidade na capacidade de campo	(g/g)
UR	Umidade relativa do ar	(%)
V	Volume de solo	(cm ³)
VD	Tela Verde	
VM	Tela Vermelha	
VR	Volume do Sistema Radicular	(cm ³)

RESUMO

BORELLA, R. B. Respostas ecofisiológicas de *Dipteryx alata* Vogel em diferentes níveis de radiação solar, 83f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

O objetivo do estudo foi identificar as respostas ecofisiológicas de mudas de *Dipteryx alata* Vogel em níveis crescentes de sombreamento (telas poliefinas pretas) e espectrais de radiação solar (telas poliefinas coloridas) e a pleno sol durante a estação seca da região Centro-Norte do Estado de Mato Grosso. O experimento foi conduzido entre junho a outubro de 2017 em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições constituídas de nove mudas. Realizou-se as análises de crescimento não-destrutivas e de fotossíntese quinzenalmente e destrutiva aos 125 DAT, com a contagem do número de folhas e folíolos e aferição da altura, diâmetro, taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e temperatura foliar, e a segunda, à obtenção da massa seca das folhas, caule e raiz; área foliar; comprimento e volume radicular. A E_{Tc} foi obtida por lisímetros de capilaridade e a evapotranspiração de referência (E_{T0}) pelo método de Penman-Montheit Fao 56, sendo os valores K_c definidos pela razão entre E_{Tc} e E_{T0} . A temperatura média diária do ar na condição pleno sol, nas telas pretas e na tela termorefletora foi de $26,0 \pm 0,2$ °C e nas telas vermelha, azul e verde foram 26,64; 26,84 e 26,72 °C, respectivamente. A umidade relativa média diária do ar na condição pleno sol foi de 55,79 %, na tela preta de 83,3% foi 61,31 % e nas demais telas 60,00 % de umidade. A radiação solar global total diária diminuiu à medida que aumentava o nível de sombreamento, com a maior oscilação na faixa de 10,18 a 24,96 MJ m⁻² d⁻¹ na condição pleno sol. Os diferentes níveis de sombreamento e espectrais de radiação solar não afetaram o crescimento das mudas de *D. alata*, contudo, proporcionou aumento da área foliar com o aumento do nível de sombreamento, com valores extremos na condição pleno sol (93,02 cm²) e na tela de 83,3% (243,61 cm²), nos níveis espectrais de H_G os valores extremos foram nas telas azul (77,04 cm²) e verde (187,66 cm²). A taxa fotossintética, condutância estomática e a transpiração das mudas sofreram influência da dinâmica microclimática ao longo da seca. A E_{Tc} das mudas de *D. alata* e seus K_c aumentaram com a maior incidência de radiação solar nas telas de sombreamento, 4,34 mm dia⁻¹ e 1,23 na condição pleno sol a 3,54 mm dia⁻¹ e 0,99 na tela 83,3% de sombreamento, nas coloridas houve aumento na ordem de: tela azul (3,05 mm dia⁻¹ e 0,87), vermelha (3,08 mm dia⁻¹ e 0,88), termorefletora (3,27 mm dia⁻¹ e 0,92) e verde (3,48 mm dia⁻¹ e 0,99). A produção de mudas de *D. alata* depende da relação custo-benefício das telas de sombreamento e da disponibilidade hídrica local, sendo que, quando a água não for um fator limitante, recomenda-se a produção ao pleno sol.

Palavras-chave: evapotranspiração da cultura; coeficiente de cultivo; Cerrado; baruzeiro; luminosidade.

ABSTRACT

BORELLA, R. D. Ecophysiological responses of *Dipteryx alata* Vogel at different levels of solar radiation. 83f. Dissertation (Masters in Environmental Physics), Physics Institute, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

The objective of this study was to identify the ecophysiological responses of *Dipteryx alata* Vogel seedlings at increasing shading levels (black polyester screens) and spectral solar radiation (colored polyester screens) and in full sun during the dry season of the Central-North region of Mato Grosso State. The experiment was conducted between June and October 2017 in a randomized complete block design, with four replications consisting of nine seedlings. Non-destructive growth and photosynthesis analyzes were performed fortnightly and destructively at 125 DAT, with counting the number of leaves and leaflets and measuring the height, diameter, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration and foliar temperature, and the second, obtaining the dry mass of the leaves, stem and root; leaf area; length and root volume. The ET_c was obtained by capillary lysimeters and reference evapotranspiration (ET₀) by the Penman-Montheit Fao 56 method, with values K_c defined by the ET_c and ET₀ ratio. The mean daily air temperature in the full sun, black screen and thermopile was 26.0 ± 0.2 ° C and in the red, blue and green screens were 26.64; 26.84 and 26.72 ° C, respectively. The average daily relative humidity of the air in the full sun condition was 55.79%, in the black screen of 83.3% it was 61.31% and in the other screens 60.00% of humidity. The total daily global solar radiation decreased as the shading level increased, with the greatest oscillation in the range of 10.18 to 24.96 MJ m⁻² d⁻¹ in the full sun condition. The different levels of shading and spectra of solar radiation did not affect the growth of the *D. alata* seedlings, however, it increased the leaf area with the increase of the level of shading, with extreme values in full sun (93.02 cm²) and in the screen of 83,3% (243,61 cm²), in the spectral levels of H_G the extreme values were in the screens blue (77,04 cm²) and green (187,66 cm²). The photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration of the seedlings were influenced by microclimatic dynamics during the dry season. The ET_c of the *D. alata* seedlings and its K_c increased with the highest incidence of solar radiation in the shading screens, 4.34 mm dia⁻¹ and 1.23 in the full sun condition at 3.54 mm dia⁻¹ and 0, 99 in the screen 83.3% of shading, in the colored there was increase in the order of: blue screen (3.05 mm dia⁻¹ and 0,87), red (3,08 mm day⁻¹ and 0,88), thermo-reflecting (3.27 mm dia⁻¹ and 0.92) and green (3.48 mm dia⁻¹ and 0.99). The production of *D. alata* seedlings depends on the cost-benefit ratio of the shades screens and the local water availability, when water is not a limiting factor, it is recommended to produce in full sun.

Keywords: crop evapotranspiration; crop coefficient; Cerrado; baruzeiro; brightness.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

A superfície terrestre apresenta características físico-químicas que permitem a existência da vida, diversidade genética e distribuição geográfica da ocorrência de espécies decorrentes das suas respectivas exigências climáticas, nutricionais, fisiológicas e fitossanitárias. No contexto das plantas, dentre essas necessidades, as menores influências antrópicas ocorrem nas demandas climáticas e fisiológicas, sendo que as últimas são reguladas pela interação entre a planta e o ambiente. Dentre os fatores ambientais que interferem diretamente no desenvolvimento/crescimento vegetal, destacam-se as condições atmosféricas e as suas diferentes escalas temporais conforme o ciclo de vida da planta.

O clima é dependente de fatores com influências nas escalas global, regional e local, sendo que nas áreas continentais centrais (como o Centro-Oeste do Brasil) destacam-se principalmente os fatores físicos como a latitude, altitude, topografia, tipo e cobertura do solo. Em suma, o clima é o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracteriza o estado médio da atmosfera de um determinado local, sendo indicado por elementos como a radiação solar (componentes espectrais e de atenuação atmosférica), temperatura e umidade do ar e do solo, precipitação, direção e velocidade dos ventos, evaporação/evapotranspiração, pressão, dentre outros. Esses fatores físicos e suas influências nos elementos meteorológicos, podem ser considerados como os principais responsáveis pela distribuição dos vegetais na superfície terrestre.

Em contrapartida, a urbanização associada às políticas públicas e as variáveis econômicas que dirigiram os processos de ocupação das regiões, principalmente brasileiras, desencadearam um crescimento/ocupação populacional acelerado, que estimularam o desenvolvimento econômico e social baseados no aumento da demanda por recursos naturais, como produtos e subprodutos de essências florestais nativas. Todavia, esse sistema se retroalimenta, visto que a urbanização e a exploração de produtos florestais intensificadas podem influenciar no clima local/regional, afetando direta ou indiretamente os ecossistemas vegetais.

Esse cenário, indica uma redução da oferta dos produtos florestais, demandando assim estudos ecofisiológicos de plantas nativas e/ou exóticas com potencialidades de inserção em áreas de cultivos racionais manejados para atendimento dos diferentes usos e finalidades dadas aos produtos e subprodutos florestais.

Nesse sentido, o êxito de programas com inserção de plantas florestais depende da escolha da espécie, do objetivo e, principalmente, da qualidade das mudas definidas no seu desenvolvimento inicial. Assim, além de resistirem às condições adversas encontradas, como fogo, secas, elevada insolação, baixa fertilidade do solo, pragas, doenças, dentre outras, as mudas devem ser capazes de se desenvolver e mostrar todo seu potencial produtivo em relação aos objetivos estabelecidos para a área.

A produção de mudas e o cuidado com o estabelecimento inicial de plantas florestais são instrumentos importantes dentro dos processos ecológicos, contudo, a falta de informações ecofisiológicas a respeito das exigências das espécies e das técnicas silviculturais empregadas nessa produção, tem impulsionado novos estudos para a obtenção de indivíduos mais vigorosos e adaptados. Especificamente no crescimento das mudas, fatores abióticos como disponibilidade de água, temperatura do ar, tipo de substrato e a intensidade da luz desempenham um papel importantíssimo em conjunto com os fatores de controle intra e intercelular, que correspondem ao potencial genético e os hormônios bioquímicos vegetais, respectivamente.

Dentre a diversidade de espécies ocorrentes no Bioma Cerrado e nas áreas de transição Cerrado-Amazônia, pouco se sabe sobre o comportamento ecofisiológico das essências florestais nativas, como é o caso da espécie *Dipteryx alata* Vogel, popularmente conhecida como “baru”. Apesar da exploração intensiva da madeira e das amêndoas de *D. alata* nas diferentes regiões brasileiras, ainda não se dá a importância merecida à espécie. A carência de estudos ecofisiológicos para produção de mudas de baru dificulta seu cultivo racional e manejo adequado, principalmente na região Centro-Norte do Estado de Mato Grosso, visto que, as condições microclimáticas atreladas às exigências da espécie influenciam na qualidade e produção dos seus produtos.

1.2. JUSTIFICATIVA

A posição geográfica, associada a fatores climáticos, geológicos, pedológicos, fitoecológicos, geomorfológicos e hídricos, condicionam uma grande complexidade ambiental ao Estado de Mato Grosso, destacado pela sua grande extensão territorial e inserção na área de ocorrência dos cerrados, da floresta tropical úmida e da planície do pantanal, que por sua vez, propiciam uma grande diversidade de situações ecológicas, sociais, econômicas, culturais e de processos de produção e desenvolvimento rural e agroindustrial (SOUZA et al., 2013).

No contexto do Cerrado e das áreas de transição Cerrado-Amazônia, a espécie *Dipteryx alata* tem elevado potencial econômico, social e ambiental, pois produz madeira de qualidade e sementes comestíveis. Esses produtos podem ser comercializados *in natura* ou como subprodutos (móveis, alimentos, cosméticos e artesanato) por extrativistas e indústrias. Devido a germinação e crescimento relativamente rápido, a espécie tem sido vista com potencial para ser usada em plantios de recuperação e restauração de áreas degradadas, sistemas produtivos e sombreamento de pastagem (LORENZI, 2008; MARTINOTTO et al., 2012; MAGALHÃES, 2014).

A intensificação da urbanização e a exploração de sementes do baru pode comprometer o processo de regeneração da espécie, em função da baixa disponibilidade de sementes para a germinação em áreas de ocorrência natural. No contexto de espécies com elevada atividade extrativista de sementes, é importante fortalecer o setor de produção de mudas nativas para a conservação dos ecossistemas e atender a demanda desses produtos florestais. Dessa forma, o estabelecimento de plantios comerciais e/ou processos de recuperação/restauração com *Dipteryx alata*, dependem da compreensão das respostas ecofisiológicas da planta (muda) em diferentes condições microclimáticas de produção.

A disponibilidade energética, hídrica e de CO₂ são os fatores que determinam a manutenção, crescimento e desenvolvimento das plantas (mudas) e, portanto, são determinantes na sua produtividade. A água e a radiação solar, em excesso ou deficiência, prejudicam o desenvolvimento das plantas, e as suas necessidades

dependem da época do ano e do estágio de desenvolvimento (fase fenológica) da espécie.

Quanto a essas duas componentes climáticas, a disponibilidade de água dada pelo balanço hídrico do solo, exerce grande influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois a deficiência normalmente compromete os processos bioquímicos e fisiológicos da planta, retardando seu crescimento, enquanto que o excesso hídrico favorece o aparecimento de doenças e pragas, morte da planta pela paralisação do processo respiratório do sistema radicular, além de ocasionar escoamento superficial e percolação, os quais causam a erosão e a lixiviação de nutrientes do solo, respectivamente.

Apesar dos fatores ambientais não atuarem isoladamente sobre as plantas, a luz/radiação solar é de fundamental importância, pois atua como fonte direta de energia para o crescimento e acúmulo de biomassa, bem como, para o desenvolvimento vegetal, sendo que cada espécie tem exigências próprias de intensidade (qualidade espectral e quantidade) de radiação. A avaliação da necessidade de luz de uma determinada espécie pode ser realizada por meio do sombreamento artificial, que confere uniformidade de distribuição da radiação e permite isolar e quantificar o efeito da luz, permitindo identificar os níveis de radiação solar adequados para a espécie nas suas fases de desenvolvimento.

Portanto, estudos ecofisiológicos do crescimento e do desenvolvimento inicial de mudas de *Dipteryx alata*, ajudam a compreender a plasticidade fenotípica e genotípica da espécie quando exposta a diferentes condições ambientais.

1.3 HIPÓTESES

A incidência da radiação solar é o fator determinante para o condicionamento micrometeorológico em ambientes protegidos de produção de mudas;

A diminuição da incidência de radiação solar em mudas de baruzeiro propicia aumento da área foliar;

O aumento da incidência da radiação solar em mudas de baruzeiro resulta no aumento da evapotranspiração da cultura;

A alteração dos níveis de radiação solar influencia a fotossíntese em mudas de baruzeiro;

O microclima exerce papel fundamental na plasticidade fenotípica e genotípica em mudas de baruzeiro.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Identificar as respostas ecofisiológicas da espécie *Dipteryx alata* Vogel em diferentes níveis de radiação solar, durante a estação seca da região Centro-Norte, do Estado de Mato Grosso.

1.4.2 Objetivos Específicos

Descrever a dinâmica das variáveis micrometeorológicas sob telas de diferentes níveis de radiação solar, no período de seca no Centro-Norte de Mato Grosso;

Avaliar o crescimento inicial das mudas do baruzeiro em diferentes níveis de radiação solar, na estação seca da região Centro-Norte de Mato Grosso;

Determinar a evapotranspiração potencial da cultura e os coeficientes de cultivo de mudas de baruzeiro sob telas de diferentes níveis de radiação solar, na estação seca da região Centro-Norte de Mato Grosso;

Analisar as respostas fotossintéticas das mudas de baruzeiro em diferentes níveis de radiação solar, na estação seca da região Centro-Norte de Mato Grosso;

Compreender a plasticidade fenotípica e genotípica de mudas de baruzeiro sob diferentes condições microclimáticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bioma Cerrado e a espécie *Dipteryx alata* Vogel

O Bioma Cerrado, considerado um hotspot, é o segundo maior bioma brasileiro com 204 milhões de hectares (25% do território nacional) e uma ampla diversidade de espécies da fauna e flora com diferentes morfologias e ciclos reprodutivos, além de apresentar solos com fertilidade e acidez variadas (FURLEY; RATTEN, 1988; MITERMEIER et al., 1999; ROCHA, 2009). A vegetação do Cerrado é formada por Floresta Estacional Semidecidual (verões chuvosos e invernos secos) e Floresta de Savana (cerradão mesotrófico), distribuindo-se na forma de campos limpos, campos sujos e cerradão (VENTUROLI et al., 2011; BUENO et al., 2013).

As pressões causadas pelas atividades antrópicas, principalmente pela expansão do agronegócio (MMA, 2017), estão tornando a vegetação do Cerrado bastante fragmentada, levando ao aumento da erosão genética e a perda de espécies florestais com elevado potencial socioeconômico e ambiental (CANUTO et al., 2015). Inúmeras espécies de plantas deste bioma produzem madeira, frutos e sementes de qualidade para o consumo humano e animal, mas com a fragmentação da vegetação, esses produtos florestais estão se tornando cada vez mais raros e onerosos no mercado nacional e internacional.

A espécie florestal *Dipteryx alata* Vogel (baru, cumbaru, barujo, coco-feijão) pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), compõe a vegetação nativa do Cerrado brasileiro *strictu sensu* e áreas de transição Cerrado-Amazônia, a espécie apresenta ampla distribuição geográfica pela América do Sul, e no Brasil ocorre nos estados do Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal), Sudeste (Minas Gerais e São Paulo), Norte (Pará, Rondônia e Tocantins) e no Nordeste (Bahia, Maranhão e Piauí) (LORENZI, 2008).

D. alata é uma planta arbórea, perenifólia, heliófita, seletiva xerófita, desenvolve-se geralmente em solos férteis (ALMEIDA et al., 1990) e terrenos secos do Cerrado e da Floresta Latifoliada Semidecídua (LORENZI, 2008). Ferreira (1997) classificou *D. alata* como secundária tardia, desenvolvendo-se em frações de sombreamento no sub-bosque da floresta. É uma espécie adaptada à sazonalidade

climática, ocorre em vários tipos de vegetação, como: Cerradão, Matas de Galeria e Floresta Estacional Semidecidual (HAASE; HIROOHA, 1998; FELFILI et al., 2000; ALVES et al., 2007; VENTUORELI et al., 2011), apresentando variabilidade genética quanto a sua origem (CANUTO et al., 2015).

A planta *D. alata* é de porte médio com altura de 15 a 25 metros, fuste de 40 a 70 centímetros de diâmetro, galhos lisos e dispersos, copa larga com diâmetro de 6 a 11 metros (SANO et al., 2004; CORREA et al., 2008; LORENZI, 2008). O fruto tipo drupa, cor parda é formado de exocarpo, mesocarpo e endocarpo lenhoso e uma semente de formato elíptico e coloração marrom com massa média de 26,00 gramas, e a semente pesa cerca de 2,00 gramas (MACEDO, 1992; SANO et al., 1999; BOTEZELLI et al., 2000).

A floração e formação do fruto ocorrem durante a estação chuvosa (outubro a janeiro) e a dispersão dos frutos ocorre na estação seca, iniciando no mês de julho, dependendo da região (LORENZI, 2008; OLIVEIRA; SIGRIST, 2008). A produção de frutos é anual, prevalecendo-se na fase adulta (SANO et al., 2006; MAGALHÃES, 2014).

A germinação das sementes de *D. alata* é relativamente rápida quando retiradas dos frutos, de 7 a 15 dias independente da presença de luz (MELHEM, 1975). Em contrapartida a emergência de sementes dessa espécie é prolongada para 30-40 dias quando semeadas dentro do fruto (LORENZI, 2008). Para acelerar e uniformizar a produção de mudas de *D. alata*, necessita-se períodos de pós-maturação, armazenando as sementes dentro do fruto por 60 dias, maximizando as chances de obtenção de mudas de qualidade (MELHEM, 1975).

Além de compor a biodiversidade de espécies do Cerrado e contribuir na fixação de nitrogênio no solo, *D. alata* pode ser utilizada na recuperação e restauração de áreas degradadas, sistemas produtivos, sombreamento de pastagens, paisagismo e como quebra-ventos (LORENZI, 2008; MARTINOTTO et al., 2012), tornando-se alvo de estudos para plantios comerciais.

O potencial econômico para produtos madeireiros e não madeireiros da espécie *D. alata*, é devido à madeira de alta qualidade e durabilidade, com densidade de 1,10 g cm⁻³ e resistência ao ataque de fungos e organismos xilófagos, sendo utilizada na construção civil e naval, fabricação de móveis e produção de celulose (ANDRADI:

CARVALHO, 1996; LORENZI, 2008). O fruto de *D. alata* tem diversos usos, como na alimentação humana e animal (gado e animais silvestres), na forma de farinha, na produção de substrato orgânico e carvão vegetal com rendimentos acima de 32% (VALE; OLSEN, 2013), além de ser usado na fabricação de artesanato.

As sementes oleaginosas com elevados teores de proteínas, lipídios e minerais (Ca, Mg, P, K, S, Fe, Zi), apresentam potencial nutritivo e bioativos consideráveis na suplementação humana (VERA et al., 2009; CRUZ et al., 2011; SOUSA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2012), sendo consumidos *in natura*, sementes cruas e torradas, ou na forma de produtos alimentícios. O óleo extraído da semente de *D. alata* tem potencial para produção de biodiesel (COSTA et al., 2015), propriedades medicinais (TOGASHI, 1993; KALUME et al., 1995; CORRÊA et al., 2000), e cosméticos na forma de creme para tratamento de pele (MORAES et al., 2017).

2.2. Análise de crescimento vegetal

O crescimento vegetal é o aumento irreversível do volume das células, pela expansão celular decorrente da pressão de turgor, formando células altamente vacuoladas (TAIZ; ZEIGER, 2013). No desenvolvimento, ocorre mudanças nas relações internas das células, tecidos, órgãos da planta inteira, modificando também as relações com o meio externo (BENINCASA; LEITE, 2004).

A análise de crescimento é um método bastante empregado para estimar a produção primária de plantas. O crescimento e desenvolvimento das plantas pode ser acompanhado por análise de crescimento não destrutivas ou destrutivas, sendo que no primeiro caso, avalia-se apenas parâmetros morfométricos (altura da muda, diâmetro do coleto e número de folhas), enquanto que na análise destrutiva mensura-se as relações de massa, área e volumes das diferentes partições da planta. Essas análises são geralmente realizadas em intervalos semanais, quinzenais, mensais, semestrais e até anuais, dependendo da espécie, do seu estágio de desenvolvimento e das condições ambientais. A partir da análise de crescimento pode-se avaliar as taxas de crescimento absolutas, relativas e assimilatória líquida ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$), além de outras taxas vinculadas a área foliar e outras partições da planta (LOPES; LIMA, 2015).

A produção líquida da planta está intimamente relacionada a genética, manejo e aos fatores ambientais limitantes para o crescimento vegetal. A água, radiação solar,

temperatura, solo e nutrientes influenciam na produção e partição de biomassa, produção da matéria seca e área foliar, sendo que as relações entre a biomassa da parte aérea e radicular também são variáveis utilizadas na avaliação do crescimento (LOPES; LIMA, 2015).

Os parâmetros de crescimento podem ser analisados por meio de equações, gráficos e/ou tabelas, sendo as equações de regressão amplamente empregadas para explicar tais mudanças das variáveis, corrigirem as oscilações normais dos dados, além de possibilitar avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos testados (BENINCASA, 2003).

2.3. Fatores ambientais limitantes a produção vegetal

O ambiente e seus componentes como um sistema aberto e dinâmico, rege processos físicos em que há transferência e transformação de matéria e energia, em interações mútuas entre o solo, a planta e a atmosfera, que tendem ao equilíbrio termodinâmico. No entanto, as trocas de energia não são totalmente eficientes, levando à desordem do sistema, ou seja, há perda de parte da energia na forma de calor, conforme os princípios da Termodinâmica (MARENCO; LOPES, 2009).

O ambiente exerce um papel fundamental no funcionamento das plantas, modificando respostas fisiológicas, interferindo nos processos físicos, químicos e biológicos durante seu crescimento e desenvolvimento, podendo limitar a produção vegetal (MARENCO; LOPES, 2009; REICHARD; TIMM, 2012). Dentre os fatores ambientais, destacam-se os climáticos (radiação solar, temperatura, vento, água, umidade e entre outros), edáficos (características físico-químicas) e ecofisiológicos, além dos fatores genéticos da espécie.

A radiação solar é o principal elemento climático, como fonte energética para desencadear processos bioquímicos e fisiológicos nas plantas, onde ocorre a transformação de energia magnética em energia química. Esta apresenta um espectro contínuo de comprimentos de onda (λ) entre 300 a 4.000 nm, abaixo de 400 nm (Ultravioleta - UV), entre 400 e 700 nm (região do visível ou Radiação Fotossinteticamente Ativa - RFA) e acima de 700 nm (Infravermelho próximo e distante – IV, sendo a primeira utilizada nos processos morfogênicos das plantas)

(TAIZ; ZEIGER, 2013; LOPES; LIMA, 2015). A quantidade, qualidade, duração e densidade de fluxo da radiação solar, interferem no processo da fotossíntese, transpiração, na morfologia (forma e tamanho) e anatomia (densidade e disposição de estômatos) das folhas, na produção de pigmentos fotoprotetores e fotossintéticos, na dormência de sementes, no fotoperiodismo e no fototropismo (LOPES; LIMA, 2015).

A água está presente em todas as reações bioquímicas, físicas e fisiológicas das plantas, é o constituinte mais abundante (80 - 90% da biomassa), participa de processos, como na fotossíntese, reações hidrolíticas, respiração, manutenção da turgescência, expansão celular, síntese de compostos, no transporte de minerais, na termorregulação entre inúmeros outros processos. A planta sob extremo estresse hídrico, tem seus processos fisiológicos comprometidos, necessitando de reajuste osmótico, para a manutenção da turgescência das células, sob déficit hídrico a primeira resposta fisiológica é o fechamento estomático e consequentemente a interrupção da fotossíntese, isso implica na redução de área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013; LOPES; LIMA, 2015). A temperatura, umidade, vento e demais fatores climáticos são condicionados pela radiação solar, e juntos atuam para mudanças no comportamento fisiológico do vegetal.

A estrutura e características físico-químicas do solo e do substrato, são importantes fatores edáficos para maximizar a produção vegetal. No entanto, problemas com compactação, alta salinidade, baixa fertilidade e matéria orgânica (GONÇALVES et al., 2005), bem como, valores extremos de O_2 e pH do solo (MARENCO; LOPES, 2009), comprometem a qualidade das plantas. Os fatores climáticos, como a baixa luminosidade e temperatura influenciam nas taxas de absorção de nutrientes minerais pelo sistema radicular das plantas, sendo que o primeiro resulta na diminuindo da absorção de fósforo alocando menos fotoassimilados para as raízes e o segundo altera as taxas de absorção de íons minerais levando ao lento crescimento da planta (MARENCO; LOPES, 2009).

2.4. Trocas gasosas

O crescimento e a produtividade das espécies vegetais dependem das taxas fotossintéticas da planta, que por sua vez, são influenciadas pelas condições

microclimáticas, fase de desenvolvimento, maturidade de folhas, ciclo da espécie e entre outros. O processo da fotossíntese ocorre em estímulo à intensidade de luz disponível, que necessariamente através da abertura dos estômatos ocorre as trocas gasosas, o influxo de CO_2 e ao mesmo tempo efluxo de H_2O através da transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013). Dependendo das condições ambientais, principalmente, da quantidade de radiação solar incidente sobre as plantas, a atividade fotossintética das mesmas varia entre 12 e $25\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para plantas C3 e 25 a $40\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para as plantas C4 (PIMENTEL, 1998).

A assimilação de CO_2 está relacionada ao estado de hidratação das folhas, uma vez que, a planta está sob estresse hídrico, a disponibilidade de CO_2 no interior da folha é limitada pelo fechamento dos estômatos, sendo que a disponibilidade de água para a planta pode ser limitada pela redução de água no solo, salinidade, aumento da temperatura foliar e do déficit de pressão de vapor (SILVA et al., 2010; YANG et al., 2012; MELO et al., 2017) e entre outros fatores.

As flutuações nas taxas fotossintéticas, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO_2 do vegetal são reguladas pela abertura dos estômatos, sendo este mecanismo influenciado pela dinâmica microclimática como a intensidade de radiação solar, temperatura do ar e da folha e disponibilidade de água no solo. Além dessas variáveis fisiológicas, as medidas de crescimento, do teor de pigmentos fotossintéticos e da fluorescência, podem evidenciar modificações morfológicas no aparelho fotossintético em detrimento as adaptações fisiológicas da planta (LIMA et al., 2010; MENEGUELLI-SOUZA et al., 2016).

2.5. Evapotranspiração potencial de superfícies vegetadas

A evapotranspiração (ET) é um processo físico reversível da passagem da água do estado líquido para o estado gasoso na interface da superfície com a atmosfera, em temperaturas abaixo do ponto de ebulição, seja na forma de evaporação direta pela superfície do solo, rios, concreto ou pela transpiração das plantas. Um processo natural de redistribuição da energia solar entre os componentes da superfície terrestre, que decorre do resfriamento da superfície a qual a água se encontra, gerando fluxos de calor sensível em latente (REICHARD; TIMM, 2012; PEREIRA et al., 2013).

O processo de evapotranspiração é regido pela troca de energia na superfície da vegetação na forma de calor sensível ou energia radiante e é limitada por essa quantidade de energia disponível, sendo diretamente proporcional (ALLEN et al., 1998; BERNARDO et al., 2005; REICHARD; TIMM, 2012). A evapotranspiração é influenciada pelas condições meteorológicas locais (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento), fatores edáficos (estrutura físico-química do solo), da cultura (espécie, tipo de cultivo, estágio de desenvolvimento) e técnicas de manejo (adubação, irrigação, controle de pragas e doenças), variáveis que podem alterar o microclima e a dinâmica da vegetação (ALLEN et al., 1998; FILHO et al., 2015).

Como uma das componentes do ciclo hidrológico, a quantificação da água evapotranspirada é muito importante para aplicações em balanços hídricos em escalas locais e regionais. Com o aumento da demanda sobre os recursos hídricos e a cobrança pelo uso racional da água, esta passou a ser vista como um recurso natural limitado em determinadas regiões e épocas do ano, levando à necessidade da busca de informações sobre a sua disponibilidade para execução, planejamento e gerenciamento de projetos hidro-agrícolas e ambientais, em função dos seus diferentes usos (TUCCI; BELTRAME, 2001; SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

A produção de alimentos é a atividade humana de maior demanda hídrica, visto que a manutenção da produção vegetal de espécies agrícolas e florestais é dependente da reposição da água evapotranspirada, caso contrário a planta sofre deficiência hídrica e diminuição da sua produtividade potencial/atingível. Essa reposição pode ocorrer de maneira natural (precipitações pluviais) ou por meio de técnicas de irrigação, sendo estas últimas, responsáveis por grande parte do uso consuntivo da água no mundo (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002; RODRIGUES et al., 2011). O uso adequado e eficiente da irrigação para suprir as necessidades hídricas das plantas, requer conhecimentos sobre a disponibilidade hídrica na região, clima local, tempo e época de cultivo, características da espécie, evapotranspiração da cultura (ET_c) e seus coeficientes de cultivo (K_c) (TESTEZLAF et al., 2002; RODRIGUES et al., 2011).

No caso da produção de mudas florestais nativas ou exóticas em viveiros, torna-se essencial conhecer os requerimentos hídricos das diferentes espécies na fase de muda, para permitir o planejamento e manejo da irrigação. Nos viveiros florestais,

o manejo adequado da irrigação assume um papel importante, para obtenção de mudas de qualidade em diferentes períodos do ano, em função dos custos associados aos sistemas de bombeamento, energia elétrica e mão-de-obra. Assim, o conhecimento das exigências hídricas das espécies, através da ET_c e do K_c , permite definir a quantidade de água necessária e o momento adequado de aplicação, além de uma otimização da distribuição das espécies no espaço disponível em função dos seus requerimentos hídricos (lâminas irrigadas, frequências de irrigação, tamanho dos tubetes/vasos, dentre outros) (THEBALDI et al., 2014).

Quanto a conceituação da evapotranspiração, destaca-se a potencial (ETP), que é considerada como a quantidade máxima de água transferida para a atmosfera através de uma superfície vegetada, em pleno desenvolvimento e sem restrições hídricas, nutricionais e fitossanitárias. A partir desse contexto, define-se a evapotranspiração de referência (ET_0), como sendo a perda de água de uma superfície ocupada com uma cultura padrão (“gramínea” – que apresenta características anatômicas e aerodinâmicas semelhantes a grande parte das plantas), com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, em um dado período e condição climática e sem restrição hídrica (PEREIRA et al., 2002; PEREIRA et al., 2013). Segundo Pereira et al. (2002), essa vegetação padrão quando bem manejada, apresenta índice de área foliar próximo de $3,0 \text{ (m}^2_{\text{folha}} \text{ m}^{-2}_{\text{de terreno ocupado}})$ e coeficiente de reflexão (albedo) em torno de 23%. Por conseguinte, essa condição de ET_0 foi adotada para aplicação na determinação da demanda evaporativa da atmosfera para diferentes culturas agrícolas e florestais, pois permite a medida in-loco em uma vegetação (gramado) que cobre completamente o solo e não apresenta variações significativas de fases fenológicas.

Nesse sentido, denomina-se evapotranspiração da cultura (ET_c) a quantidade de água necessária para atender os processos fisiológicos de uma cultura por todo ciclo e a demanda atmosférica local, ou seja, não há restrição hídrica para a cultura. A evapotranspiração máxima em uma determinada região é influenciada pelas características da espécie (ciclo fenológico), condições meteorológicas e práticas de manejo da cultura (irrigação, adubação, controle de doenças e pragas, entre outros) (PEREIRA et al., 2002; PEREIRA et al., 2013).

Em geral, os valores da evapotranspiração são expressos em volume de água requerida por unidade de área e de tempo (ALLEN et al., 1998; BERNARDO et al.,

2005; VAREJÃO-SILVA, 2005). A evapotranspiração pode ser determinada por medidas diretas realizadas em campo com um nível de amostragem representativa da interação solo-planta (espécie) e por estimativas indiretas, baseadas em dados meteorológicos e características físico-hídricas dos solos (ALLEN et al., 1998; PEREIRA et al., 2013).

As medidas diretas podem ser feitas por lisimetria, balanço hídrico do solo ou controle de fluxo de seiva. A lisimetria é uma técnica de medida da ET desenvolvida há muitos anos, caracterizada pelo cultivo das plantas em ambiente (solo) com controle de entradas e saídas de água. Dentre os diferentes tipos de lisímetros, destacam-se os de pesagem, drenagem, prensagem hidráulica e de lençol freático constante (capilaridade). Todavia, ressalta-se que medidas diretas de ET apresenta elevado grau de complexidade em função das incertezas da representatividade destas, das dificuldades operacionais e também da variabilidade espacial da superfície (CARVALHO et al., 2007).

Quanto às medidas indiretas, foram desenvolvidas inúmeras equações de estimativa para evapotranspiração de referência com base em variáveis meteorológicas (PEREIRA et al., 2013; TANAKA et al., 2016). Em geral, os modelos micrometeorológicos procuram estimar a ET_0 com acurácia, com o emprego de menor número ou pela combinação de variáveis (CARVALHO et al., 2011). A equação combinada de Penman-Monteith, parametrizada pela FAO no Boletim 56 (Allen et al., 1998), tem gerado as melhores representações dos fatores físicos e fisiológicos que regem a ET_0 (SOUZA et al., 2011; CARVALHO et al., 2015; TANAKA et al., 2016). No entanto, a sua aplicação ainda exige grande número de parâmetros, que geralmente não estão disponíveis nas estações meteorológicas, por ausência de sensores ou pela baixa qualidade dos dados.

As aplicações para obtenção da ET_c podem ser dadas pelo produto entre ET_0 e os coeficientes de cultivo (K_c), que expressam as diferenças na demanda evapotranspirométrica entre a espécie desejada e o gramado (referência) (PEREIRA et al., 2013). Os coeficientes de cultivo incorporam características da cultura e efeitos da evaporação do solo, variando ao longo do seu ciclo em função da taxa de crescimento e, conseqüentemente, da variação da cobertura do solo (ALLEN et al., 1998). O

conhecimento da evolução de K_c ao longo do ciclo da cultura é fundamental para o planejamento e manejo da água na agricultura irrigada (DE JUAN, 1993).

Quantificar a água necessária para um bom desempenho produtivo de superfícies vegetadas, fornece subsídios básicos à delimitação de áreas mais adequadas ao desenvolvimento de determinadas espécies vegetais, principalmente em regiões áridas ou com secas regulares, onde o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade é limitada pelo fator hídrico (GALVANI et al., 2001; REICHARD; TIMM, 2012).

No tocante florestal, o manejo da irrigação e a eficiência do uso da água é essencial para a produção de mudas confinadas em viveiros, pois o desenvolvimento das plantas e as perdas de nutrientes estão relacionadas com as práticas de irrigação. Sendo assim, a eficiência da irrigação é dependente da uniformidade de aplicação, resultando em economia de água e produção de mudas resistentes e de qualidade (STAMATO JUNIOR, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área Experimental

O experimento foi instalado e conduzido pelo período de 125 dias (04/06 a 07/10/2017) no setor de Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus de Sinop, situado a 11° 51' 50" S e 55° 29' 08" W e altitude média de 384 metros.

As mudas de *D. alata* foram cultivadas em unidades experimentais (viveiros suspensos) alinhadas no sentido Leste-Oeste, nas dimensões de 3,0 x 1,0 x 1,0 m (comprimento, largura e altura) e a 1,0 m acima do solo, com coberturas superiores, frontais e laterais de telas poliefinas de sombreamento (exceto o tratamento controle - pleno sol) nas cores pretas (com indicações comerciais de 35; 50; 65 e 80% de atenuação da radiação solar global), termorefletora (Aluminet 50%) e coloridas (Chromatinet vermelha 50%; azul 50%; e Frontinet verde 50%) (Figura 1).



Figura 1 - Viveiros suspensos com telas agrícolas poliefinas e a pleno sol em Sinop, MT, 2017.

3.1.1 Clima local

O clima predominante na região Centro-Norte do Estado de Mato Grosso, segundo a classificação de Köppen é o tipo Aw (tropical quente e úmido), com duas estações hídricas bem definidas: chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). As temperaturas médias mensais variam de 24 e 27°C e as precipitações pluviárias médias anuais de 1970 mm (SOUZA et al., 2013) (Figura 2).

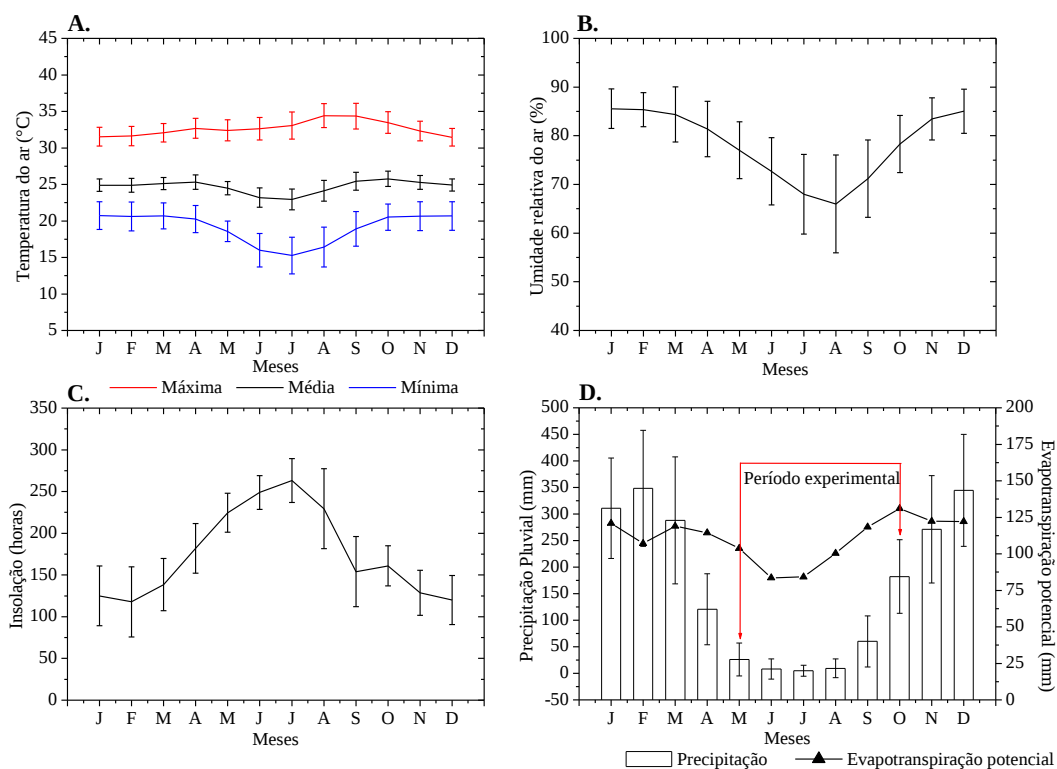


Figura 2 - Valores mensais e desvio padrão da temperatura (A), umidade relativa do ar (B), insolação (C), precipitação pluvial e evapotranspiração potencial (D) em Sinop, MT, 2017.

3.1.2 Monitoramento Micrometeorológico

Na condição de pleno sol as variáveis meteorológicas foram monitoradas por uma estação meteorológica automática Instrutemp modelo ITWH-1080, distante 20 m da área experimental, com medidas armazenadas a cada 30 minutos de temperatura e umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão barométrica e precipitação. (Especificações dos dados externos: distância do campo de transmissão 100 metros (300 pés); frequência 868 MHz (Europa) e 915 MHz (América do Norte). Faixa de temperatura – 40°C a 65°C; precisão $\pm 1^\circ\text{C}$; resolução 0,1°C. Faixa de

medição umidade relativa 10% a 99%; precisão $\pm 5\%$. Volume de chuva 0 a 9999 mm; precisão $\pm 10\%$; resolução 0,3 mm (caso volume de chuva $< 1000\text{mm}$) 1,0 mm (caso volume de chuva $> 1000\text{mm}$). Velocidade do vento 0-160 km/h (0-100 mph); precisão $\pm 1\text{ m/s}$ (velocidade do vento $< 10\text{m/s}$) $\pm 10\%$ (velocidade do vento $> 10\text{m/s}$).

Em conjunto, foram realizadas medidas convencionais de rotina da insolação (heliógrafo Campbell-Stokes) e da altura pluviométrica (pluviômetro Ville de Paris). Para obtenção da radiação global incidente empregou-se a metodologia dos coeficientes de Angstrom-Prescott, com os coeficientes lineares (a) e angulares (b) calibrados regionalmente na escala mensal, conforme recomendações de Martim et al. (2014).

A evapotranspiração de referência (ET_0) diária foi obtida pelo método de Penman-Monteith proposta pela FAO-56 (ALLEN et al., 1998) (Equação 1), a partir das medidas meteorológicas na condição de pleno sol. As variáveis que compõem o modelo foram obtidas conforme Pereira et al. (1997) e Pereira et al. (2013), destacando que para o balanço de radiação em ondas longas adotou-se as condições de clima úmido, proposto de Allen et al., (1998) (Equações 2 a 8).

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_m + 273,15} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que: ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Δ é a declividade da curva de pressão de saturação de vapor no ponto de T_m ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n é o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); γ é o coeficiente psicrométrico ($0,063 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T_m é a temperatura do ar média diária ($^\circ\text{C}$); U_2 é a velocidade do vento média diária a 2,00 m de altura (m s^{-1}); e_s é a pressão de saturação do vapor médio diária (kPa); e e_a é a pressão parcial de vapor médio diária (kPa).

$$\Delta = \frac{4098 \cdot e_s}{(T_m + 237,3)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$R_n = BOC + BOL \quad (\text{Eq. 3})$$

$$BOC = R_n \cdot (1 - 0,23) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$BOL = - \left[4,903 \cdot 10^{-9} \cdot Tm^4 \cdot (0,56 - 0,25 \cdot \sqrt{ea}) \cdot (0,1 + 0,9 \cdot \frac{n}{N}) \right] \quad (Eq. 5)$$

em que: R_n é o saldo de radiação ($MJ \, m^{-2} \, dia^{-1}$); BOC é o balanço de radiação de ondas curtas; BOL é o balanço de radiação de ondas longas ($MJ \, m^{-2} \, dia^{-1}$); Tm^4 é a temperatura do ar ($^{\circ}K$); n é a insolação (h); e N é o fotoperíodo (h).

$$es = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot Tm}{237,3 + Tm}} \quad (Eq. 6)$$

$$ea = \frac{es \cdot UR}{100} \quad (Eq. 7)$$

$$dPv = es - ea \quad (Eq. 8)$$

em que: es pressão de saturação do vapor médio diária (kPa); e ea pressão parcial de vapor médio diária (kPa); UR é a umidade relativa média diária; e dPV é o déficit de pressão de vapor (kPa).

Nos tratamentos com as diferentes telas de sombreamento (pretas e coloridas) realizou-se o monitoramento de rotina da temperatura e da umidade relativa do ar com sensores termo-higrômetro datalogger Instrutemp modelo HT 4000 ICEL (temperatura e umidade de operação: $-40 \, ^{\circ}C$ a $70 \, ^{\circ}C$ (-40 a $158^{\circ}F$) e $0 \, \%$ a 100% ; tempo de resposta: temperatura $20 \, s$ e umidade $5 \, s$; exatidão: temperatura $\pm 1,0 \, ^{\circ}C$ ($\pm 2,0^{\circ}F$), umidade $\pm 3,0\%$ e ponto de orvalho $\pm 2,0^{\circ}C$ ($\pm 4,0^{\circ}F$); alimentação: na bateria recarregável de $3,6V$ - Lítio; e ciclo de medição selecionável de $2s$ a $24h$), instalados a $1,50 \, m$ de altura, centralizado no interior de cada viveiro experimental. O intervalo de armazenamento dos dados foi de 30 minutos, com transferência para o computador via cabo USB (*Universal Serial Bus*).

Foram realizadas medidas pontuais da radiação global (H_G), radiação fotossinteticamente ativa (H_{PAR}) e da luminância (Lux), para determinação e avaliação das alterações da transmissividade das telas poliefinas. As medidas ocorreram

quinzenalmente, entre junho e outubro, das 8:00 às 11:00 (horário solar local), no exterior (acima) e interior (dentro) dos viveiros (Equação 9).

$$\tau\lambda = \left(\frac{LI}{LE}\right) \times 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

em que: LI é a leitura da variável no interior do telado; e LE é a leitura da variável no exterior do telado.

As leituras da H_G , H_{PAR} e Lux foram realizadas com o auxílio de piranômetros: MP-200 (faixa espectral de leitura: 360 a 1120 nm; resposta direcional (efeito cosseno): $\pm 5\%$ até 75° de ângulo zenital; resposta a temperatura: $-0,04 \pm 0,04\%$ por $^\circ\text{C}$; tempo de resposta: mínimo de 1,0 m s; não-linearidade: abaixo de 1% para medidas acima de 1750 W m^{-2}); MQ-200 (faixa espectral de leitura: 410 a 655 nm (considerando no máximo 50% dos comprimentos de onda dessa faixa); resposta direcional (efeito cosseno): $\pm 5\%$ até 75° de ângulo zenital; resposta a temperatura: $0,06 \pm 0,06\%$ por $^\circ\text{C}$; tempo de resposta: mínimo de 1,0 m s; não-linearidade: abaixo de 1% para medidas acima de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) da Apogee; e luxímetros: LD-200 das Instrutherm, respectivamente. Os sensores foram fixados em uma plataforma metálica, sendo as medidas realizadas em nível, a 1,50 m no interior do viveiro e a 0,50 m acima do viveiro.

3.2. Produção das mudas

Entre agosto e setembro de 2016 foram coletados frutos de *D. alata* provenientes de árvores localizadas no município de Rondonópolis, Sudeste do Estado de Mato Grosso ($16^\circ 28' 03'' \text{ S}$ e $54^\circ 38' 49'' \text{ W}$, altitude 287 metros). Esses frutos foram armazenados em saco de ráfia a temperatura e umidade relativa do ar ambiente por oito meses.

As sementes passaram por tratamento asséptico em solução de Hipoclorito de Sódio (NaClO) 2% por cinco minutos, e pulverizadas com solução do fungicida Protreat[®] 2% durante a germinação. A germinação de 600 sementes de *D. alata* (Figura 3) ocorreu em bandejas plásticas envolvidas em Papel Germitest[®] umedecido com

água destilada e mantidas em câmaras BOD sob temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 12h, durante o mês de abril de 2017.



Figura 3 - Fruto e semente da espécie *D. alata*.

Após a germinação, ocorreu o transplantio (maio de 2017) para tubetes de polietileno pretos de 820 cm³, sob tela preta com 50% de atenuação da H_G, visando a aclimação e uniformidade das mudas durante 30 dias à temperatura e umidade relativa do ar média de 26,7°C e 78%, respectivamente. Quando apresentaram a terceira folha composta completamente expandida, ocorreu a distribuição das mudas nos tratamentos para início das medidas de crescimento e de evapotranspiração das mudas (junho de 2017) (Figura 4).



Figura 4 - Padrões das plântulas transplantadas para os tubetes e para o início das medidas de crescimento e de evapotranspiração em Sinop, MT, 2017.

O substrato utilizado consistiu-se de uma mistura de 50% de substrato comercial (material orgânico), 40% de solo de floresta nativa e 10% de casca de arroz carbonizada. O solo caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, foi peneirado e esterilizado a 75°C em estufa de circulação de ar forçado por 24 horas e após análise de solo foi incorporado em 1 m³ da mistura 40,00 g de N, 380,00 g de P₂O₅ e 80,00 g de K₂O, na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A análise química e granulométrica da mistura é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise química e granulométrica da mistura (substrato comercial + solo de floresta nativa + casca de arroz carbonizada) em Sinop, MT, 2017.

Macronutrientes						Micronutrientes					
pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	MO	Zi	Cu	Fe	Mn	B	S
H ₂ O	(mg dm ⁻³)		(cmol dm ⁻³)		(g dm ⁻³)			(mg dm ⁻³)			
6,9	136,67	327,00	7,36	3,17	49,16	34,5	0,33	88,65	35,35	0,99	0,54
Granulometria											
Areia			Silte	Argila							
			(g dm ⁻³)								
			529	229	242						

Para a determinação da capacidade de retenção de água do substrato nos tubetes, inicialmente, foram obtidas as massas de 12 tubetes vazios (M_i) de 820 cm³, que posteriormente foram preenchidos com aproximadamente 700 gramas do substrato supracitado (volume máximo de substrato comportado pelo tubete) na umidade natural. Sequencialmente, foram colocados em uma bandeja com água para a saturação do substrato por meio de ascensão capilar. A área da superfície dos tubetes foi vedada com um plástico a fim de evitar a evaporação e possibilitar a determinação da capacidade máxima de retenção de água do substrato (Equações 10 e 11). As pesagens foram realizadas com o auxílio de balança de precisão (0,01g).

$$\theta_{cc} = \frac{\rho}{\rho_a} * U_{cc} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\theta_{cc} = \frac{\rho}{\rho_a} * \frac{M_a}{M_s} \quad (\text{Eq. 11})$$

em que: θ_{cc} é a umidade na “capacidade de campo em recipientes” (cm³ cm⁻³); ρ é a massa específica do substrato (g cm⁻³); ρ_a é a massa específica da água (g cm⁻³); U_{cc} é

a umidade na “capacidade de campo” (g g^{-1}); M_a e M_s são as massas de água e do substrato seco (g) e V é o volume de solo (cm^3).

Os tubetes foram pesados 48 horas após a saturação do substrato, quando se verificou que não havia mais drenagem na base (capacidade de campo). As amostras foram colocadas em formas de papel alumínio e mantidas em estufa de circulação de ar forçado à 100°C até obtenção de massa constante e posterior pesagem das massas secas para determinação da massa específica (ρ) do substrato (Equação 12).

$$\rho = \frac{M_s}{V} \quad (\text{Eq. 12})$$

em que: ρ é a massa específica do substrato (g cm^{-3}); M_s é a massa do substrato seco (g) e V é o volume de solo (cm^3).

Obteve-se a massa de água retida no substrato do tubete pela diferença entre as massas úmida e seca. O mesmo procedimento foi realizado ao final do experimento, para verificação das alterações nas características do substrato, todavia nesse caso, com as mudas de *D. alata* plantadas. Constatou-se que houveram diferenças significativas nas propriedades físico-hídricas do substrato ao longo do período experimental (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios da massa do substrato para determinação da umidade na capacidade de campo e massa específica do substrato.

Período	M_t (g)	$M_{\theta_{cc}}$ (g)	M_s (g)	θ_{cc} (g g^{-1})	M_a (g)	ρ (g cm^{-3})
Junho	76,88	835,82 a	460,81 a	0,46 a	375,01 a	0,56 a
Outubro	76,92	713,35 b	383,02 b	0,40 b	330,33 b	0,47 b
Média geral		774,58	421,91	0,43	352,67	0,51
DMS		43,97	23,71	0,03	22,55	0,03

M_t – massa do tubete; $M_{\theta_{cc}}$ – massa do substrato na capacidade de campo; M_s – massa do substrato seco; θ_{cc} – umidade na capacidade de campo; M_a – massa de água; ρ – massa específica do substrato. Médias com letras diferentes (entre meses) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3. Desenvolvimento vegetal

3.3.1 Análises de crescimento

As análises de crescimento não destrutivas das mudas de *D. alata* foram realizadas quinzenalmente, entre 04/06 e 07/10/2017 (125 dias após transplântio - DAT), perfazendo em nove avaliações com quatro repetições de nove mudas cada (324 plantas). Os parâmetros não-destrutivos de crescimento avaliados foram: altura da muda (H) - medida do colo das plantas até a gema apical com régua graduada; diâmetro do coleto (D) – obtido à altura do substrato com o auxílio paquímetro digital centesimal (0,01 mm); número de folhas (NF) e de folíolos (NFO) por muda (Figura 5).



Figura 5 - Obtenção de variáveis de crescimento não-destrutivas das mudas de *D. alata*, em Sinop, MT, 2017.

No término do experimento, foi realizada análise destrutiva com obtenção de: área foliar (AF) - com um medidor fotoelétrico (LI-3100C); comprimento do sistema radicular (CR) - com auxílio de fita métrica; volume do sistema radicular (VR) – obtido com auxílio de proveta graduada, por imersão das raízes lavadas em um volume de água conhecido; massas da matéria seca das raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF) e total (MST) - determinadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, após a secagem do material vegetal ter permanecido em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até obtenção de massa constante (Figura 6).

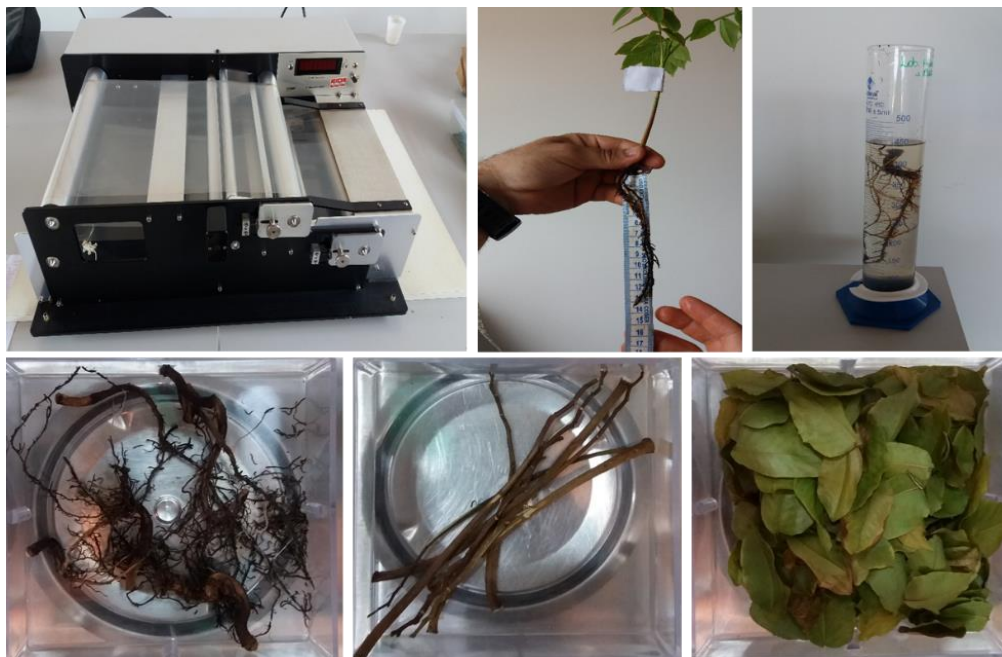


Figura 6 - Obtenção de variáveis de crescimento destrutivas das mudas de *D. alata*, em Sinop, MT, 2017.

Determinou-se a razão de área foliar (RAF em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) e o índice de área foliar (IAF em $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$), conforme Benincasa (2003) e Silva et al. (2011) (Equações 13 e 14):

$$\text{RAF} = \frac{\text{AF}}{\text{MST}} \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF}}{\text{S}} \quad (\text{Eq. 14})$$

em que: AF é a área foliar (m^2); S é a área do solo correspondente à cada planta ($0,006 \text{ m}^2$); e MST é a massa seca total da planta (g).

A qualidade das mudas foi determinada através da equação de Dickson que considera a distribuição de biomassa das mudas (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960) (Equação 15):

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST}}{\frac{\text{H}}{\text{D}} + \frac{\text{MSF}}{\text{MSR}}} \quad (\text{Eq. 15})$$

em que: IQD é o índice de qualidade de Dickson (adimensional); MST é a massa de matéria seca total da muda (g); H é a altura da muda (cm); D é o diâmetro do coleto (mm); MSF é a massa de matéria seca da parte aérea (g) e MSR é a massa de matéria seca das raízes (g).

3.3.2 Parâmetros fotossintéticos

As avaliações pontuais quinzenais da fotossíntese das mudas de *D. alata* foram realizadas entre 01/07 e 02/10/2017, perfazendo em sete avaliações com quatro repetições em cada tela de sombreamento. Foi selecionado o terceiro e/ou quarto folíolo da folha mediana de quatro mudas em cada tratamento, e a partir disso, realizou-se três leituras em cada folíolo a cada 30 segundos, com aplicação efetiva de $1839 \mu\text{mol s}^{-1}$ de intensidade luminosa (Q_{leaf}) no limbo foliar que ocupava uma área de $6,25 \text{ cm}^2$ da câmara do analisador portátil de fotossíntese (IRGA), modelo LCI-SD da ADC BioScientific (Inglaterra).

As leituras foram realizadas no período matutino entre as 08:00 e 11:00 horas, tendo em vista ser este o período em que ocorre a maior atividade fotossintética das plantas. Dentre as variáveis oferecidas pelo equipamento, foram analisadas a taxa fotossintética - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática - g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); transpiração - E ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a temperatura foliar - T_{leaf} ($^{\circ}\text{C}$).

3.3.3 Estimativa de Graus-Dias

Para avaliação estatística das variáveis da análise de crescimento e da evapotranspiração de *D. alata* adotou-se como variável independente a soma térmica acumulada (graus-dias acumulados - GDA). Para tanto, as estimativas das temperaturas basais superior (TB) e inferior (Tb) das mudas de *D. alata*, foram obtidas por regressões polinomiais (segundo grau) entre a temperatura do ar máxima e mínima (x) de cada tratamento (telas de sombreamento) de todo o período experimental com a área foliar média total por muda (y) de cada tratamento ao final do experimento (125 DAT). Para estabelecer as TB e Tb, foi utilizado a fórmula de Bhaskara (Equação 16), aplicando-se os parâmetros ajustados da função polinomial.

$$x = -\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (\text{Eq. 16})$$

Dessa forma as somas térmicas acumuladas foram determinadas pela metodologia de Ometto (1981), conforme recomendações de Souza et al. (2011), sendo considerados apenas três casos possíveis baseadas nas temperaturas basais e temperaturas do ar mínimas e máximas de cada tela de sombreamento (Equações 17, 18 e 19).

Caso 1: $T_m > T_b$; $T_B > T_M$

$$GD = \left[\frac{(T_M - T_m)}{2} \right] + (T_m - T_b) \quad (\text{Eq. 17})$$

Caso 2: $T_m \leq T_b < T_M$; $T_B > T_M$

$$GD = \frac{[(T_M - T_b)^2]}{2 \cdot (T_M - T_m)} \quad (\text{Eq. 18})$$

Caso 4: $T_b < T_m$; $T_B < T_M$

$$GD = \frac{\{2 \cdot [(T_M - T_m) \cdot (T_m - T_b)] + (T_M - T_m)^2 - (T_M - T_B)^2\}}{2 \cdot (T_M - T_m)} \quad (\text{Eq. 19})$$

em que: T_M é a temperatura máxima diária; T_m é a temperatura mínima diária; T_B é a temperatura basal máxima; e T_b é a temperatura basal mínima, em °C.

3.4. Medidas da evapotranspiração

As leituras da evapotranspiração diária das mudas de *D. alata* foram realizadas com lisímetros de capilaridade. O sistema de lisimetria por capilaridade foi confeccionado em campo no mês de maio de 2017, sendo concluído no mesmo mês, com 5 dias de duração. Esse sistema foi replicado em 36 unidades, sendo alocados quatro em cada tratamento (telas polietileno agrícolas em diferentes níveis de radiação solar e a condição de pleno sol).

O lisímetro de capilaridade construído constitui-se de duas bandejas de prolipropileno (16.500 e 3.300 cm³), conectadas entre si por um tubo de policloreto de

vinila com diâmetro 12,5 mm vedado com fita veda rosca e massa adesiva (Figura 7A e B). A bandeja maior de cor branca abrigava nove mudas de *D. alata* em tubetes de 820 cm³ suspensos entre a base e a tampa da bandeja, os espaços que ficaram entre os tubetes e a tampa da bandeja maior foram vedados com silicone antifúngico para evitar qualquer perda de água que não fosse da área evapotranspirométrica (solo e folhas) das mudas (Figura 7).

Após a montagem, replicação do sistema de capilaridade e acondicionamento das mudas de baruzeiro nos lisímetros em cada tratamento, todas as bandejas foram demarcadas em nível para a realização das leituras diárias da evapotranspiração das mudas, sendo que a bandeja maior foi preenchida com 10 litros de água, enquanto que a bandeja menor transparente (3.300 cm³), com 1 litro de água, está última funcionava como reservatório de água com o controle de entrada pela diferença de nível da água (evapotranspiração) (Figura 7). Foram realizadas limpezas periódicas nos lisímetros para evitar a proliferação de algas e deposição de substrato dentro dos mesmos.

As leituras diárias da evapotranspiração da cultura (ET_c) ocorreram no período de 115 dias (04/06 a 27/09/2017), sendo que, os quatro primeiros dias de leituras foram designados para que o substrato chegasse próximo à capacidade de campo e estabilização da ET_c. A evapotranspiração da cultura foi determinada a partir da reposição diária da água evapotranspirada em cada lisímetro de capilaridade, com auxílio de uma proveta graduada (Figura 7F). Posteriormente, os valores dos coeficientes da cultura (K_c) foram obtidos pela razão entre a ET_c e a evapotranspiração de referência (ET₀) (condição de pleno sol).

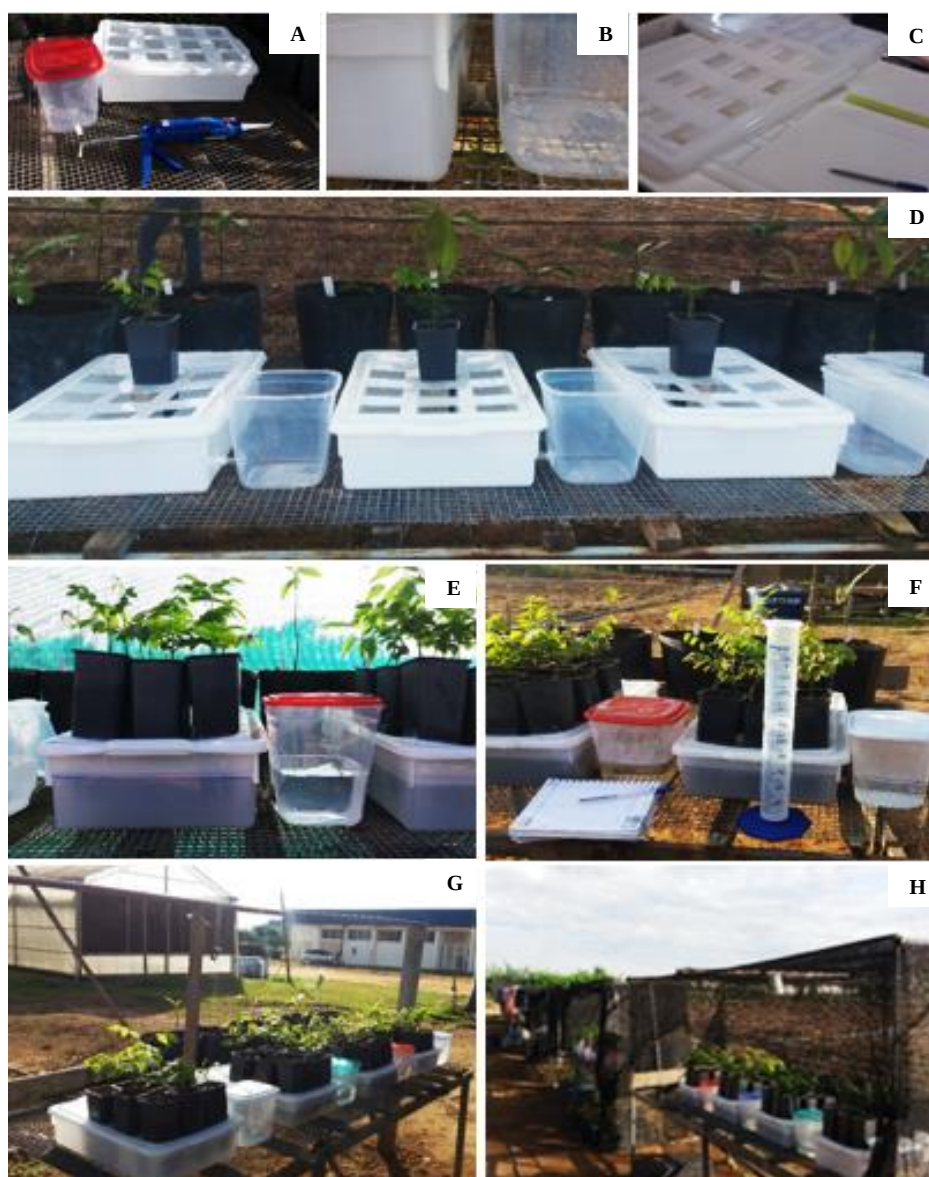


Figura 7 - Montagem do sistema de capilaridade para medida de evapotranspiração de mudas de baruzeiro em Sinop, MT, 2017.

3.5. Análises estatísticas

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições constituídas de nove mudas de baruzeiro. A análise do efeito das telas de sombreamento foi realizada de forma isolada, sendo: i) quantitativa, composta pela condição de pleno sol e as quatro telas poliefinas pretas; ii) qualitativa, composta pelas telas coloridas, termorefletora, preta 50% e condição pleno sol.

As análises estatísticas vinculadas as telas poliefinas pretas foram realizadas com base nos valores médios de 45,3; 54,1; 68,3; 83,3 % de atenuação de radiação

solar global, enquanto que, para as telas coloridas, por se tratarem de variáveis qualitativas, as análises foram realizadas com base na sua definição comercial.

Os dados foram avaliados quanto a normalidade e posteriormente submetidos a análise de variância, sendo que, quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o programa estatístico Sisvar 5.6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dinâmica micrometeorológica

Nas condições de pleno sol, a média mensal da temperatura e umidade relativa do ar foi de 26,20°C e 58,48% e as maiores amplitudes mensais ocorreram entre julho e setembro, com variações de 22,80 a 27,30 °C e 85 a 88%, entre máximas e mínimas. Em agosto e setembro, ocorreram os maiores valores médios diários de temperatura do ar (27,56 e 28,06 °C), radiação solar global (21,79 e 21,10 MJ m⁻² dia⁻¹) e os menores valores médios diários de umidade relativa do ar (52,31 e 49,84%) (Tabela 3), sendo que a dinâmica dessas variáveis influenciou diretamente na evapotranspiração de referência (ET₀) (3,72 e 3,95 mm dia⁻¹) para os meses supracitados.

Tabela 3 - Valores mensais da temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR); radiação solar global (HG), insolação (n), precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET₀), obtida pelo método Penman-Montheit (FAO-56) entre junho e outubro, em Sinop, MT

Meses	T (°C)			UR (%)			H _G MJ m ² dia ⁻¹	n horas	P mm	ET ₀ mm dia ⁻¹
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.				
Jun.*	36,80	25,35	15,10	99,00	63,13	20,00	525,58	265,15	0,00	79,66
Jul.	37,00	24,14	9,70	95,00	54,90	10,00	643,89	328,35	0,00	94,38
Ago.	40,10	27,56	14,70	96,00	52,31	10,00	675,41	296,75	0,00	115,27
Set.	39,80	28,06	17,00	98,00	49,84	10,00	632,95	241,35	38,75	118,43
Out.**	38,00	25,88	17,10	99,00	72,23	23,00	121,77	35,15	7,88	18,60
Média	38,34	26,20	14,72	97,40	58,48	14,60	519,92	233,35	9,33	85,27

* Período referente a 04 – 30/06. ** Período referente a 01 – 07/10 (125 DAT).

Monteiro et al. (2016), encontraram para a mesma condição de pleno sol de maio a setembro de 2014 em Sinop-MT valores médios de temperatura e umidade do ar de 24,61°C e 72,00% (junho) a 27,03°C e 69,80% (setembro), respectivamente, e os maiores valores médios diários de temperatura do ar, radiação global e os menores valores médios diários de umidade relativa do ar em agosto. Ambos os estudos corroboraram com os resultados descritos por Souza et al. (2013).

Souza et al. (2016), em estudo no município de Sinop-MT, relataram que os maiores índices da transmissividade atmosférica ocorrem na estação seca, à baixa atenuação da radiação solar pela interação com os constituintes atmosféricos (nuvem,

vapor d'água e aerossóis) explicam à maior incidência de radiação solar no mês de agosto.

Durante o período experimental foram registrados valores de temperatura do ar superiores a 40 °C (agosto) e inferiores a 10 °C (julho), e umidade relativa do ar mínima inferior a 10% em julho, agosto e início de setembro. Ao longo de setembro ocorreu o acúmulo de 38,75 mm de precipitação pluviométrica (Tabela 4 e Figura 8), corroborando com Souza et al. (2013), que indica precipitações inferiores a 50 mm em setembro, e que caracterizam o período seco da região entre maio e setembro.

Observou-se grande variabilidade nos valores obtidos de radiação global, insolação e da evapotranspiração de referência entre os meses de agosto e setembro (Figura 8). Verificou-se baixos valores da radiação solar global e da insolação em agosto (11,31 MJ m⁻² d⁻¹ e 2,85h) e pequenas oscilações em junho e julho. As baixas incidências de radiação global estão associadas ao deslocamento das massas de ar que transportaram nuvens (vapor d'água) para região, todavia, não ocorreram precipitações nesse período. Associado a isso, em agosto e setembro, tem-se o efeito da deposição de poeira, fumaça e aerossóis na atmosfera no mês de agosto. Esses fatores bloqueiam parte da radiação solar global, que chega à superfície terrestre.

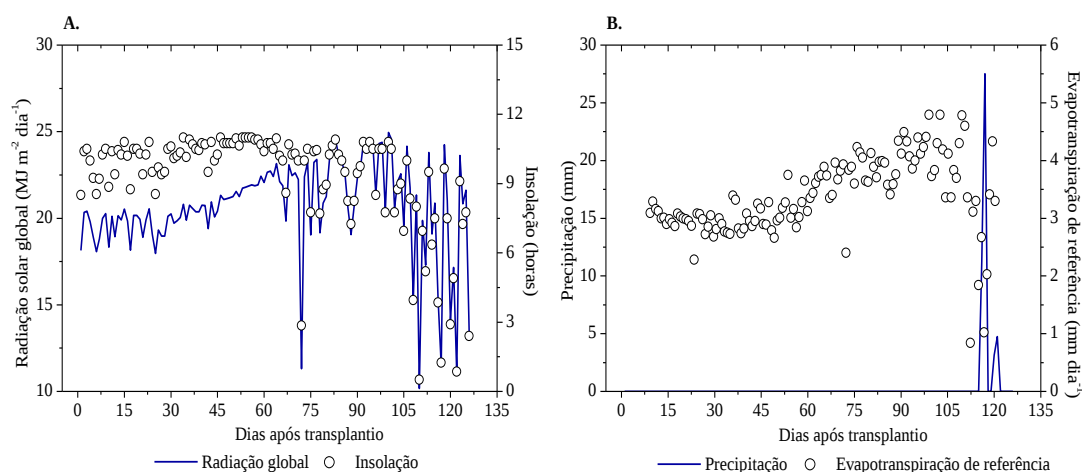


Figura 8 – Variações diárias da radiação solar global e insolação (A), precipitação e evapotranspiração de referência (B) entre 04/06 a 07/10/2017 (125 DAT) em Sinop, MT, 2017.

Os valores médios em conjunto com os desvios-padrão obtidos para H_G , H_{PAR} e Lux, indicam divergência entre as definições comerciais das telas e as atenuações realizadas para as três variáveis avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão (DP) da transmissividade da radiação solar nas telas agrícolas com relação à condição pleno sol em Sinop, MT, 2017.

Tratamentos	Radiação Global		Radiação Fotossinteticamente Ativa		Luminância	
	Porcentagem (%)					
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Preta 35%	54,72	± 8,62	53,25	± 6,42	51,67	± 6,39
Preta 50%	45,91	± 5,80	43,27	± 7,19	43,36	± 4,51
Preta 65%	31,75	± 8,40	33,34	± 5,39	29,81	± 3,81
Preta 80%	16,70	± 1,71	15,49	± 3,00	15,12	± 2,88
Termorefletora 50%	32,51	± 6,33	35,25	± 4,67	33,67	± 2,60
Vermelha 50%	47,00	± 6,99	30,95	± 4,08	27,99	± 4,93
Azul 50%	44,35	± 3,25	37,09	± 5,42	33,17	± 2,96
Verde 50%	39,35	± 5,53	28,74	± 2,97	29,72	± 2,66

Santos et al. (2010), verificaram que no período de agosto a setembro de 2009 em Cáceres-MT, a atenuação da radiação global nas telas agrícolas termorefletora e preta (ambas com 50% de sombreamento) foram 58,0 e 56,0%. Pezzopane et al. (2004) entre setembro e dezembro de 1996 no município de Alegre-ES identificou redução de 41,0% da radiação global externa na tela preta de 50% de sombreamento, e Rocha (2007) verificou 54,4% de atenuação da radiação global na tela termorefletora entre julho e dezembro de 2006 em Juazeiro-BA.

A radiação solar global total diária na condição pleno sol oscilou na faixa de 10,18 a 24,96 MJ m⁻² d⁻¹, enquanto nas telas poliefinas preta H_G oscilou na faixa de 5,57 a 13,66; 4,67 a 11,46; 3,23 a 7, e 1,70 a 4,17 MJ m⁻² d⁻¹, para 45,3; 54,1; 68,3 e 83,3% de atenuação da radiação solar, respectivamente (Figura 9A). O aumento no nível de sombreamento, acarretou na diminuição da H_G diária e mensal incidente nas telas agrícolas durante o período experimental (Figura 9A e 9C).

Nas telas coloridas vermelha, azul, verde e termorefletora (ambas com 50% de sombreamento), os valores de H_G variaram entre 4,78 a 11,73; 4,51 a 11,07; 4,00 a 9,82; e 3,31 a 8,11 MJ m⁻² dia⁻¹, respectivamente (Figura 9B). Observou-se que a tela agrícola vermelha e a termorefletora permitiram maior e menor incidência da H_G , respectivamente, sendo esse comportamento condizente com os valores médios da

transmissividade da H_G encontrados para as telas agrícolas em relação à condição pleno sol (Tabela 4).

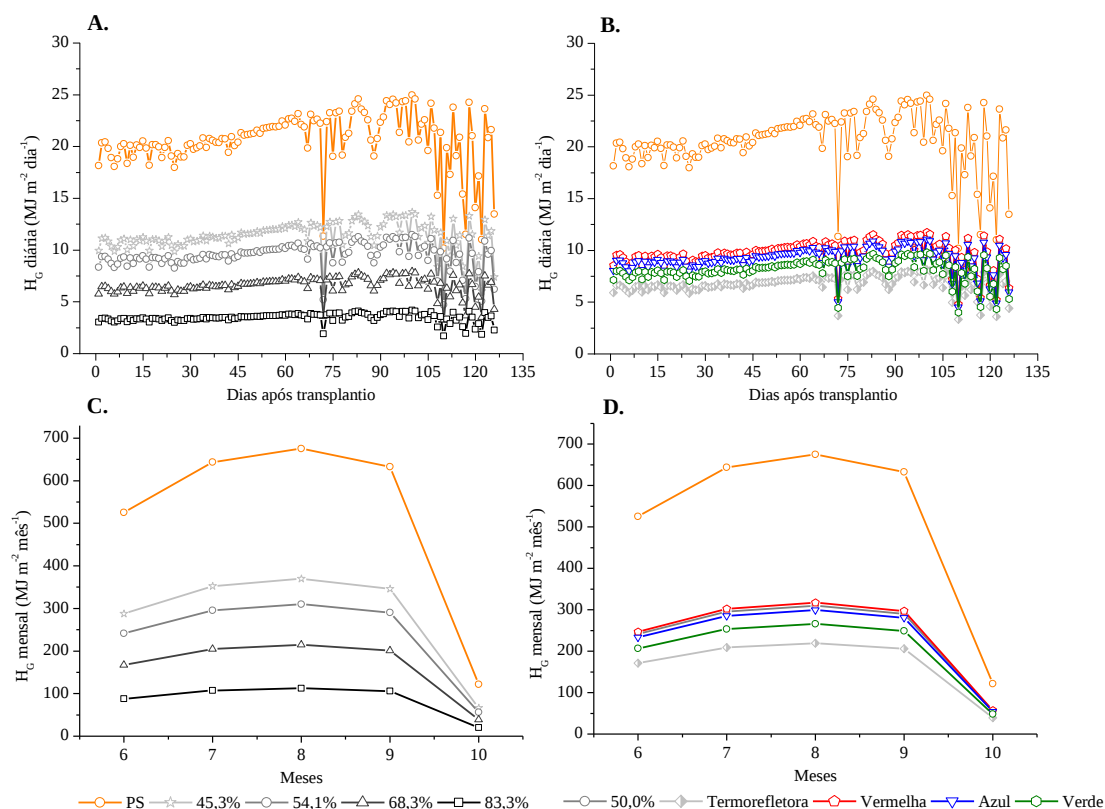


Figura 9 - Valores diários (A e B) e médios mensais (C e D) da radiação solar global durante 125 DAT, nos diferentes níveis de radiação solar, em Sinop, MT, 2017.

Independentemente da condição ambiental, observou-se aumento da incidência da H_G entre julho e setembro, sendo que no mês de agosto ocorreram totais mensais de H_G entre a análise quantitativa de $675,41 \text{ MJ m}^{-2} \text{mês}^{-1}$ na condição pleno sol a $112,77 \text{ MJ m}^{-2} \text{mês}^{-1}$ na tela preta 83,3%, em relação a análise qualitativa a H_G mensal variou de 317,47 a $219,55 \text{ MJ m}^{-2} \text{mês}^{-1}$ para as telas vermelha e termorefletora, respectivamente (Figura 9C e 9D). Nesse sentido, aos 125 DAT, o acúmulo total da radiação solar incidente nas diferentes telas de sombreamento foi de $2599,61 \text{ MJ m}^{-2}$ para a condição pleno sol; de 1422,47 a $434,06 \text{ MJ m}^{-2}$ para as telas pretas de 45,3 e 83,3 % de atenuação da radiação solar, $845,01 \text{ MJ m}^{-2}$ para a tela termorefletora, 1221,92; 1152,85 e $1022,84 \text{ MJ m}^{-2}$, para as telas coloridas vermelha, azul e verde, respectivamente.

Observou-se dinâmica semelhante ao de H_G na sazonalidade da temperatura do ar e da umidade relativa do ar (máximas, médias e mínimas) entre as telas de sombreamento ao longo dos 125 DAT. Ocorreu a elevação da temperatura do ar e consequentemente a diminuição da umidade relativa do ar (Figuras 10 e 11), corroborando com o estudo de Monteiro et al., (2015). Foram registradas as maiores temperaturas e menores umidades relativa do ar (máxima, média e mínima) em agosto e setembro (final do inverno). Em meados de julho houve uma queda da temperatura do ar, devido uma frente fria que atingiu a região.

Considerando a temperatura média diária ao longo de todo o período experimental (125 DAT) houve distribuição normal dos dados e diferenças não significativas ($p > 0,05$) para as diferentes condições de sombreamento. A temperatura média diária para a condição pleno sol, telas poliefinas pretas (45,3; 54,1; 68,3 e 83,3% de atenuação da radiação solar) e para a tela termorefletora foi de $26,0 \pm 0,2$ °C, enquanto que nas telas coloridas vermelha, azul e verde foram 26,64; 26,84 e 26,72 °C, respectivamente. Nesse mesmo contexto, a umidade relativa média diária do ar ao longo do experimento, apresentou maior variação nas condições de pleno sol e na tela preta de 83,3% com 55,79 61,31 % de umidade, respectivamente, enquanto nas demais telas manteve-se em torno de 60,00 % de umidade (Figuras 10 e 11).

Conforme mencionado, agosto e setembro foram os meses mais quentes e secos do período experimental, com registros dos maiores valores da temperatura máxima a condição de pleno sol (40,10°C) e na tela termorefletora (50,20°C), temperaturas médias diárias de 27,70 e 28,89°C nas telas preta 68,3% de sombreamento e vermelha. Já os menores valores de umidade relativa registrados foram de 10,0 e 20,3% nas condições de pleno sol e tela preta 83,3% de sombreamento. No mês de julho registrou-se as menores temperaturas mínimas na tela preta de 68,3% (9,80°C) e na tela azul (9,10°C), enquanto que em outubro obteve-se os maiores valores médios diários da umidade relativa na tela preta 83,3% e termorefletora (75,20 e 69,26%), respectivamente, (Figuras 10 e 11). Nessas mesmas condições experimentais, Monteiro et al., (2015), verificaram entre abril e setembro de 2014, na tela preta de 38% de sombreamento a maior temperatura média diária (26,52°C) e a menor umidade relativa (62,42%) e na tela preta 52% de sombreamento a menor temperatura média do ar (24,41°C) e a maior umidade relativa do ar (70,13%).

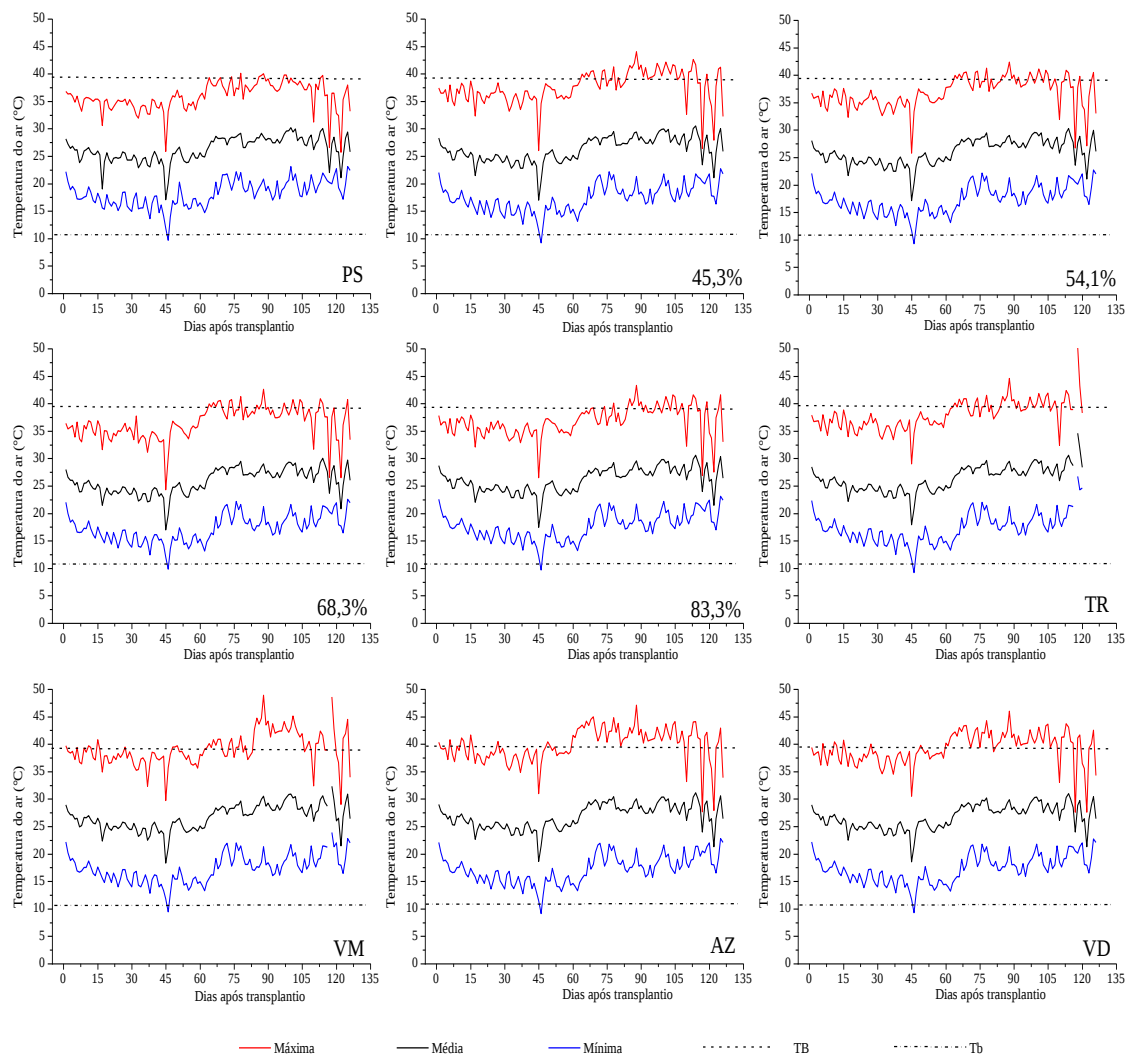


Figura 10 - Valores máximos, médios e mínimos diários da temperatura do ar durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em diferentes condições de sombreamento com mudas de *D. alata*, em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.

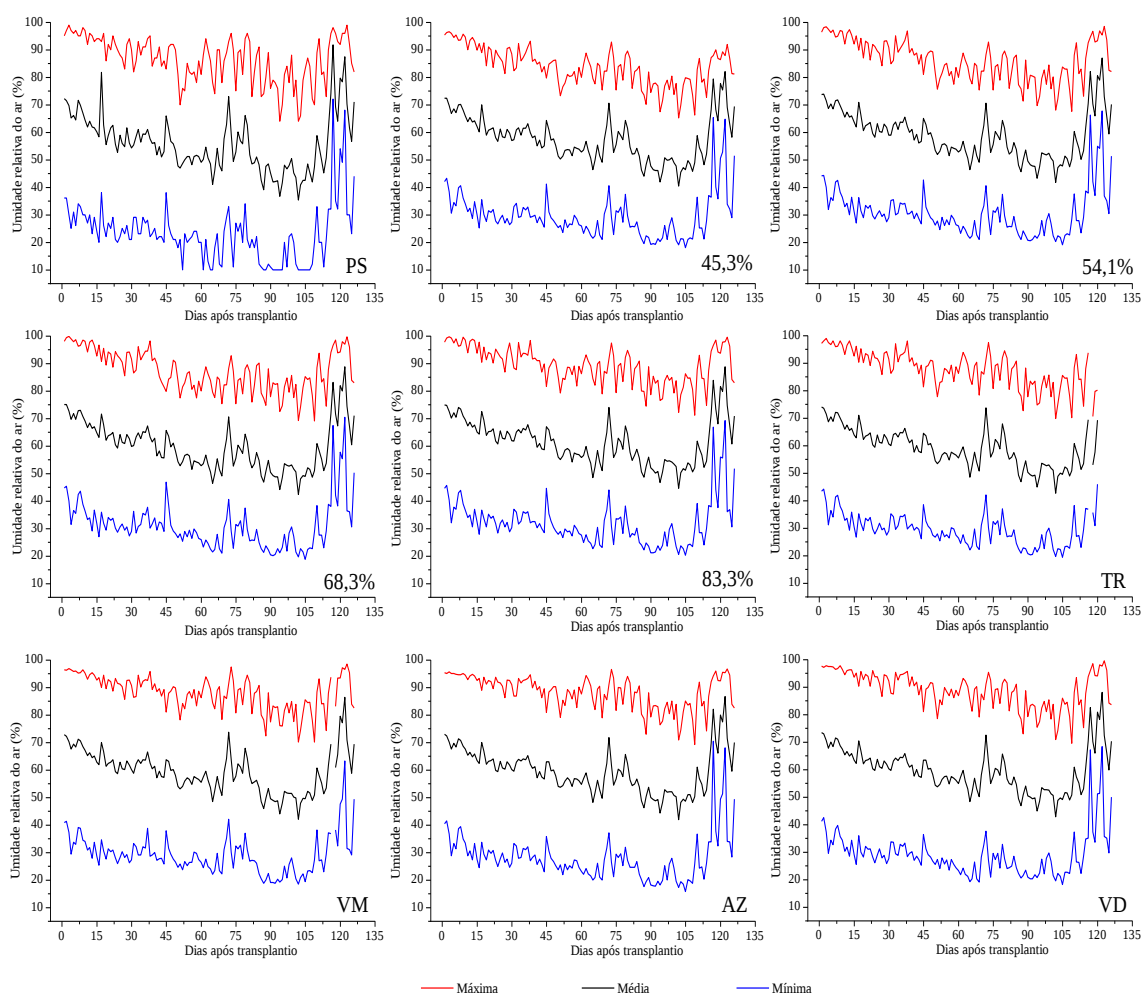


Figura 11 - Valores máximos, médios e mínimos diários da umidade relativa do ar durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em diferentes condições de sombreamento com mudas de *D. alata*, em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.

Avaliando os ciclos diurnos (07:00 às 18:00 horas) e noturnos (19:00 às 06:00 horas) da temperatura e da umidade relativa do ar, os maiores valores observados ocorreram no período diurno, independentemente da condição ambiental (Figura 12). Na condição de pleno sol, observa-se que as temperaturas máximas diárias ocorrem por volta das 14:00h e as mínimas as 06:00h (considerando a hora solar local). Essa dinâmica decorre do aquecimento da atmosfera próxima à superfície terrestre ocorrer principalmente por transporte de calor sensível, a partir do aquecimento da superfície pelos raios solares, o que retarda o pico máximo de temperatura do ar quando comparado com pico máximo de radiação global ou saldo de radiação (PEREIRA et al., 2002). Todavia, nas telas de sombreamento, independentemente do percentual e da

coloração, ocorre uma antecipação da temperatura máxima diária e uma sincronização com o momento de maior incidência de H_G (passagem meridional).

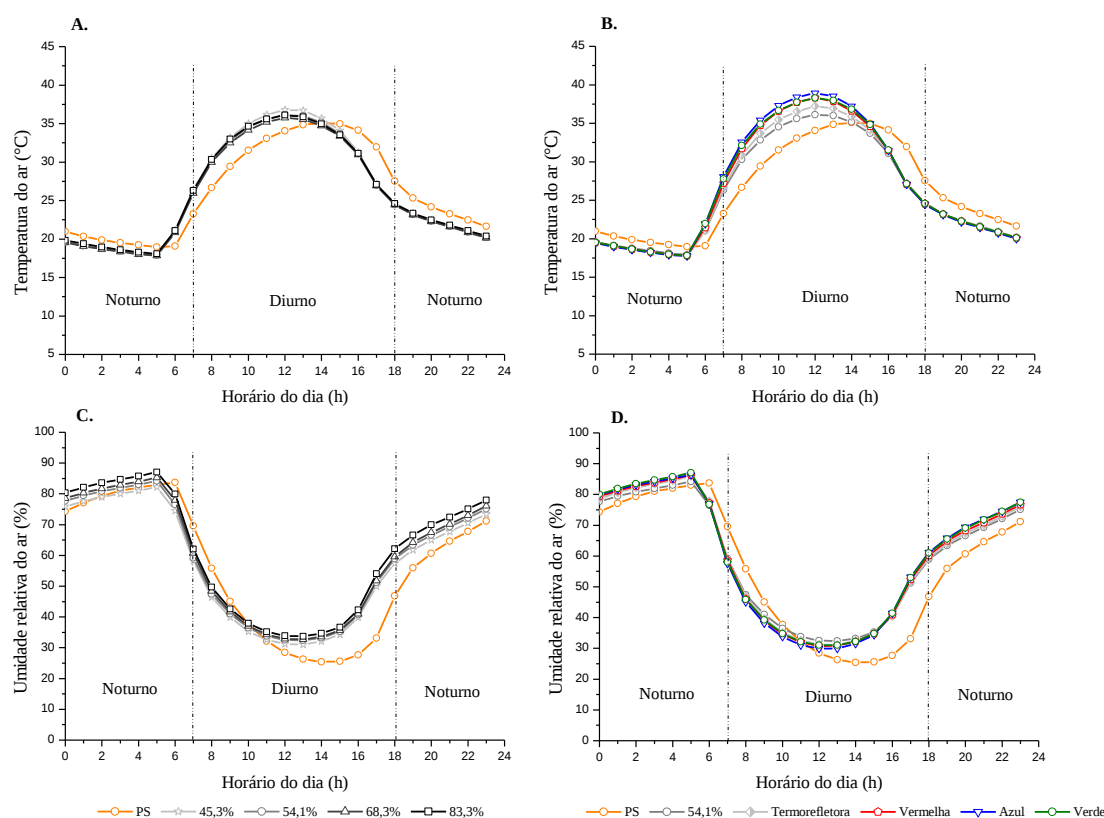


Figura 12 – Evolução diurna da temperatura do ar (A e B) e da umidade relativa do ar (C e D) durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em níveis quantitativos (A e C) e qualitativos (B e D) de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Segundo Santos et al. (2013), na região de Sinop-MT, nos meses de inverno ocorrem as maiores amplitudes térmicas diárias. Como o vapor d'água apresenta um grande potencial de atenuação da radiação na atmosfera, durante os meses de verão (período chuvoso), as diferenças entre temperaturas noturnas e diurnas são menores, com amenização principalmente da temperatura máxima em decorrência das alterações nos totais das componentes direta e difusa com a nebulosidade. No inverno, com a baixa concentração de vapor d'água e aumento da emissão em ondas longas da superfície, ocorre grande variação dos níveis de calor latente na proximidade da superfície do solo entre o início e o final do período de ocaso solar, resultando em aumento da transmissividade atmosférica durante o dia e aumento das perdas por ondas

longas no período noturno, ou seja, elevação das temperaturas máximas e redução das temperaturas mínimas.

Nota-se que na condição pleno sol, foram obtidos valores de umidade relativa do ar inferiores aos das telas pretas, coloridas e termorefletora, principalmente no período vespertino. A passagem livre das correntes de ar pelo ambiente aberto permite a dissipação da energia (calor), contribuindo para a ocorrência de temperaturas mais amenas, enquanto nas telas de sombreamento, a convecção e advecção do ar atmosférico é limitada, resultando em maior armazenamento de energia, condicionando maiores temperatura e umidades nesses ambientes protegidos.

Notou-se que os valores médios horários da umidade relativa do ar no interior das telas de sombreamento foram próximos ao observado na condição pleno sol, principalmente no período noturno. No entanto, ao longo das 24:00 horas, verificou-se que na condição de pleno sol houve maior variação da umidade relativa do ar média horária (25,4 a 83,0%).

Assim como a temperatura e umidade relativa do ar a pressão de vapor de água apresentou flutuações ao longo dos meses e na sua evolução diurna, com oscilações mais pronunciadas em agosto e setembro. Os valores da pressão de vapor de saturação (e_s) e do déficit de pressão de vapor (dPV) foram superiores nesses dois meses, enquanto que a pressão de vapor atual (e_a) diminuiu (Figuras 13 e 14). Em síntese, a umidade relativa do ar, é dada pela relação entre a quantidade de vapor d'água existente no ar e o total necessário para a sua saturação, nas condições reais de temperatura e pressão. Para um mesmo conteúdo de vapor d'água no ar, a umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura, sendo também um indicador da condição de saturação (PEREIRA et al., 2002; VAREJÃO-SILVA, 2005).

Na obtenção da umidade relativa do ar tem-se uma dependência exponencial em relação à temperatura do ar, dada pela equação de Tétens, perfazendo que o aumento ou redução da umidade relativa do ar não significa ter havido uma mudança na concentração de vapor d'água do ar, ou ainda, com o aumento da temperatura, ocorre à expansão da massa de ar e aumenta a capacidade de conter vapor d'água ($e_s - e_a$), contudo, a umidade relativa do ar diminui em função da pequena variação da pressão parcial de vapor d'água (e_a) e vice-versa. Como consequência desse efeito, espera-se que a umidade relativa diminua a partir da

incidência de raios solares, atingindo os valores mínimo nas horas mais quentes do dia (dependendo da altura de medida), voltando a aumentar em seguida, apenas por efeito da variação térmica (calor sensível).

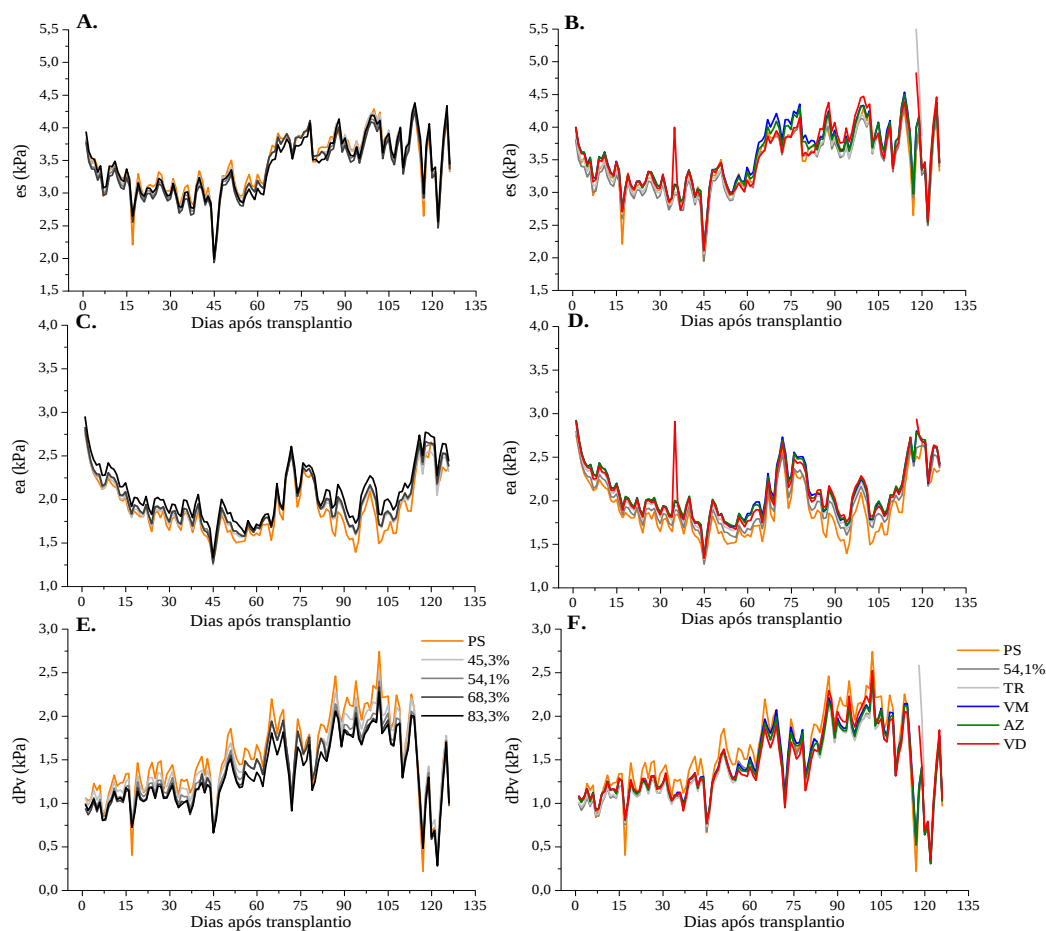


Figura 13 - Valores diários da pressão de vapor de saturação (A e B), pressão de vapor atual (C e D) e o déficit de pressão de vapor (E e F) durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.

Segundo Lado et al. (2007), a hora do dia tem uma influência importante nos níveis de umidade relativa do ar. Nas primeiras horas da manhã, as temperaturas estão mais baixas e os níveis de umidade relativa mais alta. À medida que as horas do dia evolui, a temperatura começa a aumentar e a umidade relativa começa a diminuir. No meio da tarde, as temperaturas estão em seu valor máximo e a umidade relativa atinge seu valor mínimo. Dessa forma, a pressão de vapor de saturação e o déficit de pressão de vapor apresentaram a mesma dinâmica da temperatura em todas as telas de

sombreamento, com valores elevados no período diurno e baixos no período noturno. Todavia, a pressão atual de vapor foi maior nas condições sombreadas quando comparado com o pelo sol, indicando menor amplitude de dPV no ciclo diurno e consequentemente, maior UR (Figura 14).

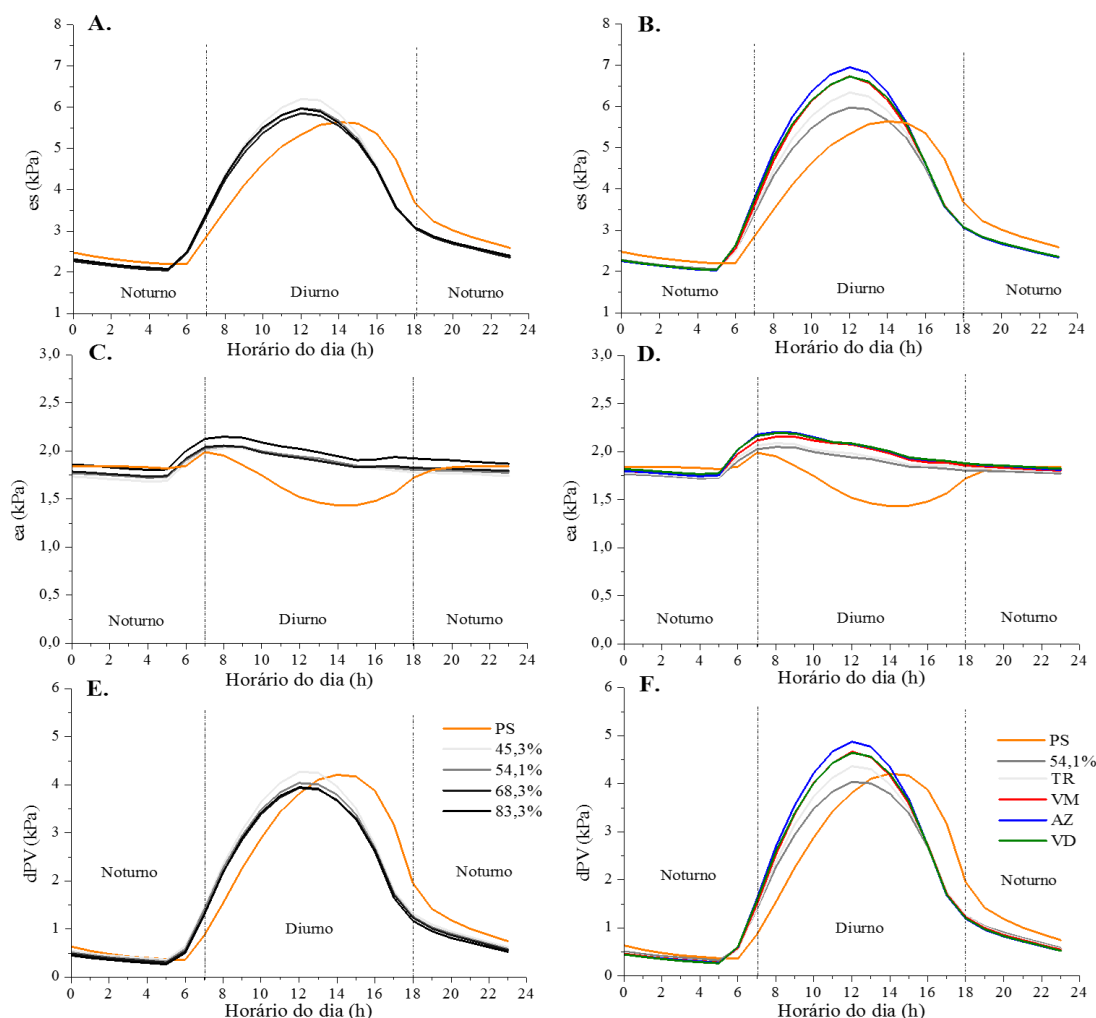


Figura 14 – Evolução diurna da pressão de vapor de saturação (A e B), pressão de vapor atual (C e D) e o déficit de pressão de vapor (E e F) durante 125 DAT (04/06 a 07/10/2017), em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017. PS: pleno sol; TR: termorefletora; VM: vermelha; AZ: azul; e VD: verde.

4.2. Desenvolvimento vegetal

A partir da correlação entre temperatura máxima e mínima com a área foliar da muda de *D. alata* em diferentes níveis de sombreamento (quantitativo e qualitativo), obteve-se 39,81 e 10,10°C como valores de TB e Tb, respectivamente (Figura 15).

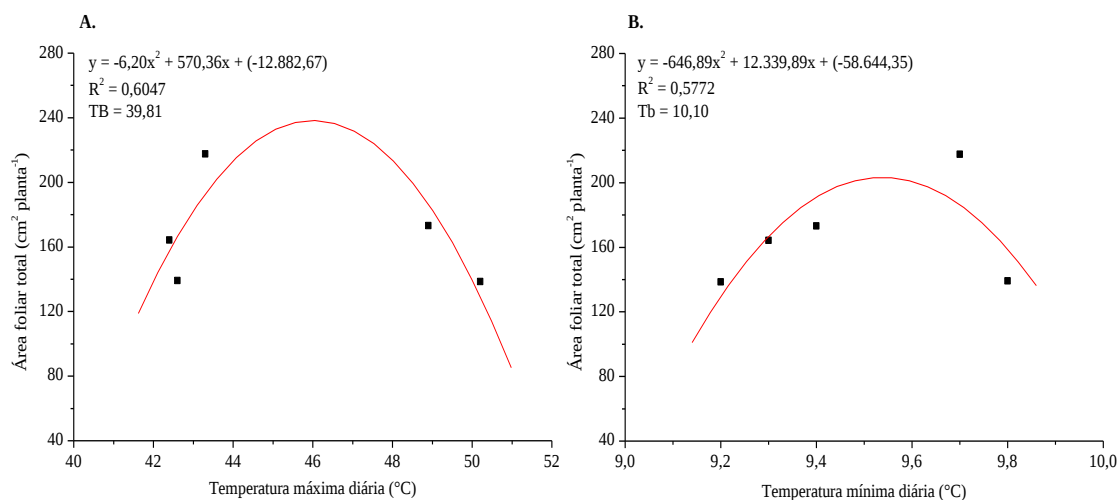


Figura 15 - Correlação entre temperatura máxima (a) e temperatura mínima (b) com a área foliar da muda ($\text{cm}^2 \text{muda}^{-1}$) em Sinop, MT, 2017.

Dessa forma, até os 125 DAT foram acumulados na condição pleno sol 2.134,4 graus-dias; nas telas pretas de 45,3%, 54,1%, 68,3% e 83,3% de sombreamento 2.186,4; 2.141,4; 2.112,22; e 2.157,65 graus-dias; na tela termorefletora 2.084,08 graus-dias; e nas telas vermelha, azul e verde 2.259,24; 2.310,29; e 2.278,54 graus-dias, respectivamente.

A Tabela 5 apresenta as análises estatísticas de crescimento das mudas de *D. alata* aos 125 DAT sob níveis quantitativos e qualitativos de telas de sombreamento. A partir da realização das análises quantitativas, constatou-se que não houveram diferenças significativas nos parâmetros altura da muda, números de folhas e de folíolos, comprimento e volume de raízes, com diferenças apenas no diâmetro do coleto e na área foliar.

Apesar do parâmetro altura da muda não ter apresentado diferença entre os níveis de sombreamento, os maiores valores médios de altura encontrados foram das mudas na tela preta de 83,3% de sombreamento (13,58 cm) e na condição pleno sol (13,53 cm), e o menor valor médio na tela preta de 68,3% de sombreamento (12,20 cm). Para o diâmetro do coleto os maiores valores médios ocorreram nas mudas sob tela preta de 45,3% de sombreamento (5,34 mm) e na condição pleno sol (5,33 mm) e o menor diâmetro na tela preta de 68,3% de sombreamento.

Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros de crescimento de mudas de *D. alata* aos 125 DAT em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Níveis quantitativos de sombreamento							
Tratamentos	H (cm)	D (mm)	Nº de Folhas	Nº de Folíolos	AF (cm²)	CR (cm)	VR (cm³)
Pleno Sol	13,53 a	5,33 a	3,57 a	21,90 a	93,02 b	15,62 a	2,33 a
Preta 45,30%	13,34 a	5,34 a	4,28 a	28,00 a	156,95 ab	15,01 a	2,21 a
Preta 54,10%	13,12 a	5,12 ab	3,80 a	22,72 a	156,64 ab	17,32 a	2,64 a
Preta 68,30%	12,20 a	4,69 b	3,48 a	23,05 a	136,47 ab	20,18 a	2,38 a
Preta 83,30%	13,58 a	4,95 ab	4,50 a	26,64 a	243,61 a	20,93 a	3,00 a
Média	13,17	5,10	3,95	24,66	157,34	17,63	2,50
DMS	1,98	0,60	1,39	8,98	136,82	6,57	0,99
Níveis qualitativos de sombreamento							
Tratamentos	H (cm)	D (mm)	Nº de Folhas	Nº de Folíolos	AF (cm²)	CR (cm)	VR (cm³)
Pleno Sol	13,53 a	5,33 a	3,57 a	21,90 ab	93,02 bc	15,62 b	2,33 a
Preta 50%	13,12 a	5,12 a	3,80 a	22,72 ab	156,64 ab	17,32 ab	2,64 a
TR 50%	12,44 a	5,09 ab	3,26 a	21,37 ab	149,83 abc	14,37 b	3,00 a
VM 50%	13,09 a	5,09 ab	3,74 a	23,78 ab	139,35 abc	16,98 ab	3,17 a
AZ 50%	12,15 a	4,52 b	3,25 a	16,76 b	77,04 c	17,74 ab	2,88 a
VD 50%	13,44 a	5,14 a	3,95	25,85 a	187,66 a	20,61 a	3,05 a
Média	13,00	5,07	3,62	22,26	133,92	17,11	2,84
DMS	2,28	0,59	1,27	7,49	73,07	4,45	1,12

H – altura da muda; D – diâmetro do coleto; AF – área foliar; CR – comprimento de raiz; VR – volume de raiz; TR – termorefletora; VM – vermelha; AZ – azul; e VD – verde; DMS – diferença mínima significativa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

O maior número médio de folhas e de folíolos das mudas de *D. alata* foram obtidos nas telas pretas de 45,3% (4,28 e 28,00) e de 83,3% (4,50 e 26,64) de sombreamento e o menor número de folíolos na condição pleno sol (21,90) e de folhas na tela preta de 68,3% de atenuação da radiação solar (3,48). Enquanto para o comprimento e volume de raízes registrou-se maior valor médio na tela preta de 83,3% de sombreamento (20,93 cm e 3,00 cm³) e menor valor médio na tela preta de 45,3% de sombreamento (15,01 cm e 2,21 cm³), respectivamente (Tabela 5).

Observou-se a influência da tela de sombreamento sobre a área foliar das mudas de *D. alata* independentemente da quantidade e qualidade de radiação solar filtradas pelas telas (Tabelas 5). Na análise quantitativa de sombreamento, verificou-se diferença significativa com maior e menor valor médio de área foliar entre a tela preta de 83,3% de sombreamento (243,61 cm²) e a condição pleno sol (93,02 cm²), respectivamente.

Nas condições da região de Sinop-MT, foram identificadas algumas adaptações das mudas de *D. alata* no pleno sol, como: inclinação das folhas no sentido paralelo à incidência da radiação solar, redução do número de folhas, consequentemente da área foliar e limbo foliar (folíolos) mais espesso, corroborando com as observações de Brant et al. (2011). Essas adaptações demonstram a capacidade da espécie em se regular fisiologicamente em função do seu ambiente de cultivo.

Na fase inicial de desenvolvimento da planta, em condições mais sombreadas, tende a ocorrer a expansão foliar, como uma forma da planta aumentar a superfície fotossintetizante, permitindo maior aproveitamento da baixa intensidade de radiação solar incidente. Espécies adaptadas às condições de baixa e alta luminosidade, apresentam estrutura anatômica (disposição, densidade e tamanho de estômatos, espessura da epiderme) e propriedades fisiológicas (absorção de CO₂, teor de clorofila) que as capacitem ao uso efetivo da radiação solar disponível (Marenco et al., 2017). Nas análises qualitativas de sombreamento, houveram diferenças significativas no diâmetro do coleto, número de folíolos, área foliar e comprimento de raiz. Os maiores valores médios de altura e diâmetro foram observados em mudas produzidas na condição pleno sol (13,53 cm e 5,33 mm) e na tela verde (13,44 cm e 5,14 mm) e os menores valores médios na tela azul (12,15 cm e 4,52 mm) (Tabela 5).

Verificou-se os maiores valores médios de folhas das mudas de *D. alata* nas telas verde (3,95) e preta de 54,1% de sombreamento (3,80), enquanto que os maiores números médios de folíolos ocorreram nas telas verde (25,85) e vermelha (23,78), já o menor número médio de folhas e folíolos foi registrado na tela azul, sendo está o tratamento que apresentou os menores valores médios de todos os parâmetros não destrutivos de crescimento das mudas de *D. alata* aos 125 DAT (Tabela 5).

O menor valor médio do comprimento de raiz foi encontrado na tela termorefletora com 14,37 cm e o maior na tela verde com 20,61 cm. Não houve diferença estatística no volume das raízes, com uma variação de 2,33 a 3,17 cm³ entre a condição pleno sol e a tela vermelha.

Conforme já mencionado, na análise qualitativa de sombreamento, houve diferença significativa no valor médio da área foliar das mudas de *D. alata*, sendo que as mudas cultivadas na tela azul diferiu-se estatisticamente das demais telas de sombreamento com a menor área foliar média (77,04 cm²), enquanto na tela verde

obteve a maior área foliar média (187,66 cm²) em relação a condição pleno sol (Tabela 5).

O comprimento de onda azul estimula a abertura estomática, propiciando aumento das trocas gasosas, aumento da concentração interna de CO₂, aumento da condutância estomática, aumento da atividade fotossintética e na osmorregulação das células-guardas. Em consequência disso ocorre o aumento de área foliar (WANG et al., 2015). Diante do exposto, observou-se o efeito negativo do bloqueio do comprimento de onda azul no desenvolvimento inicial e na evapotranspiração das mudas de *D. alata*.

Mota et al. (2012) em estudo sobre o crescimento inicial de *D. alata* sob sombreamento em Dourados-MS aos 125 DAT, encontraram valores de altura e diâmetro das mudas para as condições de pleno sol (12,53 cm e 4,06 mm), tela de 70% (15,73 cm e 4,06 mm) e tela de 50% (16,33 cm e 4,40 mm) de sombreamento. O mesmo autor verificou ainda diferenças estatísticas nos valores médios de área foliar e comprimento de raiz sem entre as telas de 50 e 70% de sombreamento e a pleno sol com valores de 251,00 cm² e 15,53 cm; 189,33 cm² e 14,33 cm; 154,00 cm² e 13,83 cm, respectivamente.

Queiroz: Firmino (2014) em estudos sobre o efeito do sombreamento sobre a germinação e sobrevivência da espécie *D. alata* em Urutaí-GO, observaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos em todos os parâmetros morfológicos de desenvolvimento das mudas aos 140 dias após semeadura, diferentemente do observado neste estudo. Os autores verificaram que os maiores diâmetros do caule foram nas condições de pleno sol (5,83 mm) e 30% de sombreamento (5,74 mm), enquanto o maior número de folhas e de folíolos na tela de 70% (7,31 e 41,16) de sombreamento, e valores de comprimento da raiz principal nas condições de pleno sol (18,52 cm), telas de 30% (19,09 cm), 50% (21,65 cm) e 70% (22,43 cm) de sombreamento.

Costa et al. (2015), em Cassilândia-MS, de novembro de 2012 a janeiro de 2013 (65 DAS), constataram que mudas de *Dipteryx alata* produzidas em tela preta apresentaram os maiores valores de altura e diâmetro do caule (18,90 cm e 4,64 mm) em relação a tela aluminizada (17,43 cm e 4,56 mm), ambas com 50% de sombreamento.

Os valores médios do índice de área foliar (IAF) e da razão de área foliar (RAF) das mudas de baruzeiro nas telas pretas de sombreamento em ordem crescente foram na condição pleno sol (1,57 e 0,0031); telas pretas de 68,3% (2,30 e 0,0047); de 54,1% (2,64 e 0,0049); de 45,3% (2,65 e 0,0049) e de 83,3% (4,11 e 0,0067) de sombreamento, respectivamente. Enquanto nas telas qualitativas de sombreamento e a pleno sol apresentaram na tela azul (1,30 e 0,0026); a pleno sol (1,57 e 0,0031); tela vermelha (2,35 e 0,0042); tela termorefletora (2,53 e 0,0040); tela preta de 54,1% de sombreamento (2,64 e 0,0049) e tela verde (3,16 e 0,0048).

O índice de área foliar (IAF) indica a velocidade ou a capacidade da área foliar (parte aérea da planta) ocupar a área de solo disponível para a planta (LUCCHESI, 1984). Observou-se neste estudo que a tela preta de 83,3% de sombreamento e a tela verde obtiveram os maiores valores de IAF, indicando que ambos tratamentos proporcionaram às mudas maior densidade de folhas ocupando a mesma área de solo (59,3 cm²).

A razão de área foliar (RAF) é tida como o quociente entre o tecido assimilatório (superfície foliar) e a matéria seca total da planta (SILVA; BELTRÃO; AMORIM NETO, 2000), indica a AF (m²) necessária para produzir 1 g de massa seca total (MST) (MAGALHÃES, 1979). Dessa forma, as telas de sombreamento nas análises quantitativas e qualitativas, cuja as mudas necessitaram de mais área foliar para o incremento da MST foram as telas pretas de 83,3 e 54,1% de sombreamento, respectivamente.

Os valores médios de altura e diâmetro das mudas de *D. alata* foram crescentes ao longo do tempo em todos os tratamentos. Na primeira análise de crescimento não destrutiva (0 DAT nos tratamentos), as mudas apresentavam valores médios da altura de 8,78 cm, diâmetro do caule de 3,71 mm, número de folhas 3,43 e de folíolos 22,46. O incremento médio da altura e do diâmetro nos níveis quantitativos de sombreamento foram de 4,42 cm e 1,38 mm e nos níveis qualitativos de sombreamento foram de 4,14 cm e 1,33 mm, respectivamente. O número de folhas e de folíolos das mudas apresentaram variações ao longo do tempo. O aparelho fotossintético das plantas passa por um processo natural de manutenção (troca de folhas) influenciados por hormônios sinalizadores, dentre os efeitos temos a senescência e abscisão foliar, observadas nas mudas de baruzeiro deste estudo.

Independente das análises quantitativas e qualitativas das telas de sombreamento, não foram identificadas diferenças significativas nos valores médios das massas de matérias secas das raízes, caules, folhas e total, mas com pequenas variações entre os valores médios das massas de matérias secas nos diferentes tratamentos (telas de sombreamento) (Tabelas 6). De modo geral as mudas de baruzeiro produzidas sob tela preta de 83,3% de sombreamento apresentaram os maiores valores médios da massa secas das diferentes partições e consequentemente no total de massa seca das mudas, o oposto foi observado sob a tela preta de 68,3% de sombreamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de massa de matéria seca das diferentes partições de mudas de *D. alata* aos 125 DAT em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Níveis quantitativos de sombreamento				
Tratamentos	Raiz	Caule	Folha	Massa seca total
Gramas (g)				
Pleno Sol	0,77 a	0,74 a	1,47 a	2,98 a
Preta 45,30%	0,72 a	0,83 a	1,62 a	3,17 a
Preta 54,10%	0,77 a	0,82 a	1,62 a	3,21 a
Preta 68,30%	0,70 a	0,62 a	1,56 a	2,88 a
Preta 83,30%	0,92 a	0,78 a	1,91 a	3,62 a
Média	0,77	0,76	1,64	3,17
DMS	0,34	0,29	0,59	1,15
Níveis qualitativos de sombreamento				
Tratamentos	Raiz	Caule	Folha	Massa seca total
Gramas (g)				
Pleno Sol	0,77 a	0,74 a	1,47 a	2,98 a
Preta 50%	0,77 a	0,82 a	1,62 a	3,21 a
Termorefletora 50%	0,91 a	0,84 a	1,95 a	3,70 a
Vermelha 50%	0,89 a	0,75 a	1,72 a	3,36 a
Azul 50%	0,79 a	0,74 a	1,65 a	3,18 a
Verde 50%	0,94 a	0,85 a	2,08 a	3,86 a
Média	0,84	0,79	1,75	3,38
DMS	0,34	0,27	0,68	1,13

DMS – diferença mínima significativa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A partição da massa seca total (%MST), entre os órgãos: raízes (%MSR), caule (%MSC) e folhas (%MSF) das mudas de *D. alata*, está apresentada na Figura 16. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) das partições da massa seca das raízes e caule

entre as telas pretas de sombreamento, sendo que a média geral da %MSR e %MSC foram 24,38 e 23,93%, respectivamente. Enquanto para a %MSF a tela preta de 68,3% de sombreamento diferiu-se estatisticamente da tela preta de 54,1% de sombreamento e da condição pleno sol, com a maior partição da massa seca das folhas (54,22%) (Figura 16).

Quanto aos valores médios das massas secas das mudas de baruzeiro nos níveis qualitativos de sombreamento, constatou-se sob a condição pleno sol e tela verde as menores e maiores massas secas das diferentes partições e consequentemente no total de massa seca das mudas de *D. alata*, respectivamente (Tabela 6).

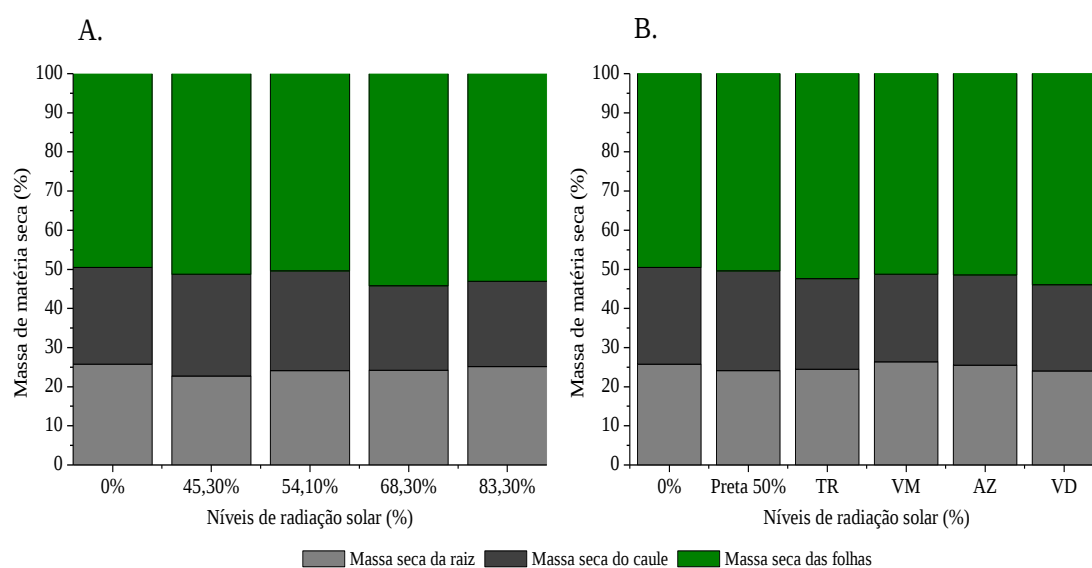


Figura 16 - Percentual das massas de matéria seca das diferentes partições de mudas de *D. alata* aos 125 DAT em níveis quantitativos (A) e qualitativos (B) de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Na análise qualitativa de sombreamento não houveram diferenças das partições das massas secas das raízes, caule e folhas das mudas de baruzeiro entre os tratamentos. Os valores médios das partições de %MSR e de %MSC foram 25,02 e 26,49%, respectivamente. Observou-se em todos os tratamentos que o percentual da alocação da MSF das mudas de *D. alata* foi superior ao das raízes e do caule. A %MSF aos 125 DAT foi de 51,695 para a análise quantitativa e 51,49% para a análise qualitativa (Figura 16).

Queiroz: Firmino (2014) em Urutaí-GO, observaram valores de massa de matéria seca da parte aérea e da raiz das mudas de *D. alata* com 140 dia de idade

superiores na tela de 70% de sombreamento, com 3,37 e 2,47 g, respectivamente, e inferior na condição pleno sol (1,63 e 1,10 g). Tais resultados se devem ao maior número de folhas e maior comprimento da raiz obtido neste sombreamento.

Costa et al. (2015) em Cassilândia-MS entre novembro de 2012 a janeiro de 2013 (65 DAS), identificaram valores de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) para telas com 50% de sombreamento, nos valores de 2,536 e 3,316 g (tela preta) e 2,287 e 3,077 g (tela aluminizada). Enquanto Mota et al. (2012) em Dourados-MS aos 125 de idade da muda registraram MST de 3,36; 3,06 nas condições de 50% e 70% de sombreamento e 2,40 g na condição pleno sol.

Não houve diferença significativa na relação das massas de matéria seca das raízes e da parte aérea (MSR/MSPA) e no índice de qualidade de Dickson (IQD) tanto nas telas em níveis quantitativos quanto nas telas em níveis qualitativos de sombreamento (Tabela 7). As maiores e menores relações MSR/MSPA das mudas de baruzeiro foram na condição pleno sol (0,35) e na tela de 45,3% de sombreamento (0,30) em níveis quantitativos de sombreamento, na tela vermelha (0,36), verde e preta de 54,1% de sombreamento (0,32) em níveis quantitativos de sombreamento, respectivamente. O aumento da relação MSR/MSPA indica acréscimos de raízes em detrimento da parte aérea.

Tabela 7 - Relação das massas de matéria seca das raízes e da parte aérea (MSR/MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *D. alata* em diferentes níveis de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Níveis quantitativos de sombreamento							
	Pleno sol	45,3%	54,1%	68,3%	83,3%	Médias	DMS
MSR/MSPA	0,35 a	0,30 a	0,32 a	0,32 a	0,34 a	0,32	0,06
IQD	1,00	1,09	1,07	0,94	1,18	1,06	
Níveis qualitativos de sombreamento							
	Pleno sol	50,0%	TR	VM	AZ	VD	Média DMS
MSR/MSPA	0,35 a	0,32 a	0,33 a	0,36 a	0,35 a	0,32 a	0,34 0,09
IQD	1,00	1,07	1,34	1,14	1,00	1,30	1,14

TR – termorefletora; VM – vermelha; AZ – azul; e VD – verde; DMS – diferença mínima significativa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

As mudas com os maiores IQD foram das telas preta de 83,3% de sombreamento (1,18), tela termorefletora (1,34) e tela verde (1,30). Enquanto que a tela preta de 68,3% de sombreamento, tela azul e a condição pleno sol apresentaram os menores IQD com 0,94; 1,00; e 1,00, respectivamente (Tabela 7). Costa et al. (2015)

relataram que a tela preta propiciou mudas de *D. alata* de melhor qualidade que a tela aluminizada.

Os resultados expostos no presente estudo, juntamente aos obtidos por outras pesquisas, evidenciam a adaptabilidade da espécie *D. alata* em fase inicial de desenvolvimento sob diferentes condições ambientais. Destacando-se que esta espécie apresenta uma plasticidade fenotípica e genotípica extraordinária quando submetida à diferentes níveis de radiação solar, possibilitando seu cultivo nas mais diversas condições, e principalmente, na condição de pleno sol.

4.3. Trocas Gasosas

Nos níveis de sombreamento quantitativo, na primeira leitura (01/07/2018) as mudas de baruzeiro apresentaram valores elevados da taxa fotossintética, condutância estomática e da transpiração e na última leitura (02/10/2018) houve uma uniformidade desses parâmetros (Figura 17). O microclima nas telas de sombreamento pretas no início de outubro apresentava-se mais uniformes (Tabela 8). Dessa forma as mudanças que ocorreram nos parâmetros fotossintéticos (A; gs; e E) das mudas de *D. alata* sofreram a influência do microclima em cada telado.

Na condição de pleno sol, notou-se que na terceira e quinta avaliação diminuiu a taxa fotossintética e a condutância estomática, visto que a temperatura foliar 38,88 °C, temperatura do ar entre 32,90 e 31,00 °C; radiação global 797 Wm² e o déficit de pressão de vapor 3,25 kPa estavam mais elevadas e em consequência a umidade relativa do ar entre 31 e 27% mais baixa; na quarta avaliação houve aumento dessas variáveis, pois nesse dia, às condições meteorológicas estavam mais amenas, como valores baixos de temperatura do ar entre 21,60 e 19,10 °C, temperatura foliar 28,12 °C e déficit de pressão de vapor 0,78 kPa e elevação da umidade relativa do ar entre 78 e 67% (Figura 17 e Tabela 8).

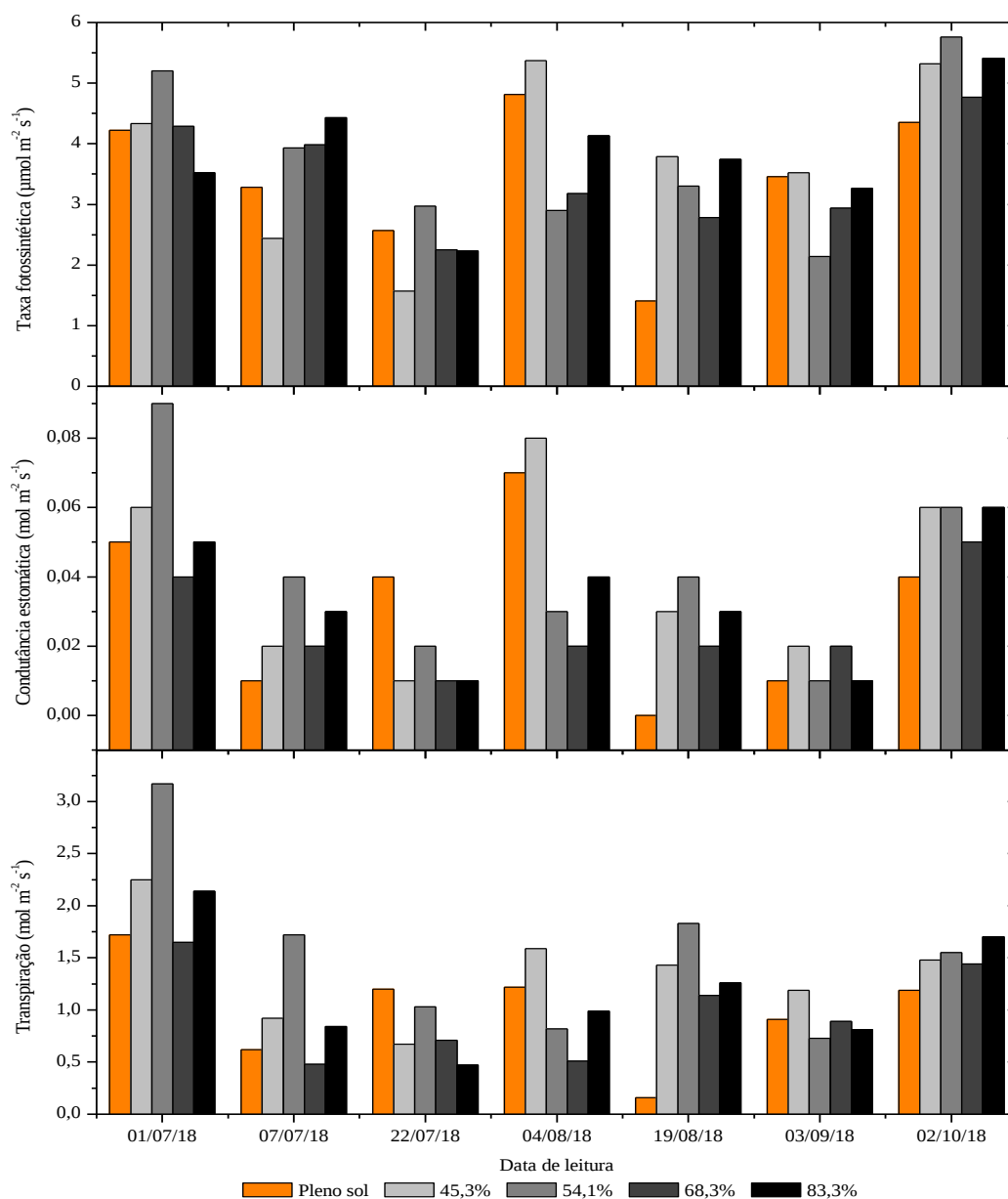


Figura 17 - Taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração de mudas de *D. alata* ao longo de 125 dias em níveis quantitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Nos níveis qualitativos de sombreamento, notou-se que na terceira avaliação (22/07/2018) houve uma queda da taxa fotossintética das mudas de baruzeiro, possivelmente em decorrência do aumento da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor pela baixa umidade relativa do ar (Figura 18 e Tabela 9). As mudas de *D. alata* cultivadas em telas de diferentes qualidades espectrais, apresentaram menores oscilações da taxa fotossintética.

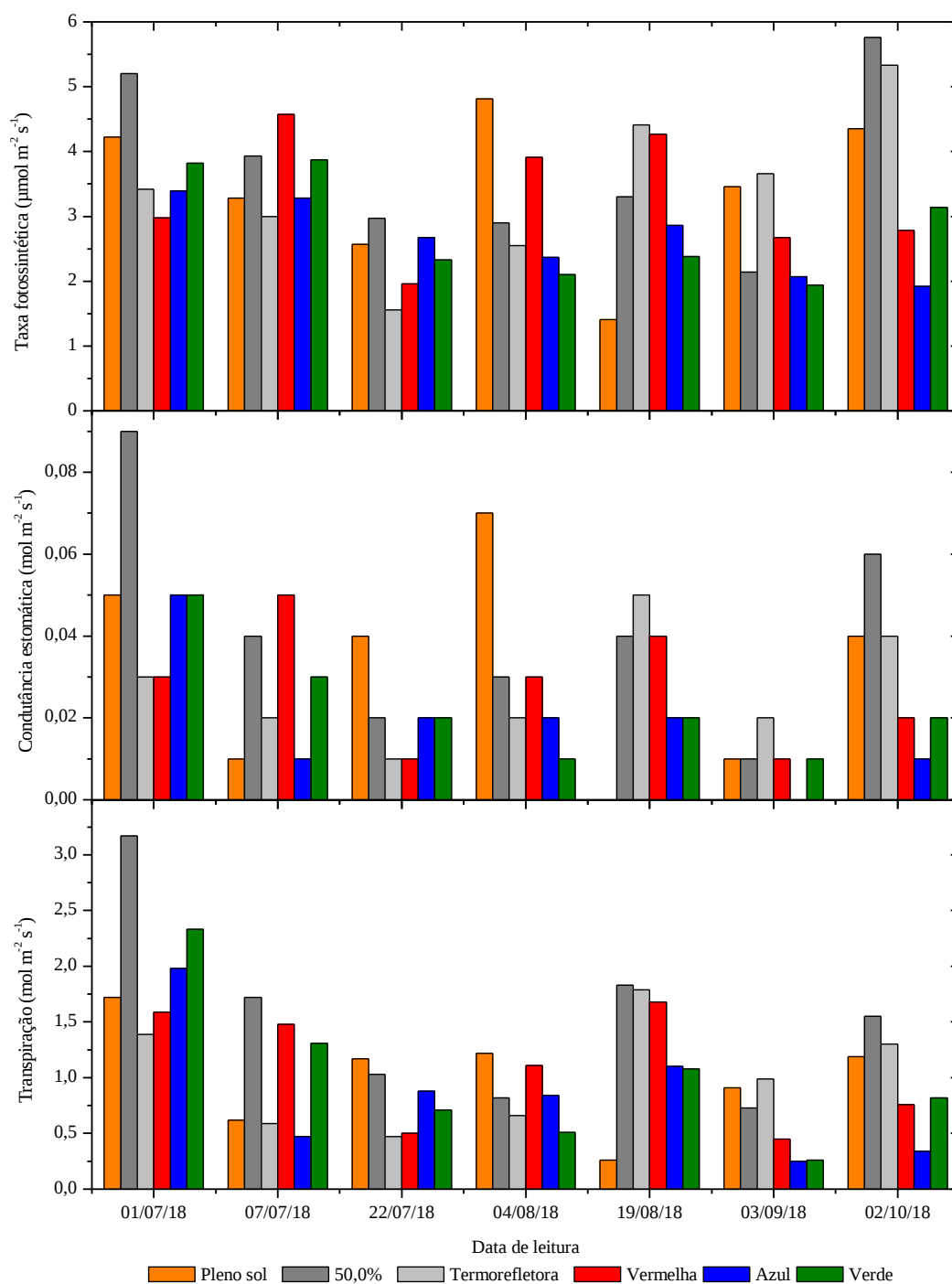


Figura 18 - Taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração de mudas de *D. alata* ao longo de 125 dias em níveis qualitativos de sombreamento em Sinop, MT, 2017.

Em geral, os valores da temperatura da folha estiveram acima da temperatura do ar em todas as avaliações e tratamentos (quantitativos e qualitativos), visto que em cada tela de sombreamento apresentava-se variações pontuais na temperatura foliar, temperatura e umidade relativa do ar (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 – Valores instantâneos de temperatura foliar (T_{leaf}), temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (URar), radiação solar global (H_G), radiação fotossinteticamente ativa (H_{PAR}), déficit de pressão de vapor (dPV) e transmissividade ($\tau\lambda$) em níveis quantitativos de sombreamento, entre junho e outubro, em Sinop, MT

Data	Tratamento	T_{leaf} (°C)	Tar (°C)		URar (%)		H_G (W m ⁻²)	H_{PAR} ($\mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)	dPV kPa	$\tau\lambda$
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.				
01/07/2017	Pleno sol	33,81	29,60	20,70	75,00	43,00	823	1711	1,44	0,67
	Preta 45,3%	35,98	32,10	29,70	48,20	44,30	318	611	2,40	
	Preta 54,1%	36,74	33,20	31,80	44,80	38,60	298	629	3,21	
	Preta 68,3%	35,85	33,30	32,60	39,50	39,00	213	489	3,05	
	Preta 83,3%	37,15	33,10	32,90	41,80	39,10	118	220	2,94	
07/07/2017	Pleno sol	35,90	26,60	25,50	48,00	45,00	764	1734	1,80	0,73
	Preta 45,3%	35,32	31,80	29,60	40,50	35,80	416	910	2,65	
	Preta 54,1%	36,13	31,60	31,10	38,90	36,70	384	773	3,01	
	Preta 68,3%	28,26	26,50	24,50	55,40	50,20	239	564	1,93	
	Preta 83,3%	30,64	28,80	24,80	57,70	47,10	97	275	1,88	
22/07/2017	Pleno sol	38,88	32,90	31,00	31,00	27,00	797	1796	3,25	0,72
	Preta 45,3%	39,08	34,80	34,30	32,00	30,70	312	773	4,02	
	Preta 54,1%	37,92	34,50	32,80	35,70	32,30	329	796	3,65	
	Preta 68,3%	37,50	33,80	32,40	35,90	33,20	199	589	3,31	
	Preta 83,3%	37,88	34,20	31,40	41,30	34,80	141	327	3,26	
04/08/2017	Pleno sol	28,12	21,60	19,10	78,00	67,00			0,78	0,74
	Preta 45,3%	30,57	27,00	24,90	55,60	50,30			1,58	
	Preta 54,1%	30,79	27,00	24,90	55,60	50,30			1,58	
	Preta 68,3%	30,76	29,60	24,90	55,60	44,80			1,58	
	Preta 83,3%	31,23	28,70	26,10	53,40	47,80			1,39	
19/08/2017	Pleno sol	36,58	31,80	28,50	61,00	51,00	633	1389	2,17	0,71
	Preta 45,3%	37,54	33,60	31,80	53,30	47,50	235	508	2,45	
	Preta 54,1%	38,32	34,80	31,80	53,30	44,90	353	745	2,45	
	Preta 68,3%	37,69	34,80	30,10	57,30	44,90	207	515	2,42	
	Preta 83,3%	35,47	31,40	29,50	60,10	55,20	83	152	2,30	
03/09/2017	Pleno sol	39,10	32,10	31,20	26,00	24,00	810	1854	3,50	0,70
	Preta 45,3%	38,86	36,00	33,30	30,00	27,10	409	1071	3,81	
	Preta 54,1%	38,22	34,90	33,00	30,60	29,20	448	908	3,72	
	Preta 68,3%	37,32	34,60	32,00	32,30	28,10	225	678	3,68	
	Preta 83,3%	36,56	34,30	30,90	38,70	31,00	148	350	3,03	
02/10/2017	Pleno sol	36,02	29,50	28,30	71,00	67,00	488	1134	1,29	0,45
	Preta 45,3%	35,87	31,60	30,00	66,20	61,90	206	414	1,71	
	Preta 54,1%	35,59	31,50	30,80	64,40	63,20	189	384	1,64	
	Preta 68,3%	36,14	30,90	30,40	66,80	65,20	142	287	1,50	
	Preta 83,3%	36,88	32,00	31,20	65,30	63,40	82	153	1,66	

Tabela 9 - Valores instantâneos de temperatura foliar (T_{leaf}), temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (URar), radiação solar global (H_G), radiação fotossinteticamente ativa (H_{PAR}), déficit de pressão de vapor (dPV) e transmissividade ($\tau\lambda$) em níveis qualitativos de sombreamento, entre junho e outubro, em Sinop, MT

Data	Tratamento	T_{leaf} (°C)	Tar (°C)		URar (%)		H_G (W m^{-2})	H_{PAR} ($\mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Dpv kPa	$\tau\lambda$
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.				
01/07/2017	Pleno sol	33,80	29,60	20,70	75,00	43,00	823	1711	1,44	0,67
	Preta 50,0%	36,70	33,20	31,80	44,80	38,60	298	629	3,21	
	TR	37,80	34,90	34,40	38,60	35,40	213	516	3,50	
	VM	38,30	36,80	34,90	36,50	32,80	345	523	4,25	
	AZ	38,80	37,60	35,70	33,90	31,50	371	623	4,50	
	VD	39,90	37,30	35,70	34,50	31,70	240	514	4,32	
07/07/2017	Pleno sol	35,90	26,60	25,50	48,00	45,00	764	1734	1,80	0,73
	Preta 50,0%	36,10	31,60	31,10	38,90	36,70	384	773	3,01	
	TR	31,90	29,30	27,00	49,90	44,70	190	787	2,01	
	VM	33,30	31,00	30,70	42,80	40,30	304	602	2,90	
	AZ	34,90	31,20	31,10	41,90	40,20	385	783	2,95	
	VD	35,80	32,90	30,70	42,60	38,00	355	504	2,87	
22/07/2017	Pleno sol	38,90	32,90	31,00	31,00	27,00	797	1796	3,25	0,72
	Preta 50,0%	37,90	34,50	32,80	35,70	32,30	329	796	3,65	
	TR	37,50	33,50	32,50	38,30	35,60	310	665	3,46	
	VM	37,00	34,60	31,60	44,10	34,40	406	682	3,36	
	AZ	36,10	34,20	32,60	41,60	35,80	337	660	3,15	
	VD	33,50	33,90	29,10	48,50	36,10	305	611	3,07	
04/08/2017	Pleno sol	28,10	21,60	19,10	78,00	67,00			0,78	0,74
	Preta 50,0%	30,80	27,00	24,90	55,60	50,30			1,58	
	TR	32,40	32,00	27,80	51,60	43,10			2,47	
	VM	34,80	32,00	30,30	47,80	43,10			2,47	
	AZ	36,50	34,50	32,50	43,60	39,30			3,03	
	VD	37,70	36,00	34,30	41,10	38,00			2,95	
19/08/2017	Pleno sol	36,60	31,80	28,50	61,00	51,00	633	1389	2,17	0,71
	Preta 50,0%	38,30	34,80	31,80	53,30	44,90	353	745	2,45	
	TR	37,20	34,20	32,10	53,30	47,80	157	344	2,51	
	VM	38,40	34,20	32,10	53,30	47,80	270	352	2,51	
	AZ	39,30	37,60	33,70	49,80	41,10	238	405	2,95	
	VD	40,30	37,50	35,40	45,50	41,80	212	318	2,82	
03/09/2017	Pleno sol	39,10	32,10	31,20	26,00	24,00	810	1854	3,50	0,70
	Preta 50,0%	38,20	34,90	33,00	30,60	29,20	448	908	3,72	
	TR	35,90	32,70	30,80	37,80	32,10	285	702	3,05	
	VM	35,10	34,30	32,00	36,00	31,20	409	515	3,37	
	AZ	33,70	31,70	29,20	43,00	36,20	336	758	2,64	
	VD	31,30	31,80	28,70	44,20	37,00	348	489	1,87	
02/10/2017	Pleno sol	36,00	29,50	28,30	71,00	67,00	488	1134	1,29	0,45
	Preta 50,0%	35,60	31,50	30,80	64,40	63,20	189	384	1,64	
	TR	37,10	38,00	37,60	26,70	25,00	181	385	3,17	
	VM	38,10	34,10	33,00	59,60	56,60	262	363	2,17	
	AZ	37,40	34,00	32,80	61,70	57,80	220	349	2,07	
	VD	37,50	33,90	32,80	61,20	58,50	176	306	2,06	

TR – termorefletora; VM – vermelha; AZ – azul; e VD – verde.

4.4. Evapotranspiração e coeficiente da cultura

As Figuras 19 e 20 apresentam os valores da evapotranspiração (ETc) acumulada das mudas de baruzeiro produzidas em tubetes de 820,00 cm³ em função da soma térmica (graus-dias acumulados - GDA). Os valores da ETc acumulados aos 115 DAT foram de 486,60; 441,81; 417,97; 422,74 e 396,95 mm nas condições de pleno sol e nas telas pretas (45,3; 54,1; 68,3 e 83,3% de atenuação da radiação solar), 366,36 mm na tela termorefletora e de 344,91; 341,97 e 389,95 mm nas telas coloridas vermelha, azul e verde. Na condição pleno sol, as mudas de baruzeiro obtiveram demanda evapotranspirativa superior em relação as todas telas de sombreamento. O aumento do nível de sombreamento influenciou na redução gradual da evapotranspiração acumulada da espécie.

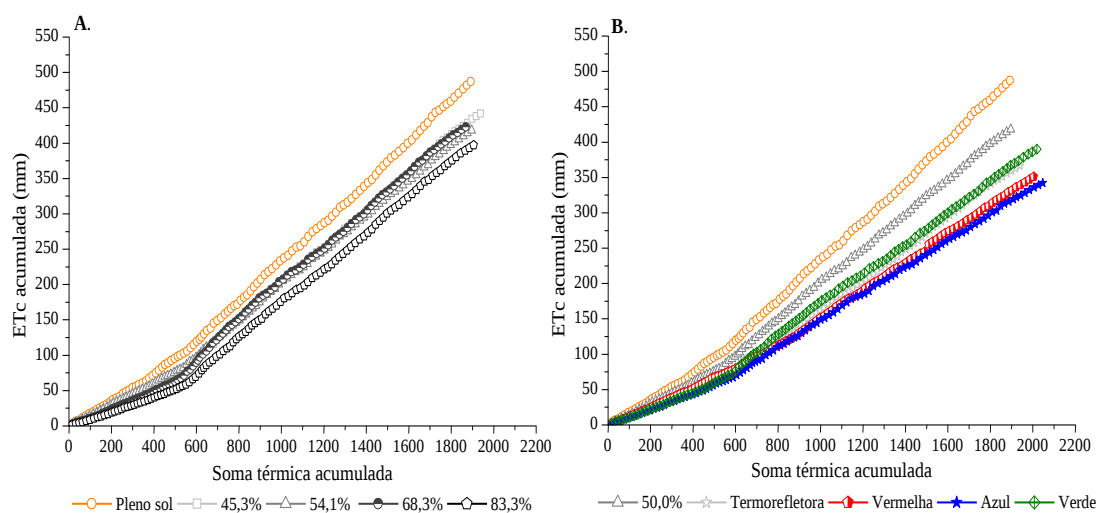


Figura 19 - Evapotranspiração acumulada (mm) de mudas de *D. alata*, em níveis quantitativos (A) e qualitativos (B) de sombreamento, em função da soma térmica acumulada entre 04/06 a 27/09/2017, em Sinop, MT, 2017.

Houve diferenças significativas nos valores da ETc acumulada entre a condição pleno sol e as telas de sombreamento (Figura 20). Na análise quantitativa dos níveis de radiação não ocorreram diferenças significativas com a tela de 45,3%, enquanto que na análise qualitativa (telas coloridas), a condição de pleno sol não diferiu da tela preta de 54,1%. Entre as telas coloridas não houve diferenças estatísticas nos valores da ETc acumulada, sendo esses inferiores à tela preta de 50% e ao pleno sol (Figuras 19 e 20 B).

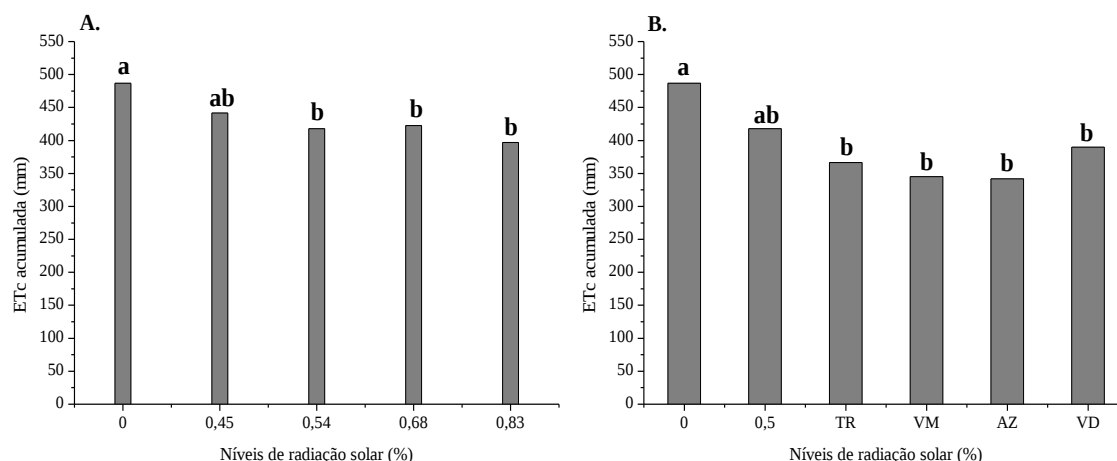


Figura 20 - Evapotranspiração acumulada (mm) de mudas de *D. alata*, em níveis quantitativos (A) e qualitativos (B) de sombreamento, durante 115 DAT (04/06 a 27/09/2017) em Sinop, MT, 2017. TR – termorefletora; VM – vermelha; AZ – azul; e VD – verde. Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade em Sinop, MT, 2017.

Monteiro et al. (2016), obtiveram a evapotranspiração potencial de seis espécies florestais tropicais entre maio e setembro de 2014 em Sinop-MT, e registraram valores médios de ETc acumulada de 403,25 mm na condição pleno sol; 328,89; 281,44; 242,71 mm nas telas pretas de 35, 50 e 80% de sombreamento; e 305,22; 302,51; 296,00 mm nas telas coloridas verde, vermelha e azul, respectivamente.

O consumo hídrico e os coeficientes de cultura médios obtidos de mudas de *D. alata* em todos os tratamentos estão descritos nas Tabelas 10 e 11. Na condição pleno sol obteve-se os maiores valores médios de ETc e Kc diário. Notou-se pequenas variações da ETc e Kc entre as telas pretas de 45,3% (3,88 mm mês⁻¹ e 1,11) e 83,3% (3,48 mm mês⁻¹ e 0,98), enquanto que nas telas coloridas houveram maiores variações na verde (3,41 mm mês⁻¹ e 0,98) e azul (3,00 mm mês⁻¹ e 0,86).

Tabela 10 - Consumo hídrico médio de mudas de *D. alata*, em níveis quantitativos de sombreamento, em Sinop, MT, 2017.

Período	Pleno Sol	45,3%	54,1%	68,3%	83,3%
Evapotranspiração da cultura – ETc (mm)					
Diária	4,34	3,94	3,73	3,77	3,54
Mensal	121,65	110,45	104,49	105,69	99,24
Total	486,60	441,82	417,97	422,74	396,95
Coeficiente da cultura - Kc					
Total	1,23	1,12	1,06	1,06	0,99

Tabela 11 - Consumo hídrico médio de mudas de *D. alata*, em níveis qualitativos de sombreamento, em Sinop, MT, 2017.

Período	Pleno Sol	50,0%	TR	VM	AZ	VD
Evapotranspiração da cultura – ETc (mm)						
Diária	4,34	3,73	3,27	3,08	3,05	3,48
Mensal	121,65	104,49	91,59	86,23	85,49	97,49
Total	486,60	417,97	366,36	344,91	341,97	389,95
Coefficiente da cultura - Kc						
Total	1,23	1,06	0,92	0,88	0,87	0,99

Monteiro et al. (2016), encontraram valores médios de ETc e Kc para mudas de seis espécies de florestas tropicais (*Parkia platycephala* (Benth.), *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp., *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex. A. DC.) Mattos, *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC. Standl.) e *Adenanthera pavonina* L.), sob diferentes condições de sombreamento de maio a setembro de 2014 em Sinop-MT, sendo à pleno sol e nas telas de 35, 50 e 80% de sombreamento e telas coloridas (50%) verde vermelha e azul com ETc (3,29; 2,67; 2,29; 1,97; 2,48; 2,45; 2,40 e 2,51 mm dia⁻¹) e Kc (0,86; 0,69; 0,59; 0,50; 0,64; 0,64; 0,62; 0,65), respectivamente.

Silva (2012) estudou as necessidades hídricas de três espécies do Cerrado em Piracicaba-SP, em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipientes cultivadas em casa de vegetação entre setembro de 2010 a junho de 2011 e encontrou valores médios de kc de 0,81 (*Hymenaea courbaril*), 0,48 (*Eugenia uniflora*) e 0,65 (*Dipteryx alata*).

As médias mensais de ETc e do Kc apresentaram diferenças significativas entre os meses e as telas de sombreamento (Figura 21), com incrementos da ETc e consequentemente do Kc, ao longo do tempo (Figura 22). Na condição pleno sol houve aumento de 2,73 mm, 100% da ETc entre junho e setembro, com aumento médio de 0,91 mm mês⁻¹. Nas telas poliefinas pretas com 45,3; 54,1; 68,3 e 83,3% de sombreamento obteve-se 90,8; 85,9; 86,9 e 81,6% da ETc das mudas do baruzeiro em relação as do pleno sol, enquanto nas telas coloridas vermelha, azul e verde e na termorefletora foram 70,9; 70,3; 80,1 e 75,3% da ETc.

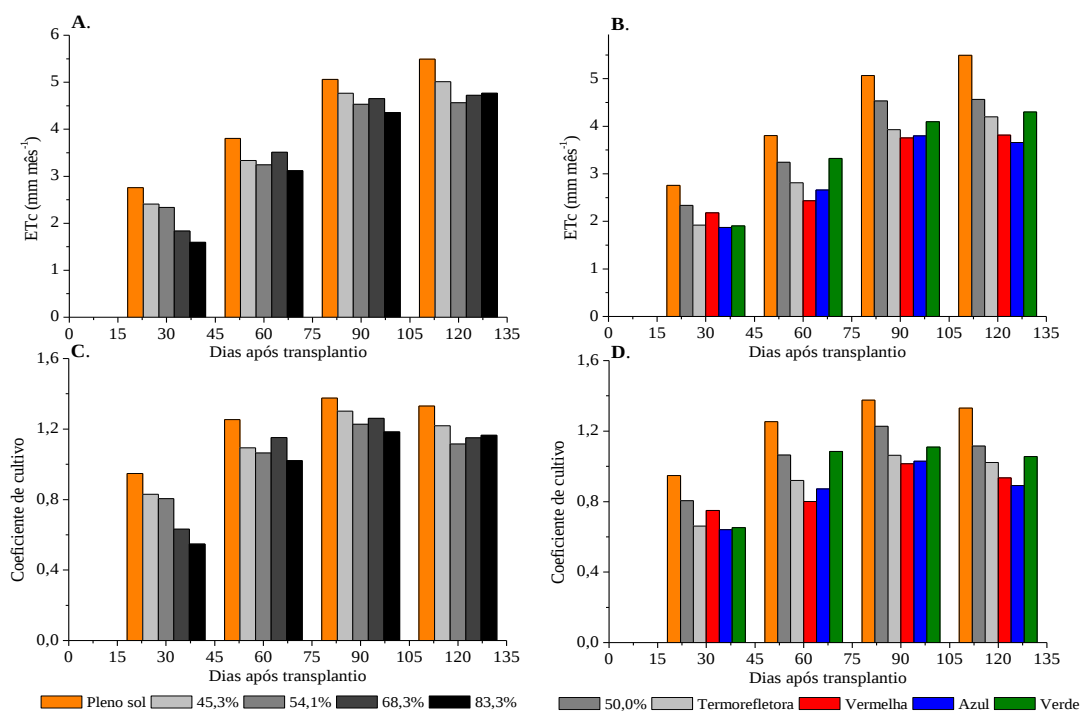


Figura 21 - Valores médios mensais da Evapotranspiração da cultura (A e B) e do coeficiente da cultura (C e D) das mudas de *D. alata*, em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento, durante 115 DAT (04/06 a 27/09/2017), em Sinop, MT, 2017.

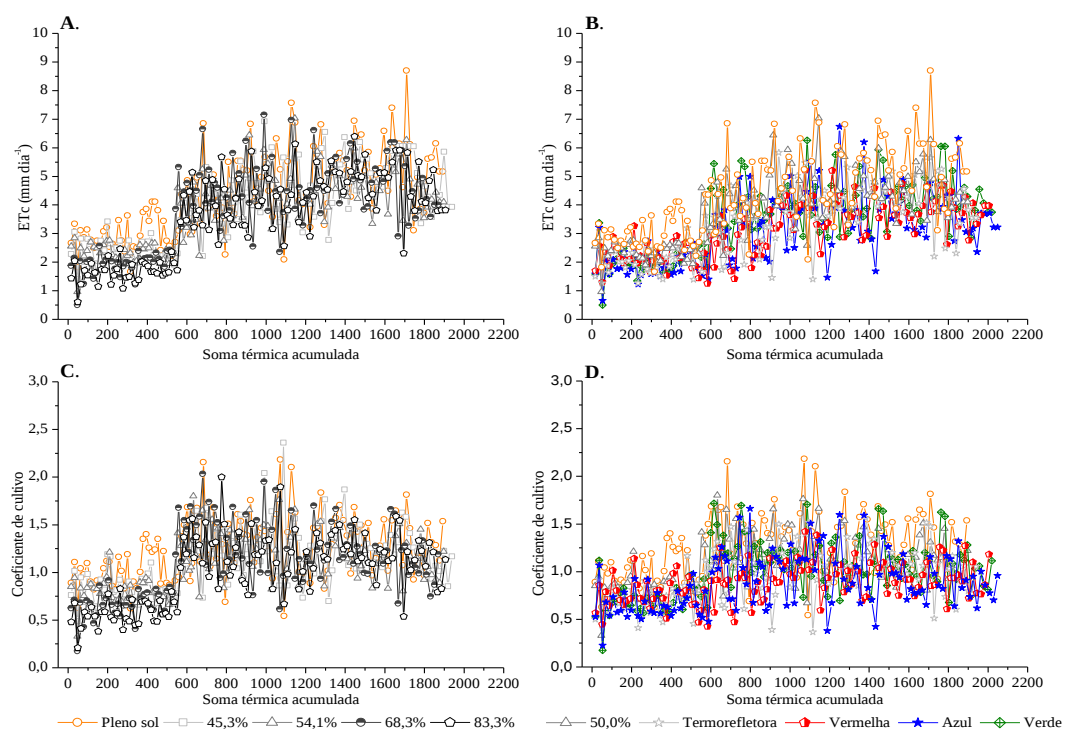


Figura 22 - Evapotranspiração da cultura (A e B) e coeficientes de cultivo (C e D) médios diários de mudas de *D. alata*, em níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento, em função da soma térmica acumulada entre 04/06 a 27/09/2017, em Sinop, MT, 2017.

Nesse caso, as oscilações diárias da ETc e Kc das mudas de baruzeiro nas diferentes telas de sombreamento durante o período seco da região de Sinop-MT, foram em decorrência das variações micrometeorológicas, como o aumento da incidência da radiação solar global, condicionando maiores valores da temperatura do ar, do déficit de vapor d'água, e menores valores da umidade relativa do ar, atrelados ao desenvolvimento das mudas com a expansão da área foliar. Essas condicionantes mais as respostas fisiológicas da planta, propiciaram aumento da ETc.

Os baixos valores de Kc na fase inicial de desenvolvimento, independentemente da condição de sombreamento, decorrem da baixa superfície evapotranspirométrica (área foliar), visto que o substrato se apresentava em condições de capacidade de campo. Com o tempo, em consequência do crescimento vegetativo das mudas de baruzeiro, ocorreu expansão da área foliar aliado ao aumento da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor d'água, propiciando aumento da ETc.

O uso das telas agrícolas com diferentes níveis de sombreamento condicionou às mudas de baruzeiro variações significativas na sua ETc e Kc, tendo em vista que as condições microclimáticas formadas em cada tela dependeram principalmente da incidência de H_G . O cultivo em ambientes protegidos altera significativamente o balanço de radiação, devido à atenuação de incidência da radiação solar (absorção e reflexão), resultando numa redução do balanço de radiação interno e na evapotranspiração (SENTELHAS, 2001). A diferença entre a evapotranspiração interna e externa varia conforme as condições meteorológicas e características da estufa (STAMATO JÚNIOR, 2007).

A tela aluminizada contribui para diminuir a transpiração das plantas à noite sobre esta (PEZZOPANE et al., 2004). Segundo Costa (2004), a tela aluminizada pode refletir parte da energia solar incidente, promovendo menores temperaturas no verão e maiores no inverno, difundindo-se a luz no interior do ambiente e aumentando a eficiência da fotossíntese, características que não influenciaram na obtenção de mudas de melhor qualidade que as obtidas no telado preto.

5. CONCLUSÕES

Diferentes níveis de sombreamento artificial apresentam semelhança na temperatura e umidade relativa média do ar, no período de seca no Centro-Norte de Mato Grosso.

O aumento do nível de sombreamento das telas poliefinas agrícolas resultam na diminuição da incidência da radiação solar global. Há comportamento semelhante ao de H_G na sazonalidade da temperatura do ar e da umidade relativa do ar (entre máximas, médias e mínimas).

Diferentes níveis quantitativos e qualitativos de sombreamento, acarretam na semelhança dos parâmetros morfométricos das mudas de *D. alata*. Indicando que a espécie apresenta uma forte plasticidade fenotípica e genotípica à variadas condições de luminosidade na fase de muda. Contudo, o aumento do sombreamento artificial acarreta aumento da área foliar de mudas de *D. alata*.

A taxa fotossintética, condutância estomática e a transpiração das mudas sofreram influência da dinâmica microclimática ao longo da seca.

O aumento do nível de sombreamento das telas poliefinas agrícolas resultam no aumento da evapotranspiração e coeficiente de cultivo de mudas de *D. alata*.

O sombreamento artificial por meio de telas coloridas acarreta no aumento da evapotranspiração e coeficiente de cultivo de mudas de *D. alata* na ordem de tela azul, vermelha, termorefletora e verde.

A produção de mudas de *D. alata* é dependente da relação custo-benefício das telas de sombreamento e da disponibilidade hídrica local, sendo que, quando a água não for um fator limitante, recomenda-se a produção ao pleno sol.

7. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 1998. 300p.
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A.; RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados**: araticum, baru, cagaita e jatobá. Planaltina: EMBRAPA, 1990. 75p.
- ALVES, F. M.; NOGUCHI, D. K.; LESCANO, L. E. A. M.; RAMOS, W. M.; SARTORI, L. B. Levantamento florísticos do componente arbóreo de duas áreas de cerrado em Campo Grande – MS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 564-566, 2007.
- ANDRADE, A. M.; CARVALHO C. J. Produção de celulose e de papel Kraft da madeira de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 3, n. 2, p. 28-35. 1996.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia Vegetal**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 169p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 9-18, 2000.
- BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSAL, L. F.; ALVES, C.; OLIVEIRA, C.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Adaptações fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivadas sob malhas termorrefletoras em diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 467-474, 2011.
- BUENO, M. L.; NEVES, D. R.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; LEHN, C. R.; RATTER, J. A. A study in an area of transition between seasonally dry tropical forest and mesotrophic Cerradão, in Mato Grosso do Sul, Southwestern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 70, n. 3, p. 469-486, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0960428613000164>
- CANUTO, D. S. O.; ZARUMA, D. U. G.; MORAES, M. A.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Caracterização genética de um teste de progênes de *Dipteryx alata* Vog. proveniente de remanescente florestal da Estação

Ecológica de Paulo de Faria, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 4, p. 641-648, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-13/RAD/2015>

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2 p.363-372, 2007.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 3 p. 456-465, 2011. Doi: 10.5216/pat.v41i3.12760.

CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; BONOMO, R.; SOUZA, A. P. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n. 1 p. 1-11, 2015. Doi: 10.1590/ S0100-204X2015000100001.

CORRÊA, G. C.; ROCHA, M. R.; NAVES, R. V. Germinação de sementes e emergência de plântulas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nos Cerrados do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 17-23, 2000.

CORREA, G. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; CHAVES, L. J.; BORGES, J. D. Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 42-47, 2008.

COSTA, V. M. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes, sob malhas termo-refletoras e malha negra**. 2004. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Botucatu – SP, 2004.

COSTA, E.; DIAS, J. G.; LOPES, K. G.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Telas de Sombreamento e Substratos na Produção de Mudas de *Dipteryx alata* Vog. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 3, p. 416-425, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.071714>

CRUZ, K. S.; SILVA, M. A.; FREITAS, O.; NEVESA, V. A. Partial characterization of proteins from baru (*Dipteryx alata* Vog) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Medford USA, v. 91, n. 11, p. 2006-2012, 2011. Doi: 10.1002/jsfa.4410

DE JUAN, J. **Agronomía del riego**. Madrid: Mundi – Prensa, 1993.735p.

DICKSON, A; LEAF, A. L; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v.36, n. 1, p.10-13, 1960.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, B. M. T. **Recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF: Embrapa, 2000. 45p.

FERREIRA, R. A. **Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e mudas de espécies arbóreas do cerrado de Minas Gerais**. 1997. 107f. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

FILHO, A. I.; BORGES, P. F.; ARAÚJO, L. S.; PEREIRA, A. R.; LIMA, E. M.; SILVA, L. S.; SANTOS JUNIOR, C. V. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**, Paraíba, v. 9, n. 1, p. 62-66, 2015.

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian Cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, v. 15, n. 1, p. 97-108, 1988.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.

GONÇALVES, J. L. de M.; SANTELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. de; MANARA, M. P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETE, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p. 352-383.

HAASE, R.; HIROOKA, R. Y. Structure, composition and small litter dynamics of a semi-deciduous forest in Mato Grosso, Brazil. **Flora**, Kusterdingen, v. 193, n. 2, p. 141-147, 1998.

KALUME, D. E.; SOUSA, M. V.; MORHY, L. J. Purification, characterization, sequence determination, and mass spectrometric analysis of a trypsin inhibitor from seeds of the brazilian tree *Dipteryx alata* (Leguminosae). **Journal of Protein Chemistry**, v.14, n. 8, p. 685-693, 1995. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF01886907>

LADO, L. R.; SPAROVEK, G.; TORRADO, P. V.; DOURADO NETO, D.; VÁZQUEZ, F. M. Modelling air temperature for the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 460-467, 2007.

LIMA, J. D.; NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J.; MODENESE-GORLA DA SILVA, S. H. Variáveis fisiológicas de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 3, p. 193-200, 2010.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 2015. 492p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 368 p. 1v.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 41, p. 181-202, 1984.

MACEDO, J. F. As plantas oleaginosas do cerrado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 173, n. 16, p. 21-27. 1992.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1979. v. 1, p. 331-350.

MAGALHÃES, R. M. A cadeia produtiva da amêndoa do baru (*Dipteryx alata* Vog.) no Cerrado: uma análise da sustentabilidade da sua exploração. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 665-676, 2014.

MARENCO, R. A.; CAMARGO, M. A. B.; ANTEZANA-VERA, S. A.; OLIVEIRA, M. F. Leaf plasticity in six forest tree species of central Amazonia. **Photosynthetica**, Prague, v. 55, n. 4, p. 679-688, 2017.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 486p.

MARTIM, C. C., SOUZA, A. P., PAULINO, J., ALMEIDA, F. T., ARANTES, K. R. Coeficientes de Angstrom-Prescott para a região Norte do Mato Grosso: Primeira Aproximação In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2014, Campo Grande - MS. **Anais do XLIII CONBEA 2014**. Jaboticabal: SBEA, 2014.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n. 1, p. 22- 29, 2012.

MELHEM, T. S. Fisiologia da germinação das sementes de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae- Lotoideae). **Hoehnea**, São Paulo, v. 5, p. 59-90, 1975.

MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.38-43, 2017.

MENEGUELLI-SOUZA, A. C.; VITORIA, A. P.; VIEIRA, T. O.; DEGLI-ESPOSTI, M. S. O.; SOUZA, C. M. M. Ecophysiological responses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms to As⁵⁺ under different stress conditions. **Photosynthetica**, v. 54, n. 2, p. 243-250, 2016.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; GIL, P. R.; MITTERMIER, C. G. **Hotspots: earth's biologically richest and Endangered terrestrial e corregrions**. Mexico: CEMEX, 1999. 430p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. 2017. O Bioma Cerrado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 14/01/2018.

MONTEIRO, E. B.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; TANAKA, A. A.; FERNEDA, B. G.; MARTIM, C. C. Water requirements and crop coefficients of tropical forest seedlings in different shading conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 8, p. 709-715, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p709-715>

MONTEIRO, E. B. **Crescimento e necessidades hídricas de mudas florestais tropicais em diferentes condições de sombreamento**. 2015. 216f. Dissertação (mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Sinop, 2015.

MORAES, C.; ANJOS, J.; MARUNO, M.; ALONSO, A.; ROCHA-FILHO, P. Development of lamellar gel phase emulsion containing baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) as a prospective delivery system for cutaneous application. **Asian Journal of Pharmaceutical Sciences**, Asia, v.45, p.1-22, 2017. Doi: <https://doi.org/doi:10.1016/j.ajps.2017.09.003>

MOTA, L. H. DE S.; SCALON, S. DE P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 195-207, 2008.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p. 255-279.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYIAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, A. R.; SEDYIAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: FUNDAG, 2013. 323p.

PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA, P. C.; REIS, E. F. R.; LIMA, J. S. S. LTERAÇÕES MICROCLIMÁTICAS CAUSADAS PELO USO DE TELA PLÁSTICA. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v.24, n.1, p.9-15, 2004.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. 150p.

QUEIROZ, S. E. E.; FIRMINO, T. DE O. Efeito do sombreamento na germinação e desenvolvimento de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Biociências**, Taubaté, v. 20, n. 2, p. 72-77, 2014.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2ed. Barueri: Manole, 2012. 500p.

ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 2007. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (Júlio de Mesquita Filho), Botucatu – SP, 2007.

ROCHA, J. P. **Fatores genéticos e ambientais na emergência de plântulas de pequi (Caryocar brasiliense camb.)**. 2009. 34f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina – MG, 2009.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A.; PAIVA, H. N.; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011.

SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 513-518, 1999.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, 2004. 52p.

SANO, S. M.; BRITO, M. A. de; RIBEIRO, J. F. Baru. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.83- 93, 2010.

SANTOS, R. B.; SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, F. T.; ARANTES, K. R.; SIQUEIRA, J. L. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop-MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 6, n. 1, p. 72-88, 2013.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. 293p.

SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. In: Miranda, J.H e Pires, R.C.M. Irrigação. FUNESP, Piracicaba, SP, 2001. p. 63-120.

SILVA, C. A. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanho de recipiente**. 181f. Tese (Doutorado em Ciência: irrigação e drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP 2012. Piracicaba: ESALQ, 2012.

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 539-551, 2011.

SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; DOMINGOS, J. R.; DUCATTI, C. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira ‘Roxo de Valinhos’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1270-1276, 2010.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais – Circular Técnica, 34**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 47p.

SIQUEIRA, E. M. A.; MARIN, A. M. F.; CUNHA, M. S. B.; FUSTINONI, A. M.; SANT'ANA, L. P.; ARRUDA, S. F. Consumption of baru seeds [*Dipteryx alata* Vog.], a Brazilian savanna nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**, Ontario, v.45, n. 1, p.427-43, 2012. Doi:10.1016/j.foodres.2011.11.005

SOUSA, A. G. O.; FERNANDES, D. C.; ALVES, A. M.; FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, Ontario v. 44, p. 2319–2325, 2011.

SOUZA, A. P. de; ZAMADEI, T.; MONTEIRO, E. B.; CASAVECCHIA, B. H. Transmissividade Atmosférica da Radiação Global na Região Amazônica de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 639-648, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150147>

SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; ALMEIDA, F. T. de; ROCHA, H. S. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n. 3, p. 219-228, 2011. Doi: 10.1590/ S0100-204X2015000100001

SOUZA, A. P.; LEONEL, S.; SILVA, A. C. Basal temperature and thermal sum in phenological phases of nectarine and peach cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p.1588-1596, 2011.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>

STAMATO JÚNIOR, R. P. **Condições meteorológicas e consumo de água por mudas cítricas em ambiente protegido**. 2007. 68f. Dissertação (Mestrado em

Agricultura Tropical e Subtropical - Área de Concentração em Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ed. Porto Alegre – RS, Artmed, 2013. 918p.

TANAKA, A. A.; SOUZA, A. P.; KLAR, A. E.; SILVA, A. C.; GOMES, A. W. A. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 91-104, 2016. Doi: 10.1590/S0100-204X2016000200001

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola, 2002. 45p.

THEBALDI, M. S.; LIMA, L. A.; COLARES, M. F. B.; SILVA, A. C.; LIMA, P. T. Uniformidade de aplicação de água na irrigação de mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 978-987, 2014.

TOGASHI, M. **Composição e caracterização química e nutricional do fruto do baru (*Dipteryx alata*, Vog.)**. 1993. 108f. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal) UNICAMP, Campinas, 1993.

TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, F. S. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, ABRH, 2001. p. 253-287.

VALE, A. T. do; OLSEN, L. B. Produção de carvão vegetal de casca de baru (*Dipteryx alata*) utilizando células de carbonização. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 117-124, 2013.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2005. 552p.

VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento inicial de *Dipteryx alata* Vogel e *Myracrodruon urundeuva* Allemão em plantio de enriquecimento de uma floresta estacional semidecídua secundária. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 482-493, 2011.

VERA, R.; SOARES JUNIOR, M. S.; NAVES, R. V.; SOUZA, E. R. B.; FERNANDES, E. P.; CALIARI, M.; LEANDRO, W. M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

WANG, X. Y.; XU, X. M.; CUI, J. The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of

Cucumis sativus grown under weak light. **Photosynthetica**, Prague, v. 53, n. 2, p. 213-222, 2015.

YANG, Z.; SINCLAIR, T. R.; ZHU, M.; MESSINA, C. D.; COOPER, M.; HAMMER, G. L. Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficit. **Environmental and Experimental Botany**, v. 78, p. 157-162, 2012.