

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

MARLUS SABINO

**IPÊS AMARELO EM FASE INICIAL DE CRESCIMENTO,  
CULTIVADO SOB TELAS DE SOMBREAMENTO PRETA E  
COLORIDA**

SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP.  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

MARLUS SABINO

**IPÊS AMARELO EM FASE INICIAL DE CRESCIMENTO,  
CULTIVADO SOB TELAS DE SOMBREAMENTO PRETA E  
COLORIDA**

Trabalho de Curso – TC, apresentado à  
Universidade Federal de Mato Grosso -  
UFMT - Campus de Sinop, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Florestal.

Orientadora: Andréa Carvalho da Silva.  
Co-orientador: Adilson Pacheco de Souza.

SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2016

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

S116i Sabino, Marlus.

Ipês amarelo em fase inicial de crescimento, cultivados sob telas de sombreamento preta e colorida / Marlus Sabino. – 2016  
66 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Andréa Carvalho da Silva.

Co-orientador: Adilson Pacheco de Souza.

TCC (graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Radiação. 2. Ecofisiologia. 3. Handroanthus. 4. Fitocromos.

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 CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DA  
MONOGRAFIA DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
ALUNO (A): MARLUS SABINO**

Aos 29 dias do mês de julho do ano de 2016, às 9:00 horas, na sala de auditório 1, bloco 3, do *campus* da UFMT na cidade de Sinop, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa da Monografia de conclusão de Curso do (a) acadêmico (a) Marlus Sabino. A banca foi composta pelos seguintes professores: Profa. orientadora Andréa Carvalho da Silva, Prof. Adilson Pacheco de Souza e Profa. Rafaella Teles Arantes Felipe, sob a presidência da primeira. A monografia tem como título IPÊS AMARELO EM FASE INICIAL DE CRESCIMENTO, CULTIVADO SOB TELAS DE SOMBREAMENTO PRETA E COLORIDA. Após explanação o (a) aluno (a) foi argüido pelos componentes da banca. Terminada a etapa, os membros, de forma confidencial avaliaram o aluno e conferiram o mesmo o seguinte resultado Aprovado (9,5), proclamado pelo presidente da sessão. Dados por encerrados os trabalhos, lavrou-se a presente Ata, que será assinada pela banca e pelo aluno. Os requisitos a serem observados estão registrados em folha anexa.

Sinop, 29 de julho de 2016.

**ASSINATURAS:**

Aluno (a): Marlus Sabino

Banca: Andréa

Adilson Pacheco de Souza

Rafaella Teles Arantes Felipe

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Fotossíntese .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1. Etapa Fotoquímica .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Intensidade da radiação.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3. Espectro de radiação (qualidade da radiação) .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. Espécies estudadas.....</b>	<b>16</b>
2.4.1. <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose. ....	16
2.4.2. <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos .....	17
<b>3. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Objetivos específicos. ....</b>	<b>18</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1. Dados Climáticos .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2. Crescimento sob telados pretos.....</b>	<b>22</b>
<b>5.3. Crescimento sob telados coloridos .....</b>	<b>36</b>
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1. Intensidade de radiação no crescimento das mudas .....</b>	<b>48</b>
<b>6.2. Qualidade da radiação no crescimento das mudas .....</b>	<b>52</b>
<b>6.3. Parâmetros Qualidade .....</b>	<b>54</b>
<b>6.4. Considerações Finais.....</b>	<b>57</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Médias diárias de Precipitação (mm) (A); Temperatura do Ar (°C) (B); Umidade Relativa (%) (C); Radiação Global (Qg) (MJ.m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> ) (D); e Insolação (horas) (E) entre 07/07/2015 (0 DAT) e 12/04/2016 (281 DAT), sob condição de pleno sol, no município de Sinop, MT.....	<b>23</b>
<b>Figura 2:</b> Superfície de resposta e polinômios ajustados das variáveis biométricas: A1- altura (cm) e A2 - diâmetro (mm) de <i>Handroanthus serratifolius</i> ; e B1- altura (cm) e B2 - diâmetro (mm) de <i>Handroanthus ochraceus</i> ; em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016. ....	<b>29</b>
<b>Figura 3:</b> Superfície de resposta e polinômios ajustados das variáveis biométricas: A1- número de folhas e A2 – número de folíolos de <i>Handroanthus serratifolius</i> ; e B1- número de folhas e B2 – número de folíolos de <i>Handroanthus ochraceus</i> ; em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016. ....	<b>30</b>
<b>Figura 4:</b> Tipos de folhas digitadas de <i>Handroanthus serratifolius</i> : A1- folha simples, A2 – folha trifoliolada (3 folíolos) e A3 - folha digitada (5 folíolos); e <i>Handroanthus ochraceus</i> : A1- folha simples, A2 – folha trifoliolada (3 folíolos) e A3 - folha digitada (5 folíolos).....	<b>31</b>
<b>Figura 5:</b> Percentuais médios da massa seca das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) das espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> em diferentes intensidades de radiação, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2016. ....	<b>34</b>
<b>Figura 6:</b> Polinômios ajustados para a altura das espécie <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>40</b>
<b>Figura 7:</b> Polinômios ajustados para a diâmetro (mm) para as espécie <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>40</b>
<b>Figura 8:</b> Polinômios ajustados para a número de folhas das espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>41</b>
<b>Figura 9:</b> Polinômios ajustados para a número de folíolos das espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>42</b>
<b>Figura 10:</b> Percentuais médios da massa seca das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) particionados para as espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> em diferentes condições de cultivo sob telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Valores acumulados de precipitação pluvial (mm); e médios de temperatura do ar (°C); umidade relativa do ar (%); radiação global (MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> ) e insolação (horas), obtida pela estação meteorológica no período experimental, entre 07/07/2015 (0 DAT) e 12/04/2016 (281 DAT), sob condição de pleno sol, no município de Sinop, MT, 2015 -2016. ....	<b>24</b>
<b>Tabela 2:</b> Valores médios das variáveis biométricas altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de <i>Handroanthus serratifolius</i> em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo sob telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016. ....	<b>26</b>
<b>Tabela 3:</b> Valores médios das variáveis biométricas altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de <i>Handroanthus ochraceus</i> em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo sob telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016. ....	<b>27</b>
<b>Tabela 4:</b> Valores médios, longaritimizadas na base 10 - log (10 <sup>x</sup> ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de <i>H. serratifolius</i> em função das diferentes intensidades de radiação global, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2015-2016. ....	<b>32</b>
<b>Tabela 5:</b> Valores médios, transformados pela raiz quadrada (X <sup>0,5</sup> ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de <i>H. ochraceus</i> em função das diferentes intensidades de radiação global, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2015-2016. ....	<b>32</b>
<b>Tabela 6:</b> Valores médios das variáveis de crescimento destrutivos Massa seca de Folhas (MSF), Caule (MSC), Raiz (MSR) e Total (MST) de <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> em função das diferentes intensidades de radiação, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2015-2016. ....	<b>33</b>
<b>Tabela 7:</b> Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para as espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> em função das diferentes intensidades de radiação, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>34</b>
<b>Tabela 8:</b> Modelos polinomiais ajustados, coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ) e pontos de máximo (dz/dx) (z max) para altura, diâmetro de coleto, número de folhas e número de folíolos em função do tempo (x) e sombreamento (y) nas espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> . ..	<b>35</b>
<b>Tabela 9:</b> Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis de crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de <i>H. serratifolius</i> . Sinop, MT. 2016. ....	<b>35</b>
<b>Tabela 10:</b> Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis de crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de <i>H. ochraceus</i> . Sinop, MT. 2016. ....	<b>36</b>
<b>Tabela 11:</b> Valores médios das variáveis biométricas: altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de <i>Handroanthus serratifolius</i> em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 50%; coloridas chromatinet vermelha e azul 50%; frontinet verde 50% e aluminet prata 50% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016. ....	<b>38</b>
<b>Tabela 12:</b> Valores médios das variáveis biométricas: altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de <i>Handroanthus ochraceus</i> em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 50%; coloridas chromatinet vermelha e azul 50%; frontinet verde 50% e aluminet prata 50% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016. ....	<b>39</b>

<b>Tabela 13:</b> Valores médios, logaritimizados na base 10 ( $\text{Log } 10^X$ ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de <i>H. serratifolius</i> em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>42</b>
<b>Tabela 14:</b> Valores médios, transformados por raiz quadrada ( $X^{0,5}$ ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de <i>H. ochraceus</i> em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>43</b>
<b>Tabela 15:</b> Valores médios das variáveis de crescimento destrutivos: Massa seca de Folhas (MSF), Caule (MSC), Raiz (MSR) e Total (MST) de <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016. ...	<b>43</b>
<b>Tabela 16:</b> Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para as espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>45</b>
<b>Tabela 17:</b> Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis do crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de <i>H. serratifolius</i> mantidas em diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>45</b>
<b>Tabela 18:</b> Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis do crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de <i>H. serratifolius</i> mantidas em diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>46</b>
<b>Tabela 19:</b> Modelos polinomiais ajustados ( $y= a_1 + a_2.x + a_3.x^2$ ), seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo ( $dy/dx$ ) para altura, diâmetro de coleto, número de folhas e número de folíolos em função do tempo (x) nas espécies <i>H. serratifolius</i> e <i>H. ochraceus</i> crescendo em diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 50%; coloridas chromatinet vermelha e azul 50%; frontinet verde 50% e aluminet prata 50% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2016.....	<b>47</b>

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose. e *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos sob telas de sombreamento pretas e coloridas. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Produção Vegetal da UFMT – SINOP, com mudas seminais transplantadas para vasos com 8 litros de substrato. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (espécies x coberturas) com 16 repetições, em dois experimentos: o primeiro com os tratamentos Pleno sol e telas pretas com 35%, 50%, 65% e 80%; e o segundo com as telas coloridas vermelha, azul e verde 50%; tela aluminet prata com 50% e tela preta com 50% de retenção da radiação global. As análises das variáveis altura, diâmetro do coleto e número de folhas e folíolos, foram realizadas a cada 20 dias e uma análise destrutiva foi realizada ao final do período experimental, com 7 das repetições, para obtenção das massas seca de folhas, caule, raiz e área foliar. Os dados foram submetidos a análise de variância, regressões e teste tukey a 5% de probabilidade. *H. serratifolius* e *H. ochraceus* apresentaram diferença significativa para todos as variáveis de crescimento avaliados. As condições pleno sol e tela preta de 35% de sombreamento proporcionou as melhores respostas de crescimento em todos as variáveis avaliados, enquanto as mudas sob sombreamento superior a 50% as piores médias. O uso da tela colorida vermelha potencializou o crescimento em ambas as espécies, por outro lado as mudas sob tela azul tiveram seu crescimento inibido. Conclui-se que a intensidade e a qualidade da radiação global retida e transmitida influenciam o crescimento inicial de mudas das espécies *Handroanthus serratifolius* e *Handroanthus ochraceus*.

**Palavras Chave:** Radiação, ecofisiologia, *Handroanthus*, fitocromos.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the initial growth of *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose. and *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. in black and colored shading net. The study was conducted at the Department of Plant Production, at UFMT - SINOP, with seedlings transplanted to pots with 8 liters of substrate. The experimental design was completely randomized in a factorial 2 x 5 (species x covers) with 16 repetitions in two experiments: the first with the treatments: Full sun and black net with 35%, 50%, 65% and 80% retention of global radiation. The second with: red, blue and green net with 50%; Aluminet silver net with 50% black net with 50% retention of global radiation. Analyses of the parameters: height, stem diameter and number of leaves and leaflets were taken every 20 days and a destructive analysis was performed at the end of the experimental period, with 7 plants of the repetitions, to obtain the dry mass of leaves, stem, root and leaf area. Data were subjected to analysis of variance, regression and Tukey test at 5% probability. *H. Serratifolius.* and *H. ochraceus* were significantly different for all parameters of growth. The conditions full sun and black 35% shading net provided the best growth responses in all parameters, while the seedlings under shade higher than 50% provide the worst averages. The use of red colored net improved the growth in both species, on the other hand the seedlings in the blue net had inhibited growth. In conclusion the intensity and quality of the overall radiation retained and transmitted have influences in the initial growth of seedlings of the species *Handroanthus serratifolius* and *Handroanthus ochraceus*.

**Keywords:** Radiation, physiological ecology, *Handroanthus*, phytochrome.

## 1. INTRODUÇÃO

O sucesso de um plantio florestal, seja para fins comerciais ou de recuperação de áreas degradadas, depende da taxa de sobrevivência das mudas em campo, sendo a qualidade das mudas um dos fatores de maior impacto na sua capacidade de adaptação as condições adversas pós plantio.

Atualmente, para a determinação da qualidade de mudas, tem sido utilizado tanto características morfológicas, que são baseadas nos aspectos fenotípicos, quanto fisiológicas, que são definidas internamente na planta. As características morfológicas apresentam vantagens pela facilidade visual de determinação das variáveis de crescimento, contudo, ainda existe carência de informações sobre como alterações ecofisiológicas interferem nas respostas de sobrevivência e crescimento inicial, uma vez que a qualidade das mudas são produto da interação de fatores ambientais e do genótipo.

Organismos fotossintéticos conseguem capturar a energia solar de forma muito eficiente, para em seguida, converte-la em moléculas orgânicas em duas reações da fotossíntese, a fase fotoquímica e a fase bioquímica (BARBER, 2009). Na fase fotoquímica, a energia da luz é absorvida e utilizada para alimentar a síntese de Adenosina Trifosfato (ATP) e redução de nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP) que serão utilizados, na fase seguinte, na redução de CO<sub>2</sub> em carboidratos (BROTOSUDARMO et al., 2014). Assim a radiação solar é o fator primordial ao desenvolvimento do vegetal.

As espécies florestais podem ser classificadas em dois grandes grupos segundo o grau de necessidades luminosas, as pioneiras e as tardias no processo de sucessão. A alta intensidade luminosa é um fator que favorece o crescimento vigoroso das espécies pioneiras, podendo, contudo, causar danos às plântulas de espécies tardias, assim como, o sombreamento excessivo pode causar o estiolamento e desenvolvimento insatisfatório de espécies pioneiras e favorecer o crescimento inicial de espécies tardias. Dessa forma a intensidade luminosa pode ser caracterizada como um fator decisivo no desenvolvimento inicial dos vegetais.

A qualidade da luz, em termos de espectro e dispersão, entretanto, também possui influência no crescimento das plantas, podendo ocasionar mudanças em várias características anatômicas, morfológicas e bioquímicas (BRANT et al., 2009).

Durante a fase de viveiro as características ambientais como controle da umidade, temperatura e mudanças na intensidade e qualidade da luz, podem ser manipuladas de forma a favorecer a produção. Por essa razão, em viveiros, tem sido cada vez mais comum a utilização de telados em casas de vegetação de forma a promover alterações diretas na intensidade e no

espectro da radiação, e indiretas na temperatura e umidade relativa, visando aumento da qualidade e produtividade de mudas.

A falta de informações técnicas que permitam a obtenção de mudas vigorosas aliadas a deficiência de conhecimento sobre a ecofisiologia, morfologia e anatomia de espécies florestais, principalmente durante a fase inicial, são alguns dos fatores que limitam a produção de muitas espécies de importância econômica. Deste modo, há necessidade de estudos sobre a fisiologia e exigências ecológicas, nas diversas etapas do ciclo de desenvolvimento da planta, que indiquem a influência dos fatores ambientais na distribuição, sobrevivência e desenvolvimento das espécies florestais, de forma que se permita o planejamento das técnicas silviculturais e o aumento da qualidade e do vigor das mudas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Fotossíntese

A vida em nosso planeta requer um constante fluxo de energia para persistir e proliferar. Os organismos vivos são sistemas organizados, em permanente estado de não-equilíbrio termodinâmico, sendo que a manutenção dessa condição, ou seja, da vida, exige a entrada de um fluxo contínuo de energia proveniente do sol (MAJEROWICZ, 2012) e disponibilizado para a biosfera através da fotossíntese (HOHMANN-MARRIOTT; BLANKENSHIP, 2011).

O termo fotossíntese significa, literalmente, “síntese utilizando a luz” (TAIZ; ZEIGER, 2013) pois, durante esse processo a energia da luz é utilizada para quebrar moléculas de água e liberar elétrons e hidrogênio que serão usados na redução de dióxido de carbono em carboidratos (BROTOSUDARMO et al., 2014).

Células vegetais são constituídas de numerosas organelas com funções específicas, sendo os cloroplastos as responsáveis pelo processo fotossintético. Os cloroplastos são envolvidos por duas membranas que isolam a solução interna (estroma) do citoplasma celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). O aspecto mais marcante da estrutura do cloroplasto é seu extenso sistema de membranas internas conhecidas como tilacóides, que são compartimentos que contém os pigmentos absorventes, empilhadas em colunas denominadas *Granum* (DEKKER; BOEKEMA, 2005; VINYARD et al., 2013).

No início do século XX, mais precisamente em 1905, um pesquisador inglês chamado Blackman, interpretando os seus resultados experimentais, concluiu que a fotossíntese é um processo que se dá em duas etapas interdependentes (MAJEROWICZ, 2012), sendo as reações responsáveis pela transformação de energia solar em energia química integrantes da etapa fotoquímica, que ocorrem nas membranas e dentro dos tilacóides (YAMORI; SHIKANAI, 2016), enquanto que as reações enzimáticas de fixação de CO<sub>2</sub> e síntese de carboidratos ocorrem na etapa bioquímica, na região aquosa dos cloroplastos denominada estroma (SPREITZER; SALVUCCI, 2002; ROCHAIX, 2014).

#### 2.1.1. Etapa Fotoquímica

Em todos os organismos fotossintetizantes clorofilados, o princípio geral do mecanismo de armazenamento da energia luminosa acontece por meio de uma rede de transporte de elétrons – de uma molécula doadora para um aceptor – ao longo de uma série de complexos proteicos localizados na membrana dos tilacóides (NELSON; BEN-SHEM, 2004; NELSON; YOCUM, 2006; SHIKANAI, 2007).

Quase todos os processos químicos que perfazem as reações luminosas da fotossíntese são realizados por quatro principais complexos proteicos: fotossistema II (PSII), o complexo citocromo *b<sub>6</sub>f*, fotossistema I (PSI) e a ATP sintase (SHIKANAI, 2007). Os fotossistemas I e II são grandes complexos supramoleculares constituído por múltiplas subunidades de proteínas/pigmentos, cada um dos fotossistemas tem um centro de reação e se liga a um complexo de capacitação de luz (complexo antena), sendo o centro de reação do PSII denominado P680 e o do PSI chamado de P700 (NELSON; YOCUM, 2006).

Segundo Chitnis (2001) a etapa fotoquímica se inicia quando fótons excitam as clorofilas especializadas dos centros de reação causando a ejeção de um elétron, que é então carregado para reduzir o P700 (para os elétrons vindos do PSI) ou NADP<sup>+</sup> (para os elétrons vindos do PSII). Os fotossistemas operam de modo simultâneo e em série e a conexão entre os dois fotossistemas é feita pelo complexo citocromo *b<sub>6</sub>f* por dois carreadores móveis: a plastoquinona e uma proteína que contém cobre denominada plastocianina (CHITNIS, 2001; MATSUOKA et al., 2001).

O fotossistema II, durante o processo de transferência de elétrons, oxida a água a O<sub>2</sub> no lume dos tilacóides, liberando prótons no lume, enquanto a oxidação da plastoquinona, pelo citocromo, está acoplada à transferência de prótons do estroma para o lume (EBERHARD et al., 2008; YAMORI; SHIKANAI, 2016). Assim, o fluxo fotossintético de elétrons entre os fotossistemas gera um gradiente de prótons através da membrana dos tilacoides (CRUZ et al., 2004). Esse gradiente eletroquímico estabelecido é utilizado pela proteína ATP sintase para gerar ATP, a moeda energética de transferência de energia dentro das células, num processo denominado fotofosforilação (JUNGE; NELSON, 2015).

## **2.2. Intensidade da radiação.**

A plasticidade adaptativa das plantas à radiação solar depende do ajuste do aparelho fotossintético, a fim de tornar a conversão de energia radiante em carboidratos altamente eficientes e, conseqüentemente, promover um crescimento mais elevado (ENGEL; POGGIANI, 1991). O desenvolvimento da plasticidade vegetal é atingido por meio da percepção, tradução e integração de múltiplos sinais ambientais, tais quais, a intensidade de radiação incidente (FRANKLIN, 2008).

De modo geral, é comum a ocorrência de uma série de respostas das plantas em virtude da quantidade de radiação disponível no ambiente (FRANKLIN, 2008; FRANKLIN; QUAIL, 2010). Ambientes com alta irradiância apresentam maior quantidade de luz fotossinteticamente ativa disponível, permitindo aos fotossistemas operar em níveis satisfatórios para o

metabolismo (BUNDCHEN, 2012). Ambientes sombreados, entretanto, podem induzir o crescimento acelerado, principalmente em altura, de algumas espécies de plantas, visando escapar do déficit luminoso (AGUIAR, 2011) em um processo denominado síndrome de fuga ao sombreamento (FRANKLIN, 2008).

A área foliar é um indicador da eficiência das folhas para a captura de luz (POORTER, 2009), sendo comumente usada para avaliar a tolerância das espécies sombreadas. Em geral, o aumento da área foliar, folhas delgadas, alto conteúdo de clorofila e rearranjo das células do mesófilo devido o sombreamento são formas utilizadas para aumentar a superfície fotossintética, garantindo um rendimento mais eficiente em baixas intensidades de luz, e, conseqüentemente, compensando as taxas fotossintéticas baixas por área foliar (MIDDLETON, 2001; ALVARENGA et al., 2003).

Folhas mantidas sob condição de sol pleno, por outro lado, caracterizam-se, entre outras, pelo maior teor de clorofila e rubisco, maior densidade estomática, menor área foliar e maior peso de folha por superfície devido a quantidade de luz disponível ser satisfatória para o processo fotossintético (LARCHER, 2004). Contudo, segundo Streit et al. (2005), em regiões tropicais, devido as altas taxas de irradiação é comum a ocorrência de estresse à planta expostas a condições de pleno sol.

O excesso de luz pode, ainda, inibir a fotossíntese através de dois processos: foto-inibição e foto-oxidação. A foto-inibição envolve a superexcitação dos centros de reação, especialmente fotossistema II, levando a perda da proteína, reversível, envolvida na transferência de elétrons entre P680 e plastoquinona (EDELMAN, MATTOO, 2008; NICKELSEN; RENGSTL, 2013). A foto-oxidação é um processo irreversível e envolve diretamente os pigmentos receptores de luz, os quais, ao absorverem muita luz, ficam muito tempo excitados e interagem com o O<sub>2</sub> produzindo radicais livres, como superóxidos (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), podendo destruir os pigmentos (EBERHARD et al., 2008).

### **2.3. Espectro de radiação (qualidade da radiação).**

As respostas morfofisiológicas das plantas não dependem apenas da presença, da atenuação ou da ausência da luz, mas, também, da qualidade espectral da radiação (TAIZ; ZEIGER, 2013). A radiação utilizada pelas plantas para o processo fotossintético está contida na faixa da luz visível (400 nm – 700 nm), denominada de PAR (Photosynthetic Active Radiation), correspondendo a, aproximadamente, 45% - 50% do total de radiação incidente (CASAROLI et al., 2007). A clorofila apresenta dois picos de absorção, dos comprimentos de

onda do espectro de radiação, localizados na região do azul (aproximadamente 430 nm) e do vermelho (aproximadamente 660 nm) (ZHU et al., 2010).

Conforme observado por Henrique et al. (2011), a radiação vermelha e azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas, como a melhoria na capacidade fotossintética.

A luz vermelha é importante para o desenvolvimento do aparato fotossintético das plantas e acúmulo de biomassa nas folhas (PARADISO et al., 2011) e a luz azul é vital para o crescimento e desenvolvimento de plantas superiores, pois, muitos fotorreceptores de luz azul atuam em eventos fotomorfogênicos (MATSUDA et al., 2004) como a formação de clorofilas e cloroplastos, a abertura estomática e a ativação dos ciclos circadianos (KANG et al., 2008; DEMARSY; FRANKHAUSER, 2009; FRASZCZAK, 2013). A absorção de luz azul, contudo, pode excitar a clorofila a um estado energético mais elevado do que a absorção de luz vermelha. Nesse estado de excitação a clorofila é extremamente instável liberando parte da energia absorvida na forma de calor, o que não ocorre com a luz vermelha (ZHU et al., 2010).

A manipulação espectral da radiação natural tem sido utilizada em casas de vegetação por meio de coberturas coloridas (CHAGAS et al., 2010). Essas coberturas são projetadas, especificamente, para modificar a radiação incidente em termos de espectro e dispersão (ELAD et al., 2007) que combinado com a proteção física da produção ajuda a promover respostas fisiológicas desejadas, tais como produtividade, qualidade e velocidade de crescimento (SHAHAK et al., 2004).

## **2.4. Espécies estudadas.**

### **2.4.1. *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose.**

O ipê amarelo da Amazônia é uma árvore nativa do Brasil pertencente à família botânica Bignoniaceae com distribuição entre os domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal, de ocorrência comum na região amazônica, podendo ser encontrada em todos os estados do Brasil, com exceção de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (ZAPPI et al., 2015).

Planta decídua heliófita pertencente ao grupo das secundárias tardias, apresenta altura de 8-20 m, com tronco de 60-80 cm de diâmetro, suas folhas são compostas, com cinco-folíolos chamados de glabros ou pubescentes, com 6-17 cm de comprimento por 3-7 cm de largura.

A árvore é tipicamente de florestas pluviais densas, contudo, geralmente é encontrada em florestas secundárias, devido a sua adaptabilidade a ambiente de solo com baixa fertilidade,

ácidos e xerófilos, motivo pelo qual é muito empregada para recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992).

Devido ao aspecto ornamental, principalmente durante a floração, a planta já vem sendo largamente utilizada para fins de arborização, sua madeira apresenta densidade de  $1,08 \text{ g.cm}^{-3}$ , sendo dura ao corte e rica em cristais de lapachol, possui, ainda, potencial para usos nobres e construção civil (LORENZI, 1992).

#### 2.4.2. *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos.

O ipê amarelo do cerrado é uma árvore nativa do Brasil pertencente à família botânica Bignoniaceae com distribuição entre os domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e, mais comumente, no Cerrado (ZAPPI et al., 2015).

É uma espécie heliófita pertencente ao grupo das secundárias tardias, sua árvore pode atingir de 6 a 14 metros de altura com tronco tortuoso de 30 a 50 centímetros de diâmetro, suas folhas são compostas, com cinco-foliolos densamente pilosos, de comprimento entre 4 e 9 centímetros e largura de 3 a 5 centímetros (LORENZI, 1992).

Apresenta madeira de densidade de  $1,01 \text{ g.cm}^{-3}$ , dura ao corte, de alta resistência mecânica e longa durabilidade, muito utilizada para construção civil. A espécie ainda é utilizada para fins de arborização devido a exuberância de sua floração, assim como, devido a suas características de resistência a ambientes xerófitos com baixa fertilidade química e pH, sendo, também, empregada para plantio na recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992).

### 3. OBJETIVO GERAL.

Avaliar o crescimento e o desenvolvimento inicial, ao longo de 281 (duzentos e oitenta e um) dias, abrangendo a diferença sazonal dos períodos de seca e chuva, das espécies de ipês: amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose.) e amarelo-do-cerrado (*Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos), propagadas por sementes, em diferentes níveis de luminosidade e qualidade espectral da radiação.

#### 3.1. Objetivos específicos.

- Verificar qual o tipo de malha de sombreamento proporcionará maior desenvolvimento e crescimento das espécies florestais;
- Analisar a associação entre níveis do sombreamento e o desenvolvimento de cada espécie;
- Analisar como a mudança no espectro da radiação interfere no crescimento de cada espécie;
- Identificar quais as variáveis do crescimento (altura, diâmetro do coleto, número de folhas e folíolos, área foliar) são influenciados pelos níveis de luminosidade;
- Determinar parâmetros de qualidade e tempo de permanência das mudas no viveiro.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no setor de produção vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, localizada no município de Sinop-MT. Segundo a classificação de Koppen, o tipo climático predominante na região é o Aw – clima tropical úmido. A região apresenta estação seca bem definida e precipitação média anual de aproximadamente 2.000 mm, concentrada no período de outubro a março, sendo a temperatura média anual em torno de 24,70 °C (SOUZA et al., 2013).

As sementes provenientes de 3 a 4 matrizes, escolhidas ao acaso e em boas condições fitossanitárias, das espécies *Handroanthus serratifolius* e *Handroanthus ochraceus*, localizadas no município de Juara, MT, Latitude: -11.2553, Longitude: -57.5204, foram coletadas no mês de setembro de 2015 e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Sementes da UFMT, onde passaram por beneficiamento e acondicionamento em câmara fria até data próxima da semeadura.

Para a produção das mudas as sementes passaram por processo de assepsia em hipoclorito de sódio (NaClO) a 2% durante três minutos, sendo em seguida, acondicionadas em caixas tipo gerbox contendo papel filtro umedecido com água destilada. As caixas gerbox, contendo as sementes, foram mantidas em câmara de germinação sob temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, até o aparecimento da raiz primária e das folhas cotiledonares.

Após a germinação as plântulas foram acondicionadas em bandejas de poliestireno, contendo substrato comercial (Holambra) por um período de 25 dias para desenvolvimento do sistema radicular. Com a constatação do surgimento do primeiro par de folhas verdadeiras e estabilização do sistema radicular as mudas foram transplantadas para vasos com um volume de 8 litros contendo substrato, composto pela mistura de 30% de substrato comercial (Holambra) e 70% de terra de vegetal, e adubado com a formulação de 1,5% de fertilizante químico NPK (5-30-10).

As bandejas, assim como, os vasos contendo as mudas foram mantidos sob as telas de sombreamento (tratamentos) alinhadas no sentido norte-sul com as dimensões de 3,0 x 1,0 x 1,5 m (comprimento, largura e altura). Os tratamentos testados foram: pleno sol, telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global e telas coloridas chromatinet vermelha e azul, frontinet verde e aluminet prata com 50% de bloqueio da radiação global.

As avaliações de crescimento não destrutivas foram realizadas, aproximadamente, a cada 20 (quinze) dias, entre 06/07/2015 (data do transplântio para os vasos) e 15/04/2016, em 16 mudas por espécie de cada tratamento. Para avaliar o crescimento das plantas as variáveis

adotadas foram: altura das mudas (cm), medida do colo das plantas até a gema apical (com régua graduada); diâmetro do caule (mm), medida no colo da muda com auxílio de paquímetro digital; número de folhas; consideradas apenas as folhas totalmente expandidas; número de folíolos, considerando o tipo de folhas em cada fase do desenvolvimento (folhas simples, trifolialada e digitadas).

Na última avaliação, realizada aos 281 dias após o transplântio para os vasos (DAT), foi realizada a análise de crescimento destrutiva em 7 mudas de cada espécie por tratamento, e levantados os valores da massa seca das raízes (MSR), da parte aérea (MSPA), considerada pela soma da massa seca do caule (PMSC) e da massa seca das folhas (MSF) (g.); e da área foliar total da muda (planta inteira), determinada por intermédio do integrador de fotoelétrico de área modelo Li-3100, da LI-COR e expressa em  $\text{cm}^2$ .

Com base nos dados de área foliar e da massa seca foram calculados o índice de área foliar (IAF) (Equação 1); razão de área foliar (RAF) (Equação 2) e área foliar específica (AFE) (Equação 3), segundo Benincasa (2003).

$$\begin{aligned} \text{IAF} &= \text{AF}/\text{S} \quad (\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}) && \text{Equação 1: Índice de área foliar.} \\ \text{RAF} &= \text{AF}/\text{MST} \quad (\text{cm}^2.\text{g}^{-1}) && \text{Equação 2: Razão de Área Foliar} \\ \text{AFE} &= \text{AF}/\text{MSF} \quad (\text{cm}^2.\text{g}^{-1}) && \text{Equação 3: Área Foliar Específica} \end{aligned}$$

Onde: IAF: Índice de área foliar; RAF: Razão de área foliar; AFE: Área foliar específica; AF: Área foliar; S: Área do solo correspondente à amostra ( $576 \text{ cm}^2$ ); MST: Massa seca total; MSF: Massa seca foliar (g.).

Com os dados da análise destrutiva e não destrutiva, averiguou-se a qualidade das mudas por meio do índice de qualidade de Dickson (Equação 4) (DICKSON et al., 1960):

$$\text{IQD} = \frac{\text{PMST}(\text{g})}{\text{H}(\text{cm})/\text{DC}(\text{mm}) + \text{PMSPA}(\text{g})/\text{PMSR}(\text{g})} \quad \text{Equação 4: Índice de Qualidade de Dickson}$$

Onde: IQD = Índice de Qualidade de Dickson; PMST = Peso da Matéria Seca Total; H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; PMSPA = Peso de matéria seca da parte aérea; e PMSR = Peso de matéria seca das raízes.

O monitoramento meteorológico de evapotranspiração do tanque classe A, precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, radiação global e insolação, sob condições

de pleno sol foi efetuado pela Estação Meteorológica Automática Padrão (EMA), localizada a cerca de 20 m de distância do local de realização do experimento.

A irrigação das mudas foi realizada diariamente com o tempo de irrigação baseado na evapotranspiração de referência do dia, medida na estação meteorológica. A estimativa do tempo de irrigação foi dada pela equação 5.

$$TI = (ET_o * K_c * K_p) / Q_e$$

Equação 5: Tempo de Irrigação diário

Onde: TI = Tempo de Irrigação (min.); K<sub>c</sub> = Coeficiente da cultura (0,78); K<sub>p</sub> = Coeficiente do tanque classe A (0,86); Q<sub>e</sub> = vazão da fita gotejadora (L.m<sup>-1</sup>.hora<sup>-1</sup>)

Para a análise estatística o trabalho foi dividido em dois experimentos. No experimento 1 foram avaliadas apenas as telas de sombreamento pretas com 35, 50, 65 e 80% de sombreamento e a condição pleno sol. No experimento 2 foram consideradas as telas coloridas vermelha, verde, azul, prata e preta com 50% de sombreamento.

Em ambos os experimentos foi empregado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (espécies x coberturas) com 16 repetições (sendo cada vaso uma repetição), nas análises de crescimento não destrutivas, e 7 repetições, nas análises de crescimento destrutiva. Os dados das variáveis do experimento foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, e quando significativas, foram apresentadas por regressões, representações gráficas e/ou comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. O programa de análises estatísticas empregados foi o Sisvar (FERREIRA, 2010), e os cálculos da correlação de Pearson entre as variáveis analisadas (variáveis de crescimento nas avaliações destrutivas, não-destrutivas) foram realizadas no Microsoft Office Excel.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Dados Climáticos

O período de estiagem, da estação seca durou cerca de 93 dias após o transplântio (DAT) (Figura 1A). Após essa data as precipitações tornaram-se recorrentes com pluviosidade média de  $6,4 \text{ mm.dia}^{-1}$  e acumulada de 1237 mm, entre os 93 DAT e 281 DAT (Tabela 1).

A temperatura média do ar no período experimental, para a condição pleno sol, foi de  $26,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Observou-se que a temperatura média do ar aumentou, cerca de  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  entre o início da data de transplântio e 87 DAT. Após esse período, houve uma redução da temperatura média do ar, passando a aproximadamente  $25,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Além da redução da temperatura do ar, após os 87 DAT, a amplitude térmica ao longo do dia também diminuiu passando do valor médio de  $17,8 \text{ }^\circ\text{C}$  durante a estação seca para  $12,2 \text{ }^\circ\text{C}$  na estação chuvosa (Tabela 1) (Figura 1B).

Ao contrário do fator temperatura, a umidade relativa do ar aumentou após o período de estiagem (87 DAT), passando do valor médio de  $58,2\%$  para  $79,3\%$ . Contudo a variação da umidade relativa durante o dia, também, diminuiu após os 87 DAT passando a apresentar, durante a estação chuvosa, umidade relativa mínimas diárias em torno de  $50,78\%$  e máximas relativas diárias de aproximadamente  $97,21\%$  (Tabela 1) (Figura 1C).

A radiação global durante a estação seca se manteve praticamente constante, com média diária de  $21,2 \text{ Mega Joules por metro quadrado dia (MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1})$  (Tabela 1). Apesar do valor médio da radiação global no período chuvoso ser semelhante é possível notar que a variação no número de dias com alta e baixa intensidade de radiação foram mais frequentes (Figura 1D).

Observou-se decréscimo nas horas de insolação diária entre os períodos de estiagem e chuvoso. A frequência do número de dias nublados foi maior após os 87 DAT de forma que o valor médio geral da insolação durante a estação seca foi de  $8,87 \text{ horas.dia}^{-1}$ , e na estação chuvosa de  $5,84 \text{ horas.dia}^{-1}$  (Tabela 1) (Figura 1E).

### 5.2. Crescimento sob telados pretos

A espécie *Handroanthus serratifolius* apresentou os valores médios das variáveis de crescimento estatisticamente superiores, em todas as variáveis avaliadas neste estudo, quando comparado à espécie *Handroanthus ochraceus*.

O incremento em altura foi crescente ao longo das avaliações. Os valores médios para todos os tratamentos aos 21 DAT foram de  $5,08$  e  $1,46 \text{ cm}$ , alcançando  $51,84$  e  $15,90 \text{ cm}$  aos 258 DAT, para *H. serratifolius* (Tabela 2) e *H. ochraceus* (Tabela 3), respectivamente. As alturas médias, entretanto, demonstraram diferença significativa, entre as avaliações, apenas após os 111 DAT (Figura 2A1; Figura 2B1).

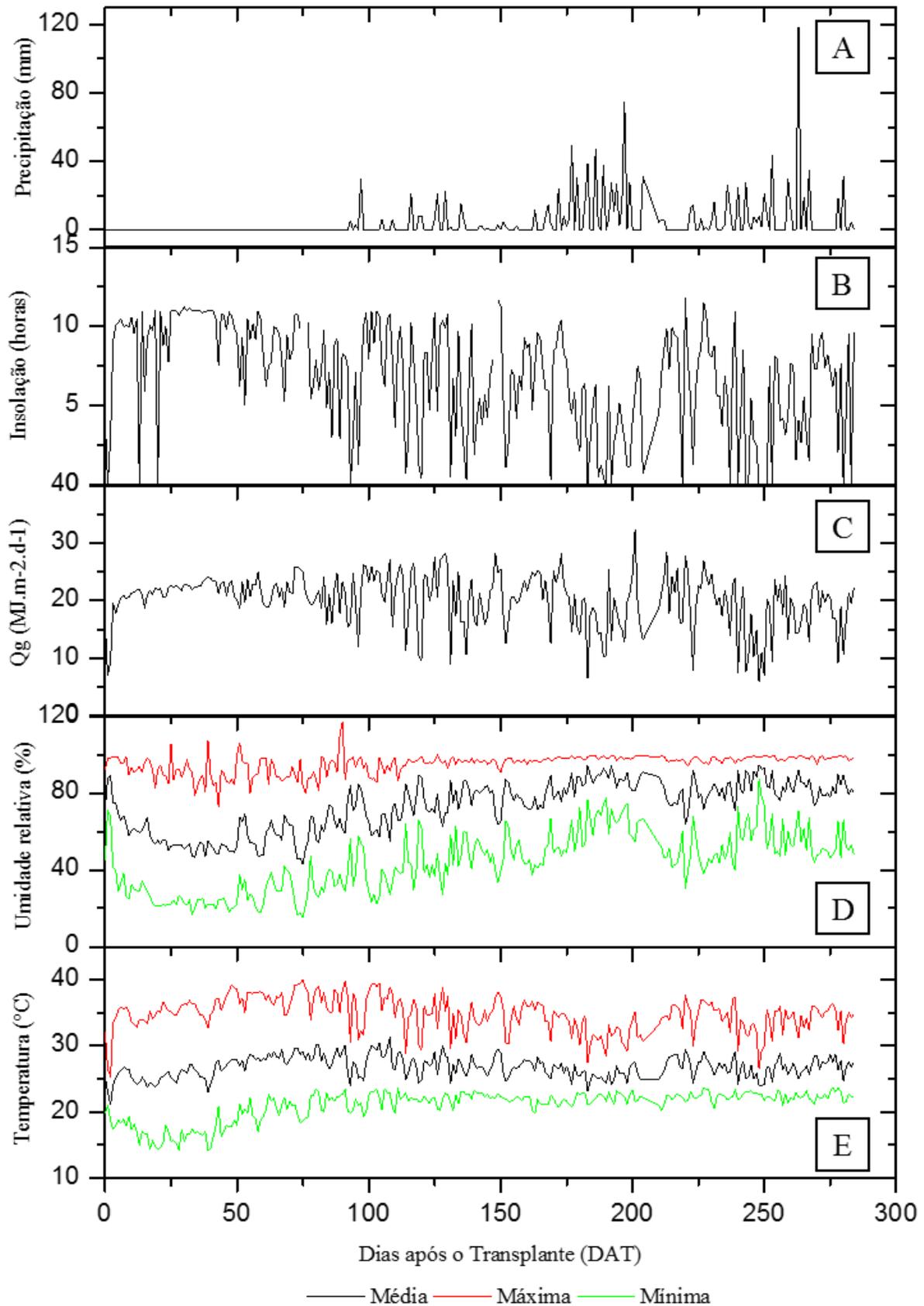


Figura 1: Médias diárias de Precipitação (mm) (A); Temperatura do Ar (°C) (B); Umidade Relativa (%) (C); Radiação Global (Qg) (MJ.m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>) (D); e Insolação (horas) (E) entre 07/07/2015 (0 DAT) e 12/04/2016 (281 DAT), sob condição de pleno sol, no município de Sinop, MT.

Tabela 1: Valores acumulados de precipitação pluvial (mm); e médios de temperatura do ar (°C); umidade relativa do ar (%); radiação global (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e insolação (horas), obtida pela estação meteorológica no período experimental, entre 07/07/2015 (0 DAT) e 12/04/2016 (281 DAT), sob condição de pleno sol, no município de Sinop, MT, 2015 -2016.

	Dias após o Transplante (DAT)											
	DATAS											
	21 (27/07/15)	43 (18/08/15)	65 (08/09/15)	87 (30/09/15)	111 (23/10/15)	131 (13/11/15)	152 (04/12/15)	177 (27/12/15)	205 (27/01/16)	235 (26/02/16)	258 (20/03/16)	281 (15/04/16)
	<b>Precipitação (mm) (acumulada)</b>											
<b>Média</b>	00,00	00,00	00,00	00,00	50,30	88,80	34,80	130,30	395,30	77,00	191,40	265,00
	<b>Temperatura do Ar (°C)</b>											
<b>Média</b>	24,76 ± (01,28)	25,73 ± (01,13)	27,82 ± (00,80)	28,43 ± (01,02)	28,06 ± (01,99)	27,15 ± (01,67)	26,96 ± (01,31)	26,66 ± (01,01)	25,56 ± (01,04)	27,23 ± (01,30)	26,23 ± (01,54)	26,92 ± (01,15)
<b>Máxima</b>	33,61 ± (02,69)	35,58 ± (01,12)	37,49 ± (01,08)	37,38 ± (01,80)	36,66 ± (02,80)	34,6 ± (02,98)	34,41 ± (02,17)	34,63 ± (01,83)	31,66 ± (01,87)	35,10 ± (01,64)	33,08 ± (02,76)	34,32 ± (01,64)
<b>Mínima</b>	17,25 ± (01,88)	16,47 ± (01,49)	19,45 ± (01,81)	20,99 ± (01,52)	21,78 ± (01,43)	21,85 ± (00,68)	22,37 ± (00,70)	21,53 ± (00,70)	22,24 ± (00,69)	22,19 ± (00,84)	22,48 ± (00,63)	22,36 ± (00,75)
	<b>Umidade relativa do ar (%)</b>											
<b>Média</b>	65,08 ± (09,84)	51,85 ± (02,81)	55,86 ± (06,79)	59,83 ± (08,73)	68,13 ± (08,51)	74,96 ± (07,82)	78,54 ± (06,73)	78,51 ± (05,39)	87,39 ± (04,04)	79,04 ± (06,22)	84,81 ± (06,56)	83,05 ± (04,79)
<b>Máxima</b>	94,47 ± (04,06)	89,15 ± (07,77)	92,11 ± (06,42)	89,92 ± (05,48)	94,81 ± (07,32)	96,29 ± (01,89)	96,26 ± (01,83)	97,37 ± (01,08)	98,61 ± (00,75)	97,20 ± (01,41)	98,21 ± (01,02)	98,54 ± (01,01)
<b>Mínima</b>	33,89 ± (13,25)	22,58 ± (02,25)	26,38 ± (06,53)	30,53 ± (08,65)	36,44 ± (09,99)	43,71 ± (10,84)	48,90 ± (08,46)	49,82 ± (07,55)	65,11 ± (07,95)	47,22 ± (07,55)	59,31 ± (12,02)	54,18 ± (07,77)
	<b>Radiação Global (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>)</b>											
<b>Média</b>	19,44 ± (03,98)	22,50 ± (00,95)	21,62 ± (01,85)	21,37 ± (02,80)	21,91 ± (04,03)	21,33 ± (06,51)	19,60 ± (04,60)	21,73 ± (03,50)	17,34 ± (05,30)	21,31 ± (04,46)	16,06 ± (06,26)	17,68 ± (03,82)
	<b>Insolação (Horas.dia<sup>-1</sup>)</b>											
<b>Média</b>	07,96 ± (03,88)	10,50 ± (01,06)	09,22 ± (01,70)	07,82 ± (02,170)	07,47 ± (03,20)	06,62 ± (03,79)	05,68 ± (03,26)	06,99 ± (02,40)	03,37 ± (02,44)	07,29 ± (02,86)	03,60 ± (03,55)	05,71 ± (02,82)

O uso das telas de sombreamento, com exceção da tela de 65%, potencializou o crescimento em altura das plantas de *H. serratifolius*. Pode-se observar que a partir dos 152 DAT as mudas dessa espécie passaram a expressar menor incremento da variável quando submetidas a menores intensidades de radiação (Tabela 2).

Assim, as mudas de *H. serratifolius* a pleno sol, após 152 DAT, expressaram os menores valores médios em altura (24,65 cm aos 152 DAT; 29,28 cm aos 177 DAT; 31,53 cm aos 205 DAT; 40,91 cm aos 235 DAT; 44,38 cm aos 258 DAT), enquanto as mudas sob tela de 35% e 80% as maiores médias (29,78 cm aos 152 DAT; 38,97 cm aos 177 DAT; 49,37 cm aos 205 DAT; 59,56 cm aos 235 DAT e 67,25 cm aos 258 DAT, sob tela de 35%) (29,50 cm aos 152 DAT; 37,72 cm aos 177 DAT; 46,81 cm aos 205 DAT; 55,19 cm aos 235 DAT e 59,06 cm aos 258 DAT, sob tela de 80%).

Ao contrário de *H. serratifolius*, o sombreamento causado pelas telas inibiu o crescimento em altura das mudas de *H. ochraceus*. Após 152 DAT as mudas sob tela de 80% de sombreamento apresentaram os menores valores médios para a espécie (4,54 cm aos 152 DAT; 6,37 cm aos 177 DAT; 7,14 cm aos 205 DAT; 8,72 cm aos 235 DAT; 9,50 cm aos 258 DAT), e as mudas submetidas a Pleno Sol e 35% de sombreamento expressaram as maiores alturas atingindo, aos 258 DAT (26,94 e 24,75 cm), respectivamente (Tabela 3).

O diâmetro do colo, semelhante à altura, foi crescente ao longo das avaliações, apesar de se manter estatisticamente igual até os 87 DAT. De forma geral, os valores médios de todos os tratamentos variaram de 1,06 e 0,61 mm aos 21 DAT à 8,16 e 3,79 mm aos 258 DAT, em *H. serratifolius* (Tabela 2) e *H. ochraceus* (Tabela 3), respectivamente.

O uso das telas influenciou no crescimento da variável diâmetro nas duas espécies de ipê, contudo, as diferenças de crescimento da variável entre as telas só foi notada a partir dos 111 DAT, em *H. ochraceus*, e 152 DAT, em *H. serratifolius*, quando as mudas sob tela de 65% de sombreamento passaram a exibir as menores médias (Tabela 2; Tabela 3).

O diâmetro do coleto, da espécie *H. serratifolius*, aumentou sob as menores intensidades de sombreamento. As mudas que cresceram na condição de Pleno Sol, aos 258 DAT, expressaram valores médios inferiores (7,80 mm) quando comparadas aos resultados expressos dos telados de 35% (10,38 mm), 50% (8,48 mm) e 80% (8,60 mm) de sombreamento (Figura 2A2).

Tabela 2: Valores médios das variáveis biométricas altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de *Handroanthus serratifolius* em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo sob telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016.

Somb. (%)	DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT)										
	21 (27/07/15)	43 (18/08/15)	65 (08/09/15)	87 (30/09/15)	111 (23/10/15)	131 (13/11/15)	152 (04/12/15)	177 (27/12/15)	205 (27/01/16)	235 (26/02/16)	258 (20/03/16)
<b>ALTURA (cm)</b>											
0	4,86 A	7,02 A	10,60 A	14,48 A	17,04 A	22,16 A	24,65 AB	29,28 AB	31,53 BC	40,91 B	44,38 B
35	4,74 A	6,19 A	8,47 A	12,45 A	17,62 A	23,34 A	29,78 A	38,97 A	49,37 A	59,56 A	67,25 A
50	5,34 A	6,57 A	9,67 A	13,94 A	20,06 A	23,94 A	25,53 AB	30,06 AB	41,50 AB	52,12 AB	58,12 A
65	4,94 A	5,79 A	7,79 A	10,60 A	12,82 A	14,66 A	15,97 B	19,19 B	23,50 C	28,25 C	30,37 C
80	5,54 A	6,79 A	10,00 A	15,21 A	20,97 A	26,09 A	29,50 A	37,72 A	46,81 A	55,19 A	59,06 A
<b>DIÂMETRO (mm)</b>											
0	1,07 A	1,52 A	2,11 A	2,90 A	3,99 A	4,83 A	5,53 A	6,24 A	6,97 A	7,41 B	7,80 B
35	1,12 A	1,45 A	1,74 A	2,31 A	3,22 A	4,61 A	5,72 A	7,02 A	8,42 A	9,47 A	10,38 A
50	0,90 A	1,44 A	1,84 A	2,45 A	3,65 A	4,79 A	5,75 A	6,58 A	7,45 A	8,19 AB	8,48 B
65	1,08 A	1,45 A	1,69 A	2,15 A	2,81 A	3,51 A	3,81 B	4,43 B	4,88 B	5,25 C	5,56 C
80	1,15 A	1,47 A	1,75 A	2,49 A	3,43 A	4,96 A	5,89 A	7,09 A	7,81 A	8,20 AB	8,60 B
<b>NÚMERO FOLHAS</b>											
0	5,25 A	6,94 A	9,31 A	10,56 A	10,25 A	12,44 A	11,81 A	12,12 A	9,44 AB	11,87 A	11,62 AB
35	4,37 A	4,81 A	6,37 A	8,69 A	10,75 A	10,56 A	11,19 AB	11,81 A	12,19 A	13,19 A	13,19 A
50	4,94 A	5,44 A	7,94 A	9,87 A	10,75 A	11,69 A	10,44 AB	10,00 AB	10,25 AB	11,00 A	10,00 AB
65	4,50 A	5,44 A	7,12 A	8,69 A	9,81 A	9,12 A	8,25 B	7,44 B	7,12 B	7,12 B	6,19 C
80	4,06 A	4,69 A	7,00 A	9,87 A	11,62 A	11,87 A	10,65 AB	9,93 AB	10,00 AB	10,81 A	9,75 B
<b>NÚMERO FOLÍOLOS</b>											
0	5,25 A	6,94 A	9,56 A	12,06 A	13,00 A	19,44 A	21,00 A	24,69 A	19,06 AB	31,37 AB	33,37 AB
35	4,37 A	4,81 A	6,37 A	8,94 A	12,31 A	13,94 A	18,69 A	23,19 A	27,56 A	37,94 A	37,44 A
50	4,94 A	5,44 A	7,94 A	11,94 A	16,81 A	17,69 A	21,44 A	24,81 AB	24,81 A	27,81 AB	25,75 BC
65	4,50 A	5,44 A	7,12 A	8,94 A	11,44 A	12,25 A	13,50 A	11,87 B	13,37 B	14,31 C	12,81 D
80	4,06 A	4,69 A	7,00 A	10,12 A	14,44 A	18,25 A	17,87 A	17,87 A	20,12 AB	23,94 BC	20,43 CD

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Somb.: Sombreamento.

Tabela 3: Valores médios das variáveis biométricas altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de *Handroanthus ochraceus* em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo sob telas poliefinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016.

Somb. (%)	DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT)										
	21 (27/07/15)	43 (18/08/15)	65 (08/09/15)	87 (30/09/15)	111 (23/10/15)	131 (13/11/15)	152 (04/12/15)	177 (27/12/15)	205 (27/01/16)	235 (26/02/16)	258 (20/03/16)
<b>ALTURA (cm)</b>											
0	1,73 A	2,01 A	2,89 A	3,87 A	5,42 A	8,03 A	10,00 A	14,84 A	16,22 AB	22,03 A	26,94 A
35	1,31 A	1,78 A	2,11 A	2,78 A	4,75 A	6,71 A	9,72 A	14,77 A	18,34 A	23,75 A	24,75 A
50	1,12 A	1,67 A	2,31 A	3,11 A	4,16 A	5,66 A	7,87 AB	11,34 AB	13,56 B	16,37 B	17,87 B
65	1,44 A	1,76 A	2,36 A	3,07 A	4,17 A	5,01 A	5,75 AB	7,14 BC	7,31 B	8,69 C	8,97 C
80	1,69 A	2,00 A	2,45 A	2,91 A	3,52 A	4,04 A	4,54 B	6,37 C	7,14 B	8,72 C	9,50 C
<b>DIÂMETRO (mm)</b>											
0	0,61 A	1,00 A	1,38 A	1,73 A	2,50 A	3,30 A	3,72 A	4,21 A	4,41 A	4,72 A	5,03 A
35	0,54 A	0,96 A	1,12 A	1,45 A	2,09 AB	2,72 AB	3,25 AB	3,76 AB	4,09 AB	4,20 AB	4,35 AB
50	0,55 A	1,02 A	1,29 A	1,58 A	1,97 AB	2,41 BC	2,76 BC	3,05 BC	3,30 BC	3,42 BC	3,69 BC
65	0,64 A	1,01 A	1,12 A	1,33 A	1,61 B	1,88 C	2,05 C	2,34 C	2,37 D	2,49 D	2,59 D
80	0,72 A	0,87 A	0,98 A	1,38 A	1,75 A	2,22 BC	2,56 BC	2,88 C	3,08 CD	3,21 CD	3,29 CD
<b>NÚMERO DE FOLHAS</b>											
0	3,62 A	5,37 A	8,25 A	10,75 A	12,81 A	13,25 A	14,50 A	14,50 AB	14,44 A	13,75 A	11,25 A
35	2,62 A	4,06 A	7,00 A	9,06 A	10,87 AB	12,56 AB	13,87 A	15,69 A	13,25 A	12,25 AB	9,50 AB
50	3,06 A	3,69 A	6,75 A	9,19 A	11,25 AB	12,37 AB	11,25 A	13,44 ABC	12,81 A	9,25 C	7,69 B
65	3,19 A	5,06 A	6,69 A	8,62 A	9,59 B	10,31 B	9,37 B	11,25 C	9,44 B	9,75 CC	7,75 B
80	2,94 A	4,25 A	6,81 A	9,25 A	11,44 AB	12,37 A	12,94 A	12,69 BC	13,19 A	11,12 BC	7,37 B
<b>NÚMERO DE FOLÍOLOS</b>											
0	3,62 A	5,37 A	8,50 A	12,25 A	17,94 A	22,81 A	27,62 A	31,06 A	33,75 A	36,69 A	31,62 A
35	2,62 A	4,06 A	7,25 A	9,31 A	12,00 A	16,75 AB	22,56 AB	28,37 AB	24,87 B	28,56 B	21,69 B
50	3,06 A	3,69 A	7,00 A	9,94 A	12,75 A	18,87 AB	20,56 B	22,94 BC	22,69 B	20,56 C	16,69 AB
65	3,19 A	5,06 A	6,69 A	9,12 A	12,12 A	14,44 B	13,94 C	18,25 C	15,44 C	18,50 C	15,56 AB
80	2,94 A	4,25 A	6,81 A	9,25 A	12,31 A	14,44 B	16,87 BC	18,06 C	19,69 BC	19,31 C	14,62 B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Somb.: Sombreamento.

Nas mudas da espécie *H. ochraceus*, contudo, o crescimento em diâmetro foi inverso ao nível do sombreamento, de forma que, aos 258 DAT, as plantas a pleno sol expressaram maior diâmetro de coleto (5,03 mm), sendo que o valor do diâmetro diminuiu para 4,35 mm; 3,69 mm e 3,29 mm nas telas de 35%, 50% e 80% de sombreamento, respectivamente (Figura 2B2).

As mudas de *H. serratifolius* que estavam a pleno sol e sob os telados de 50% e 80% de sombreamento atingiram o maior número de folhas aos 131 DAT (12,44; 11,69 e 11,87 folhas), mantendo este número de folhas estatisticamente estável até os 258 DAT. As mudas sob tela de sombreamento com 35% apresentaram valores crescentes ao longo das avaliações passando de 4,37 folhas aos 21 DAT para 13,19 folhas aos 258 DAT. As plantas no sombreamento de 65% tiveram acréscimo no número de folhas somente até os 111 DAT, após esse período as mesmas passaram a exibir queda no número médio de folhas (Tabela 2).

É possível inferir que o uso de telas de sombreamento, aos 258 DAT, causaram diminuição no número de folhas de *H. serratifolius*, os quais variaram de 11,62 folhas na condição pleno sol a 9,75 folhas a 80% de sombreamento (Tabela 2) (Figura 3A1).

O comportamento do variável número de folhas em *H. ochraceus* ao nível de sombreamento tendeu a diminuir com o aumento do bloqueio da radiação global. Assim, o número de folhas foi estatisticamente superior ao do tratamento pleno sol (11,25) decrescendo entre os tratamentos com 35% (9,50), 50% (7,69), 65% (7,75) e 80% (7,37) de sombreamento (Tabela 3) (Figura 3B1).

O número de folíolos, de *H. serratifolius* foi crescente até os 235 DAT, para a os tratamentos 35% (37,94) 50% (27,81); 65% (14,31) e 80% (23,94) de sombreamento. No tratamento pleno sol o número de folíolos manteve acréscimo até a última avaliação aos 258 DAT, alcançando 33,37 folíolos (Tabela 2) (Figura 3A2).

Em *H. ochraceus*, apesar de o número de folíolos ter exibido os maiores valores médios aos 235 DAT para a maioria dos tratamentos (36,69 – Pleno sol; 28,56 – 35% symb; 20,56 – 50% symb.; 18,50 – 65% symb.; 19,31 – 80% symb.), nota-se que os valores médios foram estatisticamente constantes a partir dos 177 DAT (Tabela 2) (Figura 3B2).

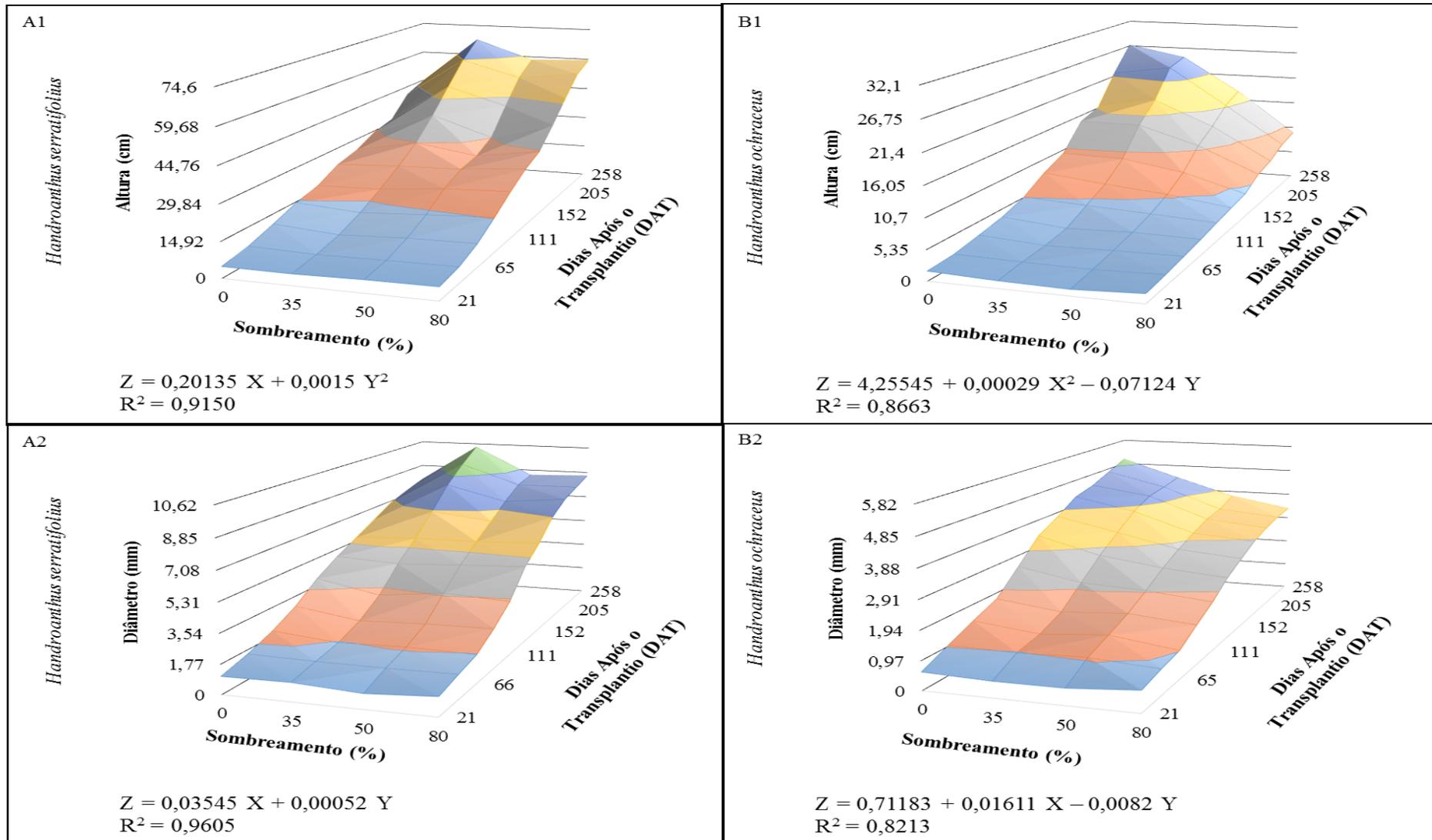


Figura 2: Superfície de resposta e polinômios ajustados das variáveis biométricas: A1- altura (cm) e A2 - diâmetro (mm) de *Handroanthus serratifolius*; e B1- altura (cm) e B2 - diâmetro (mm) de *Handroanthus ochraceus*; em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas polifinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016.

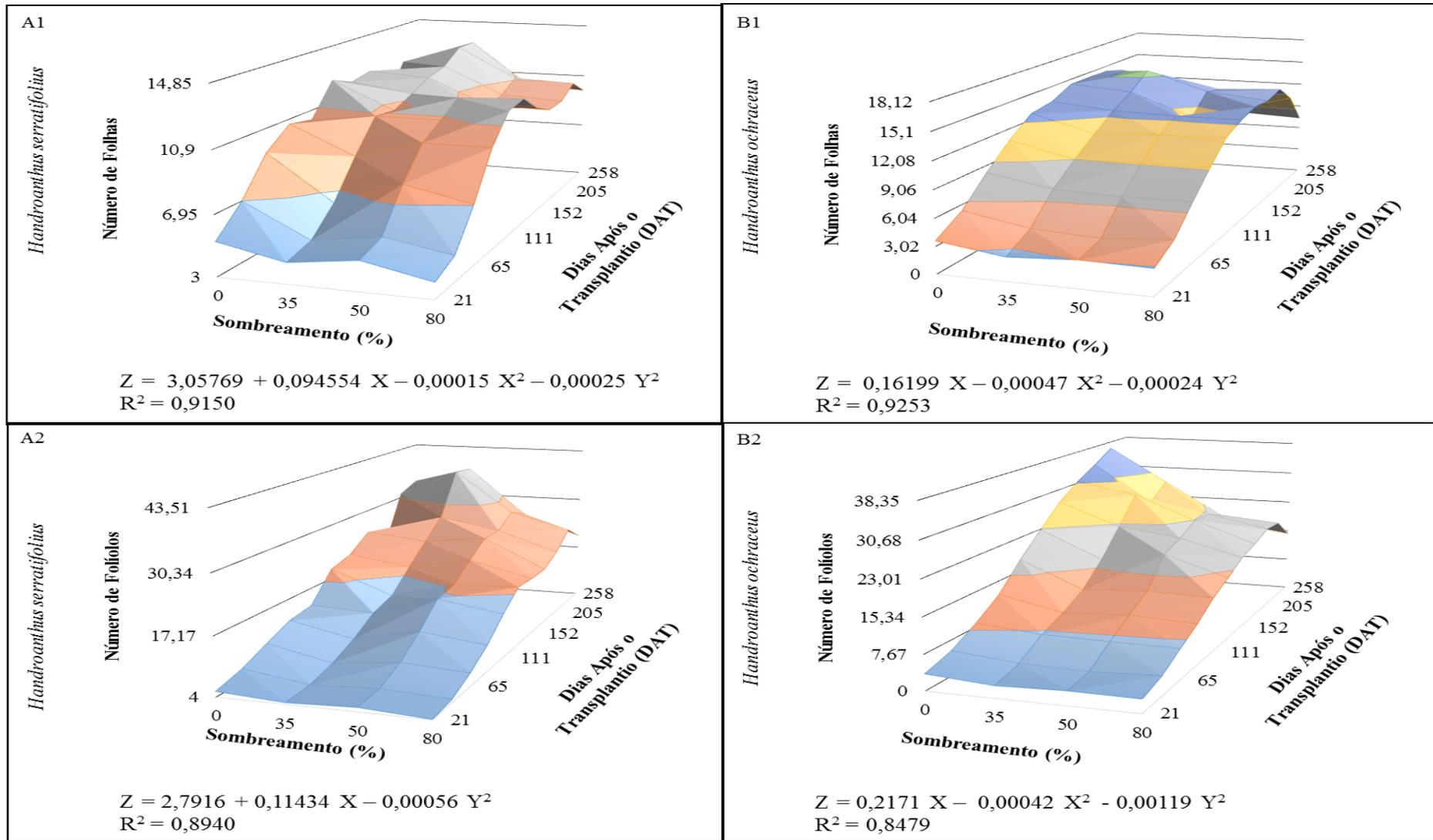


Figura 3: Superfície de resposta e polinômios ajustados das variáveis biométricas: A1- número de folhas e A2 – número de folíolos de *Handroanthus serratifolius*; e B1- número de folhas e B2 – número de folíolos de *Handroanthus ochraceus*; em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas polifinas pretas a 35, 50, 65 e 80% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016.

A demora na estabilização do número de folíolos em relação ao número de folhas ocorre devido à característica morfológica das espécies utilizadas. *H. serratifolius* e *H. ochraceus* são espécies pertencentes a família botânica Bignoniaceae, e apresentam folhas do tipo composta digitada. Nessas espécies após a emissão do par de folhas cotiledonares, as mudas emitem inicialmente um par de folhas simples verdadeiras (Figura 4A1) (Figura 4B1). Em uma fase intermediária as plantas passam a emitir pares de folhas compostas com 3 folíolos (Figura 4 A2) (Figura B2) para posteriormente passar a produzir, desde que não ocorram perturbações no crescimento do ramo, folhas compostas por cinco folíolos (Figura 4A3) (Figura 4B3).

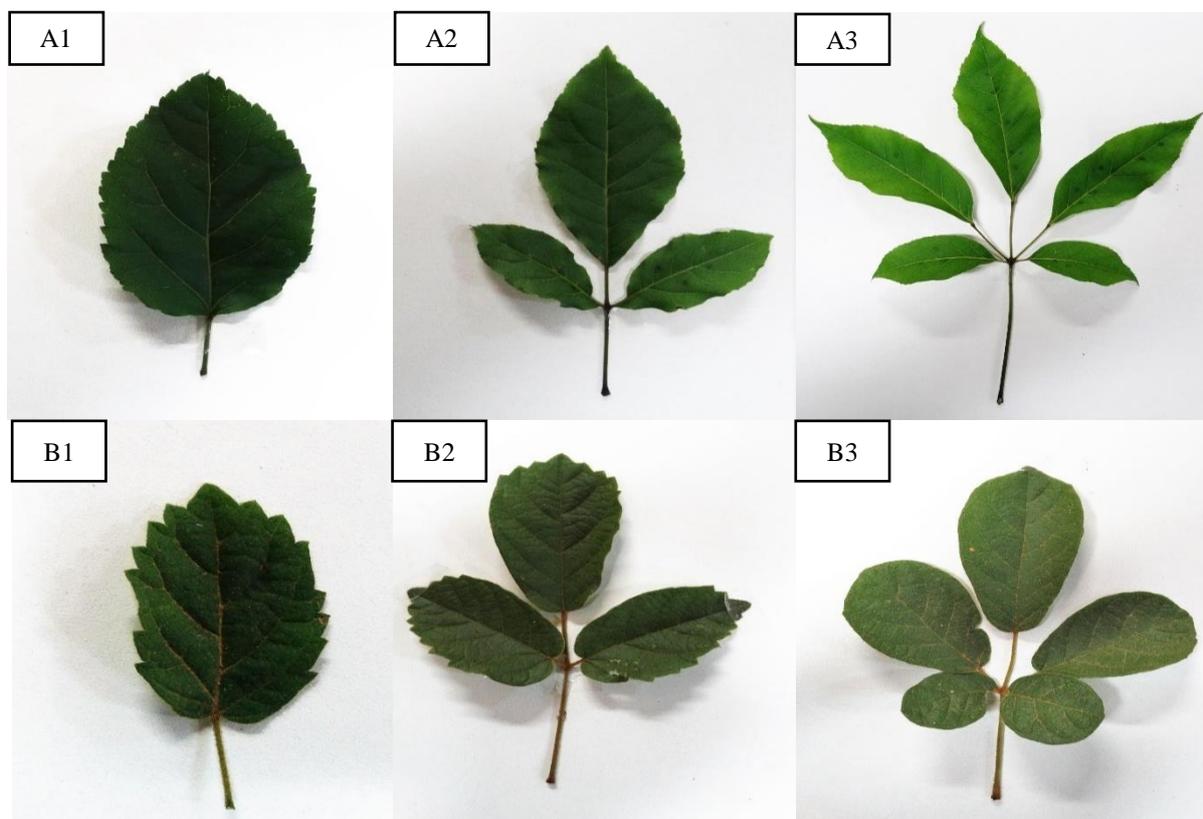


Figura 4: Tipos de folhas digitadas de *Handroanthus serratifolius*: A1- folha simples, A2 – folha trifoliolada (3 folíolos) e A3 - folha digitada (5 folíolos); e *Handroanthus ochraceus*: A1- folha simples, A2 – folha trifoliolada (3 folíolos) e A3 - folha digitada (5 folíolos).

Fonte: Sabino, M., 2016.

Devido a variação encontrada para os dados de área foliar (AF) os valores das variáveis dependentes da área foliar - índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) - foram transformados de forma a satisfazer os critérios para aplicação do teste de Tukey. Assim, as variáveis AF, RAF, IAF e AFE foram logaritimizadas na base 10, em *H. serratifolius* (Tabela 4), e submetidos a raiz quadrada, em *H. ochraceus* (Tabela 5).

A área foliar variou entre as diferentes intensidades de luminosidade. Para a espécie *H. serratifolius* observou-se que a área foliar apresentou as maiores médias na condição pleno sol até 50% de sombreamento (Tabela 4). Em *H. ochraceus*, a melhor média foi observado na condição de 35% de sombreamento, e a condição da tela de 50% proporcionou as menores áreas foliares.

Das variáveis dependentes da área foliar, em *H. serratifolius*, apenas o índice de área foliar (IAF) demonstrou diferença significativa entre os tratamentos luminosos, onde, semelhante aos resultados da área foliar, as mudas sob tela de de até 50% de sombreamento exibiram as maiores médias (Tabela 4). Na espécie de ipê do cerrado a razão de área foliar e o índice de área foliar apresentaram diferenças entres os níveis de sombreamento, sendo os resultados semelhantes aos encontrados para a área foliar (Tabela 5).

Tabela 4: Valores médios, longaritimizados na base 10 -  $\log(10^x)$ , das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de *H. serratifolius* em função das diferentes intensidades de radiação global, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2015-2016.

Intensidade de Sombreamento (%)	AF (cm <sup>2</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	IAF (cm <sup>2</sup> .cm <sup>-2</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
<i>Handroanthus serratifolius</i>				
0	3,2014 A	1,6143 A	0,4414 A	2,0814 A
35	3,2771 A	1,6442 A	0,5214 A	2,1457 A
50	3,3000 A	1,5628 A	0,5428 A	2,1057 A
65	2,8686 B	1,6514 A	0,1114 B	2,1814 A
80	3,0943 AB	1,6000 A	0,3343 AB	2,1571 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5: Valores médios, transformados pela raiz quadrada ( $X^{0,5}$ ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de *H. ochraceus* em função das diferentes intensidades de radiação global, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2015-2016.

	AF (cm <sup>2</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	IAF (cm <sup>2</sup> .cm <sup>-2</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
<i>Handroanthus ochraceus</i>				
0	15,1200 AB	3,9228 AB	0,6314 AB	8,5400 A
35	15,8514 A	5,2728 A	0,6628 A	11,6286 A
50	8,5786 B	3,1800 B	0,3571 B	8,3600 A
65	11,5771 AB	4,2243 AB	0,4843 AB	10,2828 A
80	13,2971 AB	4,4328 AB	0,5557 AB	11,2871 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A alocação de massa seca na folha, caule e raiz, da espécie de ipê *H. serratifolius*, aumentaram até o nível 50% de sombreamento, tendendo a diminuir nas intensidades de bloqueio de radiação superiores (Tabela 6). Em *Handroanthus ochraceus*, contudo, os valores da massa seca decresceram até a condição de 50% de sombreamento, tendendo a aumentar novamente nas telas de 65 e 80% de sombreamento (Tabela 6).

Tabela 6: Valores médios das variáveis de crescimento destrutivos Massa seca de Folhas (MSF), Caule (MSC), Raiz (MSR) e Total (MST) de *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em função das diferentes intensidades de radiação, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2015-2016.

Intensidade de Sombreamento (%)	MSF (g)	MSR (g)	MSC (g)	MST (g)
	<i>Handroanthus serratifolius</i>			
0	14,731 A	16,780 BC	9,301 AB	40,813 AB
35	17,743 A	19,351 AB	12,377 A	49,467 A
50	16,166 A	27,220 A	12,735 A	56,120 A
65	5,204 A	8,756 C	3,130 B	17,090 B
80	9,103 A	15,518 BC	7,144 AB	31,764 AB
<i>Handroanthus ochraceus</i>				
0	3,346 A	11,226 A	2,091 A	16,663 A
35	2,233 AB	6,191 AB	1,161 B	9,584 B
50	1,184 B	4,846 B	0,818 B	6,847 B
65	1,316 B	5,764 B	0,661 B	7,740 B
80	1,514 B	7,464 AB	0,710 B	9,688 B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Do total da matéria seca (MST%) da muda, nas duas espécies de ipê, a maior partição foi observada no órgão raiz. Em *H. serratifolius* aproximadamente 45,76% da massa seca total estava alocada nas raízes. A massa seca de raiz na espécie *H. ochraceus* foi ainda mais representativa, com a médios de todos os tratamentos atingindo (72,20%) da massa seca total (Figura 5).

As folhas foram o segundo órgão, onde encontrou-se a maior alocação de fotoassimilados compreendendo 32,57% e 20,26% da massa seca total nas espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus*, respectivamente. Os tratamentos a pleno sol e 35% exibiram os maiores valores médios de biomassa alocada nesse órgão em comparação as mudas sob sombreamento superior.

A espécie de ipê amarelo *H. serratifolius* exibiu os maiores valores, de Índice de Qualidade de Dickson (IQD) nas mudas que se encontravam na maior intensidade de radiação solar. Os tratamentos com os melhores resultados do IQD foram, sequencialmente, 50%, 35%, Pleno Sol, 80% e 65% de sombreamento (Tabela 7). Em *Handroanthus ochraceus*, as maiores

médias de IQD foram observadas nos tratamentos a pleno sol (2,61) e 80% de sombreamento (2,72).

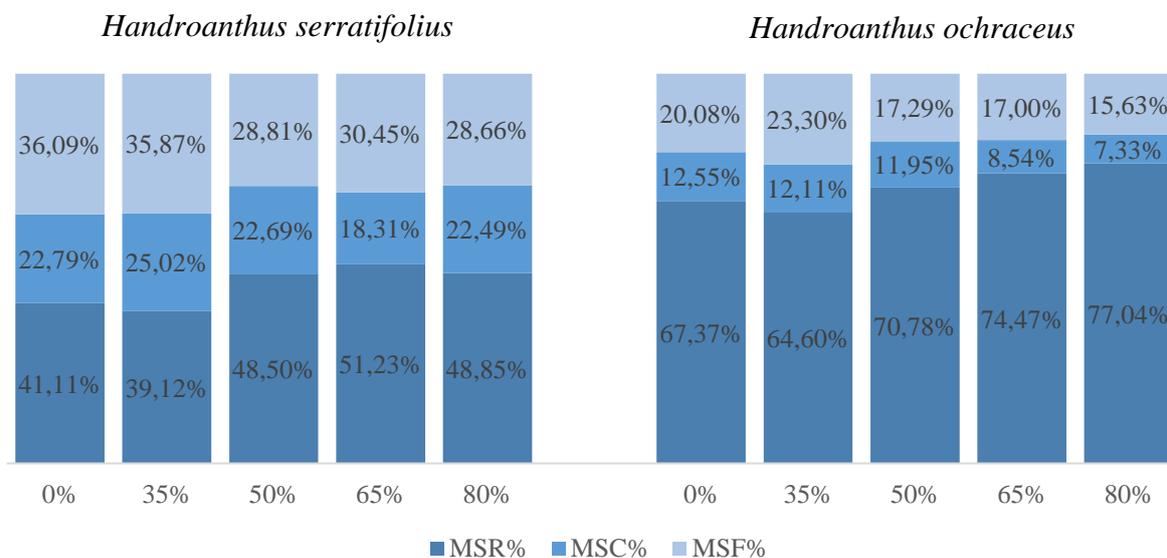


Figura 5: Percentuais médios da massa seca das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) das espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em diferentes intensidades de radiação, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2016.

Tabela 7: Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para as espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em função das diferentes intensidades de radiação, aos 281 DAT, no município de Sinop, MT. 2016.

IQD	Sombreamento				
	0%	35%	50%	65%	80%
<i>H. serratifolius</i>	5,69	6,65	6,66	3,15	3,75
<i>H. ochraceus</i>	2,61	1,73	1,53	1,79	2,72

O ajuste das equações para as variáveis biométricas de crescimento não destrutivos (Altura, diâmetro, número de folhas e número de folíolos) em função do tempo (x) e da intensidade da radiação (y) permitiu, a partir da derivação, determinar o melhor sombreamento ( $dz/dy$ ) e o ponto máximo de dias ( $dz/dx$ ) necessário para se encontrar o maior valor de cada variável (z).

Não foi possível determinar para a altura e diâmetro, em nenhuma das espécies, o ponto máximo da curva, sendo necessário um período maior de coleta de dados para sua determinação (Tabela 8).

Na espécie *Handroanthus serratifolius* foi possível determinar o ponto de máximo apenas para o número de folhas, que correspondeu a 315 dias, sendo o maior número de folhas na condição pleno sol (17,9). Em *Handroanthus ochraceus* foi possível definir o tempo

necessário para atingir o máximo das variáveis como: número de folhas (172 dias) e número de folíolos (258 dias).

Tabela 8: Modelos polinomiais ajustados, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e pontos de máximo (dz/dx) (z max) para altura, diâmetro de coleto, número de folhas e número de folíolos em função do tempo (x) e sombreamento (y) nas espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus*.

	Equação	R <sup>2</sup>	dz/dx	Z max				
				0	35	50	65	80
<i>Handroanthus serratifolius</i>								
<b>Altura</b>	$Z = 0,20135 X + 0,0015 Y^2$	<b>0,915</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diâmetro</b>	$Z = 0,03545 X + 0,00052 Y$	0,9605	-	-	-	-	-	-
<b>Núm. Folhas</b>	$Z = 3,05769 + 0,09454 X - 0,00015 X^2 - 0,00025 Y^2$	0,8339	315	17,9	17,6	17,3	16,9	16,3
<b>Núm. Folíolos</b>	$Z = 2,7916 + 0,11434 X - 0,00056 Y^2$	0,894	-	-	-	-	-	-
<i>Handroanthus ochraceus</i>								
<b>Altura</b>	$Z = 4,25545 + 0,00029 X^2 - 0,07124 Y$	0,8663	-	-	-	-	-	-
<b>Diâmetro</b>	$Z = 0,71183 + 0,01611 X - 0,0082 Y$	0,8213	-	-	-	-	-	-
<b>Núm. Folhas</b>	$Z = 0,16199 X - 0,00047 X^2 - 0,00024 Y^2$	0,9253	172	13,9	13,7	13,4	12,9	12,4
<b>Núm. Folíolos</b>	$Z = 0,2171 X - 0,00042 X^2 - 0,00119 Y^2$	0,8479	258	28,0	26,6	25,1	23,0	20,4

Onde: dz/dx = Derivada da função para determinação do tempo necessário para atingir o maior valor de z; Z max = Maior valor obtido para a variável na data dz/dx.

A análise dos coeficientes de correlação de Pearson permitiu constatar, que a variável altura possui baixa correlação com as demais variáveis de crescimento, em ambas as espécies de ipê (Tabela 9) (Tabela 10). O diâmetro do coleto apresentou correlações moderadas com a maioria das variáveis. As correlações entre diâmetro e massa seca de folha, caule e total em geral foram próximas a 0,75. As variáveis que apresentaram as melhores correlações com todas as variáveis avaliadas, de forma geral, foram: a área foliar, o número de folíolos e o número de folhas.

Tabela 9: Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis de crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de *H. serratifolius*. Sinop, MT. 2016.

<i>Handroanthus serratifolius</i>										
	ALT	DIAM	NF	NFo	AF	MSF	MSR	MSC	MST	IQD
<b>ALT</b>	1,00	0,66	0,33	0,31	0,57	0,54	0,62	0,73	0,67	0,34
<b>DIAM</b>	-	1,00	0,44	0,37	0,69	0,67	0,67	0,71	0,73	0,74
<b>NF</b>	-	-	1,00	0,91	0,78	0,81	0,44	0,66	0,70	0,60
<b>NFo</b>	-	-	-	1,00	0,74	0,75	0,39	0,63	0,64	0,54
<b>AF</b>	-	-	-	-	1,00	0,98	0,71	0,92	0,94	0,84
<b>MSF</b>	-	-	-	-	-	1,00	0,72	0,92	0,96	0,86
<b>MSR</b>	-	-	-	-	-	-	1,00	0,71	0,88	0,83
<b>MSC</b>	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,94	0,74
<b>MST</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,88

ALT: Altura; DIAM: Diâmetro; NF: Número de Folhas; NFo: Número de Folíolos; AF: Área Foliar; MSF: Massa Seca Foliar; MSR: Massa Seca Raiz; MSC: Massa Seca Caule; MST: Massa Seca Total; IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

Tabela 10: Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis de crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de *H. ochraceus*. Sinop, MT. 2016.

<i>Handroanthus ochraceus</i>										
	ALT	DIAM	NF	NFo	AF	MSF	MSR	MSC	MST	IQD
ALT	1,00	0,59	0,47	0,54	0,51	0,65	0,40	0,88	0,58	-0,04
DIAM	-	1,00	0,19	0,20	0,30	0,47	0,75	0,71	0,78	0,62
NF	-	-	1,00	0,88	0,86	0,68	0,10	0,38	0,30	-0,11
NFo	-	-	-	1,00	0,81	0,61	0,15	0,47	0,33	-0,11
AF	-	-	-	-	1,00	0,76	0,26	0,49	0,46	0,04
MSF	-	-	-	-	-	1,00	0,41	0,68	0,66	0,18
MSR	-	-	-	-	-	-	1,00	0,70	0,95	0,87
MSC	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,83	0,33
MST	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,75

ALT: Altura; DIAM: Diâmetro; NF: Número de Folhas; NFo: Número de Folíolos; AF: Área Foliar; MSF: Massa Seca Foliar; MSR: Massa Seca Raiz; MSC: Massa Seca Caule; MST: Massa Seca Total; IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

### 5.3. Crescimento sob telados coloridos

A variável altura, em ambas as espécies de ipê, demonstrou diferenças significativas entre os tratamentos utilizados e o tempo de viveiro, sendo os valores médios crescentes ao longo das avaliações. Os valores médios para todos os tratamentos aos 21 DAT foram de 4,95 e 1,52 cm, alcançando 58,24 e 17,68 cm aos 258 DAT, para *H. serratifolius* e *H. ochraceus*, respectivamente. Contudo, nas avaliações realizadas até os 87 DAT, em ambas as espécies, não foram observadas diferenças significativas no incremento em altura das mudas (Tabela 11) (Tabela 12).

Nas avaliações iniciais não foi observada diferenças biométricas em altura, entre os tratamentos que compuseram os telados. A influência do tipo de cobertura foi vista, na espécie *H. ochraceus*, a partir dos 131 DAT, quando as mudas sob o telado azul passaram a apresentar os menores valores médios (3,25 cm) e as mudas do telado vermelho os maiores valores médios (8,54 cm). Esse padrão de crescimento em altura se manteve até os 258 DAT, quando as mudas atingiram altura média de (9,41 cm) no telado azul e (25,50 cm), sob telado de cor vermelha (Tabela 12).

A diferença estatística entre os tipos de coberturas foi constatada, para *Handroanthus serratifolius*, aos 177 DAT, sendo encontrados os menores valores médios no telado de cor azul (25,37 cm) e os maiores no telado do tipo Aluminet (40,00 cm). Aos 258 DAT o telado azul permaneceu com os menores valores médios (43,81 cm) e o telado de cor vermelho e o

Aluminet as maiores médias (65,69 e 65,19 cm, respectivamente), entretanto não diferiram estatisticamente das telas verde e da preta a 50% de sombreamento.

Os modelos matemáticos da estimativa da altura para as espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em função do tempo demonstraram tendência linear para a maioria dos tratamentos na variável altura (Figura 6).

O diâmetro do coleto apresentou padrão de crescimento semelhante a variável altura, sendo crescente ao longo das avaliações. As médias do diâmetro para todos os tratamentos variaram de (1,03 mm), aos 21 DAT, à (8,90 mm), aos 258 DAT, para *H. serratifolius* (Tabela 11); e de (0,71 mm), aos 21 DAT, à (3,85 mm), aos 258 DAT, para *H. ochraceus* (Tabela 12).

Diferenças estatisticamente significativa, entre as avaliações, contudo, ocorreram somente após os 87 DAT. A influência dos tipos de telados no incremento do diâmetro foi notada a partir dos 111 DAT para *H. serratifolius* e 131 DAT para *H. ochraceus*, exibindo, contudo, padrão de crescimento semelhante em ambas às espécies.

O telado de cor azul proporcionou os menores valores médios em todas as avaliações atingindo (2,72 e 7,26 mm) aos 258 DAT, para as espécies *H. ochraceus* e *H. serratifolius*, respectivamente. Os telados de cores vermelho, verde e o aluminet proporcionaram os maiores diâmetros ao longo do experimento, sendo estatisticamente iguais até os 258 DAT.

A análise da regressão da estimativa do diâmetro de coleto para *H. serratifolius* (Figura 7) com o decorrer do tempo demonstrou tendência linear de incremento. Em *H. ochraceus*, entretanto a análise gráfica da regressão demonstrou tendência à estabilização do incremento em diâmetro próximo a 250 DAT.

Verificou-se que o número de folhas, em todos os tratamentos, apresentou aumento até os 131 DAT para a espécie *H. serratifolius* e 177 DAT em *H. ochraceus*, quando atingiu-se o maior número de folhas, sendo encontrado uma média de (11,96 e 13,89) folhas para *H. serratifolius* e *H. ochraceus*, respectivamente (Tabela 11) (Tabela 12).

A diferença entre os telados foi registrada, em *H. ochraceus*, após 131 DAT, tendo o telado azul obtido o menor número de folhas (10,69) e o telado de cor vermelho (13,69) o maior, apesar de o último não diferir estatisticamente das telas de cores verde, aluminet e preto com 50% de sombreamento. Esse padrão se manteve constante durante as avaliações subsequentes.

A espécie *H. serratifolius*, contudo, demonstrou diferenças entre os telados para esta variável somente aos 205 DAT. Semelhante ao encontrado para *H. ochraceus* a espécie também apresentou o menor número de folhas no telado de cor azul (7,44 folhas aos 258 DAT), enquanto os demais tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 11: Valores médios das variáveis biométricas: altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de *Handroanthus serratifolius* em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 50%; coloridas chromatinet vermelha e azul 50%; frontinet verde 50% e aluminet prata 50% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016.

Telado	Dias Após o Transplante (DAT)										
	21 (27/07/15)	43 (18/08/15)	65 (08/09/15)	87 (30/09/15)	111 (23/10/15)	131 (13/11/15)	152 (04/12/15)	177 (27/12/15)	205 (27/01/16)	235 (26/02/16)	258 (20/03/16)
<b>Altura (cm)</b>											
<b>Preto 50%</b>	5,34 A	6,57 A	9,67 A	13,94 A	20,06 A	23,94 A	25,53 A	30,06 B	41,50 AB	52,12 AB	58,12 A
<b>Aluminet</b>	4,83 A	6,18 A	8,81 A	13,87 A	20,06 A	25,28 A	29,72 A	40,00 A	45,78 A	61,00 A	65,19 A
<b>Azul</b>	4,72 A	6,02 A	8,13 A	12,66 A	17,25 A	19,31 A	21,47 A	25,37 B	33,10 B	41,87 C	43,81 B
<b>Verde</b>	4,42 A	5,84 A	7,76 A	12,22 A	16,97 A	21,66 A	26,03 A	33,28 AB	41,06 AB	50,87 BC	58,37 A
<b>Vermelho</b>	5,45 A	7,53 A	11,46 A	17,00 A	22,28 A	28,50 A	30,53 A	34,31 AB	38,56 AB	59,19 AB	65,69 A
<b>Diâmetro (mm)</b>											
<b>Preto 50%</b>	0,90 A	1,44 A	1,84 A	2,45 A	3,65 AB	4,70 AB	5,76 AB	6,58 AB	7,45 A	8,19 B	8,48 B
<b>Aluminet</b>	0,99 A	1,49 A	1,82 A	2,50 A	3,91 AB	4,91 AB	6,09 A	7,26 A	8,54 A	9,38 A	9,85 A
<b>Azul</b>	1,01 A	1,21 A	1,43 A	2,14 A	2,93 B	4,05 B	4,86 B	5,54 B	6,04 B	6,73 C	7,26 C
<b>Verde</b>	1,00 A	1,33 A	1,64 A	2,50 A	3,33 AB	4,45 B	5,65 AB	6,98 A	8,01 A	8,75 AB	9,22 AB
<b>Vermelho</b>	1,25 A	1,60 A	2,32 A	3,05 A	4,12 A	5,69 A	6,60 A	7,51 A	8,31 A	8,95 AB	9,69 A
<b>Número de Folhas</b>											
<b>Preto 50%</b>	4,94 A	5,44 A	7,94 A	9,87 A	10,75 A	11,69 A	10,44 A	10,00 A	10,25 AB	11,00 B	10,00 AB
<b>Aluminet</b>	4,44 A	5,31 A	7,25 A	9,75 A	11,37 A	11,62 A	10,87 A	11,87 A	11,50 A	13,75 A	12,12 A
<b>Azul</b>	3,94 A	4,81 A	6,87 A	9,18 A	10,50 A	11,87 A	9,81 A	9,87 A	7,81 B	7,37 A	7,44 B
<b>Verde</b>	3,93 A	4,69 A	7,31 A	9,50 A	11,00 A	11,31 A	11,50 A	11,12 A	10,69 AB	11,62 A	12,62 A
<b>Vermelho</b>	4,62 A	5,62 A	8,37 A	11,31 A	12,37 A	13,31 A	12,25 A	12,31 A	12,44 A	12,44 A	12,37 A
<b>Número de Folíolos</b>											
<b>Preto 50%</b>	4,94 A	5,44 A	7,94 A	11,94 A	16,81 A	17,69 A	21,44 AB	21,62 AB	24,81 A	27,81 A	25,75 B
<b>Aluminet</b>	4,44 A	5,31 A	7,25 A	10,62 A	14,44 A	18,44 A	20,56 AB	24,31 AB	26,37 A	33,62 A	30,75 AB
<b>Azul</b>	3,94 A	4,81 A	6,87 A	9,94 A	12,31 A	17,94 A	14,75 B	16,31 B	13,19 B	16,00 B	16,50 C
<b>Verde</b>	3,94 A	4,69 A	7,31 A	9,50 A	12,75 A	17,00 A	20,25 AB	22,25 AB	23,75 A	33,94 A	31,12 AB
<b>Vermelho</b>	4,62 A	5,62 A	8,87 A	12,69 A	16,56 A	23,62 A	26,19 A	28,19 A	30,25 A	30,25 A	38,81 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 12: Valores médios das variáveis biométricas: altura (cm), diâmetro (mm), número de folhas e número de folíolos de *Handroanthus ochraceus* em função do tempo e dos diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 50%; coloridas chromatinet vermelha e azul 50%; frontinet verde 50% e aluminet prata 50% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2015 - 2016.

Telado	Dias Após o Transplante (DAT)										
	21 (27/07/15)	43 (18/08/15)	65 (08/09/15)	87 (30/09/15)	111 (23/10/15)	131 (13/11/15)	152 (04/12/15)	177 (27/12/15)	205 (27/01/16)	235 (26/02/16)	258 (20/03/16)
<b>Altura (cm)</b>											
<b>Preto 50%</b>	1,12 A	1,67 A	2,31 A	3,11 A	4,17 A	5,66 AB	7,87 BC	11,34 BC	13,56 BC	16,37 B	17,87 BC
<b>Aluminete</b>	1,69 A	2,03 A	2,42 A	3,00 A	4,36 A	5,22 AB	6,74 BC	8,84 CD	10,66 CD	12,75 B	13,87 C
<b>Azul</b>	1,34 A	1,65 A	1,99 A	2,52 A	3,07 A	3,25 B	3,94 C	4,75 D	6,54 D	8,10 C	9,41 D
<b>Verde</b>	1,59 A	1,99 A	2,35 A	2,89 A	4,71 A	6,35 AB	9,41 AB	14,53 AB	17,12 AB	20,69 A	21,75 AB
<b>Vermelho</b>	1,84 A	2,34 A	2,79 A	3,94 A	5,54 A	8,54 A	12,37 A	16,97 A	18,75 A	23,22 A	25,50 A
<b>Diâmetro (mm)</b>											
<b>Preto 50%</b>	0,55 A	1,01 A	1,29 A	1,58 A	1,97 A	2,41 AB	2,76 A	3,05 B	3,30 B	3,42 B	3,69 B
<b>Aluminete</b>	0,67 A	1,01 A	1,20 A	1,55 A	1,90 A	2,55 AB	2,88 A	3,32 AB	3,59 AB	3,82 AB	4,05 AB
<b>Azul</b>	0,80 A	0,87 A	0,93 A	1,20 A	1,52 A	1,76 B	1,88 B	2,19 C	2,34 C	2,49 C	2,72 C
<b>Verde</b>	0,72 A	0,93 A	1,09 A	1,55 A	1,90 A	2,49 AB	3,08 A	3,57 AB	3,82 AB	3,96 AB	4,23 AB
<b>Vermelho</b>	0,79 A	1,13 A	1,46 A	1,71 A	2,22 A	2,99 A	3,40 A	3,97 A	4,20 A	4,40 A	4,58 A
<b>Número de Folhas</b>											
<b>Preto 50%</b>	3,06 A	3,69 A	6,75 A	9,19 A	11,25 A	12,37 AB	12,37 B	13,44 A	12,81 A	9,25 B	7,69 B
<b>Aluminete</b>	4,00 A	4,94 A	7,25 A	9,25 A	11,19 A	11,87 AB	12,31 B	14,75 A	14,62 A	11,62 A	8,44 AB
<b>Azul</b>	2,59 A	3,75 A	6,44 A	7,87 A	10,37 A	10,69 B	9,94 C	10,75 B	10,44 B	8,62 B	6,81 B
<b>Verde</b>	3,12 A	3,75 A	6,75 A	9,25 A	11,81 A	12,31 AB	14,25 AB	15,19 A	13,06 A	10,44 AB	8,56 AB
<b>Vermelho</b>	3,69 A	4,69 A	7,75 A	9,94 A	11,69 A	13,69 A	14,75 A	15,31 A	12,69 AB	12,69 A	10,00 A
<b>Número de Folíolos</b>											
<b>Preto 50%</b>	3,06 A	3,69 A	7,00 A	9,94 A	12,75 A	18,87 A	20,56 B	22,94 B	22,69 A	20,56 BC	16,69 BC
<b>Aluminete</b>	4,00 A	4,94 A	7,25 A	10,00 A	14,00 A	16,87 A	20,37 B	26,31 AB	28,00 A	23,75 AB	18,56 AB
<b>Azul</b>	2,50 A	3,75 A	6,44 A	7,87 A	10,37 A	11,12 B	11,94 C	13,56 C	14,12 B	15,12 C	12,31 C
<b>Verde</b>	3,12 A	3,75 A	6,75 A	9,50 A	13,19 A	15,94 AB	23,62 AB	29,44 A	25,12 A	23,19 AB	20,19 AB
<b>Vermelho</b>	3,69 A	4,69 A	8,00 A	10,81 A	13,62 A	20,50 A	27,75 A	31,44 A	27,56 A	27,56 A	23,44 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

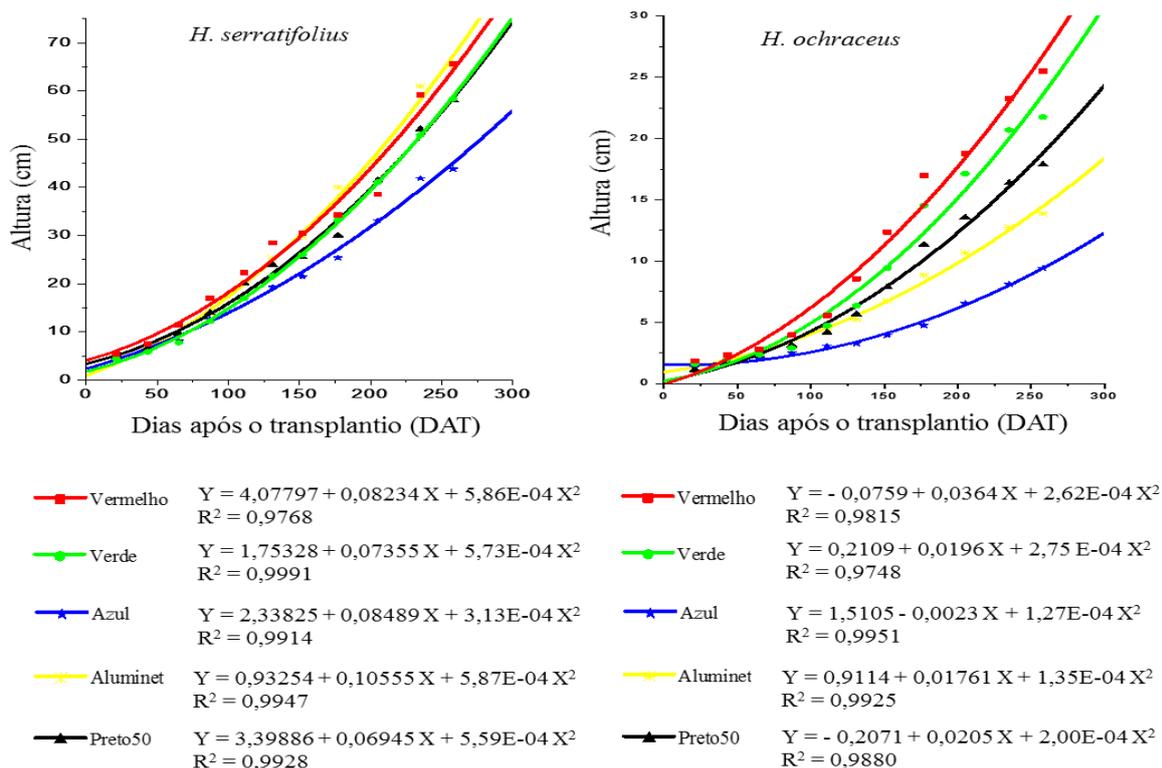


Figura 6: Polinômios ajustados para a altura das espécie *H. serratifolius* e *H. ochraceus* nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

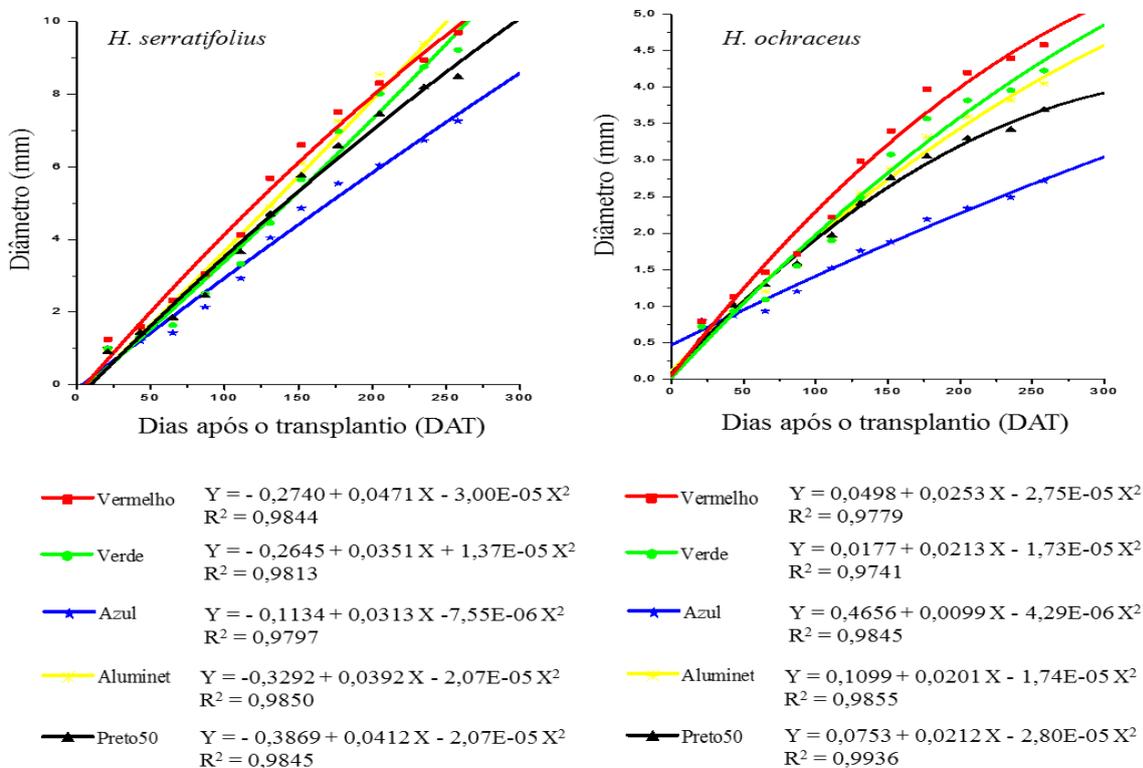


Figura 7: Polinômios ajustados para a diâmetro (mm) para as espécie *H. serratifolius* e *H. ochraceus* nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

As análises de regressão da estimativa do número de folhas para ambas as espécies demonstraram tendência linear de aumento até os 150 DAT. Em *H. serratifolius*, notou-se estabilização do número de folhas após esse período. Em *H. ochraceus*, entretanto, a análise da regressão permite a constatação da fenofase senescência das folhas após esse período (Figura 8).

Diferente da variável número de folhas o número dos folíolos, em *H. serratifolius*, manteve-se crescente ao longo das avaliações, cujos valores médios, para todos os tratamentos, variaram de (4,38 a 28,59) folíolos dos 21 aos 258 DAT, respectivamente (Tabela 11). A espécie *H. ochraceus*, entretanto, após os 177 DAT apresentou paralização da emissão de novos folíolos, proporcionando um valor médio de 18,24 folíolos aos 257 DAT (Tabela 12).

Entre os telados, para ambas as espécies, o número de folíolos, apresentou o mesmo padrão de crescimento das demais variáveis estudadas, exibindo na tela de cor azul os menores valores médios, assim como, o telado de cor vermelha os maiores valores médios, apesar de não diferir das telas verde e aluminet.

A análise da regressão para a estimativa do número de folíolos apresentou comportamento linear para *H. serratifolius* e quadrático para *H. ochraceus* diminuindo, após 200 DAT (Figura 9).

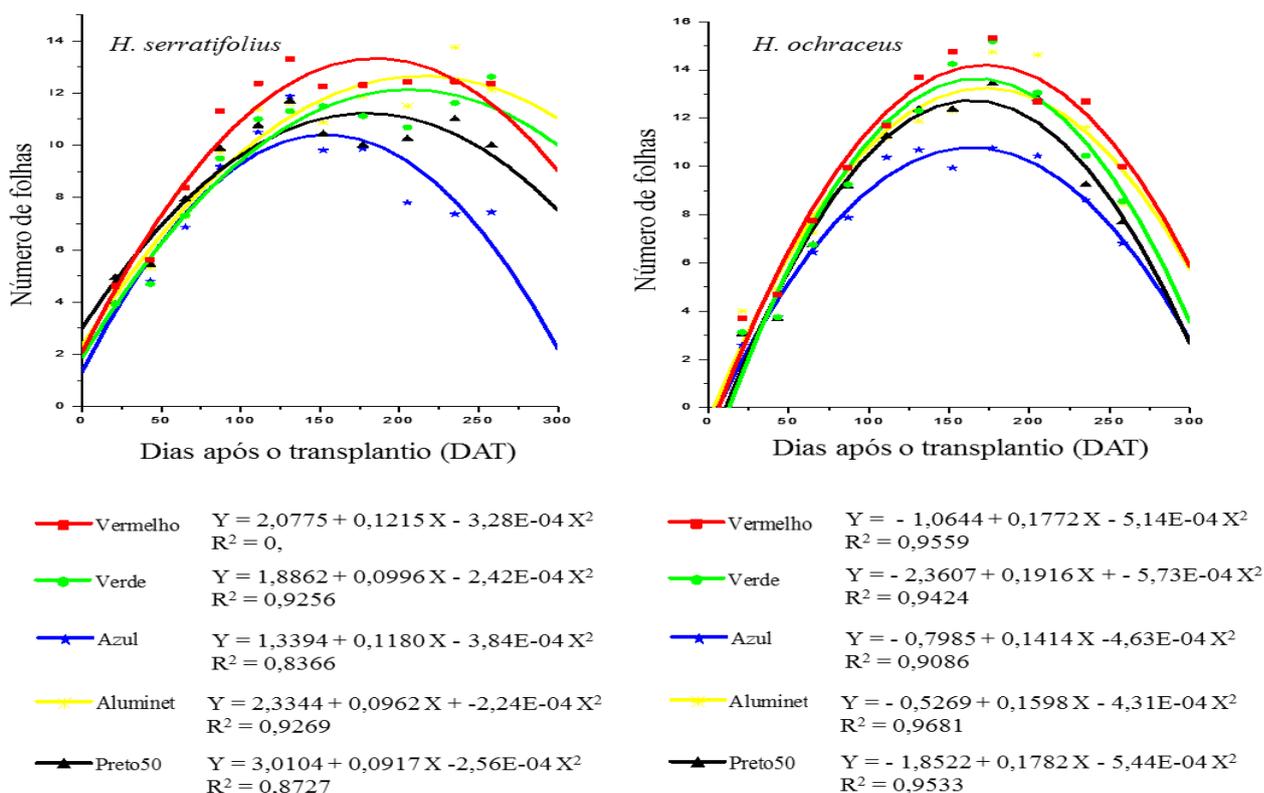


Figura 8: Polinômios ajustados para a número de folhas das espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

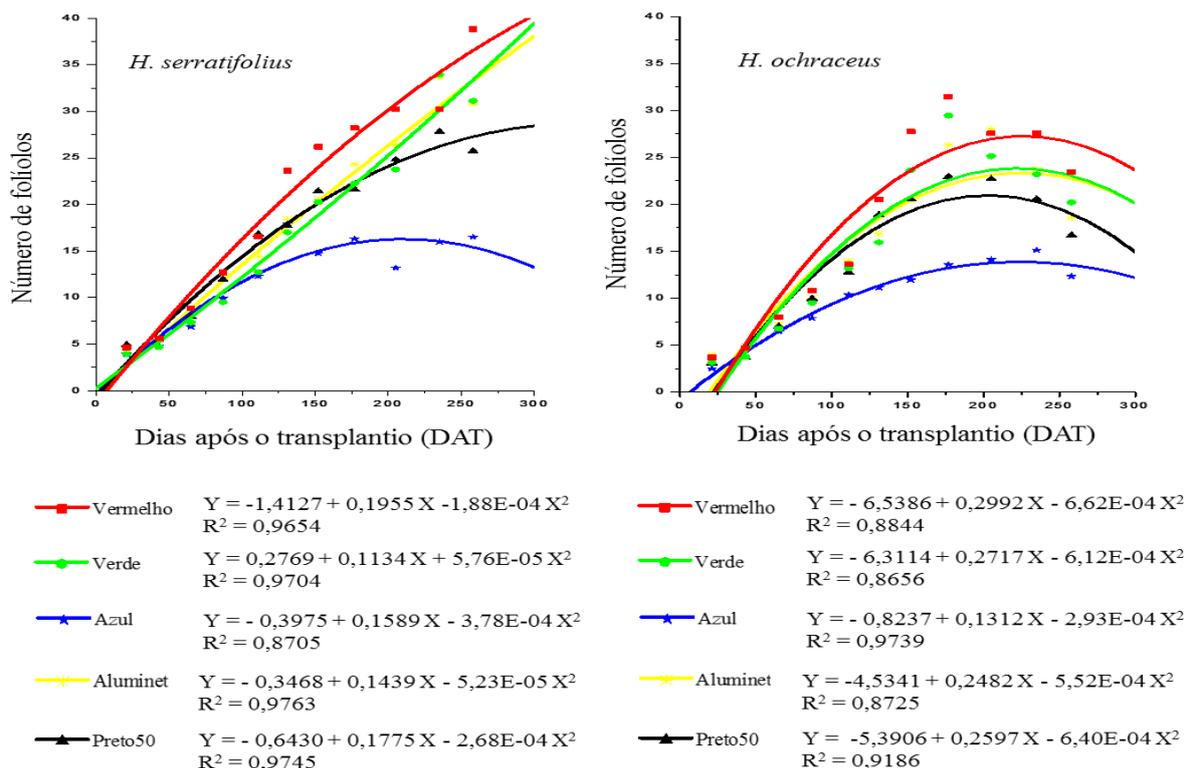


Figura 9: Polinômios ajustados para a número de folíolos das espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* nos diferentes ambientes de cultivo com telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

A área foliar, de *H. serratifolius*, variou entre as diferentes intensidades de luminosidade, sendo a as maiores áreas foliares encontradas nas telas vermelha e azul; e os menores médias na tela de 50% de sombreamento (Tabela 13).

Das variáveis dependentes da área foliar, em *H. serratifolius*, o índice de área foliar (IAF) e a área foliar específica (AFE) demonstraram diferença significativa entre os tratamentos luminosos. As maiores médias de IAF, semelhante aos resultados encontrados para as variáveis não destrutivas, foram encontradas nas telas vermelha e preto 50% e as piores na tela azul (Tabela 13). Para a variável AFE as telas vermelha e verde expressaram as maiores e menores médias respectivamente (Tabela 13).

Para as mudas de *H. ochraceus*, entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos luminosos, para nenhuma das variáveis concernentes à (Tabela 14).

Tabela 13: Valores médios, logaritimizadas na base 10 ( $\text{Log } 10^x$ ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de *H. serratifolius* em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

Tratamento	AF (cm <sup>2</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	IAF (cm <sup>2</sup> .cm <sup>-2</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
<i>Handroanthus serratifolius</i>				

<b>Preto 50%</b>	3,3400 B	1,5833 A	0,5833 A	2,1167 AB
<b>Aluminet</b>	3,2300 AB	1,5457 A	0,4728 AB	2,1000 AB
<b>Azul</b>	3,0214 A	1,5928 A	0,2643 B	2,1128 AB
<b>Verde</b>	3,2743 AB	1,6100 A	0,5186 AB	2,1443 A
<b>Vermelho</b>	3,3414 A	1,5900 A	0,5857 A	2,0586 B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 14: Valores médios, transformados por raiz quadrada ( $X^{0,5}$ ), das variáveis de crescimento destrutivos: Área Foliar (AF), Razão de Área Foliar (RAF), Índice de Área Foliar (IAF) e Área Foliar Específica (AFE) de *H. ochraceus* em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

Tratamento	AF (cm <sup>2</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	IAF (cm <sup>2</sup> .cm <sup>-2</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
	<i>Handroanthus ochraceus</i>			
<b>Preto 50%</b>	8,3890 A	3,4720 A	0,3500 A	8,6120 A
<b>Aluminet</b>	9,1214 A	3,5528 A	0,3814 A	11,6443 A
<b>Azul</b>	8,6928 A	4,7314 A	0,3657 A	11,4800 A
<b>Verde</b>	9,3700 A	3,1557 A	0,3900 A	7,7628 A
<b>Vermelho</b>	12,2885 A	3,7128 A	0,5128 A	9,9543 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que o uso da tela colorida vermelha, na espécie *H. serratifolius* proporcionou a maior alocação da massa seca foliar (MSF) (20,248 g.). Em contrapartida a alocação da biomassa nas folhas no tratamento, cuja tela colorida era a azul foi significativamente menor (9,467 g.) (Tabela 15). A biomassa incorporada nos demais órgãos vegetais (massa seca de raiz –MSR- e massa seca de caule –MSC) não diferiram entre os tratamentos.

A influência dos telados pode ser observada na alocação da biomassa entre os órgãos da espécie de ipê *H. ochraceus*, no qual, a tela de cor azul gerou as menores massas secas significativas para a MSR (3,168 g.) e MSC (0,267 g). A tela de cor vermelha proporcionou a maior alocação de carboidratos na forma de biomassa para a espécie (1,566 g de MSF; 7,658 g. de MSR; e 2,044 g. de MSC) (Tabela 15).

Tabela 15: Valores médios das variáveis de crescimento destrutivos: Massa seca de Folhas (MSF), Caule (MSC), Raiz (MSR) e Total (MST) de *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

Tratamento	MSF (g)	MSR (g)	MSC (g)	MST (g)
	<i>Handroanthus serratifolius</i>			
<b>Preto 50%</b>	17,993 AB	29,470 A	14,260 A	61,727 A
<b>Aluminet</b>	14,493 AB	22,986 A	13,416 A	50,890 A
<b>Azul</b>	9,467 B	14,793 A	5,630 A	29,887 A
<b>Verde</b>	14,336 AB	22,057 A	12,324 A	48,713 A
<b>Vermelho</b>	20,248 A	24,804 A	14,718 A	59,770 A

<i>Handroanthus ochraceus</i>				
<b>Preto 50%</b>	1,052 A	4,083 AB	0,814 BC	5,948 B
<b>Aluminet</b>	0,751 A	5,781 AB	0,767 BC	7,300 AB
<b>Azul</b>	0,650 A	3,168 B	0,267 C	4,082 B
<b>Verde</b>	1,414 A	5,904 AB	1,414 AB	8,730 AB
<b>Vermelho</b>	1,566 A	7,658 A	2,044 A	11,270 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A partição da massa seca total (MST%) entre os órgãos folha (MSF%), caule (MSC%) e raiz (MSR%), demonstrou que, ambas as espécies, alocaram fotoassimilados preferencialmente nas raízes (Figura 10).

Em *Handroanthus serratifolius* aproximadamente 45,84% da massa seca total foi alocada nas raízes. O segundo órgão com mais biomassa alocada na espécie foram as folhas (30,52%) e apenas 23,64% dos fotoassimilados foram para o caule.

A partição de biomassa em *H. ochraceus* demonstrou que aproximadamente  $\frac{3}{4}$  dos produtos da fotossíntese foram alocados nas raízes (72,20%). A distribuição da massa seca entre o caule (13,01%) e folhas (14,80%) foi semelhante nas mudas dessa espécie.

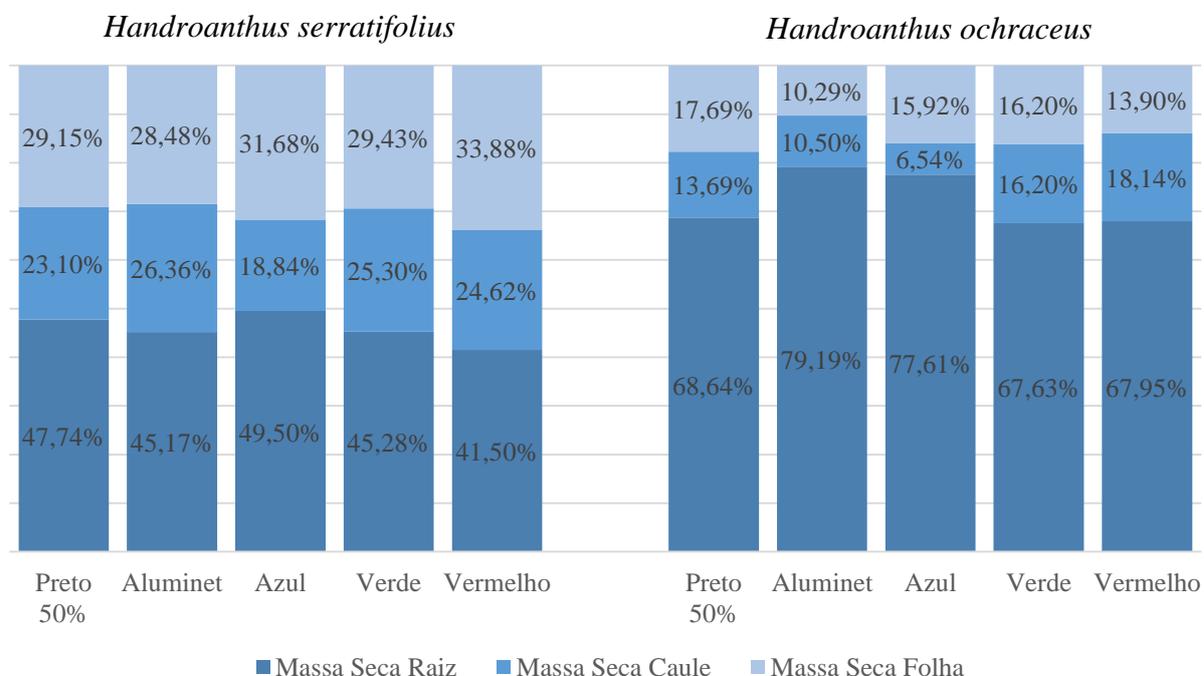


Figura 10: Percentuais médios da massa seca das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) particionados para as espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em diferentes condições de cultivo sob telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016

Os maiores valores de índice de Dickson (IQD) foram observados nas telas das cores Vermelha e Preta 50% em *Handroanthus serratifolius* e nos tratamentos cujos telados foram o Vermelho e o Aluminet para a espécie *Handroanthus ochraceus*. Em contrapartida, a tela colorida azul exibiu os piores valores médios de IQD para as duas espécies (Tabela 16).

Tabela 16: Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para as espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* em função dos diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016

IQD	Sombreamento				
	Preto 50%	Aluminet	Azul	Verde	Vermelho
<i>H. serratifolius</i>	7,22	6,16	4,13	5,88	6,32
<i>H. ochraceus</i>	1,25	1,82	1,37	1,55	1,68

A variável altura, em *Handroanthus serratifolius*, não apresentou boa correlação com as demais variáveis de crescimento pelo teste de correlação de Pearson. O diâmetro do coleto demonstrou correlações altamente significativas com a massa seca da folha, raiz e total. A correlação entre diâmetro e as variáveis foliares (área foliar, número de folhas e número de folíolos) também exibiu correlações médias superiores a 0,70 para na maioria dos tratamentos (Tabela 17).

De forma semelhante, a variável altura, em *Handroanthus ochraceus*, também exibiu baixa correlação com as demais variáveis de crescimento. As correlações com diâmetro do coleto, contudo, não foram significativas ( $> 0,60$ ) na maioria dos tratamentos nesta espécie (Tabela 18).

Tabela 17: Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis do crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de *H. serratifolius* mantidas em diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

<i>Handroanthus serratifolius</i>										
	ALT	DIAM	NF	NFo	AF	MSF	MSR	MSC	MST	IQD
ALT	1,00	0,69	0,40	0,47	0,62	0,62	0,53	0,75	0,65	0,36
DIAM	-	1,00	0,53	0,63	0,83	0,80	0,81	0,78	0,85	0,82
NF	-	-	1,00	0,94	0,70	0,75	0,50	0,60	0,63	0,55
NFo	-	-	-	1,00	0,77	0,82	0,60	0,65	0,72	0,64
AF	-	-	-	-	1,00	0,96	0,85	0,84	0,93	0,85
MSF	-	-	-	-	-	1,00	0,85	0,86	0,95	0,86
MSR	-	-	-	-	-	-	1,00	0,80	0,96	0,95
MSC	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,92	0,76
MST	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,92

ALT: Altura; DIAM: Diâmetro; NF: Número de Folhas; NFo: Número de Folíolos; AF: Área Foliar; MSF: Massa Seca Foliar; MSR: Massa Seca Raiz; MSC: Massa Seca Caule; MST: Massa Seca Total; IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

Tabela 18: Coeficientes da correlação de Pearson para as variáveis do crescimento não-destrutivas, destrutivas e Índice de Qualidade de Dickson de *H. serratifolius* mantidas em diferentes ambientes de cultivo em telas coloridas no município de Sinop, MT. 2016.

<i>Handroanthus ochraceus</i>										
	ALT	DIAM	NF	NFo	AF	MSF	MSR	MSC	MST	IQD
ALT	1,00	0,73	0,27	0,50	0,38	0,40	0,54	0,90	0,65	0,01
DIAM	-	1,00	-0,07	0,20	0,21	0,29	0,62	0,71	0,66	0,42
NF	-	-	1,00	0,74	0,57	0,55	0,07	0,21	0,20	-0,18
NFo	-	-	-	1,00	0,77	0,76	0,28	0,54	0,46	0,04
AF	-	-	-	-	1,00	0,85	0,49	0,52	0,62	0,31
MSF	-	-	-	-	-	1,00	0,49	0,53	0,65	0,33
MSR	-	-	-	-	-	-	1,00	0,70	0,97	0,75
MSC	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,82	0,27
MST	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,67

ALT: Altura; DIAM: Diâmetro; NF: Número de Folhas; NFo: Número de Folíolos; AF: Área Foliar; MSF: Massa Seca Foliar; MSR: Massa Seca Raiz; MSC: Massa Seca Caule; MST: Massa Seca Total; IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

O ajuste das equações para as variáveis biométricas não destrutivas (Altura, diâmetro, número de folhas e número de folíolos) descreveram parábolas, as quais, a partir da derivação ( $dy/dx$ ) foi possível determinar o ponto (x), em dias, necessário para se encontrar o valor máximo da variável (y).

Não foi possível determinar para o altura e diâmetro (Figura 6 e Figura 7, respectivamente) o ponto máximo da curva, em nenhuma das espécies, sendo necessário um período maior de coleta de dados para sua determinação (Tabela 19).

Nas regressões para as variáveis número de folhas (Figura 8) e número de folíolos (Figura 9) foi possível determinar o ponto de máximo na maioria dos tratamentos. Em *H. serratifolius* o tempo necessário para se alcançar o máximo de folhas variou de 154 a 215 dias (tela azul e aluminet, respectivamente), estando a tela de cor vermelha no período intermediário, cerca de 185 dias (Tabela 19).

Apesar do número máximo de folhas ter sido determinado para *H. serratifolius*, o ponto máximo do número de folíolos só foi encontrado nos tratamentos com menor incremento da variável, nas telas azul (210 dias) e preta 50% (331 dias) (Figura 9; Tabela 19).

Em *H. ochraceus* o tempo necessário para a emissão do número máximo de folhas demonstrou curta variação entre os tratamentos, estando os limites entre 164 e 173 dias, nos telados azul e aluminet, respectivamente. Para esta espécie foi possível, ainda, determinar o tempo para alcançar o número máximo de folíolos, que variou de 203 dias no telado de cor azul a 226 dias no telado de cor vermelho.

Tabela 19: Modelos polinomiais ajustados ( $y = a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot x^2$ ), seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo ( $dy/dx$ ) para altura, diâmetro de coleto, número de folhas e número de folíolos em função do tempo ( $x$ ) nas espécies *H. serratifolius* e *H. ochraceus* crescendo em diferentes ambientes de cultivo em telas poliefinas pretas a 50%; coloridas chromatinet vermelha e azul 50%; frontinet verde 50% e aluminet prata 50% de bloqueio da radiação global no município de Sinop, MT. 2016.

	<i>Handroanthus serratifolius</i>						<i>Handroanthus ochraceus</i>					
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$R^2$	$dy/dx$	$y \max$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$R^2$	$dy/dx$	$Y \max$
<b>ALTURA</b>												
<b>Preto 50%</b>	3,3989	0,0695	5,59E-04	0,9928	-	-	0,2071	0,0205	2,00E-04	0,9880	-	-
<b>Aluminet</b>	0,9325	0,1056	5,87E-04	0,9947	-	-	0,9114	0,0176	1,35E-04	0,9925	-	-
<b>Azul</b>	2,3383	0,0849	3,13E-04	0,9914	-	-	1,5105	-0,0023	1,27E-04	0,9951	-	-
<b>Verde</b>	1,7533	0,0736	5,73E-04	0,9991	-	-	0,2109	0,0196	2,75E-04	0,9748	-	-
<b>Vermelho</b>	4,0780	0,0823	5,86E-04	0,9769	-	-	-0,0759	0,0364	2,62E-04	0,9815	-	-
<b>DIÂMETRO</b>												
<b>Preto 50%</b>	-0,3869	0,0412	-2,07E-05	0,9845	-	-	0,0753	0,0212	-2,80E-05	0,9936	-	-
<b>Aluminet</b>	-0,3292	0,0392	8,21E-06	0,9850	-	-	0,1099	0,0201	-1,74E-05	0,9855	-	-
<b>Azul</b>	-0,1134	0,0313	-7,55E-06	0,9797	-	-	0,4656	0,0099	-4,29E-06	0,9845	-	-
<b>Verde</b>	-0,2645	0,0351	1,37E-05	0,9813	-	-	0,0177	0,0213	-1,73E-05	0,9741	-	-
<b>Vermelho</b>	-0,2740	0,0471	-3,00E-05	0,9844	-	-	0,0498	0,0253	-2,75E-05	0,9779	-	-
<b>NÚMERO DE FOLHAS</b>												
<b>Preto 50%</b>	3,0104	0,0917	-2,56E-04	0,8727	179	11,22	-1,8522	0,1782	-5,44E-04	0,9533	164	12,74
<b>Aluminet</b>	2,3344	0,0962	-2,24E-04	0,9269	215	12,66	-0,5269	0,1598	-4,63E-04	0,9086	173	13,26
<b>Azul</b>	1,3394	0,1180	-3,84E-04	0,8366	154	10,40	-0,7985	0,1414	-4,31E-04	0,9681	164	10,80
<b>Verde</b>	1,8862	0,0996	-2,42E-04	0,9170	206	12,13	-2,3607	0,1916	-5,73E-04	0,9424	167	13,66
<b>Vermelho</b>	2,0775	0,1215	-3,28E-04	0,9256	185	13,33	-1,0644	0,1772	-5,14E-04	0,9559	172	14,21
<b>NÚMERO DE FOLÍOLOS</b>												
<b>Preto 50%</b>	-0,6430	0,1775	-2,68E-04	0,9745	331	28,75	-5,3906	0,2597	-6,40E-04	0,9186	203	20,95
<b>Aluminet</b>	-0,3468	0,1439	-5,23E-05	0,9763	-	-	-4,5341	0,2482	-5,52E-04	0,8725	225	23,37
<b>Azul</b>	-0,3975	0,1589	-3,78E-04	0,8705	210	16,30	-0,8237	0,1312	-2,93E-04	0,9739	224	13,86
<b>Verde</b>	0,2769	0,1134	5,76E-05	0,9704	-	-	-6,3114	0,2717	-6,12E-04	0,8656	222	23,84
<b>Vermelho</b>	-1,4127	0,1955	-1,88E-04	0,9654	-	-	-6,5386	0,2992	-6,62E-04	0,8844	226	27,27

## 6. DISCUSSÃO

O uso das telas de sombreamento nas condições do experimento, permitiu alterações no desenvolvimento de diversas variáveis do crescimento em ambas as espécies de ipê estudadas. Assim infere-se que *Handroanthus ochraceus* e *Handroanthus serratifolius* são sensíveis a mudanças na intensidade e qualidade do espectro de radiação durante sua fase inicial de desenvolvimento.

As diferenças de crescimento, entre as avaliações, contudo, foi notada, de forma mais expressiva, somente após os 87 DAT, correspondente ao final da estação seca, devido provavelmente a série de modificações no ambiente, como maior umidade do ar e diminuições da temperatura, da amplitude térmica, do período de insolação e da quantidade de radiação global, causadas com a chegada das chuvas (Figura 1; Tabela 1).

Uma das funções do uso de telas de sombreamento é o bloqueio de parte da radiação global incidente. Uma das hipóteses para que as diferenças de crescimento das mudas entre os tratamentos, nas primeiras avaliações, não tenham sido estatisticamente significativas, baseia-se na ideia de que mesmo com bloqueio de parte da radiação, durante a estação seca, a quantidade de energia que atinge as mudas, nas telas com mais de 50% de sombreamento, ainda é suficiente para suprir todo o aparato fotossintético, sendo que a área foliar e a demanda de fotoassimilados ainda é baixa (Figura 2; Figura 3).

Além disso, as modificações nas condições do ambiente, como o decréscimo na amplitude térmica entre o dia e a noite com uma maior umidade relativa, podem ter favorecido o crescimento das mudas por permitirem menores chances de estresse hídrico e aquecimento das folhas, na estação chuvosa.

### 6.1. Intensidade de radiação no crescimento das mudas

As mudas de *H. serratifolius* exibiram aumento da altura quando submetidas as menores intensidades de radiação. Esses resultados são semelhantes aos encontrados na literatura para espécies como *Simanrouba amara* Aulb (AZEVEDO et al., 2010), *Caesalpinia ferrea* (LIMA et al., 2008), *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth e *Sterculia foetida* (CAMERA; ENDRES, 2008), nas quais, o crescimento superior em altura, das plantas sombreadas, aconteceu como uma resposta de fuga ao déficit de luz, ocasionando estiolamento ainda na fase de muda.

Como organismos autotróficos sésseis as plantas devem ajustar seu crescimento durante mudanças nas condições ambientais, tais quais as flutuações da intensidade de radiação, de modo a otimizar a atividade fotossintética (FRANKLIN, 2008). A capacidade dos vegetais de se adaptarem a condições de sombreamento é possível devido a alterações nas rotas metabólicas

e na expressão genética (OH; MONTGOMERY, 2013), causadas, em geral, pela ação de uma série de fotorreceptores (FRANKLIN; QUAIL, 2010).

As respostas das plantas ao sombreamento variam de forma intra e interespecífica, conferindo vantagens seletivas à adaptação de diferentes ambientes (FRANKLIN, 2008). Ciolfi et al. (2013), relatam duas estratégias dos vegetais em resposta a competição por luz: a tolerância e a fuga ao sombreamento.

Plantas tolerantes ao sombreamento apresentam adaptações nas estruturas fotossintéticas para otimizar a eficiência à baixa intensidade luminosa (FRANKLIN, 2008), como folhas delgadas, alto conteúdo de clorofila e rearranjo das células do mesófilo (MIDDLETON, 2001). Espécies intolerantes ao sombreamento, contudo, quando submetidas a baixa radiação desenvolvem uma série de respostas comumente conhecidas como síndrome de fuga ao sombreamento (SMITH; WHITELAM, 1997; FRANKLIN, 2008).

O crescimento em altura pode ser considerado uma boa variável de avaliação da adaptabilidade dos vegetais às variações na intensidade de luz, uma vez que essa variável é muito influenciado pela condição de luminosidade do ambiente (AGUIAR et al., 2011). Em dicotiledôneas o fenômeno mais marcante como resposta das plantas para evitar o sombreamento é o rápido alongamento do caule de forma a elevar o aparato fotossintético acima da copa das plantas competidoras (FRANKLIN; QUAIL, 2010).

Além do alongamento do caule, as plantas do grupo intolerante ao sombreamento, inicialmente exibem outras respostas sob condições de baixa radiação como aumento da área foliar e reduções no diâmetro do coleto e incorporação da biomassa (MARKESTEIJN; POORTER, 2009; CARON et al., 2010; CIOLFI et al., 2013; LEGNER et al., 2013).

A redução de 50% da intensidade de radiação pode causar decréscimo de até 60% na assimilação líquida de CO<sub>2</sub> em espécies sensíveis ao sombreamento (CASSOL et al., 2007) devido a redução da atividade fotossintética (OLIVEIRA et al., 2016), dessa forma plantas sombreadas tendem a aumentar a área foliar para maximizar a absorção de energia (TEIXEIRA et al., 2013). Contudo, o custo de investimento no órgão foliar somente é possível devido a realocação dos fotoassimilados de outras partes da planta, o que proporciona menores diâmetros.

Nas mudas de *Handroanthus serratifolius* foi possível notar que apesar da altura (Tabela 2), ter sido maior sob menores intensidades luminosas o diâmetro do coleto não diferiu entre as plantas sob pleno sol, 50% e 80% de sombreamento, indicando que a espécie poderia ser classificada como uma planta pouco tolerante ao sombreamento, uma vez que, o crescimento do caule, quando sombreado, ocorreu preferencialmente em altura.

Além do crescimento desigual do caule, *H. serratifolius*, exibiu a menor incorporação de biomassa sob malha de 80% (Figura 5). Esse resultado pode ser explicado, visto que, as mudas sob esta condição exibiram após 258 DAT médias inferiores em todos as variáveis referentes ao órgão folha (número de folhas, número de folíolos, área foliar, razão de área foliar, índice de área, área foliar específica e massa seca foliar).

Em espécies sob sombreamento é comum haver maior alocação de fotoassimilados para produção e modificação das folhas (LEGNER et al., 2013; GIERTYCH et al., 2015). Esse efeito ocorre conforme a teoria da partição otimizada (THORNLEY 1972; BLOOM et al., 1985), na qual as plantas investem na produção dos componentes que facilitem a aquisição do recurso limitante no ambiente (GIERTYCH et al., 2015). Nas espécies que compõem o grupo das intolerantes o gradiente de alocação da biomassa ocorre preferencialmente para o órgão folhas, permitindo o aumento da exploração de luz para a fotossíntese (MARKESTEIJN; POORTER, 2009).

Apesar das variáveis foliares terem exibido médias inferiores aos 258 DAT, nas mudas de *H. serratifolius* sob a 80% de sombreamento (Tabela 4), observa-se que as médias do número de folhas nesta condição se mantiveram entre as mais altas até os 131 DAT, indicando que até esse período as mudas investiram no aporte de material orgânico no aparato fotossintético e no crescimento em altura como tentativa de evitar o sombreamento. O decréscimo do número de folhas indica que a quantidade de energia disponível para a planta, nesta condição, é insuficiente para suprir o investimento nos tecidos foliares das plantas por longos períodos de sombreamento (CIOLFI et al., 2013; PINTO et al., 2016). Assim, o sombreamento de 80%, por períodos maiores do que 4 meses, em mudas da espécie pode ser considerado prejudicial.

Plantas de *H. serratifolius* sob pleno sol, por outro lado, apesar de apresentar crescimento em altura reduzido exibiram desenvolvimento em diâmetro do colo, número de folhas e assimilação de massa seca total intermediária entre os tratamentos.

Plantas crescendo sob alta intensidade de radiação, em geral, apresentam alta taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (OLIVEIRA et al., 2016). Contudo, sob tais condições, as plantas estão expostas a alta temperatura foliar o que pode levar ao fechamento estomático e consequentemente diminuição da absorção de CO<sub>2</sub> durante parte do dia (CUI et al., 2006; HAMERLYNCK; KNAPP, 1996). Limitações na assimilação de CO<sub>2</sub> impostas pelo fechamento estomático podem promover desbalanço na cadeia de transferência de elétrons, levando a superexcitação e consequentemente fotoinibição e danos ao centro de reação dos fotossistemas (LI et al., 2009) induzindo, assim, o consumo de parte dos produtos da

fotossíntese na recuperação do aparelho fotossintético e diminuindo a alocação dos produtos da fotossíntese em outros processos vegetativos como o incremento em altura.

As mudas de *H. serratifolius* sob 50% de sombreamento também apresentaram alocação menor de biomassa para o crescimento do diâmetro do coleto e número de folhas, entretanto, nesta condição a área foliar e a biomassa das folhas, caule e total se encontram entre os maiores valores. Infere-se que as mudas da espécie, apesar de sofrer certo nível de estiolamento, a 50% de sombreamento, conseguem se desenvolver de maneira satisfatória nesta condição.

O uso da tela de 35% sombreamento pode ter proporcionado reduções na temperatura e aumento da umidade do ambiente, favorecendo o crescimento, sem, contudo, reduzir a intensidade da radiação disponível aos níveis mínimos necessários para que o processo fotossintético e outros processos metabólicos ocorram de forma satisfatória, para as mudas da espécie, visto que, *Handroanthus serratifolius* é comumente classificado, na sucessão ecológica, como uma espécie secundária inicial (LORENZI, 1992), ou seja, apresenta alta capacidade de se desenvolver em ambientes abertos, com alta luminosidade, contudo, é adaptada, ainda, a certo nível de sombreamento, geralmente causado pela presença de espécies heliófilas iniciais.

A espécie de ipê amarelo do cerrado, *Handroanthus ochraceus*, exibiu decréscimo de todas as variáveis com o aumento do sombreamento (Tabela 3), tendo sido observado, até os 65 DAT, respostas típicas de fuga ao sombreamento, como o aumento em altura e número de folhas das mudas submetidas a condições acima de 65% de sombreamento. Contudo, as reduções no desenvolvimento sob as malhas se tornou evidente após esse período demonstrando pouca adaptabilidade das mudas a condição de baixa intensidade de radiação.

Em ambas as espécies as mudas sob tela de 65% de sombreamento apresentaram os menores valores médios para as variáveis de crescimento destrutivas (Tabela 4; Tabela 6) e não destrutivos (Tabela 2; Tabela 3; Figura 2; Figura 3). Isso ocorreu, possivelmente devido a forma de disposição dos tratamentos no campo experimental. A tela de preta de 65% de sombreamento foi montada ao lado da tela azul, de forma que durante o período antecedente ao pôr do sol as mudas podem ter sido expostas ao sombreamento proporcionado pela malha de coloração azul prejudicando o seu crescimento.

A alocação da biomassa seca, indiferente do tratamento, ocorreu preferencialmente nos órgãos raízes das espécies de Ipê Amarelo da Amazônia (45,76% da MST) e Ipê Amarelo do Cerrado (70,85% da MST) (Figuras 5 e 10). A distribuição da massa seca entre os órgãos de um vegetal é uma característica inerente a cada espécie (BENINCASA, 2003) sendo, comumente, influenciadas por alterações no ambiente (COSTA, 2010).

Muitas espécies intolerantes ao sombreamento apresentam alta necessidade de água e nutrientes para suprir sua elevada taxa fotossintética e crescimento rápido (MARKESTEIJN; POORTER, 2009). Essas espécies quando encontradas em ambientes xéridos (SCHENK; JACKSON, 2002) ou com longos períodos de seca (PAZ, 2003; MARKESTEIJN; POORTER, 2009) investem em raízes profundas aumentando a probabilidade de encontrar nutrientes e água (MARKESTEIJN; POORTER, 2009).

As espécies utilizadas no estudo, em especial *H. ochraceus*, apesar de apresentar ampla distribuição são encontradas com frequência em ambientes perturbados e ecossistemas com baixa disponibilidade hídrica, em pelo menos parte do ano, como o bioma cerrado, assim, a alocação de biomassa nas raízes pode ser considerada uma estratégia da espécie as condições típicas desses ambientes.

## **6.2. Qualidade da radiação no crescimento das mudas**

Todas as variáveis biométricas não destrutivas (altura, diâmetro, número de folhas e número de folíolos), em *H. serratifolius* e *H. ochraceus*, foram afetados significativamente pelas malhas coloridas (Tabelas 10, 11, 12 e 13). As alterações na radiação solar causadas pelos telados de cor vermelha proporcionaram os melhores resultados. Em contrapartida os efeitos do telado azul causaram retardo no desenvolvimento vegetativo das mudas.

A relação entre os efeitos da qualidade da radiação e o desenvolvimento do vegetal ainda não são claras. De forma geral, as modificações no espectro de radiação é um fator importante no crescimento dos vegetais por causar alterações morfoanotômicas (GOMES et al., 2008). Alguns autores, não corroborando com os resultados deste trabalho, relatam não terem encontrado influência do comprimento de onda no desenvolvimento de diversas espécies de plantas superiores (COSTA et al., 2010; HENRIQUE et al., 2011; MELO et al., 2009), contudo, os mesmos autores, notaram diferenças quantitativas no incremento das variáveis das mudas crescendo sob telas vermelhas e azul, sendo os resultados, em geral, superiores na primeira malha.

As malhas fotoconversoras Chromatinet são fabricadas de forma a atingir um sombreamento de (50%) e alterar o espectro de luz, proporcionando, sob a tela azul transmitância na banda dos 470 nm (azul), além de picos na região do Vermelho Distante e infravermelho (acima dos 750 nm), e, sob a tela Vermelha, maior transmitância nos comprimentos acima de 590nm (vermelho), reduzindo ondas azuis, verdes e amarelas (BRANT, 2009).

Os comprimentos nas bandas do Vermelho (V) e Vermelho Distantes (Vd) vem sendo extensivamente estudados em plantas devido a sua participação em fotorreceptores como os fitocromos (CRAIG, RUNKLE, 2013; SHIMAZAKI, TUKUTOMI, 2013; BROUWER et al., 2014, FRANKLIN et al., 2014), uma classe de fitoreceptores que atuam de forma direta em diferentes processos metabólicos como a germinação, estabilização das sementes, florescimento, dominância apical, abertura estomática, distribuição da biomassa e escape ao sombreamento (FRANKLIN; QUAIL, 2010).

Os fitocromos são moléculas sintetizadas no escuro, com absorção ótima de luz nos comprimentos do vermelho (660 nm) e vermelho distante (730 nm) (FRANKLIN; QUAIL, 2010), com capacidade de perceber mudanças no sombreamento do ambiente devido a interconversão entre sua forma ativa, devido a exposição a luz no vermelho, para sua forma inativa, quando exposta aos comprimentos do vermelho distante (MATSUDA et al., 2004).

Variações no balanço de luz do V:Vd podem ser percebidas pelas plantas como uma situação de sombreamento, causada por competição com árvores vizinhas (CIOLFI et al., 2013), levando, assim, a estimulação de respostas como a alocação de fotoassimilados de forma a favorecer o alongamento do caule (OREN-SHAMIR et al., 2001).

Apesar do uso de telas possuir o potencial de causar modificações no balanço de luz do V:Vd não existe consenso entre os pesquisadores quanto a influência do uso de telas coloridas nas respostas fisiológicas como o escape ao sombreamento. Autores como Oren-Shamir et al., (2001) e Costa (2010) relatam terem encontrado desenvolvimento superior de *Pittosporum variegatum* e *Ocimum seeloi*, respectivamente, em telas de cor vermelha, contudo, esses mesmos autores relatam que diferenças significativas só foram encontradas quando comparadas com plantas submetidas a pleno sol, sendo as diferenças médias das variáveis de crescimento, em telas vermelha, semelhantes ao desenvolvimento das plantas em telas preta com 50% de redução da radiação, assim como, nas telas verde, aluminet e azul.

No presente estudo o uso do telado vermelho conferiu diferenças significativas ao crescimento das mudas do ipê-amarelo quando comparadas com as telas azul e preta 50% (*Handroanthus ochraceus*) e azul e aluminet (*Handroanthus serratifolius*), porém, confirmado pelo trabalho de Oreal (2001), a distribuição da biomassa nas mudas não ficou restrita ao crescimento em altura, não podendo, dessa forma, atribuir o desempenho da tela unicamente a resposta dos fitocromos ao sombreamento, mas sim, a um provável aumento de vigor vegetal causado pela exposição a este comprimento de onda.

As variáveis relativas à área foliar são utilizadas pela sua relação com a capacidade fotossintética do vegetal. Assim, o menor desenvolvimento observado nas mudas sob telado

azul podem estar relacionadas a redução das variáveis foliares como o número de folhas e folíolos, área foliar e razão de área foliar.

A razão de área foliar, segundo Silva (2000), é o quociente entre a superfície foliar e a matéria seca total da planta, e indica a área foliar necessária para produzir 1 g de biomassa seca total. As mudas sob telado azul apresentaram os maiores valores de RAF indicando menor eficiência por área de folha para incorporar a mesma quantidade de  $\text{CO}_2$ , em comparação aos demais tratamentos. O alto valor da RAF associado as baixas médias do número de folhas, folíolos e da área foliar, nesta condição, proporcionaram menor capacidade fotossintética do vegetal, diminuindo a incorporação de biomassa e inibindo o crescimento.

A plasticidade fenotípica observada nas variáveis foliares, em geral, estão associados com o regime de intensidade luminosa, sendo a redução da área foliar relatada em plantas submetidas a pleno sol (CAMERA; ENDRES, 2008; LIMA et al., 2008; AZEVEDO et al., 2010). A redução na razão de luz vermelho:azul, causada pelo ambiente sob condição do telado vermelho, conforme Costa (2010), é responsável pelo aumento da área foliar, assim como, sob tela azul, onde a relação de azul:vermelho é alta, pode ocorrer a inibição do desenvolvimento.

Os comprimentos de onda da luz azul são considerados vitais para o desenvolvimento das plantas superiores por participar de uma série de eventos fotomorfogênicos bem como dos processos de abertura estomática, formação de clorofilas, cloroplastos e do ciclo circadiano (KANG et al., 2008; DEMARSY; FRANKHAUSER, 2009; MATSUDA et al., 2004), estando assim, diretamente ligada a fixação de carbono pela fotossíntese.

A luz azul, contudo, também é reconhecida por causar inibição do alongamento do caule e expansão da área foliar (SAEBO et al., 1995; DOUGHER; BUGBEE, 2004). Visto que ambientes deficientes nesse comprimento de onda causam o alongamento dos internós (RUNKLE; HEINS, 2001)

Plantas crescendo sob luz azul, segundo Leite et al. (2008), podem manter os estômatos abertos mesmo em condições não ideais como horários de alta temperatura, prejudicando o crescimento das plantas. Além disso, os processos de alongamento do caule ocorrem preferencialmente na ausência da luminosidade (MYSTER, 1999), contudo, segundo Fraszczak (2013), a exposição de plantas ao comprimento de onda da luz, mesmo por períodos curtos, nos horários antecedentes ao anoitecer, inibe o crescimento e a alocação de biomassa devido, provavelmente, a redução das formas ativas dos fitocromos.

### FOTOOXIDAÇÃO

## 6.3. Parâmetros Qualidade

Em viveiros florestais existe uma série de parâmetros que podem ser utilizados para a determinação da qualidade de mudas comerciais. Os critérios de seleção, contudo, nem sempre determinam a qualidade real do material, uma vez que esta varia entre as diferentes espécies, e dentro da mesma espécie, entre diferentes sítios (CARNEIRO, 1995). A escolha de uma variável para qualidade das mudas, então, deve mostrar boa representatividade dos aspectos de desenvolvimento do vegetal, além de, ser de fácil mensuração e não causar danos as mudas.

A altura é um dos parâmetros mais utilizados para determinar a qualidade das mudas em viveiro, devido a fácil mensuração e ser feita de forma não destrutiva (GOMES et al., 2002). O crescimento em altura, contudo, segundo Rudek et al. (2013), nem sempre é uma boa variável de qualidade, visto que, o mesmo é muito influenciado pelo ambiente, podendo sob certas condições gerar mudas estioladas, as quais apresentam baixa qualidade em campo.

No presente estudo a altura, em geral, não apresentou boa correlação, pelo teste de Pearson a 5%, com as demais variáveis do crescimento (Tabelas 8, 9, 16 e 17). Como a altura das mudas sofreu alta influência do sombreamento, apresentando estiolamento em condições de baixa luminosidade, as mudas com maiores alturas não foram necessariamente as mais adequadas, uma vez que, nestas condições as mesmas são suscetíveis ao tombamento após o plantio.

O diâmetro do coleto é outra variável do crescimento amplamente utilizado devido, a sua fácil mensuração e correlação com a sobrevivência das mudas em campo (CARNEIRO, 1995) por garantir maior sustentação (OLIVEIRA et al., 2009) e está diretamente relacionado a com a assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e sua transformação em fotoassimilados (PAIVA et al., 2010). Em geral a utilização do diâmetro como padrão de qualidade é feita de forma complementar a mensuração da altura, visto que, segundo Campos; Uchida (2002), espera-se que mudas a serem utilizadas apresentem equilíbrio entre estes dois parâmetros.

A variável diâmetro do coleto no presente estudo apresentou correlação média com os demais parâmetros, para a espécie *Handroanthus serratifolius*, sendo altamente correlacionada com o incremento em massa seca de raiz, folha, caule e total.

O bom desenvolvimento do sistema radicular é outra variável importante na qualidade das mudas, devido a sua relação com o transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera (CARNEIRO, 1995). O peso seco de raiz, segundo Eloy et al. (2013), é reconhecida como um importante variável na sobrevivência das mudas no campo. A utilização dessa variável como índice de qualidade, contudo, pode apresentar dificuldade operacional na sua obtenção, por ser um método destrutivo e necessitar de equipamentos como estufa.

José et al. (2005), pesquisando a produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) verificou que o crescimento do sistema radicular apresentou correlação significativa com outras variáveis, porém, a resposta mais evidente foi com o diâmetro do colo, tornando essa variável um bom indicador do desenvolvimento das raízes.

A área foliar é considerada uma variável confiável para determinar a qualidade das mudas devido a sua relação direta com a capacidade fotossintética do vegetal (MAFIA et al., 2005). No presente estudo a área foliar apresentou boas correlações com a maioria dos resultados apresentados nos diferentes tratamentos (Tabela 8 e 16).

A área foliar em *H. serratifolius* demonstrou correlações acima de 90% com a massa seca total, assim essa variável é determinante para o bom desenvolvimento das mudas. Semelhante a área foliar o crescimento das diferentes partes da planta respondeu de forma significativa ao incremento no número de folhas e folíolos. Essas variáveis apresentam vantagens para avaliação de qualidade devido a facilidade de obtenção em campo e não necessitarem de equipamentos ou destruição das mudas.

O índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um método científico (DICKSON et al., 1960) que considera a interação entre diversos parâmetros do desenvolvimento vegetal (RUDEK et al., 2013), sendo amplamente utilizado como indicativo de qualidade por representar a robustez e o equilíbrio da distribuição dos fotoassimilados no corpo da planta (AZEVEDO et al., 2010).

Entretanto, observou-se nas mudas de *Handroanthus ochraceus* que apesar do desenvolvimento das mudas sob tela de 80% apresentar os menores valores dos parâmetros biométricos o IQD das mesmas foi semelhante ao das mudas na condição a pleno sol, cujo crescimento com base nas medidas alométricas foi considerado o melhor para a espécie.

O IQD equivalente entre as mudas dos tratamentos a pleno sol e 80% de sombreamento (Tabela 6 e 14) ocorreu devido ao equilíbrio de crescimento em altura e diâmetro existente para as mudas da espécie. Na tela de 80% de sombreamento, apesar dos menores valores dos parâmetros biométricos a distribuição da biomassa ocorreu de forma similar entre os órgãos, aumentando o valor do Índice de Dickson. Dessa forma, sugere-se que o uso do índice de Qualidade de Dickson deve estar associado a outra variável do crescimento como: diâmetro, a área foliar, número de folhas e folíolos para se determinar com maior eficácia a qualidade das mudas de *Handroanthus serratifolius* e *Handroanthus ochraceus*.

#### 6.4. Considerações Finais

As respostas de crescimento de *Handroanthus serratifolius* indicam que as mudas da espécie podem ser cultivadas tanto sob pleno sol como em telas de sombreamento que não ultrapassem 50% do bloqueio da radiação solar global. As mudas de melhor qualidade, contudo, podem ser alcançadas em telas de 35% de sombreamento, visto que, esta condição disponibiliza quantidades luminosas suficiente para o crescimento e o desenvolvimento das mudas associadas a proteção física e prováveis reduções na temperatura e aumento da umidade relativa do ar.

A espécie de ipê amarelo do cerrado, *Handroanthus serratifolius*, devido à alta sensibilidade ao sombreamento deve ser produzida preferencialmente a pleno sol ou em telas de 35% de sombreamento, visando obter mudas com mais biomassa incorporada e sem estiolamento do caule.

O uso da tela colorida vermelha demonstrou potencial de aumentar a qualidade das mudas de ambas as espécies de ipê. Contudo, como a tela Chromatinet vermelha são fabricadas de forma a bloquear 50%, e ambas as espécies demonstraram melhores respostas de crescimento sob telas de 35% de sombreamento em relação às de 50%, sugere-se novos estudos para verificar o crescimento de mudas sob telas coloridas com diferentes intensidades de bloqueio da radiação global.

## 7. CONCLUSÃO

- O uso de telas de sombreamento pretas em diferentes intensidades influencia os variáveis de crescimento biométrico (altura, diâmetro, número de folhas e número de folíolos) e na massa seca total das mudas das espécies *Handroanthus serratifolius* e *Handroanthus ochraceus*.
- As mudas de melhor qualidade foram obtidas nas menores intensidades de sombreamento, em telas de 35% de sombreamento. O uso sombreamentos superiores a 50%, contudo, podem ser considerados prejudiciais ao crescimento das mudas, causando estiolamento em *H. serratifolius* e redução do crescimento em *H. ochraceus*
- Ambas as espécies são sensíveis as mudanças na qualidade do espectro da radiação, sendo o uso de tela colorida vermelha responsável por produzir mudas de maior qualidade, enquanto a tela azul proporcionou menor crescimento em todas as variáveis biométricas.
- O período máximo de permanência das mudas em viveiro, em relação ao crescimento das mudas, é de aproximadamente 6 meses, visto que, após esse período o incremento em diâmetro tende a estabilizar, assim como, há decréscimo no número de folhas e folíolos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AGUIAR, F.F.A.; SHOEY, K.; TAVARES, A.R.; NASCIMENTO, T.D.R. do; ROCCO, F.M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, 2011.
- ALVES, E.; ALVES, J.P.R.; BARBOSA, D.; FRIES, D.D. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. Oeiras sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, v.38, p. 109-115, 2008.
- ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; JUNIOR, E.C.L.; MAGALHÃES, M.M. Effects of Different Light Levels on the Initial Growth and Photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. In Southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 53-57, 2003.
- AZEVEDO, I.M.G.; ALENCAR, R.M.; BARBOSA, A.P.; ALMEIDA, N.O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 157 – 164, 2010.
- BARBER, J. Photosynthetic energy conversion: natural and artificial. **Chemical Society Reviews**, London, v. 38, p. 185-196, 2009.
- BRANT, R.S.I.; PINTO, J.E.B.; ROSA, L.F.; ALBUQUERQUE, C.J.; FERRI, P.H.; CORRÊA, R.M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, 2009.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 41.
- BLOOM, A.J.; CHAPIN, F.S.; MOONEY, H.A. Resource limitation in plants an economic analogy. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 16, p. 363–392, 1985.
- BROTOSUDARMO, T.H.P; PRIHASTYANTI, M.N.U.; GARDINER, A.T.; CAREY, A.M.; COGDELL, R.J. The Light Reactions of Photosynthesis as a Paradigm. **Energy Procedia**, v. 47, p. 283-289, 2014.
- BROUWER, B.; GARDESTRÖM, P.; KEECH, O. In response to partial plant shading, the lack of phytochrome A does not directly induce leaf senescence but alters the fine-tuning of chlorophyll biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 14, p. 4037–4049, 2014
- BUNDCHEN, M. **Estrutura foliar, conteúdo de clorofila e composição nutricional de espécies arbóreas em uma área de interface floresta ombrófila mista/floresta estacional decidual**. 2012. 95 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

- CÂMARA C.; ENDRES L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas: *Mimosa caesalpinifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 43-51, 2008.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 281-288, 2002.
- CARON, B.O.; DE SOUZA, V.Q.; CANTARELLI, E.B.; MANFRON, P.A.; BEHLING, A.; CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UNEF, 1995. 451p.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MANFRON, P.A.; NETO, D.D.; LIER, Q.J.V.; MÜLLER, L.; MARTIN, T.N. Radiação Solar e Aspectos Fisiológicos Na Cultura De Soja - Uma Revisão. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 2, 102-120 2007.
- CASSOL, D.; FALQUETO, A.R.; BACARIN, E.M.A. Fotossíntese em *Mentha piperita* e *Melissa officinalis* sob sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 576-578, 2007.
- CHAGAS, J.H.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FERRAZ, E.O.; BOTREL, P.P.; SANTOS, F.M. Produção de biomassa seca em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob malhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. S3422-S3427, 2010.
- CHITNIS, P.R. Photosystem I: function and physiology. **Annual review of plant biology**, v. 52, n. 1, p.593-626, 2001.
- CIOLFI, A.; SESSA, G.; SASSI, M.; POSSENTI, M.; SALVUCCI, S.; CARABELLI, M.; COSTA, L.C.D.B.; PINTO, J.E.B.P.; CASTRO, E.M.D.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S.K.V.; ROSAL, L.F. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p.349-359, 2010.
- CRAIG, D.S.; RUNKLE, E.S. A moderate to high red to far-red light ratio from light-emitting diodes controls flowering of short-day plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 138, n.3, p.167-172. 2013.
- CRUZ, J.A.; AVENSON, T.J.; KANAZAWA, A.; TAKIZAWA, K.; EDWARDS, G.E.; KRAMER, D.M. Plasticity in light reactions of photosynthesis for energy production and photoprotection. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 395-406, 2005.
- CUI, L.; LI, J.; FAN, Y.; XU, S.; ZHANG, Z., High temperature effects on photosynthesis, PSII functionality and antioxidant activity of two *Festuca arundinacea* cultivars with different heat susceptibility. **Botanical studies**, v. 47, n. 1, p.61-69, 2006.
- DEKKER, J.P.; BOEKEMA, E.J. Supramolecular organization of thylakoid membrane proteins in green plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1706, p. 12-39, 2005.

- DEMARSY, E.; FANKHAUSER, C. Higher plants use LOV to perceive blue light. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, p. 69-74, 2009.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960.
- DOUGHER, T.; BUGBEE, B. Long-term blue light effects on the histology of lettuce and soybean leaves and stems. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, p. 467–472, 2004.
- EBERHARD, S.; FINAZZI, G.; WOLLMAN, F.A. The dynamics of photosynthesis. **Annual review of genetics**, v. 42, p.463-515, 2008.
- EDELMAN, M., MATTOO, A.K. D1-protein dynamics in photosystem II: the lingering enigma. **Photosynthesis Research**, v. 98, p. 609–20, 2008.
- ELAD, Y.; MESSIKA, Y.; BRAND, M.; DAVID, D.R.; SZTEJNBERG, A. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). **Phytoparasitica**, v. 35, p. 285-299, 2007.
- ELOY, E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 683-689, 2010.
- ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v.43, n.3, p. 373-384, 2013.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.
- FRASZCZAK, B. Effect of short-term exposure to red and blue light on dill plants growth. **Horticultural Science**, v. 40, n. 4, p. 177-85, 2013.
- FRANKLIN, K.A. Shade avoidance. **New Phytologist**, v. 179, n. 4, p.930-944, 2008.
- FRANKLIN, K.A.; QUAIL, P.H. Phytochrome functions in *Arabidopsis* development. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, p. 11–24, 2010.
- FRANKLIN, K.A.; TOLEDO-ORTIZ, G.; PYOTT, D.E.; HALLIDAY, K.J. Interaction of light and temperature signalling. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 11, p. 2859–2871, 2014.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras MG: UFLA, 2010.
- GIERTYCH, M.J.; KAROLEWSKI, P.; OLEKSYN, J. Carbon allocation in seedlings of deciduous tree species depends on their shade tolerance. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 10, p.1-15, 2015.

- GOMES, I.A.C.; CASTRO, E.M. de; SOARES, A.M.; ALVES, J.D.; ALVARENGA, M.I.N.; MELO, A.A.M.; ALVARENGA, A.D. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don 'Pacifica White' por malhas coloridas: desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n.2, p.514-520, 2009.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfofisiológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- HAMERLYNCK, E.; KNAPP, A.K. Photosynthetic and stomatal responses to high temperature and light in two oaks at the western limit of their range. **Tree Physiology**, v. 16, n. 6, p.557-565, 1996.
- HENRIQUE, P.C.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; GOULART, P.F.P.; LIVRAMENTO, D.E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 458-465, 2011.
- HOHMANN-MARRIOTT, M. F.; BLANKENSHIP, R. E. Evolution of Photosynthesis. **Annual review of plant biology**, v. 62, p. 515-548, 2011.
- JOSÉ A.C.; DAVIDE A.C.; OLIVEIRA S.L. Produção de mudas de aroeira (*schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.
- JUNGE, W.; NELSON, N. ATP synthase. **Annual review of biochemistry**, v. 84, p. 631-657, 2015.
- KANG, B.; GRANCHER, N.; KOYFFMANN, V.; LARDEMER, D.; BURNEY, S.; AHMAD, M. Multiple interactions between cryptochrome and phototropin blue-light signalling pathways in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, n. 227, p. 1091–1099, 2008.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima artes, 2004. 531 p.
- LEGNER, N.; FLECK, S.; LEUSCHNER, C. Low light acclimation in five temperate broad-leaved tree species of different successional status: the significance of a shade canopy. **Annals of forest science**, v. 70, n. 6, p.557-570, 2013.
- LEITE, C.A.; ITO, R. M.; LEE, G.T.S.; GANELEVIN, R.; FAGNANI, M.A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of *Phalaenopsis*. **Acta Horticulturae**, v.770, p.177-184, 2008.
- LI, Z.; WAKAO, S.; FISCHER, B.B.; NIYOGI, K.K. Sensing and responding to excess light. **Annual review of plant biology**, v. 60, p.239-260, 2009.

- LIMA, J.D.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S.; DANTAS, V.A.V.; ALMEIDA, C.C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazonica**, v. 38, p. 5 – 10, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352p.
- MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; SIQUEIRA, L.; LEITE, G.L.; CAVALLAZZI, J.R.P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v. 29, p. 947-953, 2005.
- MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. Cap. 5, p. 431. 20
- MARKESTEIJN, L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 2, p.311-325, 2009.
- MATSUDA, R.; OHASHI-KANEKO, K.; FUJIWARA, K.; GOTO, E.; KURATA, K. Photosynthetic Characteristics of Rice Leaves Grown under Red Light with or without Supplemental Blue Light. **Plant Cell Physiol**, v. 45, n. 12, p. 1870-1874, 2004.
- MATSUOKA, M.; FURBANK, R.T.; FUKAYAMA, H.; MIYAO, M. Molecular engineering of C4 photosynthesis. **Annual review of plant biology**, v. 52, p.297-314. 2001.
- MIDDLETON L. Shade-tolerant flowering plants: adaptations and horticultural implications. **Acta Horticulturae**, v. 552, p. 95–102, 2001
- MORELLI, G.; RUBERTI, I. Dynamics of the shade-avoidance response in *Arabidopsis*. **Plant physiology**, v. 163, n.1, p.331-353, 2013.
- MYSTER, J. The effects of temperature alternations, irradiance level, photoperiod, and day extension light quality on morphogenesis, growth, and flowering of *Begonia x hiemalis* Fotsch. **Gartenbauwissenschaft**, v. 64, n. 206–213, 1999.
- NELSON, N.; BEN-SHEM, A. The complex architecture of oxygenic photosynthesis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 5:971-82 220. 2004.
- NELSON, N.; YOCUM, C.F. Structure and function of photosystems I and II. **Annual review of plant biology**, 57, p. 521-565, 2006.
- NICKELSEN, J.; RENGSTL, B. Photosystem II assembly: from cyanobacteria to plants. **Annual review of plant biology**, v. 64, p. 609-635, 2013.
- OH, S.; MONTGOMERY, B.L. Phytochrome-induced SIG2 expression contributes to photoregulation of phytochrome signalling and photomorphogenesis in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 18, p.5457-5472. 2013.

- OLIVEIRA, G.C.; VIEIRA, W.L.; BERTOLLI, S.C.; PACHECO, A.C. Photosynthetic behavior, growth and essential oil production of *Melissa officinalis* L. cultivated under colored shade nets. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, v. 76, n. 1, 2016.
- OLIVEIRA, M.I.; CASTRO, E.M.; COSTA, L.C.B.; OLIVEIRA, C. Biometric, anatomical and physiological aspects of *Artemisia vulgaris* L. grown under colored screens. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.
- OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K; OVADIA, R.; GILLER, Y. E.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.76, p.353-61, 2001.
- PAIVA, L.C.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 134-140, 2003.
- PARADISO, R.; MEINEN, E.; SNEL, J.F.H.; MARCELIS, L.F.M.; VAN IEPEREN, W.; HOGEWONING, S.W. Light use efficiency at different wavelengths in rose plant. **Acta Horticulturae**, v. 893, p. 849–855, 2011.
- PAZ, H. Root/shoot allocation and root architecture in seedlings: variation among forest sites, microhabitats, and ecological groups. **Biotropica**, v. 35, p. 318–332, 2003.
- PINTO, J.R.D.S.; DOMBROSKI, J.L.D.; SANTOS JUNIOR, J.H.D.; SOUZA, G.O.D.; FREITAS, R. Growth of *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., under shade in the northeast semi-arid region of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p.384-392. 2016.
- POORTER, L. Blackwell Publishing Ltd Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. **New Phytologist**, v. 181, p. 890-900, 2009.
- ROCHAIX, J.D. Regulation and dynamics of the light-harvesting system. **Annual review of plant biology**, v. 65, p. 287-309, 2014.
- RUDEK, A.; GARCIA, F.A.O.; PERES, F.S.B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17; p. 3775-3787, 2013.
- RUNKLE, E.S.; HEINS, R.D. Specific functions of red, far red, and blue light in flowering and stem extension of long-day plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, p. 275–282, 2001.
- SAEBO, A.; KREKLING, T.; APPELGREN, M. Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 41, p. 177–185, 1995.

- SCHENK, H.J.; JACKSON, R.B. Rooting depths, lateral root spreads and below-ground/above-ground allometries of plants in water-limited ecosystems. **Ecology**, v. 90, 480–494, 2002.
- SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GAELEVIN, R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, 2004, n. 659, p. 143–161.
- SHEN, J.R. The structure of photosystem II and the mechanism of water oxidation in photosynthesis. **Annual review of plant biology**, v. 66, p.23-48, 2015.
- SHIKANAI, T. Cyclic electron transport around photosystem I: genetic approaches. **Annual review of plant biology**, v. 58, p.199-217, 2007.
- SHIMAZAKI, K.I.; TOKUTOMI, S. Diverse responses to blue light via LOV photoreceptors. **Plant and Cell Physiology**, v. 54, n. 1, p.1-4, 2013.
- SILVA, L.C.; BELTERÃO, N.E.M.; AMORIM NETO, M.S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000, 18p. (Circular Técnica, 34).
- SMITH, H.; WHITELAM, G.C. The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. **Plant, Cell & Environment**, v. 20, p. 840–844, 1997.
- SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*, v. 1, n. 1, p.34-43, 2013.
- SPREITZER, R.J.; SALVUCCI, M.E. Rubisco: structure, regulatory interactions, and possibilities for a better enzyme. **Annual review of plant biology**, v. 53, n.1, p.449-475, 2002.
- STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TEIXEIRA, W.F.; FAGAN, E.B.; SILVA, J.O.; DA SILVA, P.G.; SILVA, F.H.; SOUSA, M.C.; DE CARVALHO CANEDO, S. Atividade da enzima nitrato redutase e crescimento de *Swietenia macrophylla* king sob efeito de sombreamento. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p.91-98, 2013.
- THORNLEY, J.H.A balanced quantitative model for root: shoot ratios in vegetative plants. **Annals of Botany**, v. 36, p. 431–441, 1972.
- VINYARD, D.J.; ANANYEV, G.M; DISMUKES, G.C. Photosystem II: The Reaction Center of Oxygenic Photosynthesis. **Annual Review of Biochemistry**, v. 82, p. 577–606, 2013.

YAMORI, W.; SHIKANAI, T. Physiological functions of cyclic electron transport around photosystem I in sustaining photosynthesis and plant growth. **Annual review of plant biology**, v. 67, p.81-106, 2016.

ZAPPI, D.C.; FILARDI, F.L.R.; LEITMAN, P.; SOUZA, V.C.; WALTER, B.M.; PIRANI, J.R.; MORIM, M.P.; QUEIROZ, L.P.; CAVALCANTI, T.B.; MANSANO, V.F.; FORZZA, R.C. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n.4, p.1085-1113, 2015.

ZHU, X.G.; LONG, S.P.; ORT, D.R., Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annual review of plant biology**, v. 61, p.235-261, 2010.