

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE BOTUCATU  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**EFEITO DE PROTETOR FÍSICO COM DIFERENTES FILTROS NA GERMINAÇÃO,  
NO DESENVOLVIMENTO INICIAL E NAS TROCAS GASOSAS DE CANAFÍSTULA  
[*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] PROVENIENTES DA SEMEADURA DIRETA**

**JEFERSON KLEIN**

**Tese apresentada ao Instituto de  
Biociências, Câmpus de Botucatu,  
UNESP, para obtenção do título de  
Doutor em Ciências Biológicas  
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.**

**BOTUCATU - SP**

**- 2009 -**

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE BOTUCATU  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**EFEITO DE PROTETOR FÍSICO COM DIFERENTES FILTROS NA GERMINAÇÃO,  
NO DESENVOLVIMENTO INICIAL E NAS TROCAS GASOSAS DE CANAFÍSTULA  
[*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] PROVENIENTES DA SEMEADURA DIRETA**

**JEFERSON KLEIN**

**PROF DR JOÃO DOMINGOS RODRIGUES  
ORIENTADOR**

**Tese apresentada ao Instituto de  
Biociências, Câmpus de Botucatu,  
UNESP, para obtenção do título de  
Doutor em Ciências Biológicas  
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.**

**BOTUCATU - SP**

**- 2009 -**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO  
DA INFORMAÇÃO  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Klein, Jeferson.

Efeito de protetor físico com diferentes filtros na germinação, no desenvolvimento inicial e nas trocas gasosas de canafístula [*peltophorum dubium* (spreng.) Taub] provenientes da sementeira direta / Jeferson Klein – Botucatu : [s.n.], 2009.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009.

Orientador: João Domingos Rodrigues  
Assunto CAPES: 20303009

1. Fisiologia vegetal 2. Plantas 3. Sementes

CDD 581.4

Palavras-chave: Fitocromo; Fotossíntese; Protetor físico; Re-vegetação; Sementeira direta

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.*

**Albert Einstein**



## DEDICATÓRIA

À Deus e aos meus pais **Ozélia** e **Egon** pelo que sou,

À minha filha **Gabriela** pelo que ainda serei e

À minha esposa Débora por estar ao meu lado apoiando em todos os momentos.

## OFEREÇO

Aos meus irmãos **Djonata** e **Paulo** e a minha Tia **Inêz** pelo amor e carinho.

## AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Egon e Ozélia, por todo o incentivo, pela confiança, pelo amor, pela paciência, por sempre me ajudarem a alcançar meus objetivos, amo vocês!

Às meninas do laboratório Amanda Amaro e Ana Carolina, pois sem vocês não seria possível realizar este trabalho. O Meu muito obrigado.

Ao meu grande amigo e mestre Mingo, que tive o prazer de conhecer e trabalhar junto em dezenas de projetos. Ao excepcional profissional e orientador Prof. Dr. João Domingos Rodrigues, obrigado pela oportunidade, apoio, conhecimento adquirido. O senhor sempre será um exemplo para mim.

A todos os meus mestres, professores que não medem esforços para contribuir com suas experiências e seus ensinamentos.

À Professora Dr<sup>a</sup> Elizabeth Orika Ono pela atenção e prontidão em auxiliar sempre quando necessário, não medindo esforços, sou seu fã número 1.

À Professora Dr<sup>a</sup> Carmem S. F. Boaro por sempre acreditar em meu trabalho.

À Professora Gisela Ferreira pela amizade e carinho que sempre teve por minha família.

À Professora Martha Mischan do Depto. de Bioestatística pela ajuda nos sempre presentes dilemas estatísticos.

Aos meus manos Djonata e Paulo por aguentarem as pontas e preencherem minha ausência.

À minha Tia Inez por todo o carinho e amor.

Ao senhor Auro, amigo de todas as horas, meu muito obrigado pela grande ajuda, você é demais.

Ao pessoal do laboratório de ecologia e relações tróficas, além dos agregados: Ligi, Paula, Carol, Marcos e Professor Marcelo.

Aos funcionários do Depto. de Botânica: Zé Eduardo, Kleber e Adriana pelo auxílio e a disposição para ajudar.

Aos colegas integrantes da Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) que demonstram empenho em fazer crescer cada vez mais este Programa.

**SUMÁRIO**

	<b>Página</b>
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	4
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. Degradação florestal.....	8
2.2. Métodos de revegetação.....	10
2.2.1. Revegetação natural.....	11
2.2.2 Revegetação artificial.....	12
2.2.2.1 Plantio de mudas.....	13
2.2.2.2 Semeadura direta.....	13
2.2.2.3 Protetores físicos.....	14
2.3 INFLUÊNCIA DA LUZ NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES.....	15
2.4 FOTOSSÍNTESE E TROCAS GASOSAS.....	17
2.5 MATERIAL BIOLÓGICO.....	19
CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DA QUALIDADE ESPECTRAL DA LUZ NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CANAFÍSTULA [ <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.].....	20
Resumo.....	21
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e métodos.....	24
Resultados e discussão.....	26
Conclusões.....	33
Referências bibliográficas.....	33
CAPÍTULO II – CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CANAFÍSTULA [ <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub] SUBMETIDAS A PROTETORES FÍSICOS COM DIFERENTES ESPECTROS LUZ.....	38
Resumo.....	39
Abstract.....	39
Introdução.....	40

Material e métodos.....	42
Resultados e discussão.....	44
Conclusões.....	58
Referências bibliográficas.....	58

CAPÍTULO III – INFLUÊNCIA DE PROTETORES FÍSICOS COLORIDOS NAS TROCAS GASOSAS DE MUDAS DE CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.].....63

Resumo.....	64
Abstract.....	64
Introdução.....	65
Material e métodos.....	67
Resultados e discussão.....	69
Conclusões.....	86
Referências bibliográficas.....	86

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
4 – CONCLUSÕES.....	94
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

KLEIN, J. Efeito de protetor físico com diferentes filtros na germinação, no desenvolvimento inicial e nas trocas gasosas de canafistula [*Peltophorum dubium* (spreng.) Taub] provenientes da semeadura direta. 2009. 105p. Tese (DOUTORADO) – Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

**RESUMO** – A luz pode ser considerada um dos principais fatores ambientais no controle da germinação e desenvolvimento de diferentes espécies, principalmente em plantas nativas. Tendo em vista a importância da espécie *Peltophorum dubium* para a utilização no re-povoamento de áreas degradadas, arborização e paisagismo, avaliou-se o comportamento fisiológico de suas sementes analisando a influência da luz e o efeito de um protetor físico com diferentes filtros no processo germinativo, emergência, crescimento inicial e trocas gasosas de suas plântulas. Para tanto, frutos maduros de canafistula foram coletadas em diversas matrizes em setembro de 2007. Após a coleta, os frutos foram levados para o Laboratório de Interações Tróficas do Departamento de Botânica do Instituto de Biociência da Unesp/Botucatu onde foram beneficiadas e escarificadas. Desta forma, instalou-se os seguintes tratamentos: T1– gerbox transparente; T2– gerbox transparente + celofane transparente; T3– gerbox preto; T4– gerbox preto + celofane transparente; T5– gerbox transparente + celofane azul e T6– gerbox transparente + celofane vermelho. Foram avaliadas as seguintes características: porcentagem de germinação, IVG, comprimentos de radícula, de epicótilo, de cotilédone e da plântula, massa seca, clorofilas *a*, *b*, totais e relação *a/b*. Em um segundo experimento realizado na área aberta do Departamento de Botânica (22° 52' de latitude, 48 ° 26' de longitude), no Instituto de Biociências, Unesp, Botucatu – SP, utilizando-se um protetor físico constituído por garrafas do tipo P.E.T. (Polietileno Teraftalato) com volume de 2500 mL sem fundo e sem tampa. Diferentes comprimentos de ondas luminosas foram obtidos acoplando as garrafas do tipo P.E.T. com duas camadas de papel celofane com diferentes tonalidades (transparente, azul e vermelho). Desta forma, obtiveram-se os seguintes tratamentos: T1, ausência de protetor físico (APF); T2, protetor físico transparente (PFT); T3, protetor físico transparente + celofane azul (PFA) e T4, protetor físico transparente + celofane vermelho (PFV). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos x 6 épocas de avaliações e 5 repetições. Foram avaliadas as seguintes características: IVE, emergência de plântulas, sobrevivência, altura da planta, área foliar e diâmetro do colo de plântulas de canafistula até 48 DAS. Em um terceiro experimento realizado na mesma área aberta do Departamento de Botânica com os mesmos tratamentos buscou-se avaliar o crescimento inicial de plântulas de canafistula por meio de seis épocas de avaliação. Em cada coleta foram determinadas a altura da planta, diâmetro, área foliar, matéria seca de folhas, de caule e da parte aérea. Durante o mesmo experimento foram realizadas medidas de trocas gasosas. As determinações das trocas gasosas foram realizadas por meio de sistema aberto portátil de fotossíntese, *Infra-Red Gas Analyzer* (IRGA), modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA, sempre na região mediana do segundo par de folhas novas, completamente expandidas e totalmente expostas à radiação solar. Determinações das taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), transpiração (*E*, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática (*C<sub>i</sub>*, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), foram realizadas entre 8 e 11 h. A eficiência do uso de água (*EUA*, mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) correspondeu à relação entre a quantidade de CO<sub>2</sub> assimilado por unidade de água perdida por transpiração. Independentemente do experimento os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey, utilizando-se o nível de 5% de significância. Foram ajustadas curvas de resposta por meio de análise de regressão quando necessário. Os resultados obtidos no primeiro experimento, mostraram que a espécie germinou indiferentemente em todos os ambientes proporcionados. Entretanto, maiores valores biométricos foram obtidos em plântulas de menor qualidade de luz, ou seja, no escuro que estimulou o estiolamento. Todos os pigmentos avaliados sofreram influência da qualidade da luminosidade, sendo que os menores valores foram obtidos nos tratamentos com menor qualidade de luz. Os resultados obtidos no segundo experimento, mostraram que a espécie apresentou, de modo geral médias maiores para o IVE, taxa de sobrevivência nos tratamentos que continham um protetor físico indiferentemente de sua coloração. Da mesma forma que o primeiro experimento, os maiores valores biométricos foram obtidos em plântulas de menor qualidade de luz, ou seja, em PFA e PFV. No entanto, o diâmetro do colo não foi influenciado pela qualidade da luminosidade. Os resultados obtidos no terceiro experimento, mostraram que a espécie apresentou crescimento linear tanto para a altura como o diâmetro de colo. Já a área foliar, massa seca de folha, caule e parte aérea das plântulas de canafistula apresentaram ajuste polinomial exponencial para todos os tratamentos exceto PFV que para área foliar e massa seca de folha apresentou ajuste polinomial de segundo grau. Em relação as trocas gasosas pode-se observar que os protetores físicos aumentaram a condutância estomática das folhas das plântulas da espécie independentemente de sua coloração. Desta

forma valores elevados de transpiração também foram observados nestes tratamentos. No entanto, após a retirada definitiva dos protetores físicos notou-se queda das folhas e redução nas trocas gasosas destas plântulas. Os tratamentos que melhor responderam a influência de protetores físicos foram os tratamentos APF e PFT.

**Palavras-chave:** fitocromo, re-vegetação, fotossíntese, semeadura direta, protetor físico

**KLEIN, J. Effect of physical protectors presenting different filters on initial growth and gas exchanges of canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] seedlings from direct sowing.** 2009. 105p. Thesis (DOCTORATE) – Institute of Biosciences, UNESP – São Paulo State University, Botucatu.

**ABSTRACT** – Light is considered one of the major environmental factors controlling the germination and development of different species, mainly native ones. Based on the importance of the species *Peltophorum dubium* for revegetation of degraded areas, tree planting and landscaping, this study evaluated germination, emergence, initial growth and gas exchanges of canafistula seedlings under light influence by using physical protectors presenting different filters. Thus, the following treatments were adopted: T1, transparent germination box; T2, transparent germination box + transparent cellophane; T3, black germination box; T4, black germination box + transparent cellophane; T5, transparent germination box + blue cellophane; T6, transparent germination box + red cellophane. The evaluated characteristics were: germination percentage, germination velocity index (GVI), radicle, epicotyl, cotyledon and seedling length, dry matter, total chlorophylls and their fractions *a* and *b*, and the ratio *a/b*. A second experiment was carried out in an open area from the Department of Botany (22° 52' S, 48 ° 26' W), Institute of Biosciences, São Paulo State University (UNESP), Botucatu, São Paulo State, Brazil, in which physical protectors corresponding to polyethylene terephthalate (PET)-type bottles (2500 mL) without lid and bottom were used. Different wavelengths were obtained when two layers of cellophane paper of different colors (transparent, blue and red) were added to the PET-type bottles. Thus, the following treatments were established: T1, absence of physical protector (APP); T2, transparent physical protector (TPP); T3, transparent physical protector + blue cellophane (BPP); and T4, transparent physical protector + red cellophane (RPP). The experimental design was completely randomized, with 4 treatments x 6 evaluation times and 5 replicates. Emergence velocity index (EVI), seedling emergence, survival, plant height, leaf area, and stem diameter were evaluated until 48 DAS. A third experiment was carried out in the same open area from the Department of Botany, using the same treatments, and aimed to evaluate the initial growth of canafistula seedlings at six evaluation times. At each harvesting, plant height, diameter, leaf area, and dry matter of leaves, stems and shoot were assessed. Gas exchanges were measured through a portable open system for photosynthesis, Infra-Red Gas Analyzer (IRGA), model LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA, always in the median region of the second pair of young leaves completely expanded and exposed to solar radiation. Net CO<sub>2</sub> assimilation rate (*A*, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), transpiration (*E*, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) and CO<sub>2</sub> concentration inside the substomatal chamber (*C<sub>i</sub>*, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) were assessed between 8:00 and 11:00 a.m. Water use efficiency (*WUE*, mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) corresponded to the relation between the assimilated CO<sub>2</sub> level per water unity lost through transpiration. Results from all experiments were subjected to analysis of variance and means compared by the Tukey's test at 5% significance. When necessary, response curves obtained from the regression analysis were adjusted. In the first experiment, seeds germinated in all treatments. However, higher biometric values were detected for seedlings subjected to lower light quality, i.e. in the dark, which stimulated etiolation. All evaluated pigments were influenced by light quality, and the lowest values were observed for plants of treatments presenting lower light quality. In the second experiment, all types of physical protectors in general increased the mean values of EVI and survival rate. Similarly to the first experiment, the highest biometric values were obtained for seedlings subjected to lower light quality, i.e. BPP and RPP. However, stem diameter was not influenced by light quality. In the third experiment, seedlings presented a linear growth regarding both height and stem diameter. On the other hand, leaf area, dry matter of leaves, stems and shoot had exponential adjustment in all treatments except RPP, in which leaf area and leaf dry matter were fitted by using a second-degree polynomial adjustment. As regards gas exchanges, all types of physical protectors increased stomatal conductance. Thus, higher transpiration values were also observed in those treatments. However, leaf fall and gas exchange reduction were detected after the removal of physical protectors. The treatments APP and TPP were the most influenced by physical protectors.

**Keywords:** phytochrome, revegetation, photosynthesis, direct sowing, physical protector.

## 1- INTRODUÇÃO

Conforme Hansen et al. (2008), o Brasil foi responsável por 47,8% do desmatamento mundial de florestas tropicais úmidas entre 2000 e 2005, percentuais 4 vezes maiores comparado ao segundo colocado, a Indonésia, com 12,8%. Tal levantamento revela o atual cenário mundial, onde o desmatamento acumulado neste período foi de  $2,72 \times 10^5 \text{ km}^2$ , o equivalente a uma área maior que a dos estados de São Paulo e Sergipe juntos. Segundo os mesmos autores, somente a taxa anual de desmatamento no território nacional foi de 26 mil  $\text{km}^2$ . Na última avaliação realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o estado de São Paulo apresentou o maior nível de desmatamento da Mata Atlântica, aumentando em nove vezes em relação à avaliação anterior (INPE, 2009).

De forma geral, as formações florestais do Brasil vêm sofrendo níveis significativos de degradação, tanto devido ao avanço da fronteira agropecuária quanto à construção de usinas hidrelétricas (Lima-Junior et al., 2005).

Em contrapartida, a revegetação é uma atividade que tem como finalidade reintroduzir a vegetação em local onde esta foi suprimida por ação natural ou antrópica (Klein, 2005). Existem duas opções disponíveis para implantação de povoamentos florestais: por regeneração natural que depende do estágio de degradação do local, da existência de um banco de sementes viáveis no solo, de fontes de sementes próximas, e de dispersores, ou por regeneração artificial através do plantio de mudas, ou da semeadura direta (Caldato, 1996; Oliveira e Felfili, 2005; Steen et al., 2007). A escolha entre a regeneração natural ou a artificial pode ser feita de acordo com os objetivos ou os locais que serão revegetados (Ferreira et al., 2007).

A regeneração natural é uma técnica simples, com baixo custo de aplicação; porém, apresenta várias desvantagens como a impossibilidade de controle do espaçamento e densidade inicial do povoamento (Klein, 2005). O processo artificial é uma alternativa que busca a diminuição do período de implantação, além de possibilitar maior controle da distribuição e densidade das árvores por unidade de área, permitir a utilização de espécies melhoradas geneticamente, e de não depender de sementes produzidas no mesmo local (Mattei e Rosenthal, 2002).

Por meio dos novos trabalhos científicos nota-se que muito se avançou em relação à produção de mudas principalmente em relação ao desenvolvimento inicial

(Brum et al., 1999; Klein, 2005; Ferreira et al., 2007). Porém, ainda existem muitos problemas a serem solucionados, principalmente quanto à escolha do substrato, adubação, período de desenvolvimento, além da deficiência ou má formação do sistema radicular (Finger et al., 2003). O alto custo na produção de mudas é outro empecilho importante que deve ser levado em consideração (Meneghello e Mattei, 2004).

A semeadura direta é um processo artificial que tem como desvantagem a utilização de uma maior quantidade de sementes em relação à produção de mudas em recipientes (Santos-Junior, 2000 e Ferreira et al., 2007). Entretanto, é necessário o desenvolvimento de estudos que possibilitem ampliar as áreas destinadas à produção de sementes, adequar novas técnicas que visem economizar a quantidade de material semeado, além de garantir maior homogeneidade das sementes e condições ideais para que todas recebam o mesmo tratamento, fornecendo maior rapidez na germinação, diminuindo o risco de perdas devido à não-embebição e controle de predadores (Kein, 2005).

Os protetores físicos empregados em pontos de semeadura foram inicialmente usados em alguns países com o objetivo de proteger sementes e plântulas em seus primeiros dias de vida, período considerado crítico (Klein, 2005). A eficiência da técnica depende da espécie e do local de implantação, e promove maior índice de sobrevivência bem como auxilia no processo de instalação de novos povoamentos (Serpa e Mattei, 1999). Os primeiros resultados obtidos com o uso de protetores físicos foram observados por um grupo de pesquisadores escandinavos, que objetivaram proporcionar um microambiente favorável à obtenção de maiores índices de germinação, emergência, sobrevivência e densidade populacional em espécies de interesse comercial (Lahde, 1974). No Brasil, vários materiais e modelos têm sido utilizados como protetores físicos em pontos de semeadura (Carneiro, 1995; Mattei, 1995; Mattei, 1998; Serpa e Mattei, 1999; Ferreira, 2004; Meneghello e Mattei, 2004; Ferreira et al., 2007).

Durante o processo de germinação as sementes podem sofrer uma série de eventos fisiológicos que são influenciados por fatores intrínsecos e extrínsecos (Bewley e Black, 1982; Sousa et al., 2008). Entre os extrínsecos, a luz e a temperatura são as variáveis que merecem atenção no processo de germinação (Carvalho e Nakagawa, 2000; Dousseau et al., 2007). Já em relação aos intrínsecos podem ser considerados a impermeabilidade do tegumento, imaturidade fisiológica e presença de substâncias inibidoras (Carvalho e Nakagawa, 2000; Barbosa, 2006).

As plantas podem perceber mudanças sutis na composição de vermelho e vermelho-extremo do ambiente em que se encontram, ajustando-se morfológica e fisiologicamente por meio do fitocromo (Li et al., 2000). A relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) é considerada fator importante para respostas mediadas pelo fitocromo (Batschauer, 1998). Em resposta aos sinais de baixa relação V/VE, muitas plantas mostram rápido e pronunciado aumento na taxa de alongamento de caules e pecíolos, entre outras modificações nas folhas e órgãos de armazenamento (Franklin e Whitelam, 2005). A cor azul, diferentemente da vermelha, não reduz a razão V/VE do espectro da luz difusa (Shahak et al., 2004), mas eleva levemente esta relação. Seu efeito mais proeminente, segundo os autores, é aumentar a relação azul/vermelho na luz difusa em seu ambiente. Muitos trabalhos demonstram que a qualidade da luz influencia muitos aspectos do desenvolvimento das plântulas (McMahon et al., 1991; Rajapakse e Kelly, 1992; Pons e Berkel, 2004). Apesar da existência desses fatores, nem todos os comprimentos de ondas são importantes para que ocorra uma resposta mediada pelo fitocromo, assim, a qualidade da luz deve ser considerada na ação do mesmo (Takaki, 2001).

A produção de matéria seca dos vegetais é uma variável importante, pois depende da eficiência fotossintética, e esta é determinada geneticamente na espécie, onde a temperatura, suprimento de água e nutrientes, radiação solar e práticas de manejo são fatores mais determinantes na distribuição (Favaretto et al., 2000).

As determinações de variáveis ecofisiológicas são muito importantes, não somente na compreensão do comportamento vegetativo das plantas, mas sobretudo no seu desempenho pontual em relação as respostas aos tratamentos impostos (Nogueira e Silva-Junior, 2001). Desta forma, a quantificação das trocas gasosas realizadas nas folhas compreendendo assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestômática, eficiência do uso de água, entre outros está intimamente relacionada ao estado hídrico do vegetal, bem como seu desenvolvimento (Nogueira et al., 2000; Taiz e Zeiger, 2004). Além disso, a qualidade e a intensidade da luz são fatores ambientais que podem influenciar as trocas gasosas ocorridas nas plantas (Costa e Marengo, 2007).

A presença natural de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.], frequentemente é observada nas regiões sudeste e sul do Brasil, principalmente, em áreas de pastagens, clareiras, bordas de matas ou em florestas estacionais semidecíduais (Lorenzi, 2000; Piroli et al., 2005). Esta espécie apresenta características ornamentais

que a fazem ser recomendada para o paisagismo e arborização (Donadio e Demattê, 2000; Marchiori, 1997). Outros autores preferem utilizá-la para reflorestamento misto de áreas degradadas (Carvalho, 2003; Mattei e Rosenhal, 2002). Sua madeira apresenta múltiplos usos na construção civil por ser rígida, pesada e de longa durabilidade (Perez et al., 1999; Perez et al., 2001; Vieira et al., 2008). Conforme relatos de Almeida et al. (1998) e Carvalho (2003) a mesma possui propriedades medicinais.

Tendo em vista a importância da espécie *Peltophorum dubium* para a utilização em repovoamento de áreas degradadas, arborização e paisagismo, o estudo objetivou determinar o comportamento fisiológico de suas sementes analisando a influência de um protetor físico e a quantidade de luz no processo germinativo, crescimento inicial e trocas gasosas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub].

## 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1- Degradação florestal

Segundo Rohde e Philomena, (2004) a emissão antropogênica de CO<sub>2</sub> no período de 1751 a 1998 registrou aumento desde o valor de 0,011 gigatoneladas CO<sub>2</sub>/ano no ano de 1751 até o valor de 24,23 Gt CO<sub>2</sub>/ano no ano de 1998 (6,61 x 10<sup>9</sup> toneladas de carbono).

Na década de 80, as evidências científicas relacionando as emissões de gases de efeito estufa causadas por atividades antrópicas com o aquecimento global, começaram a despertar o interesse público para o problema das mudanças climáticas e suas futuras implicações no ambiente global (Cenamo, 2004).

Desta forma, pode-se dizer que os séculos XX e XXI vão ficar na história da civilização como o período de grandes catástrofes ambientais provocadas pelas bruscas mudanças ambientais nunca antes observadas (Cortez, 2007). Segundo inúmeros estudos, este processo se deve ao aumento da temperatura na terra provocada pela ação antrópica (FAO, 2009). O desmatamento é uma destas ações que merece maior atenção, conforme o *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UN-FCCC), encontro realizado na Europa em 2005.

Conforme Hansen et al. (2008), o Brasil foi responsável por 47,8% do desmatamento mundial de florestas tropicais úmidas entre 2000 e 2005, percentual 4 vezes maior comparado ao segundo colocado, a Indonésia, com 12,8%. Tal levantamento revela o atual cenário mundial, onde o desmatamento acumulado neste período foi de 2,72 x 10<sup>5</sup> km<sup>2</sup>, o equivalente a uma área maior que a dos estados de São Paulo e Sergipe juntos. Segundo os mesmos autores, somente a taxa anual de desmatamento no território nacional foi de 26 mil km<sup>2</sup>. Na última avaliação realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o estado de São Paulo apresentou o maior nível de desmatamento da Mata Atlântica, aumentando em nove vezes em relação à avaliação anterior (INPE, 2009).

A degradação florestal no Brasil é derivada da expansão agrícola que sem o uso de um planejamento ambiental (Rodrigues e Gandolfi, 2000) não garante uma maior

disponibilidade de áreas úteis. Uma análise incorreta, associada ao mau uso de solos só acentua o efeito negativo desta intervenção antrópica sobre a estrutura e o funcionamento de um ecossistema (Ab'Saber, 2000). Desta forma, existe uma redução crítica na capacidade produtiva dos solos, interferindo diretamente no estabelecimento da biodiversidade e nas funções ambientais (Bobato, 1999).

Os impactos nas formações vegetais brasileiras nos últimos dois séculos provocaram sérios problemas para o país, revelando um autêntico quadro de desmatamento indiscriminado, ganhando força através da ocupação das áreas para o desenvolvimento da agropecuária e expansão das cidades (Ferreira, 2004; Gasparino et al., 2006). Para Medeiros (2002), este processo teve início antes da colonização nacional, onde as regiões costeiras foram as primeiras a sofrer com as derrubadas.

Em contrapartida a este retrocesso, desde 2001 o país vem buscando investir em pesquisas com o objetivo de minimizar o aumento da emissão de dióxido de carbono e desmatamento de florestas (Bacha e Barros, 2004). Neste contexto, a revegetação de áreas degradadas tem sido uma opção muito utilizada (Gonçalves et al., 2005). Este processo pode ser definido como uma re-introdução da vegetação em local onde esta havia sido suprimida, tanto por ação natural quanto antrópica (Barnett e Baker, 1991).

As primeiras tentativas de recuperação de áreas degradadas baseavam-se, em geral, no simples processo de plantio aleatório de algumas espécies exóticas ou nativas (Carvalho, 2003). Mais tarde, este processo deu lugar a recuperação a partir da criação de bosques formados por uma única ou por poucas espécies, normalmente mais agressiva e de crescimento rápido, esperando uma evolução para uma floresta nativa (Rodrigues e Gandolfi, 2000). Nos últimos anos, diversos trabalhos realizados com diferentes técnicas em várias partes do Brasil revelaram que o estudo preliminar dos locais associados ao uso de materiais vegetativos da própria região pode auxiliar na definição de estratégias eficientes de reflorestamento (Barbosa et al., 1992; Barbosa et al., 1992; Ferreira, 2004; Klein, 2005 e Ferreira, et al., 2007).

Pode se dizer que existem duas opções disponíveis para implantação de novos povoamentos florestais: a revegetação natural, na qual é nítida a dependência do estágio de degradação do local, além de um banco de sementes pré existente no solo (Caldato et al., 1996; Ferreira, 2002; Oliveira e Felfili, 2005; Steen et al., 2007); ou a revegetação artificial, está dividida em plantio de mudas ou semeadura direta (Mattei, 1995; Ferreira

et al., 2007). A escolha entre uma opção ou outra deve ser feita de acordo com os objetivos e com os locais que serão revegetados (Ferreira et al., 2007).

## **2. 2- Métodos de revegetação**

Ao revegetar uma área, alguns detalhes indispensáveis devem ser considerados antes da implantação de qualquer método, seja ele natural ou artificial (Barnett e Baker, 1991). Para esses autores, alguns fatores devem ser considerados antes da seleção do melhor método escolhido, tais como: a) objetivos da revegetação; b) conhecer o ambiente e seus componentes abióticos; c) custo estimado da revegetação; d) material a ser usado e e) o retorno econômico que o sistema silvicultural pode oferecer. Segundo Ferreira (2002) e Ferreira et al. (2007), a escolha do método de revegetação pode ser sintetizada em economia e simplicidade, de modo a se obter melhores rendimentos com menores impactos ao solo.

Segundo Parrotta (1993), os objetivos essenciais da restauração são facilitar, acelerar e direcionar os mecanismos de sucessão natural, aumentando a produtividade biológica. Conhecer o comportamento e exigências de cada espécie acelera a implantação de reflorestamentos (Ferreira, 2004). O mesmo autor mencionou ainda que, cada método funciona sob um conjunto de condições adequadas e particulares, que nem sempre podem ser expressadas em outras épocas e outros lugares. A análise preliminar do banco de sementes e o histórico da área podem favorecer e indicar o melhor método de revegetação (Gasparino et al. 2006).

Neste sentido, a revegetação natural é uma técnica simples, com baixo custo de aplicação; porém, a impossibilidade de controle do espaçamento além da densidade inicial do povoamento são algumas de suas desvantagens (Klein, 2005; Oliveira e Felfili, 2005). Já o processo artificial é uma alternativa que visa reduzir o período de implantação, além de possibilitar maior controle da distribuição e densidade das árvores por unidade de área (Mattei, 1997). Pode permitir também a utilização de espécies melhoradas geneticamente, além de não depender de sementes produzidas no mesmo local (Mattei et al., 2001; Ferreira, et al., 2007).

### **2. 2. 1. Revegetação natural**

Com a finalidade de preservar e manter o mais próximo do natural a diversidade florestal, a revegetação natural é uma alternativa que fornece como principais vantagens: o baixo custo de estabelecimento, pouco distúrbio do solo, nenhum problema com o local de origem da semente e não depende de sementes geneticamente melhoradas (Barnett e Baker, 1991).

Como principais desvantagens pode-se elencar: pouco controle sobre o espaçamento e a densidade inicial do povoamento; não pode ser melhorado geneticamente; dependente da produção de sementes no local a ser revegetado; a revegetação do povoamento possivelmente é retardada quando a produção de sementes é de baixa qualidade; dentre outras (Baker e Guldim, 1991; Mattei, 1995; Meneghello e Mattei, 2004; Ferreira et al., 2007). Autores como Mattei (1995, 1998), Serpa e Mattei (1999), e Gasparino et al., (2006) apontaram ainda, outros problemas como: a) tempo muito longo para recomposição; b) os bancos de sementes dependem da utilização de solos, tendo significância apenas para o uso em remanescentes arbóreos; c) maior perda de sementes por dispersão e d) áreas de pastagens apresentam maior número de sementes, porém, baixa diversidade de espécie.

Seitz (1994) resumiu a revegetação natural como sendo o procedimento mais barato para recuperar a dinâmica natural da vegetação. O autor definiu como etapa essencial antes de se iniciar qualquer processo de recomposição de áreas degradadas avaliar as causas que provocaram a degradação e o grau de comprometimento do ambiente.

Segundo Gasparino et al. (2006), o banco de semente tem a função de facilitar a regeneração ou revegetação florestal, característica facilmente observada em florestas tropicais, devido à grande diversidade de espécies. Estas florestas exibem uma transformação de progressivas mudanças na composição florística, partindo de espécies pioneiras até as espécies clímax, lentamente num processo de sucessão ecológica natural, influenciado pelos fatores abióticos como nutrientes, disponibilidade de água e clima.

Conforme Kageyama e Viana (1991) e Malavasi et al. (2005), os bancos naturais de sementes são formados pelo estoque de sementes viáveis existentes no solo, desde a superfície até as camadas mais profundas (até  $\pm 10$  cm).

### 2. 2. 2. Revegetação artificial

A revegetação artificial que consiste na adição de sementes ou mudas, passou a ganhar importância para espécies das florestas tropicais (Engel e Parrotta, 2001). Na região sul brasileira, novas pesquisas com sementes de boas qualidades associadas ao uso de materiais protetores de sementes possibilitaram a redução das perdas provocadas pelos ataques de insetos e pássaros (Mattei, 1995; Brum et al., 1999; Lerena et al., 1999; Meneghello e Mattei, 2004).

Tanto a adição de sementes ou o incremento de mudas apresentam como vantagens na revegetação artificial: a) o controle sobre a densidade e espaçamento do povoamento; b) possibilidade de utilizar material geneticamente superior e c) não depende de sementes produzidas no local e (Suganuma et al., 2008). Em contrapartida, como principais desvantagens podem ser citadas: a) elevado custo de estabelecimento; b) utilização intensiva de mão-de-obra e equipamentos, e em terras desmatadas, as plantas são expostas à ação de agentes bióticos e abióticos que produzem danos aos povoamentos (Barnett e Baker, 1991; Klein, 2005).

Os levantamentos florísticos regionais realizados anteriormente têm contribuído para a reposição vegetal artificial, pois possibilitaram identificar as espécies adequadas ao ambiente (Davide et al., 2000; Ferreira et al., 2007). Segundo Kageyama e Gandara (1989), conhecer o funcionamento da sucessão ecológica faz da técnica artificial um modelo próximo ao natural em relação à implantação de um repovoamento.

Avaliando o banco de sementes ativo em áreas de pastagem, Gasparino et al. (2006) encontrou que o número médio de 551,68 sementes por m<sup>2</sup> foi superior ao de áreas com remanescentes arbóreos ou com a produção de monocultura. O autor reforçou que apesar de alta, esta média não representa uma grande variabilidade em relação à diversidade das espécies naqueles ambientes. Segundo Morretes (1992) e Sweeney e Czapka (2004), os roedores, formigas e pássaros que habitam estes ecossistemas influenciam na elevada taxa de predação de sementes, além da compactação no solo devido ao pisoteio do gado e competição com as gramíneas. Devido ao curto período de permanência, quatro a oito anos, milhares de hectares de áreas de pastagem na região da Amazônia são abandonadas, muitas voltam a tornarem-se florestas secundárias por volta de 20 anos, isto se os processos de uso da terra não forem intensos (Uhl et al., 1991).

### **2.2.2.1. Plantio de mudas**

O Brasil vem apresentando bons resultados com relação a produção de mudas, o que pode ser originado por meio do processo sexuado (sementes), ou do processo assexuado (estaquia) (Barnett e Baker, 1991).

A fim de reduzir custos da recomposição de vegetação, Schneider et al. (1999) compararam o plantio de mudas e a semeadura direta de *Dodonaea viscosa* L. avaliando sobrevivência e emergência. Os autores observaram melhor desenvolvimento no plantio de mudas de (12%) em relação à técnica de semeadura, diferença pequena quando comparada à economia na utilização do sistema. Em relação à emergência, os resultados não foram significativos. O uso de mudas tem sido mais utilizado em grandes reflorestamentos com finalidade comercial (Barnett e Baker, 1991).

Outro fator importante discutido por Mattei (1994) em seu trabalho foram as deformações em sistemas radiculares, principalmente nas raízes pivotantes fazendo com que estas anomalias ocasionassem o comprometimento no desenvolvimento das mudas no campo.

Algumas formas alternativas comuns e práticas como a semeadura direta é apontada por diversos estudiosos como uma excelente ferramenta para a revegetação tanto de espécies exóticas como nativas, principalmente nas áreas de preservação permanente (Mattei e Rosenthal, 2002; Engel e Parrotta, 2001).

### **2.2.2.2. Semeadura direta**

A semeadura direta é conhecida em alguns países como sendo uma técnica versátil de reflorestamento, podendo ser utilizada na maioria dos sítios, especialmente em situações onde a revegetação natural ou o plantio de mudas não podem ser praticados (Winsa e Bergsten, 1994; Sun et al., 1995; Dubois et al., 2000; Camargo et al., 2002; Sweeney e Czapka, 2004). Entretanto, a prática da semeadura direta no Brasil é restrita a algumas espécies, como a acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.), araucária (*Araucaria angustifolia*), bracatinga (*Mimosa scabrela* Benth.), entre outras (Mattei, 1995; Brum et

al., 1999). A semeadura direta proporciona uma alternativa para o reflorestamento, quando a espera pela revegetação natural é muito longa (Williston e Balmer, 1977).

Esta técnica é mais barata do que o plantio de mudas, porém menos segura (Rietveld e Heidmann, 1976). Entretanto, Dougherty (1990) verificou que a maioria das falhas registradas foram conseqüências de erros humanos e as aplicações de técnicas impróprias como a semeadura em sítios inadequados, fora de época, preparo incorreto do terreno, utilização de sementes não tratadas ou de baixa qualidade. O sucesso da semeadura direta depende além de outros fatores, da criação de um microambiente favorável, principalmente junto aos pontos semeados para obter uma rápida germinação e estabelecimento das plântulas (Smith, 2000).

Segundo Mattei (1998), um dos fatores que deve ser observado na semeadura direta é a existência de umidade permanente disponível na camada superficial do solo junto às sementes, até a fase em que as raízes tenham penetrado para as camadas mais profundas e que possam garantir o suprimento das plantas. Isto pode ser obtido por meio da utilização de materiais de cobertura sobre os pontos semeados. Segundo Finger et al. (2003), este processo permite maior controle sobre a quantidade do material propagado, diretamente na sobrevivência da população.

Buscando minimizar as perdas provocadas pela predação por pássaros e formigas e a quebra e carregamento de plântulas e sementes pela chuva foram adaptados protetores físicos de pequenos materiais plásticos com 200 a 500 mL de capacidade para proteger os germinantes durante os primeiros meses (Mattei, 1995, 1998; Brum et al., 1999).

### **2.2.2.3. Protetores físicos**

Os protetores físicos foram desenvolvidos e usados em alguns países com o objetivo de proteger sementes e plântulas, principalmente, nos primeiros dias de implantação (denominado por muitos autores como período crítico), o qual depende da espécie e do local de implantação, promovendo maior índice de sobrevivência e auxiliando no processo de instalação de novos povoamentos (Serpa e Mattei, 1999). O uso de protetores físicos teve início através de pesquisadores escandinavos, objetivando

proporcionar um microambiente favorável à obtenção de maiores índices de germinação e sobrevivência (Lahde, 1974).

Logo após os resultados dos experimentos desenvolvidos pelos escandinavos, a produção comercial de protetores plásticos foi iniciada como alternativa rentável, eficaz e segura para a recomposição de florestas degradadas (Putman e Zasada, 1986).

No Brasil Carneiro (1995), avaliando alguns modelos de protetores observou que estes deveriam apresentar capacidade de deixar passar a luminosidade e reter a umidade. Bons resultados no estado do Rio Grande do Sul com a aplicação de diferentes tipos de materiais protetores foram identificados, tais como: uso de serragem (Mattei, 1995); casca de arroz ou acícula de pinus (Mattei, 1998); aplicação de maravalhas (Brum et al., 1999) e a utilização de copos plásticos de diferentes volumes sem o fundo (Mattei, 1995, 1998; Serpa e Mattei, 1999; D' Arco e Mattei, 2000; Mattei e Rosenthal, 2002; Meneghello e Mattei, 2004).

A recomposição vegetal com o uso de copos plásticos transparentes como protetores possibilitou Het (1983) a observar resultados iguais àqueles comparados à mudas plantadas aos 2 anos de idade.

Já alguns trabalhos realizados no continente Europeu mostraram a preferência da utilização de tubos plásticos perfurados de 0,50 a 2,00 m de comprimento, a fim de proteger melhor as mudas devido ao rigoroso inverno do continente (Lerena et al., 1999).

Devido ao elevado custo em produzir protetores e ao fato de que os mesmos poderiam estar poluindo o ambiente, foram realizados na Espanha ensaios visando produzir materiais de médio porte variando de 0,50 a 1,80 m de altura, porém biodegradáveis (Lerena et al., 1999).

### **2.3- EFEITO DA LUZ NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES**

Durante o processo de germinação as sementes podem sofrer uma série de eventos fisiológicos que são influenciados por fatores intrínsecos e extrínsecos (Sousa et al., 2008). Entre os extrínsecos, a luz e a temperatura são variáveis importantes no processo da germinação (Carvalho e Nakagawa, 2000; Dousseau et al., 2007). Já em

relação aos intrínsecos podem ser considerados a impermeabilidade do tegumento, imaturidade fisiológica e presença de substâncias inibidoras (Carvalho e Nakagawa, 2000; Barbosa, 2006).

A resposta ou a sensibilidade das sementes à luz é específica para cada espécie (Ferraz-Grande e Takaki, 2006). Para Bevenuti e Machia (1997) e Silveira et al. (2004) a luz tem papel fundamental na fisiologia da germinação, sendo bastante complexa e variável. Bewley e Black (1994) relataram que dependendo da espécie as sementes podem germinar somente após longas exposições a luz ou apenas com breve exposição no escuro, porém outras recebem estímulos com períodos de luz e escuro alternados. Entretanto, muitas espécies vegetais apresentam em suas sementes indiferença em relação à presença de luz (Menezes et al., 2004). A percepção, interpretação e tradução dos sinais luminosos são captados por receptores, sendo o fitocromo o principal deles (Kendrick e Kronenberg, 1994; Smith, 2000; Taiz e Zeiger, 2004).

Dependendo da espécie, a resposta das sementes à luz é variável, podendo ser fotoblásticas positivas, negativas ou neutras (Mancinelli, 1994). Dessa forma, o fitocromo é o responsável pela captação dos sinais luminosos que irão ou não desencadear a germinação nas sementes (Bryant, 1989; Casal e Sánchez, 1998; Ferreira e Borghetti, 2004). A promoção ou inibição da germinação pela luz é o resultado de uma reação química fotorreversível, contida pelo fitocromo, pigmento de natureza protéica podendo ser encontrado em cinco formas distintas (A, B, C, D e E) codificadas por cinco genes distintos em *Arabidopsis thaliana* e em *Lycopersicon esculentum*, encontrado nas plantas em duas formas interconversíveis (Whitelam e Devlin, 1997; Ferraz-Grande e Takaki, 2006).

As plantas podem perceber mudanças sutis na composição de vermelho e vermelho-extremo do ambiente em que se encontram, ajustando-se morfológica e fisiologicamente por meio do fitocromo (Li et al., 2000). A relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) é considerada fator importante para respostas mediadas pelo fitocromo (Batschauer, 1998). Em resposta aos sinais de baixa relação V/VE, muitas plantas mostram rápido e pronunciado aumento na taxa de alongamento de caules e pecíolos, entre outras modificações nas folhas e órgãos de armazenamento (Franklin e Whitelam, 2005). A cor azul, diferentemente da vermelha, não reduz a razão V/VE do espectro da luz difusa (Shahak et al., 2004), mas eleva esta relação. Seu efeito mais proeminente, segundo os autores, é aumentar a relação azul/vermelho na luz difusa em seu ambiente. Muitos trabalhos demonstram que a qualidade da luz influencia muitos aspectos do

desenvolvimento das plântulas (McMahon et al., 1991; Rajapakse e Kelly, 1992; Pons e Van Berkel, 2004). Apesar da existência desses fatores, nem todos os comprimentos de ondas são importantes para que ocorra uma resposta mediada pelo fitocromo, assim, a qualidade da luz deve ser considerada na ação do mesmo (Takaki, 2001).

## **2.4- FOTOSSÍNTESE E TROCAS GASOSAS**

Desde o período da revolução industrial e ao longo dos cem últimos anos vem ocorrendo aumento significativo nas concentrações dos chamados “Gases de Efeito Estufa (GEEs)” na atmosfera terrestre, fato atribuído, principalmente, às ações antrópicas ou induzidas por atividades humanas (Cenamo, 2004).

Novos incentivos foram dados as pesquisas que buscaram métodos de redução de emissões destes gases ou até modos de captar o carbono (na forma de CO<sub>2</sub>, o principal GEE) na biomassa vegetal (Moura Costa, 1998).

O reflorestamento que consiste na captura do carbono, em princípio, é uma das quatro formas de sequestro descrito no Protocolo de Kioto, o qual foi lançado desde o início da Convenção do Clima, vindo a consagrar apenas em 1997 (Chang, 2004). Segundo o mesmo autor, este sequestro florestal de carbono refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural de capturar o CO<sub>2</sub> pelos vegetais por meio do processo de fotossíntese, cujo processo permite fixar o carbono em forma de matéria lenhosa nas plantas.

Porém, são poucos os estudos científicos relacionados ao sequestro de CO<sub>2</sub>, além de alguns estudos em andamento questionarem a capacidade de absorção de carbono das florestas, devido ao descompasso entre a fertilização do CO<sub>2</sub> e a respiração das plantas (Pearce, 1999).

As determinações de variáveis ecofisiológicas são muito importantes, não somente na compreensão do comportamento vegetativo das plantas, mas sobretudo no seu desempenho pontual em relação as respostas aos tratamentos impostos (Nogueira e Silva-Junior, 2001). Desta forma, a quantificação das trocas gasosas realizadas nas folhas compreendendo assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestômática, eficiência do uso de água, entre outros está intimamente relacionada ao estado hídrico do vegetal, bem como

seu desenvolvimento (Nogueira et al., 2000; Taiz e Zeiger, 2004). Além disso, a qualidade e a intensidade da luz são fatores ambientais que podem influenciar as trocas gasosas ocorridas nas plantas (Costa e Marengo, 2007).

Dentre os fatores físicos do ambiente, a luz desempenha papel relevante na regulação da produção primária, contribuindo de forma efetiva para o crescimento das plantas (Dousseau et al., 2007). Porém, a resposta ou a sensibilidade das sementes à luz é específica para cada espécie (Ferraz-Grande e Takaki, 2006). Para Bevenuti e Machia (1997) e Silveira et al. (2004) a luz atua de maneira bastante complexa e variável. A percepção dos sinais luminosos é realizada por receptores, principalmente pelo fitocromo (Kendrick e Kronenberg, 1994; Smith, 2000; Taiz e Zeiger, 2004). Os fitocromos são holoproteínas que contêm o cromóforo fitocromobilina, pigmentos azuis que podem ser encontrados em cinco formas (A, B, C, D e E) codificadas por cinco genes distintos e podem ser encontrados em duas formas interconversíveis: fitocromo vermelho (Fv) e fitocromo vermelho-extremo (Fve) (Whitelam e Devlin, 1997; Ferraz-Grande e Takaki, 2006). A forma de Fv transforma-se em Fve quando absorve luz vermelha no comprimento de onda em torno de 660 nm, enquanto que a forma Fve transforma-se em Fv quando absorve luz no comprimento de onda em torno de 730 nm (Taiz e Zeiger, 2004).

É válido mencionar que as respostas morfofisiológicas dos vegetais não dependem apenas da presença, atenuação ou ausência da luz, mas também da qualidade espectral (Martins et al., 2008). Nesse sentido, a faixa compreendida entre 400 e 480 nm representa a luz azul, que possui importante papel fisiológico no desenvolvimento das plantas em aspectos como abertura estomática, alongamento do caule e direcionamento do crescimento (Taiz e Zeiger, 2004). Segundo Kinoshita et al. (2001) a adição de luz azul leva ao aumento considerável na abertura estomática. Conforme Srivastava e Zeiger (1995) a abertura estomática segue a radiação fotossinteticamente ativa na superfície da folha, onde a maior abertura estomática está diretamente relacionada a maior taxa de luminosidade (Taiz e Zeiger, 2004).

## 2.4- MATERIAL BIOLÓGICO

*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. – Leguminosae – caesalpinoideae (canafistula, sobrasil, farinha seca).

A canafistula como é mais conhecida popularmente, é uma espécie arbórea nativa de florestas latifoliada semidecíduas da bacia do Paraná, com distribuição concentrada nas regiões sudeste e sul do Brasil, tanto em áreas preservadas como em áreas secundárias. Sua altura pode variar entre 15 e 25 m. Essa é uma espécie que não tem exigência à fertilidade química (Inoue e Galvão, 1986). É frequentemente usada em programas de recomposição ou como árvore ornamental. Sua madeira oferece a possibilidade de múltiplos usos e possui longa durabilidade. É uma espécie heliófita, pioneira, rústica, de crescimento rápido, com boa resistência ao frio (Carvalho, 1994), classificando-a como espécie com aptidão à revegetação artificial, ótima para composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente (Lorenzi, 2000). As sementes apresentam dormência tegumentar que pode ser superada através de escarificação mecânica com lixa. Em ambientes naturais, a quebra da dormência, é ocasionada pelo aumento repentino da temperatura do solo por ocasião da abertura de clareiras na floresta. Apresenta crescimento rápido. A dispersão das sementes pode ser anemocórica ou autocórica (Oliveira et al. 2003).

# Cápítulo I

**INFLUÊNCIA DA QUALIDADE ESPECTRAL DA LUZ NA  
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE  
CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.]**

**INFLUÊNCIA DA QUALIDADE ESPECTRAL DA LUZ NA GERMINAÇÃO E  
CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium*  
(Spreng) Taub.]**

**RESUMO:** A luz pode ser considerada um dos principais fatores ambientais fundamentais no controle da germinação de diferentes espécies, principalmente em plantas nativas. Tendo em vista a importância da espécie, *Peltophorum dubium*, para a utilização no re-povoamento de áreas degradadas, arborização e paisagismo, determinou-se alguns aspectos fisiológico de suas sementes analisando a influência da luz no processo germinativo e crescimento inicial de suas plântulas. Para tanto, foram testados os seguintes tratamentos: T1– gerbox transparente; T2– gerbox transparente + celofane transparente; T3– gerbox preto; T4– gerbox preto + celofane transparente; T5– gerbox transparente + celofane azul e T6– gerbox transparente + celofane vermelho. Foram avaliadas as seguintes características: porcentagem de germinação, IVG, comprimentos de radícula, epicótilo, cotilédone e da plântula, matéria seca, clorofilas *a*, *b*, totais e relação *a/b*. Os resultados obtidos mostraram que a espécie germinou indiferentemente em todos os ambientes proporcionados. Entretanto, maiores valores biométricos foram obtidos em plântulas crescidas no escuro que estimulou o estiolamento. Todos os pigmentos avaliados sofreram influência da qualidade da luminosidade, sendo que os menores valores foram obtidos nos tratamentos com menor qualidade de luz.

Palavras-chave: *revegetação, fitocromo, germinação, luz.*

**LIGHT SPECTRAL QUALITY INFLUENCE ON GERMINATION AND INITIAL  
GROWTH OF CANAFISTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.] SEEDLINGS**

**ABSTRACT:** Light is considered one of the major environmental factors controlling germination of different species, mainly native ones. Based on the importance of the species *Peltophorum dubium* for revegetation of degraded areas, tree planting and landscaping, this study evaluated the germination and initial growth of canafistula seedlings under light influence. Thus, the following treatments were adopted: T1, transparent germination box; T2, transparent germination box + transparent cellophane; T3, black germination box; T4, black germination box + transparent cellophane; T5, transparent germination box + blue cellophane; T6, transparent germination box + red cellophane. The evaluated characteristics were: germination percentage, germination velocity index (GVI), radicle, epicotyl, cotyledon and seedling length, dry matter, total chlorophylls and their fractions *a* and *b*, and the ratio *a/b*. Seeds germinated in all treatments. However, higher biometric values were detected for seedlings subjected to lower light quality, i.e. in the dark, which stimulated etiolation. All evaluated pigments were influenced by light quality, and the lowest values were observed for plants from treatments presenting lower light quality.

Keywords: *revegetation, phytochrome, germination, light.*

## INTRODUÇÃO

A presença natural de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], frequentemente é observada nas regiões sudeste e sul do Brasil, principalmente, em áreas de pastagens, clareiras, bordas de matas ou em florestas estacionais semidecíduais (Piroli et al., 2005). Esta espécie apresenta características ornamentais que a fazem ser recomendada para o paisagismo e arborização (Donadio e Demattê, 2000; Marchiori, 1997). Outros autores preferem utilizá-la para reflorestamento misto de áreas degradadas (Carvalho, 2003; Mattei e Rosenthal, 2002). Sua madeira apresenta múltiplos usos na construção civil por ser rígida, pesada e de longa durabilidade (Perez et al., 1999; Perez et al., 2001; Vieira et al., 2008). Conforme relatos de Almeida et al. (1998) e Carvalho (2003) a mesma possui propriedades medicinais.

Durante o processo de germinação as sementes podem sofrer uma série de eventos fisiológicos que são influenciados por fatores intrínsecos e extrínsecos (Bewley e Black, 1982; Sousa et al., 2008). Entre os extrínsecos, a luz e a temperatura são as variáveis importantes no processo da germinação (Carvalho e Nakagawa, 2000; Dousseau et al., 2007). Já em relação aos intrínsecos podem ser considerados a impermeabilidade do tegumento, imaturidade fisiológica e presença de substâncias inibidoras (Carvalho e Nakagawa, 2000; Barbosa, 2006).

A resposta ou a sensibilidade das sementes à luz é específica para cada espécie (Ferraz-Grande e Takaki, 2006). Para Bevenuti e Machia (1997) e Silveira et al. (2004) a luz tem papel fundamental na fisiologia da germinação, sendo bastante complexa e variável. Bewley e Black (1994) relataram que dependendo da espécie as sementes podem germinar somente após longas exposições a luz ou apenas com breve exposição no escuro, porém outras recebem estímulos com períodos de luz e escuro alternados. Entretanto, muitas espécies vegetais apresentam em suas sementes indiferença em relação à presença de luz (Menezes et al., 2004). A percepção, interpretação e tradução dos sinais luminosos são captados por receptores, sendo o fitocromo o principal deles (Taiz e Zeiger, 2004; Smith, 2000; Kendrick e Kronenberg, 1994).

Dependendo da espécie, a resposta das sementes à luz é variável, podendo ser fotoblásticas positivas, negativas ou neutras (Mancinelli, 1994). Dessa forma, o fitocromo é o responsável pela captação dos sinais luminosos que irão ou não desencadear a germinação nas sementes (Bryant, 1989; Casal e Sánchez, 1998; Ferreira e Borghetti, 2004). A promoção ou inibição da germinação pela luz é o resultado de uma reação química fotorreversível, contida

pelo fitocromo, pigmento de natureza protéica podendo ser encontrado em cinco formas distintas (A, B, C, D e E) codificadas por cinco genes distintos em *Arabidopsis thaliana* e em *Lycopersicon esculentum*, encontrado nas plantas em duas formas interconversíveis (Whitelam e Devlin, 1997; Ferraz- Grande e Takaki, 2006). Dentre estas formas distintas, as plantas utilizam o fitocromo B para detectar a razão entre a luz vermelha e vermelho-extremo (Casal e Sánchez, 1998; Ferraz-Grande e Takaki, 2006). A exposição da semente à luz vermelha (660 nm) converte o fitocromo para a forma biologicamente ativa, forma de fitocromo de absorção do vermelho-extremo e a germinação acontece. A exposição à luz vermelho-extremo (730 nm) converte o fitocromo para a forma de fitocromo vermelho e a germinação é bloqueada (Taiz e Zeiger, 2004).

As plantas podem perceber mudanças sutis na composição de vermelho e vermelho-extremo do ambiente em que se encontram, ajustando-se morfológica e fisiologicamente por meio do fitocromo (Li et al., 2000). A relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) é considerada fator importante para respostas mediadas pelo fitocromo (Batschauer, 1998). Em resposta aos sinais de baixa relação V/VE, muitas plantas mostram rápido e pronunciado aumento na taxa de alongamento de caules e pecíolos, entre outras modificações nas folhas e órgãos de armazenamento (Franklin e Whitelam, 2005). A cor azul, diferentemente da vermelha, não reduz a razão V/VE do espectro da luz difusa (Shahak et al., 2004), mas eleva levemente esta relação. Seu efeito mais proeminente, segundo os autores, é aumentar a relação azul/vermelho na luz difusa em seu ambiente. Muitos trabalhos demonstram que a qualidade da luz influencia muitos aspectos do desenvolvimento das plântulas (McMahon et al., 1991; Rajapakse e Kelly, 1992; Pons e Van Berkel, 2004). Apesar da existência desses fatores, nem todos os comprimentos de ondas são importantes para que ocorra uma resposta mediada pelo fitocromo, assim, a qualidade da luz deve ser considerada na ação do mesmo (Takaki, 2001).

Tendo em vista a importância da espécie *Peltophorum dubium* para a utilização em repovoamento de áreas degradadas, arborização e paisagismo, buscou-se analisar a influência da qualidade espectral da luz no processo germinativo e crescimento inicial de canafistula.

## MATERIAL E MÉTODOS

Frutos maduros de *Peltophorum dubium* foram coletados em diversas matrizes em setembro de 2007, nas proximidades do Campus da Unesp de Botucatu-SP, distrito de Rubião Júnior. Após a coleta, os frutos foram levados para o Laboratório de Interações Tróficas do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp/Botucatu, onde foram abertos e suas sementes selecionadas, sendo excluídas aquelas que aparentemente encontravam-se danificadas por patógenos, predadores e as de tamanho reduzido ou mal formadas.

Para determinar o teor de umidade das sementes foram utilizadas 5 amostras de 50 sementes cada, as quais foram pesadas e colocadas em estufa a  $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas e pesadas novamente (Brasil, 1992).

Para a superação da dormência física (impermeabilidade do tegumento), foi utilizado processo físico de escarificação mecânica, sendo este realizado manualmente utilizando-se lixa número 80, do lado oposto ao embrião até a observação do rompimento do tegumento. Logo após estas sementes foram submetidas a embebição, sobre papel-toalha umedecido com água.

Diferentes comprimentos de ondas luminosas foram obtidos utilizando-se como filtro caixas de acrílico tipo gerbox preto e transparente, com presença ou ausência de duas camadas de papel celofane com diferentes tonalidades (transparente, azul e vermelho). Desta forma, obtiveram-se os seguintes tratamentos: T1– gerbox transparente (GTS); T2– gerbox transparente + celofane transparente (GTC); T3– gerbox preto (GPS); T4– gerbox preto + celofane transparente (GPC); T5– gerbox transparente + celofane azul (GTA) e T6– gerbox transparente + celofane vermelho (GTV).

Para a determinação da porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com 5 repetições e 6 tratamentos, sendo que cada repetição continha 20 sementes.

Todos os tratamentos foram expostos à luz produzida por lâmpadas fluorescentes (20W), fixadas internamente na sala climatizada ( $20 - 30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 8 h de luz).

As contagens das sementes germinadas foram realizadas em sala escura contendo luz verde de segurança, até o 15º dia. As sementes com protrusão de radícula com pelo menos 2 mm de comprimento foram consideradas germinadas. Os cálculos de porcentagem e índice de

velocidade de germinação (IVG) foram realizados de acordo com Labouriau (1983) e Maguire (1962), respectivamente

$$G (\%) = (N/A) \times 100$$

Em que: G= porcentagem de sementes germinadas; N = número de sementes germinadas; A = número total de sementes colocadas para germinar.

$$IVG = (G_1 / N_1) + (G_2 / N_2) + \dots + (G_n / N_n)$$

Em que: IVG= Índice de Velocidade de Germinação;  $G_1$  = número de sementes germinadas na primeira contagem  $N_1$ = número de dias decorridos até a primeira contagem;  $G_2$ = número de sementes germinadas na segunda contagem;  $N_2$ = número de dias decorridos até a segunda contagem; n= última contagem realizada aos 15 dias.

Para a análise estatística os dados em porcentagem (sementes germinadas, mortas ou dormentes) foram transformados em arco seno  $[(x + 0,5)/100]^{0,5}$  para aproximação à curva normal (Steel e Torrie, 1980).

Ao final do décimo quinto dia foram determinados algumas características métricas tais como: comprimento da raiz primária, comprimento de epicótilo e comprimento de cotilédones. Estas variáveis foram determinadas com auxílio de uma régua graduada (mm), sendo os seus valores expressos em cm. Após estes procedimentos, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e submetidas à secagem em estufa forçada de ar a 60°C onde permaneceram até atingir matéria constante. Os resultados foram expressos em g/18 plântulas. Já o delineamento experimental para estas variáveis foi inteiramente ao acaso, com 5 repetições e 6 tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída por 18 plântulas.

A extração e quantificação dos pigmentos foi feita a partir da matéria cotiledonar de 50 mg, incubados em 1 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) deixadas durante 24 horas na ausência de luz, com quantificação por espectrofotometria UV-VIS (Richardson et al., 2002). Os extratos foram transferidos para cubetas e os valores de absorbância ( $A_{663}$ ,  $A_{645}$ , para clorofilas *a* e *b*), foram lidos utilizando-se solução de DMSO (branco) em espectrofotômetro da marca Genesys 2

PC (Thermo Spectronic). A estimativa das concentrações de clorofilas *a* e *b* foi feita a partir das seguintes equações: clorofila *a* ( $cla - \mu\text{g mL}^{-1}$ ) =  $12,7 A_{663} - 2,69 A_{645}$ , clorofila *b* ( $clb - \mu\text{g mL}^{-1}$ ) =  $22,9 A_{645} - 4,68 A_{663}$  e clorofila total =  $cla + clb$ . A estimativa da relação clorofila *a* e *b* foi feita a partir da equação: clorofila *a* / clorofila *b*. O delineamento utilizado no teor dos pigmentos foi inteiramente ao acaso, com 5 repetições e 6 tratamentos, sendo que cada repetição continha 50 mg de matéria fresca cotiledonar.

Para a análise estatística dos dados foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk para normalidade de resíduos da análise de variância (ANOVA) e de Levene para homogeneidade entre as variâncias. Como essas duas pressuposições foram atendidas para todas as características analisadas foi aplicada a ANOVA, seguida pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade.

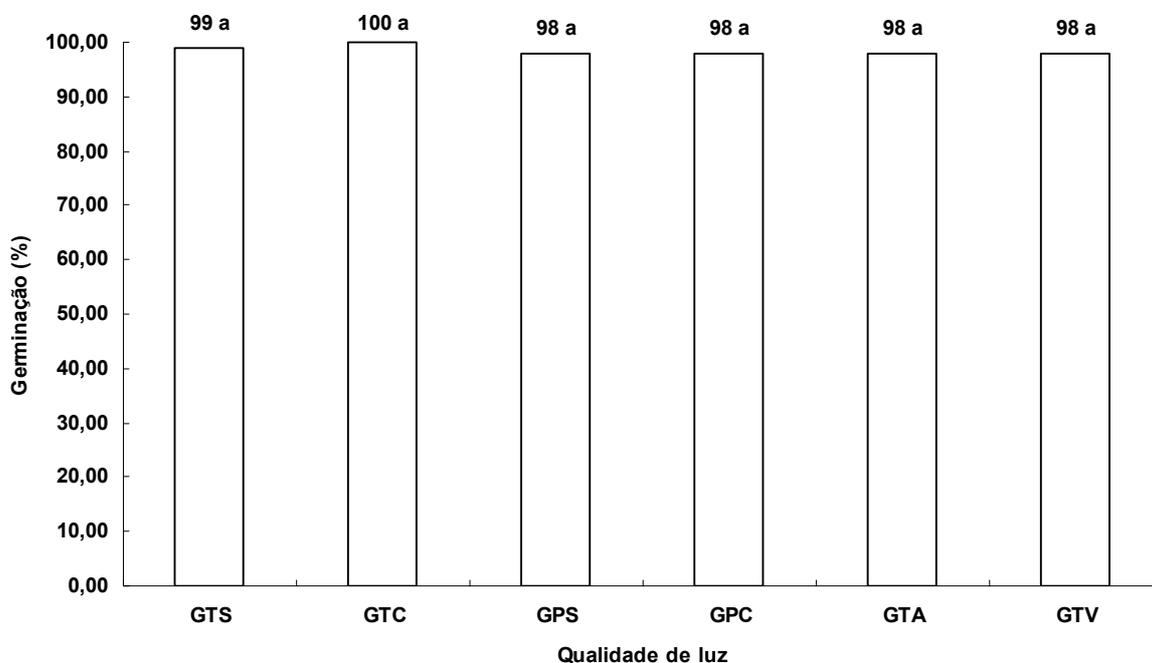
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 estão apresentados os resultados referentes ao percentual de germinação de sementes de canafístula. Observa-se que os resultados apontam que a espécie estudada apresentou percentual de germinação satisfatório em todas as condições submetidas não apresentando diferença significativa para esta característica. Essa espécie é indiferente à qualidade de espectral da luz (fotoblástica neutra), pois germina tanto na presença como na ausência de luz (Labouriau, 1983).

Para Taiz e Zeiger (2004) a indiferença da quantidade espectral de luz para a germinação é um comportamento possível, uma vez que algumas espécies apresentam respostas metabólicas diferentes a certos comprimentos de ondas. Conforme já escrito anteriormente (Carvalho e Nakagawa, 2000), este processo é um mecanismo ecofisiológico específico de cada espécie e sua resposta depende da presença e da intensidade luminosa. Pode-se dizer que tal resposta está diretamente correlacionada com seu posicionamento no estágio sucessional da floresta, segundo os mesmos autores.

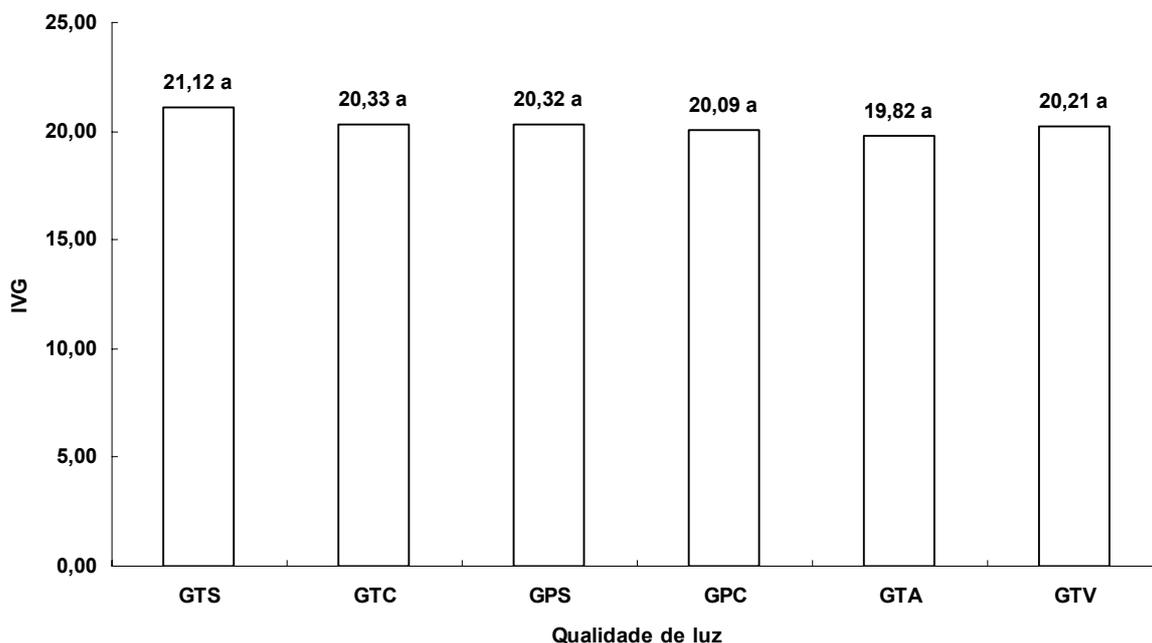
Comportamento semelhante foi observado por Menezes et al. (2004) ao compararem a germinação de *Salvia splendens* Sellow submetidas a diferentes comprimentos de ondas luminosas (vermelha extrema, vermelha, branca e ausência de luminosidade). Entretanto, Stefanello et al. (2008) avaliando a germinação de cubiu (*Solanum sessiflorum* Dunal), encontraram taxas de germinação superiores nos tratamentos que foram utilizadas luz vermelha e

vermelha extrema quando comparadas àquelas submetidas à presença de luz branca ou ausência de luz.



**Figura 1:** Valores médios da porcentagem final de germinação de sementes de *Peltophorum dubium*, submetidas aos diferentes níveis da qualidade espectral da luz. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si ao nível de 0,05% de probabilidade (*C.V.*: 2,53%; *D.M.S.*: 2,99). (*GTS*: gerbox transparente sem celofane; *GTC*: gerbox transparente com celofane transparente; *GPS*: gerbox preto sem celofane; *GPC*: gerbox preto com celofane transparente; *GTA*: gerbox transparente com celofane azul; *GTV*: gerbox transparente com celofane vermelho).

Observou-se que as sementes germinaram até o décimo quinto dia após a semeadura, não apresentando diferença significativa em relação as médias de velocidade de germinação (figura 02); tal comportamento foi semelhante ao do percentual da germinação, ou seja, a qualidade espectral da luz não influenciou significativamente na velocidade de germinação. A indiferença à qualidade espectral da luz no processo germinativo é um comportamento comumente observado na literatura em inúmeras espécies (Sousa et al., 2008).



**Figura 2:** Valores médios do Índice de Velocidade de Germinação (*IVG*) de sementes de *Peltophorum dubium*, submetidas aos diferentes níveis de qualidades de luz. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si ao nível de 0,05% de probabilidade (*C.V.*: 8,24%; *D.M.S.*: 3,33); *GTS*: gerbox transparente sem celofane; *GTC*: gerbox transparente com celofane transparente; *GPS*: gerbox preto sem celofane; *GPC*: gerbox preto com celofane transparente; *GTA*: gerbox transparente com celofane azul; *GTV*: gerbox transparente com celofane vermelho.

Entretanto, nota-se que a resposta do comprimento da radícula sofreu influência significativa em relação à qualidade da luz (tabela 1), ou seja, a ausência da luminosidade (tratamento T3 – GPS) apresentou valores médios, maiores de comprimento de radícula quando comparado aos tratamentos com menor restrição à taxa de luminosidade (tratamentos T1- GTS, T5- GTA e T6- GTV). Melo (2006) estudando o comportamento do desenvolvimento vegetativo de *Catharanthus roseus* (L.) submetida a diferentes níveis de sombreamento observaram resultados semelhantes nos primeiros dias de crescimento; desta forma, níveis baixos de luminosidade para estas espécies funcionam como estímulo metabólico que de alguma forma estimulou o crescimento da raiz. Para Beggs et al. (1980) este é o ajustamento natural da planta ao ambiente.

**Tabela 1.** Valores médios e o desvio padrão do comprimento de radícula, epicótilo, cotilédone e plântula de *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes qualidades de luminosidade.

Tratamentos	Comprimento			
	Radícula (cm)	Epicótilo (cm)	Cotilédone (cm)	Plântula (cm)
<b>GTS</b>	<b>2,24 ± 0,41 BC</b>	<b>2,19 ± 0,28 C</b>	<b>1,63 ± 0,12 A</b>	<b>4,44 ± 0,49 B</b>
<b>GTC</b>	<b>2,37 ± 0,15 ABC</b>	<b>2,69 ± 0,35 BC</b>	<b>1,67 ± 0,09 A</b>	<b>5,06 ± 0,38 B</b>
<b>GPS</b>	<b>2,84 ± 0,30 A</b>	<b>3,40 ± 0,47 AB</b>	<b>1,38 ± 0,04 C</b>	<b>6,24 ± 0,41 A</b>
<b>GPC</b>	<b>2,5 ± 0,14 AB</b>	<b>3,74 ± 0,56 A</b>	<b>1,34 ± 0,03 C</b>	<b>6,24 ± 0,64 A</b>
<b>GTA</b>	<b>2,00 ± 0,24 C</b>	<b>2,93 ± 0,38 ABC</b>	<b>1,42 ± 0,07 BC</b>	<b>4,93 ± 0,37 B</b>
<b>GTV</b>	<b>2,20 ± 0,27 BC</b>	<b>2,85 ± 0,43 ABC</b>	<b>1,54 ± 0,05 AB</b>	<b>5,06 ± 0,40 B</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>10,63</b>	<b>15,09</b>	<b>5,23</b>	<b>9,24</b>
<b>D.M.S.</b>	<b>0,50</b>	<b>0,89</b>	<b>0,16</b>	<b>0,97</b>

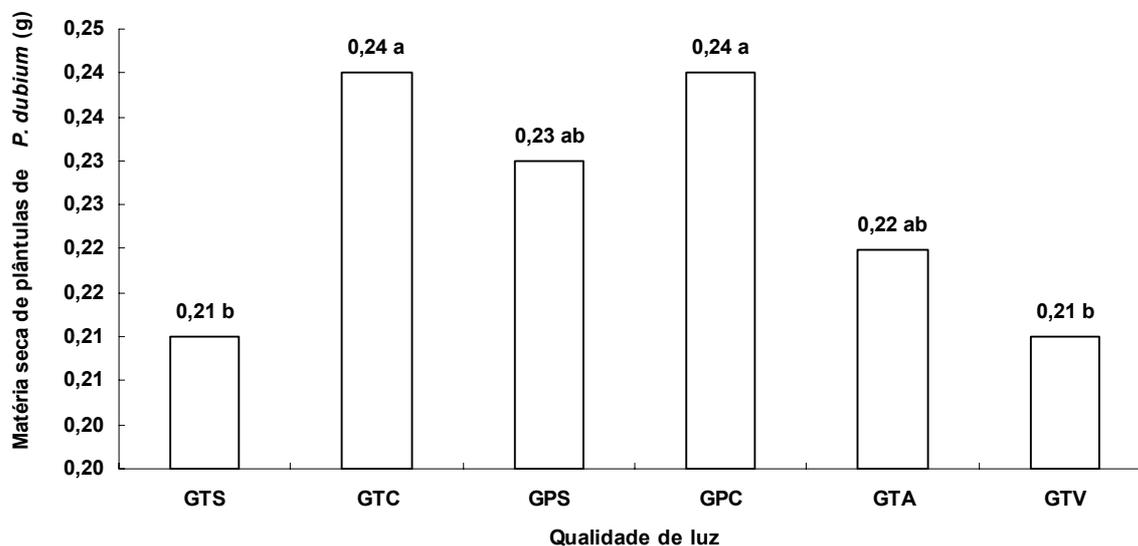
Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade; *GTS*: gerbox transparente sem celofane; *GTC*: gerbox transparente com celofane transparente; *GPS*: gerbox preto sem celofane; *GPC*: gerbox preto com celofane transparente; *GTA*: gerbox transparente com celofane azul; *GTV*: gerbox transparente com celofane vermelho; *C.V.*: coeficiente de variação e *D.M.S.*: Diferença mínima significativa.

O comprimento do epicótilo foi significativamente influenciado pela qualidade espectral da luz, onde plântulas crescidas em gerbox transparente sem a presença do celofane transparente, apresentaram menores comprimento do epicótilo em relação as plantas originadas dentro de gerbox preto com ou sem a presença de celofane, Este fato pode estar relacionado com o maior teor de auxina, uma vez que, na ausência de luz há menor foto-oxidação do ácido indolilacético (IAA), promovendo o maior crescimento do epicótilo.

O valor médio observado para comprimento dos cotilédones foi maior nas plântulas crescidas na presença de luz com ou sem papel celofane, juntamente com aquelas plântulas provenientes de ambientes com papel celofane vermelho, quando comparadas às plântulas crescidas na ausência de luz, indiferente da presença ou ausência de papel celofane (tabela 1). A observação de um valor médio menor para o comprimento de cotilédones é reflexo do maior consumo das plântulas para estimular o crescimento destes órgãos. Estes dados corroboram com aqueles observados por Taiz e Zeiger (2004) quando descreveram maiores taxas de crescimento em plântulas crescidas em níveis reduzidos de luminosidade. Sem dúvida, pode-se dizer que tais resultados são influências do mecanismo de estiolamento, como também podem ser observados na redução significativas dos pigmentos quantificados nos tratamentos GPS e GPC (tabela 2).

A matéria seca de plântulas de canafístula foi significativamente influenciada pela qualidade de luminosidade (figura 3). Nota-se que plântulas submetidas aos tratamentos T1 e T6 apresentaram menores valores médios da matéria seca de plântulas quando comparadas aos tratamentos GTC e GPC. Resultados semelhantes foram obtidos por Mello (2006) avaliando o comportamento vegetativo de *C. roseus* submetido a diferentes níveis de sombreamento. Para Benincasa (2003) a produção e distribuição da matéria seca no vegetal constituem um comportamento interessante e inerente as espécies vegetais e que reflete a sua adaptabilidade as diferentes condições ambientais. Mello (2006) menciona em seu trabalho, que ainda não está bem esclarecida a razão das alterações que ocorrem na alocação de fitomassa entre os órgãos da planta em resposta as alterações espectrais.

A intensidade e a qualidade da luz são de significância considerável para o crescimento de plantas não apenas pela sua conversão em energia química no processo fotossintético, mas também para alguns efeitos morfogênicos, os quais podem ser observados pelas variações do tamanho de folhas, crescimento de caule e vigor, razão caule/raiz, entre outros (Mello, 2006). As plantas podem se aclimatar aos diferentes ambientes em vários níveis de integração (Evans e Pooter, 2001).



**Figura 3:** Valores médios da matéria seca (g) de plântulas de *Peltophorum dubium*, submetidas aos diferentes níveis de qualidades de luz. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si ao nível de 0,05% de probabilidade (C.V.: 4,6; D.M.S.: 0,3). *GTS*: gerbox transparente sem celofane; *GTC*: gerbox transparente com celofane transparente; *GPS*: gerbox preto sem celofane; *GPC*: gerbox preto com celofane transparente; *GTA*: gerbox transparente com celofane azul; *GTV*: gerbox transparente com celofane vermelho.

Observa-se na tabela 2, influência significativa da qualidade de luminosidade nos valores dos teores de clorofilas que foram determinados nos cotilédones. Os tratamentos com menor restrição de luminosidade apresentaram valores médios superiores aqueles observados em GPS e GPC. Os valores médios de clorofila *a* foram maiores para os tratamentos GTS e GTC, em seguida vieram GTV e GTA, ficando os menores valores aos tratamentos que ficaram na ausência da luminosidade. Isto pode estar relacionado ao fato de que os mesmos são realizados na maioria das vezes em casa de vegetação, campo ou florestas, onde outros fatores como a temperatura e umidade podem exercer influência.

Nakazono et al. (2001) afirmam que alterações no teor de pigmentos é um processo natural que ocorre com os vegetais no intuito de maximizar a captura de luz. Uma das características fotossintéticas das plantas de sol é apresentarem menor concentração de moléculas de clorofila por cloroplasto, principalmente a clorofila *b*, uma vez que essas plantas

não necessitam investir na produção de pigmentos coletores de energia luminosa, em um ambiente intensamente iluminado (Salisbury e Ross, 1991).

**Tabela 2.** Valores médios e desvio padrão dos teores de clorofilas *a*, *b*, total e relação clorofila *a/b* dos cotilédones em função da intensidade luminosa (concentração em  $\mu\text{mg mg}^{-1}$ ).

Tratamentos	Pigmentos			
	Clorofila ( <i>a</i> )	Clorofila ( <i>b</i> )	Clorofila Total	Relação <i>a/b</i>
GTS	410,98 ± 11,02 A	95,31 ± 3,67 A	506,30 ± 13,70 A	4,66 ± 0,16 A
GTC	381,86 ± 3,86 A	94,99 ± 2,04 A	476,85 ± 4,3 A	4,35 ± 0,07 AB
GPS	0,75 ± 0,03 C	0,28 ± 0,02 C	1,04 ± 0,05 C	3,05 ± 0,01 AB
GPC	0,66 ± 0,06 C	0,38 ± 0,02 C	1,04 ± 0,08 C	1,59 ± 0,08 C
GTA	141,07 ± 2,77 B	41,56 ± 0,68 B	182,63 ± 2,87 B	3,46 ± 0,09 AB
GTV	224,70 ± 3,65 B	77,64 ± 0,66 AB	302,35 ± 3,99 AB	2,90 ± 0,04 AB
C.V. (%)	31,67	35,88	29,55	33,18
D.M.S.	158,94	36,82	172,35	2,03

Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade; *GTS*: gerbox transparente sem celofane; *GTC*: gerbox transparente com celofane transparente; *GPS*: gerbox preto sem celofane; *GPC*: gerbox preto com celofane transparente; *GTA*: gerbox transparente com celofane azul; *GTV*: gerbox transparente com celofane vermelho; *C.V.*: coeficiente de variação; e *D.M.S.*: Diferença mínima significativa.

Neste sentido, os valores médios de clorofila *b* quantificados neste estudo apresentaram diferenças significativas para esta característica (tabela 2), onde nota-se que os maiores valores médios foram determinados em plântulas originadas dos tratamentos GTS, GTC e GTV. Da mesma forma que a clorofila *a*, os tratamentos GTS e GTC superaram os demais tratamentos, exceto o GTV. A redução de pigmentos nos cotilédones pode ser uma estratégia encontrada nos vegetais com o objetivo de direcionar as reservas para o crescimento do sistema radicular e aéreo, além da falta de produção dos mesmos, na qual são dependentes da presença de luz.

Não diferente dos teores de clorofilas *a* e *b*, a clorofila total apresentou o mesmo comportamento neste ensaio (tabela 2). Apesar de existirem 5 grupos de clorofilas e outros grupos de pigmentos, mais de 98% das clorofilas existentes em um vegetal são a soma de clorofilas *a* e *b*. Segundo Melo (2006) a observação da redução dos valores obtidos da relação da clorofila *a/b* é função de estratégias ecofisiológicas devido à necessidade de minimizar o gasto energético e maximizar a busca por melhores condições. O mesmo autor relata que em campo

apenas as plântulas que possuem informações mais adequadas conseguiram repassar seus genes aos seus descendentes.

Plantas de sol ou expostas a condições de alta luminosidade apresentam razões de clorofila *a/b* de 3,2 a 4,0, enquanto nas plantas de sombra as razões variam de 2,5 a 2,9 (Lichtenthaler, 1987), pois em situações de baixa densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos ou baixas intensidades luminosas, o aumento de clorofila *b* garante eficiência maior na absorção de energia (Luttge, 1997). Em geral, as clorofilas *a* e *b* ocorrem em razão aproximada de 3 (Carvalho et al., 2007).

## CONCLUSÕES

Apesar das sementes de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.] não responderem para a germinação as diferentes qualidades espectral da luz, o mesmo comportamento não foi observado quanto ao seu desenvolvimento inicial de suas plântulas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, S. P.; Proença, C. E. B.; Sano, S. M.; Ribeiro, J. F. (1998). Cerrado: espécies vegetais úteis. *EMBRAPA: Planaltina*, 59 p.
- Barbosa. L. M. (2006). Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de são paulo: matas ciliares do interior paulista. São Paulo: *instituto de botânica*, 129 p.
- Batschauer A. (1998). Photoreceptors of higher plants. *Planta*, 206: 479-492.
- Beggs, C.J., Holmes, M.G., Jabben, M., and Schafer, E. (1980). Action spectra for the inhibition of hypocotyl growth by continuous irradiation in light- and dark-grown *Sinapis alba* L. seedlings. *Plant Physiology*. 66: 615-618.
- Benincasa, M. M. P. (2003). *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 42 p.
- Bevenuti, S.; Machia, M. (1997). Light environment, phytochrome and germination of *Datura stramonium* L. seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 38: 61-71.
- Bewley, J. D., Black, M. (1982). Physiology and biochemistry of seeds. Berlin: *Springer-verlag*, 2: 210-223.

- Bewley, J. D.; Black, M. (1994). *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum, 445 p.
- Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (1992). *Regras para análise de sementes*. Brasília, *SNDA/DNDV/CLAV*, 365 p.
- Bryant, J. A. (1989). *Fisiologia das sementes*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 85 p.
- Carvalho, A. P. F.; Mercedes, M. C.; Bustamante, A. R. K.; Gregory, P. A. (2007). Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. *Revista Brasil. Bot.*, 30, 19-27.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. (2000). *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. Jaboticabal: FUNEP, 588 p.
- Carvalho, P. E. R. (2003). *Espécies arbóreas brasileiras*. Colombo: EMBRAPA Florestas, 1039 p.
- Casal, J. J.; Sánchez, R. A. (1998). Phytochromes and seed germination. *Seed Science Research*, 8: 317-329.
- Donadio, N.M.M.; Demattê, M.E.S.P. (2000), Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) - Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, 22: 64-73.
- Dousseau, Alvarenga, A. A. de; Castro, E. M. de; Arante, L. de O.; Nery, F. C. (2007). Superação de dormência em sementes de *Zeyheria montana* Mart.. *Ciênc. agrotec.* 31: 1744-1748.
- Evans, J. R.; Poorter, H. (2001), Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant Cell and Environment*, Oxford, 24: 755-767.
- Ferraz-Grande, F. G. A.; Takaki, M. (2006). Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). *Bragantia*, 65: 37-42.
- Ferreira, A. G.; Borghetti, F. (2004). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 323 p.
- Franklin, K. A.; Whitlam, G. C. (2005). Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Annals of Botany*, 96:169–175.

- Kendrick, R.; Kronenberg, G. H. M. (1994). *Photomorphogenesis in Plants*. Martinus Nijhoff, Dordrecht. 85 p.
- Labouriau, L. G. (1983). A germinação das sementes. Washington, Organização dos Estados Americanos, 174 p.
- Li, S.; Kurata, K.; Takakura, T. (2000). Direct solar radiation into row crop canopies in a lean-to greenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100: 243-253.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L.; Douce, R. Eds. *Methods in Enzimology*. Academic Press, London, UK, 148: 350-381.
- Lüttge, U. (1997). *Physiological Ecology of Tropical Plants*. Springer-Verlag, Berlin. 314 p.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evolution for seedling emergence vigor. *Crop Sci.*, 2: 176-177.
- Mancinelli, A. L. (1994). *The physiology of phytochrome action*. In *Photomorphogenesis in plants* (Kendrick; Kronenberg, eds.). 2<sup>nd</sup> ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 211-269.
- Marchiori, J. N. C. (1997). *Dendrologia das angiospermas: leguminosas*. Santa Maria: UFSM, 200 p.
- Mattei, V. L.; Rosenthal, M. D. (2002). Semeadura direta de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*. 26: 649-654.
- McMahon, M. J.; Kelly, J. W.; Decoteau, D. R.; Young, R. E.; Pollock, R. K. (1991). Growth of *Dendranthema×Grandiflorum* (Ramat.) kitamura under various spectral filters. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116: 950–954.
- Melo, A. A. M. (2006). *Germinação de sementes e ação da qualidade da luz sobre o desenvolvimento vegetativo e aspectos físicoquímicos de Catharanthus roseus (L.) G.Don*. 86p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Menezes, N. L.; Franzin, S. M.; Roversi, T.; Nunes, E. P. (2004). Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. *Revista Brasileira de Sementes*, 26: 32-37.
- Nakazono, E. M.; Costa, M. C.; Futatsugi, K.; Paulilo, M. T. S. (2001). Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Revista brasileira de botânica*, 24:173-179.

- Perez, S. C. J. G. A.; Fanti, S. C.; Casali, C. A. (1999). Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Taub. *Revista Árvore*, 23: 131-137.
- Perez, S. C. J. G. A.; Fanti, S. C.; Casali, C. A. (2001). Influência da luz na germinação de sementes de canafistula submetidas ao estresse hídrico. *Bragantia*, 60: 155-166.
- Piroli, E. L.; Custódio, C. C.; Rocha, M. R. V. da; Udenal, J. L. (2005). Germinação de sementes de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. tratadas para superação da dormência.. *Colloquium*, 1: 13-18.
- Pons, T. L. de J.; Berkel, Y. (2004). Species-specific variation in the importance of the spectral quality gradient in canopies as a signal for photosynthetic resource partitioning. *Ann. Bot. (Lond)* 94: 725–732.
- Rajapakse, NC; Kelly, JW. (1992). Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:481–485.
- Salisbury, F. B.; Ross, C. W. Plant physiology. 3. ed. Belmont: Wadsworth, 1991. 692 p.
- Shahak Y; Gussakovsky EE; Gal E; Ganelevin R. (2004). Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Horticulturae* 659: 143-151.
- Silveira, F A. O.; Negreiros, D.; Fernandes, G. W. (2004). Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). *Acta bot. bras.* 18: 847-851.
- Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants - an emerging synthesis. *Nature*, 407: 585-591.
- Sousa, M. P.; Braga, L. F.; Braga, J. F.; Delachiave, M. E. A. (2008). Germinação de sementes de *Plantago ovata* Forsk. (plantaginaceae): temperatura e fotoblastismo. *Revista Árvore*, 32: 51-57.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics – a biometrical approach*. 2. Ed. New York: McGraw-Hill Inc. 633 p.
- Stefanello, S.; Christoffoli, P.; Frantz, G.; Rocha, A. C. de S.; Silva, J. M. da; Stefanello, R.; Schuelter, A. R. (2008). Germinação de sementes armazenadas de cubiu sob diferentes condições de luz, *Scientia Agraria*, 9: 363-367.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. (2004). 4a ed. Sinauer Associates, Inc.Sunderland, USA. 764 p.

- Takaki, M. (2001). New proposal of classification of seeds by forms of phytochrome instead of photoblastism. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 13: 103-107.
- Vieira, J.; Fonseca N. A.; Santos, R. A. M.; Habu T, Tão, R.; Vieira C. P. (2008). The number, age, sharing and relatedness of *S*-locus specificities in *Prunus*. *Genet Res*, 90: 17–26.
- Whitelam, G. C.; Devlin, P. F. (1997). Roles of different phytochromes in *Arabidopsis* photomorphogenesis. *Plant Cell and Environment*, 20: 752-758.

## C pulo II

**CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CANAFÍSTULA  
[*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] SUBMETIDAS A  
PROTETORES FÍSICOS COM DIFERENTES ESPECTROS DE LUZ**

## CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] SUBMETIDAS A PROTETORES FÍSICOS COM DIFERENTES ESPECTROS DE LUZ

**RESUMO:** A utilização de protetores físicos tem se mostrado uma eficiente técnica para o sucesso da semeadura direta de diferentes espécies, principalmente em plantas nativas. Tendo em vista a importância da espécie *Peltophorum dubium* para a utilização no re-povoamento de áreas degradadas, arborização e paisagismo, determinou-se o comportamento fisiológico de suas plântulas analisando a influência de um protetor físico com diferentes taxas de luminosidade no processo de crescimento inicial das plântulas. O experimento foi conduzido em vasos e solo característico da região. As plântulas foram avaliadas aos 31, 51, 71, 91, 111 e 131 dias após a semeadura. Para tanto, foram testadas os seguintes tratamentos: T1, ausência de protetor físico (APF); T2, protetor físico transparente (PFT); T3, protetor físico transparente + celofane azul (PFA) e T4, protetor físico transparente celofane vermelho (PFV). Foram avaliadas as seguintes características: altura de plântula, diâmetro do colo, área de lâmina foliar, matéria seca de lâmina foliar, caule e parte aérea. Os resultados obtidos mostraram que tanto o protetor físico azul quanto o vermelho, aumentaram a altura das plântulas. Entretanto, menores valores biométricos foram obtidos em plântulas dos referidos tratamentos após a retirada dos protetores. Em relação ao diâmetro do colo, nota-se que a redução da luminosidade promoveu inversão de comportamento apresentando os menores valores após 51 DAS.

Palavras-chave: *revegetação, semeadura direta, variáveis populacionais, crescimento inicial.*

## INITIAL GROWTH OF CANAFISTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] PLANTS SUBJECTED TO PHYSICAL PROTECTORS PRESENTING DIFFERENT LUMINOSITY SPECTRUM

**ABSTRACT:** The utilization of physical protectors has been considered an efficient technique for direct sowing of different species, mainly native ones. Based on the importance of the species *Peltophorum dubium* for revegetation of degraded areas, tree planting and landscaping, this study evaluated the initial growth of canafistula seedlings under the influence of physical protectors subjected to different luminosity rates. The experiment was carried out in pots containing earth from a typical soil of the study region. Seedlings were evaluated at 31, 51, 71, 91, 111, and 131 days after sowing (DAS). Thus, the following treatments were adopted: T1, absence of physical protector (APP); T2, transparent physical protector (TPP); T3, transparent physical protector + blue cellophane (BPP) and T4, transparent physical protector + red cellophane (RPP). The evaluated characteristics were: seedling height, stem diameter, leaf area, and dry matter of leaf blades, stems and shoot. Both blue and red physical protectors increased seedling height; however, lower biometric values were detected for seedlings from those treatments after the protector removal. As regards stem diameter, luminosity reduction led to an inversion in the behavior of seedlings, which presented the lowest levels after 51 DAS.

Keywords: *direct sowing, native species, revegetation.*

## INTRODUÇÃO

Pertencente à família Leguminose – Caesalpinioideae, a canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] era no século passado uma espécie nativa freqüente em todo o domínio da floresta estacional semidecidual, cerrado, floresta estacional decidual e abundante em formações secundárias (Donadio e Demattê, 2000). Conforme Guerra et al. (1982), sua ocorrência natural podia ser observada desde o estado da Paraíba, até a Argentina e o Paraguai.

Classificada como heliófita, pioneira e oportunista, além de apresentar madeira de boa qualidade, a canafístula é recomendada para uso na construção cívil, marcenaria, carpintaria e na indústria de papel e celulose (Lorenzi, 1992; Wanli et al., 2001). Tal fato levou esta espécie na década de 90, a ser incluída na lista de plantas ameaçadas de extinção em muitos biomas do território nacional, principalmente no estado de São Paulo, onde anteriormente era facilmente encontrada (Perez et al., 1999). Porém, por ser um vegetal rústico e de crescimento rápido, bem como ser tolerante a altas taxas de luminosidade e temperatura, a canafístula tem sido utilizada em muitos programas de revegetação em áreas degradadas (Donadio e Demattê, 2000; Klein et al., 2005).

Nos locais onde a vegetação primária foi eliminada, tal situação pode ser revertida por meio de processos de revegetação (Gonçalves et al., 2005). A revegetação é uma atividade que tem como finalidade reintroduzir a vegetação em locais onde esta foi suprimida por ação natural ou antrópica (Klein et al., 2005). A literatura aponta duas opções disponíveis para implantação de povoamentos florestais: por regeneração natural, dependente do grau de degradação do local e da existência de banco de sementes no solo (Garwood, 1989; Rodrigues e Gandolfi, 2000; Malavasi et al., 2004), ou por regeneração artificial, que pode ser por plantio de mudas ou por semeadura direta. A escolha entre a regeneração natural e a artificial pode ser feita de acordo com os objetivos ou os locais a serem revegetados. A regeneração natural é uma técnica simples, com baixo custo de aplicação (Baker e Guldim, 1991; Barnett e Baker, 1991; Seitz, 1994); porém, apresenta várias desvantagens como a impossibilidade de controle do espaçamento e densidade inicial do povoamento de plantas (Baker e Guldim, 1991; Barnett e Baker, 1991).

A semeadura direta de espécies florestais é uma prática comum em outros países, principalmente nos Estados Unidos, em situações especiais como o frio (Mattei e Rosenthal, 2002). Segundo os mesmos autores, a espécie de maior interesse e importância florestal

proveniente deste método no Brasil é a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Este método revela-se como uma alternativa econômica para a revegetação, sendo particularmente útil em locais apresentando regeneração natural lenta (Williston e Balmer, 1977), ou onde o plantio de mudas é inexecutável (Winsa e Bergsten, 1994; Sun et al., 1995; Dubois et al., 2000; Engel e Parrotta, 2001; Camargo et al., 2002; Sweeney e Czapka, 2004). Conforme o tipo de alteração ambiental e sua consequente ação no banco de sementes pode não ser capaz de reestabelecer a vegetação, o que reduz a diversidade e o número de sementes viáveis (Gasparino et al., 2006).

O período crítico para o estabelecimento de mudas de espécies florestais via semeadura direta na região sul do Brasil compreende os primeiros 30 dias e relaciona-se à proteção das sementes no período imediatamente após a emergência, em especial na presença de avifauna, formigas e precipitação pluviométrica intensa (Meneghello e Mattei, 2004).

A utilização de protetores físicos em pontos de semeadura de espécies florestais objetiva prover um microambiente favorável à germinação e desenvolvimento das plântulas (Lahde, 1974). No Brasil, Carneiro (1995) refere que os protetores devem ser atóxicos, transparentes e capazes de reter a umidade do solo. A semeadura direta, associada ao uso de protetores físicos, proporciona alternativa viável para a revegetação, tendo em vista a lentidão da regeneração natural (Dário, 1994). Para minimizar as perdas provocadas pela predação por pássaros e formigas, assim como pela quebra e pelo carregamento de plântulas e sementes em função da precipitação, pequenos protetores físicos de materiais plásticos com capacidade de 200 a 500 mL têm sido testados para proteger as sementes e seu crescimento durante os primeiros meses (Mattei, 1995, 1998; Brum et al., 1999; Ferreira, 2002; Ferreira et al., 2007).

Entre os fatores ambientais fundamentais ao processo de germinação e desenvolvimento vegetal, a qualidade luminosa desempenha papel essencial (Renner e Peixe, 2007). A resposta ou a sensibilidade dos vegetais à luz é específica para cada espécie (Ferraz-Grande e Takaki, 2001). Como consequência, a qualidade de luz está direta ou indiretamente associada à regulação de seu crescimento e desenvolvimento (Morini e Muleo, 2003). As diferentes respostas apresentadas pelos vegetais à variação da luz costuma envolver alterações nas características das folhas, tal como razão clorofila a/b, espessura foliar e densidade estomática (Nakazono et al. 2001; Taiz e Zeiger, 2004). Entre todos os comprimentos de ondas existentes, o vermelho (625-740 nm) e o azul (380-440 nm) apresentam maior interesse na fisiologia do desenvolvimento vegetal, pois de

modo geral, atuam principalmente no transporte de elétrons e abertura estomática (Taiz e Zeiger, 2004).

A produção de matéria seca nos vegetais é uma variável importante, pois depende da eficiência fotossintética, a qual é determinada geneticamente em cada espécie. Além disso, fatores como temperatura, suprimento de água e nutrientes, radiação solar e práticas de manejo são os mais determinantes na distribuição dos fotoassimilados (Favaretto et al., 2000).

Diante do exposto e tendo em vista a carência de pesquisas em relação ao crescimento inicial de canafístula, o objetivo deste trabalho foi avaliar por meio de semeadura direta, alguns variáveis do crescimento inicial e o acúmulo de massa seca de mudas da referida espécie utilizando garrafas de Polietileno tereftalato (PET) como protetores físicos contendo diferentes filtros.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi conduzido em área aberta (22° 52' de latitude, 48° 26' de longitude e 822 m de altitude), do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), em Botucatu, SP, no período de abril a dezembro de 2007. O local apresenta temperatura média anual de 19°C e umidade relativa do ar de 58% (Agritempo, 2009).

O solo usado apresentava as seguintes características químicas: pH  $\text{CaCl}_2$  = 5,61; M.O. = 22,66 g  $\text{kg}^{-1}$ ; P = 22,8 mg  $\text{dm}^{-3}$ ; H+Al = 34,1; K = 5,12 mmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; Ca = 43,56 mmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; Mg = 17,65 mmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; SB = 66,3 mmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; CTC = 100,4 mmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$  e V% = 66 %. A análise do solo foi realizada no Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu, SP. O solo foi classificado como latossolo vermelho distroférico, segundo Embrapa (1999), foi adubado com 30mg. $\text{dm}^{-3}$  de N; 300mg. $\text{dm}^{-3}$  de P e 150mg. $\text{dm}^{-3}$  de K, após ter sido corrigido com calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise química de solo.

Frutos maduros de canafístula (*Peltophorum dubium*) foram coletados em diversas matrizes no mês de setembro de 2006, no Câmpus da Unesp de Botucatu, SP. Após a coleta, os frutos foram levados ao Laboratório de Relações Hídricas do Departamento de Botânica, no Instituto de Biociências da Unesp/Botucatu, SP, onde foram abertos para a remoção das

sementes, excluindo-se aquelas que aparentemente encontravam-se danificadas por patógenos e predadores, bem como as de tamanho reduzido ou mal-formadas. Em seguida, as sementes foram submetidas à superação de dormência através de escarificação mecânica manual com lixa nº P 80. Posteriormente, foram imersas e mantidas em água à temperatura ambiente, por 12 horas, de modo que foram selecionadas para a semeadura apenas aquelas que apresentavam dormência superada, comprovada por sinais de embebição.

A semeadura foi manual e realizada a uma profundidade de aproximadamente 0,5 cm em vasos de polietileno preto de 12 litros. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 6 (4 tratamentos x 6 épocas de coleta) com 5 repetições, totalizando 120 unidades amostrais.

O protetor físico utilizado constituiu-se de garrafas plásticas tipo P.E.T. (polietileno tereftalato), com volume de 2500 mL sem fundo e tampa, medindo 28 cm de altura e 36 cm de diâmetro. As garrafas foram fixadas nos vasos com o solo, por meio de varetas de bambu e fitas adesivas transparentes. Para alguns tratamentos as garrafas foram recobertas com dupla folha de papel celofane nas colorações, azul e vermelho. Desta forma, os tratamentos utilizados foram: T1– ausência de protetor físico (APF); T2– protetor físico transparente (PFT); T3– protetor físico + celofane azul (PFA) e T4- protetor físico + celofane vermelho (PFV).

As avaliações foram realizadas em seis momentos, a cada 20 dias, iniciando-se aos 30 dias após a semeadura (DAS), sendo a última aos 130 DAS. Durante as três primeiras avaliações (dos 30 aos 70 DAS), os protetores físicos quando presente eram retirados momentos antes das avaliações. Após 70 DAS, todos os protetores físicos foram retirados definitivamente. Em cada coleta foram avaliadas a alturas das mudas, diâmetro do colo, área da lâmina foliar e matéria seca de lâminas foliares, de caule mais pecíolo e parte aérea.

1) Altura das plântulas- A altura da plântula foi definida como a distância do colo até o ápice da planta, que foi medida com régua milimetrada (em cm).

2) Área da lâmina foliar- Foi definida como a superfície do limbo foliar, medida realizada com a utilização de integrador de área foliar “Area Meter”, modelo LI-3100 da Li-cor (em cm<sup>2</sup>).

3) Diâmetro do colo- Medida realizada com auxílio de paquímetro digital (em mm), mensurado na região do colo imediatamente acima do solo.

4) Matéria seca de lâminas foliares- Medida realizada após o acondicionamento do material em sacos de papel, devidamente identificados, e levados para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C durante 72 horas, até massa constante (g).

5) Matéria seca de caule + pecíolo- Medida realizada após o acondicionamento do material em sacos de papel, devidamente identificados, e levados para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C durante 72 horas, até massa constante (g).

6) Matéria seca da parte aérea- Soma da matéria seca de folha, pecíolo mais caule foram determinadas por medidas realizadas após o acondicionamento do material em sacos de papel, devidamente identificados, e levados para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C durante 72 horas, até massa constante (g).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância. Para avaliação do efeito da época, modelos de regressão polinomial foram elaborados quando houve interação significativa entre os tratamentos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Altura da plântula*

Foi detectada interação significativa entre protetor físico x épocas de avaliação a 5% de significância para a altura de plântulas de canafístula durante o período de avaliação. A altura das plântulas de canafístula, de maneira geral, foi maior na presença de protetores físicos azuis e vermelhos (tabela 1 e figura 1).

Provavelmente, a redução da quantidade de luz, além do aumento de temperatura e umidade no interior dos protetores físicos foram os principais fatores responsáveis por tal comportamento. Assim, o uso de papel celofane nas cores azul e vermelha atuaram como filtros, reduzindo os valores de luminosidade incidentes no ponto de semeadura. A redução na quantidade de luminosidade provavelmente ativou as ações de receptores químicos que passam a estimular a resposta no crescimento destas plântulas. Segundo Taiz e Zeiger (2004), o alongamento do caule caracteriza uma resposta de fuga à sombra em consequência da ação do fitocromo na percepção da luz.

No presente estudo, ao analisar a influência da época em cada tratamento, pode-se notar que todas as plantas apresentaram aumento linear em altura ao longo do tempo (figura 1).

Algumas folhas das mudas de canafístula do tratamento PFV apresentaram perda do ápice reduzindo seu crescimento devido ao aumento da luminosidade e redução de umidade após a retirada permanente dos protetores físicos (71 DAS), tal redução provocou a mortalidade dos folíolos localizados na extremidade das plântulas.

Em relação à comparação entre tratamentos dentro de cada época, nota-se que o tratamento PFV apresentou na primeira avaliação realizada (31 DAS), o maior valor médio para esta variável (6,99 cm) aproximadamente 9, 45, 64 % maior que aquelas proporcionadas pelos tratamentos PFA, PFT e APF, respectivamente. Porém, estes não diferiram significativamente (tabela 1).

Estes resultados corroboram com os de Martins et al. (2008), que afirmam que o aumento no crescimento do caule caracteriza uma resposta de fuga à redução de luminosidade em heliófitas para maior captação de energia luminosa. Conforme os mesmos autores, quanto maior a quantidade de radiação na faixa do vermelho-distante maiores são as chances de estímulo ao alongamento do caule neste grupo de plantas.

Segundo Almeida & Mondstock (2001), diversos sinalizadores como o fitocromo encontrados nos diferentes tecidos vegetais podem ser os responsáveis por atuar no crescimento das plantas em função da quantidade de luz recebida.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento foram observados por Leite et al. (2005), ao avaliarem o crescimento e florescimento de orquídea (*Phalaenopsis sp.*) cultivada no interior de malhas de coloração azul, as quais estimularam o crescimento e a produção de matéria seca das folhas nesta espécie. Os mesmos autores ainda afirmam que as malhas também foram provavelmente responsáveis pelo aumento da altura de plantas de *Ocimum gratissimum* L., uma vez que contribuíram para a redução do espectro de luz durante o cultivo.

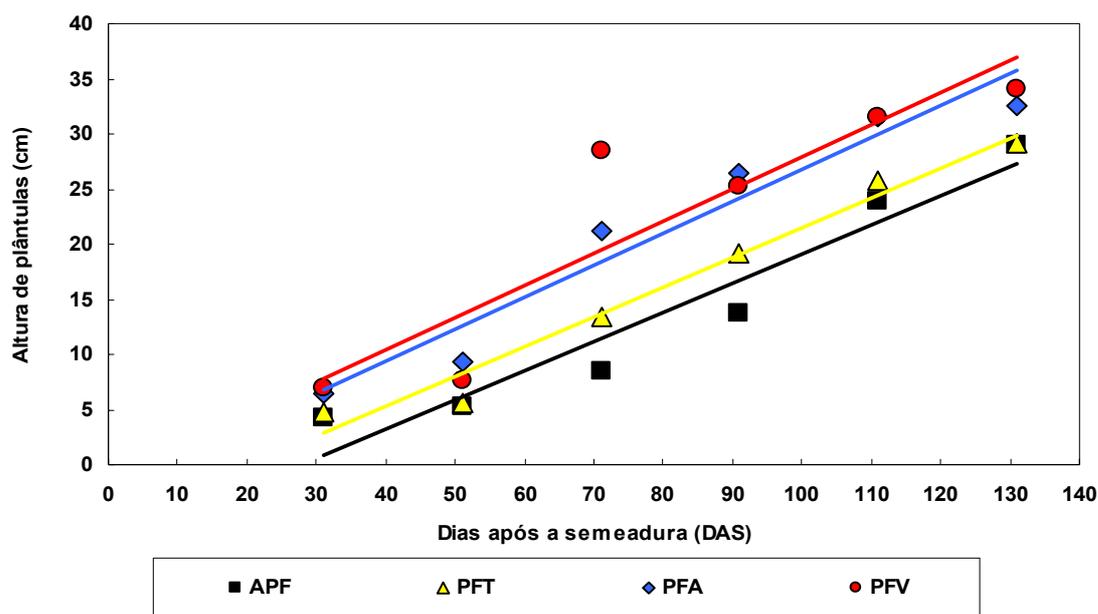
Da mesma forma, malhas na coloração vermelha, provavelmente, estimularam o crescimento da parte aérea de plantas de orquídea (*Cattleya loddigessi*) (Costa et al., 2007). Resultados semelhantes também foram observados em *Pittosporum variegatum* (Oren-shamir et al., 2001) e em *Aralia sp.*, *Monstera deliciosa*, *Aspidistra elatior* e *Asparagus sp.* (Shahak et al., 2002).

Porém, tais resultados não foram observados por Meirelles et al. (2007), que analisaram a influência de diferentes sombreamentos no desenvolvimento de mudas de palmeira ráfia [*Rhapis excelsa* (Thunberg) Henry Ex. Rehder] e observaram que as diferentes malhas de sombreamento não levaram ao maior desenvolvimento de mudas desta espécie.

**Tabela 1:** Altura (cm) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	31	51	71	91	111	131
APF	4,26 a	5,27 b	8,50 d	13,74 c	23,88 b	28,91 b
PFT	4,79 a	5,60 b	13,35 c	19,21 b	25,83 b	29,23 b
PFA	6,37 a	9,33 a	21,12 b	26,51 a	31,45 a	32,55 ab
PFV	6,99 a	7,61 ab	28,40 a	25,20 a	31,58 a	34,10 a
C.V. (%)	9,9					
D.M.S.	4,07					
F.	3,28					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa, F.: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamento	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 0,26 x - 7,24$	0,89
PFT	$\hat{Y}: 0,27 x - 5,01$	0,93
PFA	$\hat{Y}: 0,29 x - 2,23$	0,89
PFV	$\hat{Y}: 0,29 x - 1,32$	0,77

P < 0,005: para todos os modelos ajustados

**Figura 1:** Altura (cm) de plântulas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### *Diâmetro do colo*

Foi detectada interação significativa entre protetor físico x época de avaliação a 5% de significância para o diâmetro do colo de plântulas de canafístula durante o período de avaliação (tabela 2 e figura 2). Verificou-se, que a referida espécie não apresentou alteração no diâmetro do colo em função dos diferentes níveis de luminosidade até os 91 DAS. No entanto, pôde-se observar maior diâmetro na ausência do protetor físico (APF), aos 111 DAS. Porém, aos 131 DAS, o tratamento PFT levou o maior valor médio desta variável, seguido pelos tratamentos APF e PFA.

Ao analisar o efeito da época, pôde-se notar que as plântulas de todos os tratamentos testados apresentaram aumento linear do diâmetro do colo ao longo do tempo (figura 2). No entanto, nota-se mudança de comportamento no aumento do diâmetro entre os tratamentos PFV e APF, após 51 DAS. As mudas do tratamento PFV após os 51 DAS apresentaram redução nesta variável, já o tratamento APF apresentou aumento desta variável no mesmo período.

A menor expansão do colo caulinar ocorrida nas plântulas de canafístula no tratamento PFV aos 131 DAS em relação aos demais tratamentos, pode ser atribuída ao efeito do filtro colorido utilizado (tabela 02). Visto que com a redução da luminosidade as plântulas do referido tratamento estimularam processos metabólicos que direcionaram o desenvolvimento do aumento em altura do caule das plântulas em vez da expansão no diâmetro do colo.

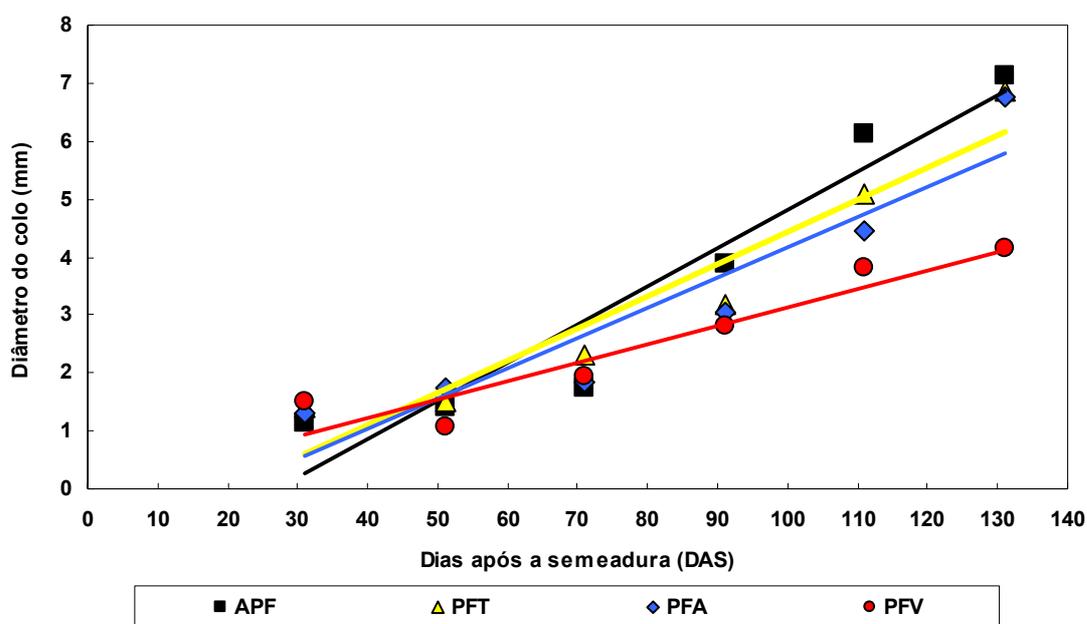
Segundo Martins et al. (2008), as plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas apresentaram maiores valores médios de diâmetro do colo quando cultivadas à pleno sol em comparação àquelas crescidas sob malha preta, evidenciando que a redução da intensidade de luz sem alteração da qualidade espectral proporciona plantas de caule mais delgado, o que poderia justificar o comportamento observado no presente estudo.

Segundo Larcher (2004), as plantas heliófitas utilizam altas intensidades de radiação graças à elevada eficiência do sistema de transporte de elétrons, desta forma, conseguindo maiores acúmulos de fitomassa.

**Tabela 2:** Diâmetro do colo (mm) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	31	51	71	91	111	131
APF	1,13 a	1,41 a	1,74 a	3,88 a	6,14 a	7,12 b
PFT	1,41 a	1,52 a	2,30 a	3,19 a	5,10 b	9,86 a
PFA	1,30 a	1,75 a	1,84 a	3,04 a	4,45 b	6,76 b
PFV	1,49 a	1,06 a	1,94 a	2,80 a	3,80 b	4,14 c
C.V. (%)	11,58					
D.M.S.	0,84					
F.	3,21					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. *APF*: ausência de protetor físico; *PFT*: protetor físico transparente, *PFA*: protetor físico azul; *PFV*: protetor físico vermelho. *C.V.*: coeficiente de variação; *D.M.S.*: Diferença mínima significativa e *F*: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamento	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 0,26 x - 7,24$	0,89
PFT	$\hat{Y}: 0,27 x - 5,01$	0,93
PFA	$\hat{Y}: 0,29 x - 2,23$	0,89
PFV	$\hat{Y}: 0,29 x - 1,32$	0,77

P < 0,005: para todos os modelos ajustados

**Figura 2:** Diâmetro do colo (mm) de plântulas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação. *APF*: ausência de protetor físico; *PFT*: protetor físico transparente, *PFA*: protetor físico azul; *PFV*: protetor físico vermelho.

### *Área da lâmina foliar*

Foi detectada interação significativa entre protetor físico x época de avaliação a 5% de significância para a área foliar de plântulas de canafistula durante o período de avaliação (tabela 3 e figura 3).

De modo geral, a área da lâmina foliar das plântulas apresentou crescimento exponencial em função da época de avaliação em todos os tratamentos, exceto as do tratamento PFV, que apresentaram comportamento polinomial quadrático. Os maiores valores médios foram observados aos 131 DAS, exceto em relação os tratamento PFV, onde os maiores valores foram detectados aos 91 DAS.

Não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos aos 31 e 51 DAS. Aos 91 DAS. Ao analisar a avaliação ocorrida aos 111 DAS, o tratamento APF levou ao maior valor da referida variável em comparação aos tratamentos PFV e PFA, enquanto que a área da lâmina foliar proporcionada pelo tratamento PFT não diferiu significativamente dos demais tratamentos testados. Porém, aos 131 DAS, o tratamento PFT levou aos maiores valores desta variável. Na mesma avaliação, os tratamentos APF e PFA levaram ao segundo maior incremento cujos valores foram significativamente maiores que aqueles do tratamento PFV.

Diferente do presente estudo, Farias et al. (2007) observaram que folhas de cedrorana [*Cedrelinga catanaeformis* (Ducke) Ducke] cultivadas à pleno sol apresentaram maior valores de área foliar em comparação às mudas cultivadas à 30, 50 e 70% de sombreamento. No entanto, em café (*Coffea arabica* L.), Paiva et al. (2003) relataram que 50% de sombreamento favoreceram o desenvolvimento das plântulas, principalmente em relação à área foliar. Comportamento semelhante a este estudo também foi observado por Silva et al. (2007), onde a área foliar das mudas de jutaí-mirim (*Hymenaea parvifolia* Huber) aos 105 DAS foi superior em plantas mantidas sob 70% de sombreamento.

Para Lemos et al. (2007), a redução nas taxas de luminosidade podem proporcionar alterações metabólicas levando ao aumento da área foliar. Por outro lado, Costa et al. (2007) observaram que tais condições reduziram a espessura do limbo foliar nas plantas de *Ocimum selloi* Benth. mantidas em baixa qualidade luminosa. Martins et al. (2008) consideram que a redução na espessura das folhas sombreadas, possivelmente, se deva à diferença na distribuição e no consumo de fotoassimilados durante a expansão do limbo foliar, especialmente em plantas

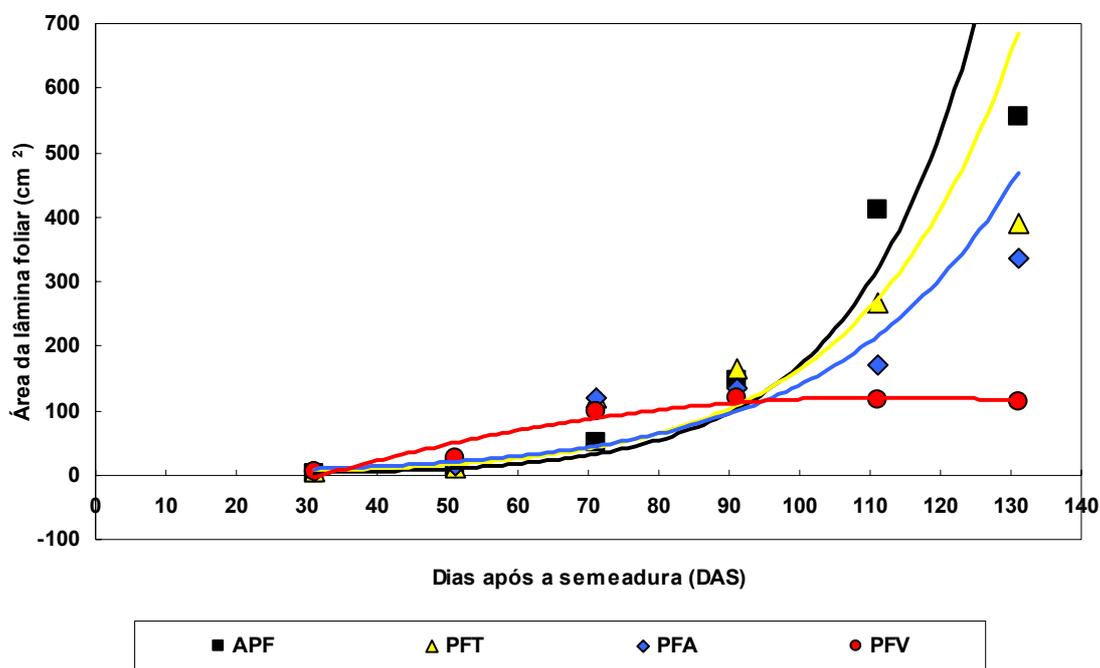
mantidas sob as malhas vermelha e azul. De acordo com Taiz e Zeiger (2004) e Martins et al. (2008), esta é uma estratégia adaptativa que pode proporcionar melhor captura de luz e permitir maior eficiência fotossintética, levando a maiores ganhos de carbono devido à maior área foliar.

O aumento da área foliar segundo Jones e Mcleod (1990) e Silva et al. (2007) é um dos mecanismos utilizados pelas plantas para aumentar a superfície fotossintética, assegurando desta forma, rendimento fotossintético mais eficiente sob baixa intensidade luminosa e, conseqüentemente, compensando a baixa taxa fotossintética por unidade de área foliar, característica típica das folhas sombreadas.

**Tabela 3.** Área da lâmina foliar (cm<sup>2</sup>) de plântulas de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	31	51	71	91	111	131
APF	2,22 a	9,87 a	51,01 a	145,43 a	410,92 a	355,12 b
PFT	4,40 a	11,01 a	120,65 a	164,86 a	267,37 ab	389,52 a
PFA	6,23 a	15,28 a	118,83 a	135,65 a	169,83 b	337,47 b
PFV	6,53 a	27,27 a	97,48 a	120,70 a	116,86 b	113,55 c
C.V. (%)	26,29					
D.M.S.	106,94					
F.	13,26					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa e F: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



$P < 0,005$ : para todos os modelos ajustados

**Figura 3:** Área de lâmina foliar (cm<sup>2</sup>) de plântulas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### Matéria seca de lâminas foliares

Foi detectada interação significativa entre protetor físico x época de avaliação a 5% de probabilidade para a massa seca de folha de mudas de canafistula durante o período de avaliação (tabela 4 e figura 4).

De modo geral, todos os tratamentos apresentaram resposta da matéria seca de lâminas foliares do tipo exponencial nos diferentes ambientes de cultivos em função do tempo de coleta, exceto o tratamento PFV que apresentou polinomial quadrático (figura 4). Os resultados deste

experimento revelaram que os maiores valores de matéria seca de lâminas foliares foram observados aos 131 DAS em todos os tipos de cultivo.

No entanto, dos 31 até 71 DAS, não se verificou diferença significativa quanto à matéria seca de lâminas foliares de canafístula em função dos diferentes ambientes de cultivo. Porém, os tratamentos PFT e APF levaram aos maiores valores desta variável aos 111 DAS. O terceiro maior valor foi observado nas plântulas do tratamento PFA, não diferindo significativamente daquele detectado no tratamento PFV.

Resultados semelhantes foram observados aos 131 DAS, onde o maior valor foi observado nas plântulas do tratamento PFT. Seguido por aquelas dos tratamentos APF e PFA e por fim, aquelas do tratamento PFV.

O mesmo comportamento observado por este estudo também foi verificado por Almeida et al. (2002), que avaliaram a produção de matéria seca de folhas de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de radiação luminosa, onde o tratamento a pleno sol levou ao maior acúmulo de fitomassa em comparação ao cultivo a 30, 50 e 70% de sombreamento (Almeida et al., 2002).

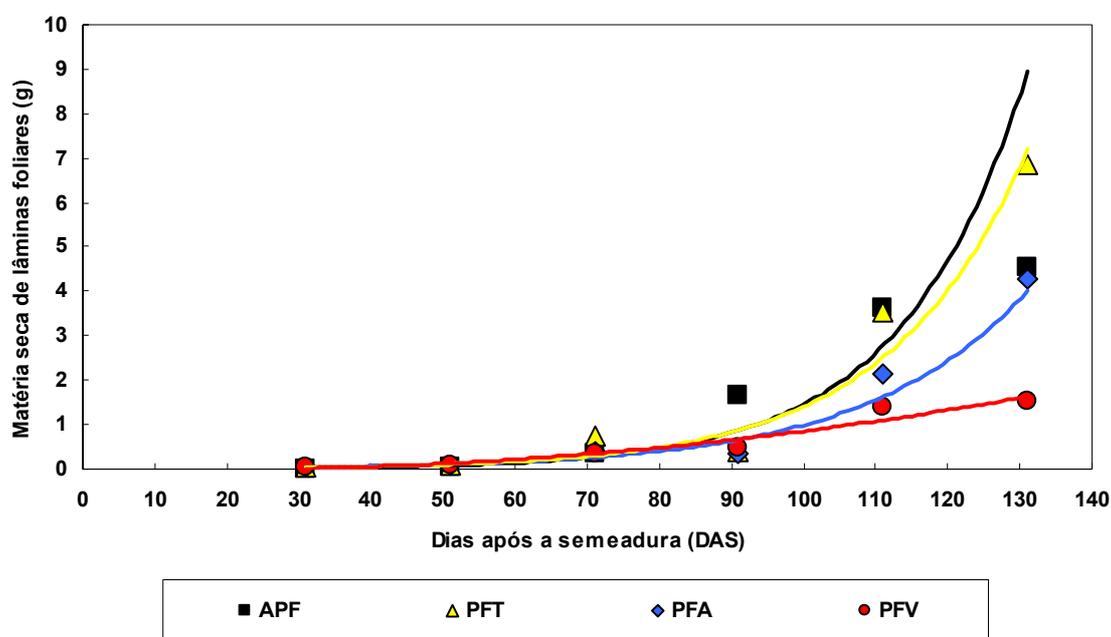
Da mesma forma que o presente estudo, plantas de *Mentha suaveolens* Ehrh submetidas a diferentes condições de luminosidade apresentaram os maiores valores médios de matéria seca de folhas em plantas cultivadas com malhas vermelhas e azuis, comparados àqueles dos tratamentos malha preta e cultivo a pleno sol (Castro, 2007).

Resultados encontrados na literatura indicam que a capacidade de acúmulo de fitomassa nos diferentes órgãos do vegetais varia em função da espécie, sendo resultante da adaptação ao seu ambiente de origem (Almeida et al., 2002). Tais autores, trabalharam com *Cryptocarya aschersoniana* e verificaram maior acúmulo de matéria seca total e de raízes a 30% de sombreamento, enquanto que o maior acúmulo de matéria seca de folhas ocorreu nas plantas cultivadas sob 30 e 50% de sombreamento.

**Tabela 4:** Matéria seca de folhas (g) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	31	51	71	91	111	131
APF	0,02 a	0,06 a	0,37 a	1,66 a	3,63 a	4,56 b
PFT	0,04 a	0,07 a	0,76 a	0,38 b	3,54 a	6,85 a
PFA	0,05 a	0,09 a	0,40 a	0,34 b	2,13 b	4,27 b
PFV	0,05 a	0,10 a	0,37 a	0,48 b	1,40 b	1,51 c
C.V. (%)	22,47					
D.M.S.	1,1					
F	2,03					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa e F: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamento	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 0,004^{e0,06x}$	0,78
PFT	$\hat{Y}: 0,007^{e0,05x}$	0,90
PFA	$\hat{Y}: 0,011^{e0,05x}$	0,93
PFV	$\hat{Y}: 0,001 x^2 - 0,005 x + 0,04$	0,82

P < 0,005: para todos os modelos ajustados

**Figura 4.** Matéria seca de folhas (g) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### *Matéria seca de pecíolo mais caule*

Foi detectada interação significativa entre protetor físico x época de avaliação a 5% de probabilidade para a matéria seca de caule de plântulas de canafístula durante o período de avaliação (tabela 5 e figura 5).

As plântulas apresentaram comportamento exponencial em todos os ambientes de cultivo ao longo do tempo, de modo que os maiores valores da referida variável foram observados aos 131 DAS, em todos os tratamentos (figura 5).

Não se verificou diferença significativa nos valores desta variável dos 31 aos 91 DAS. No período subsequente (111 DAS), menores valores médios foram detectados nas plântulas do tratamento PFV, já aos 131 DAS o maior valor foi observado em PFT.

Da mesma forma que o presente estudo, até aos 91 DAS, Silva et al. (2007) observaram poucas diferenças no acúmulo de matéria seca do caule entre plantas de *Hymenaea parvifolia* (Huber) quando submetidas a diferentes níveis de sombreamento, a pleno sol, 50, 70% e sombreamento natural ao longo do período de avaliação. A matéria seca de caule de plantas jovens de jucá [*Caesalpinia ferrea* (Mart.) ex Tul.] cultivada a pleno sol, somente após 90 DAS aumentou em relação àquela proporcionada pelos demais tratamentos correspondente ao sombreamento natural, 50 e 70% (Lima et al., 2008).

Resultados semelhantes foram observados por Felfili et al., (1999), onde avaliaram o comportamento de plantas de *Sclerolobium paniculatum* e não verificou a influência de diferentes níveis de sombreamento na alocação de matéria seca para o caule. Do mesmo modo, Campos e Uchida (2002) analisaram a influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas, caroba [*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.], pau-de-balsa [*Ochroma lagopus* (Cav. ex Lam.) Urban] e jatobá [*Hymenaea courbaril* L.] e não observaram diferenças na matéria seca do caule, após 245 DAS.

Porém, resultados diferentes aos observados durante as três primeiras coletas foram obtidos por Silva et al. (2007), onde plantas de *Theobroma grandiflorum* cultivadas a 50% de sombreamento apresentaram maior acúmulo de matéria seca de caule comparadas as plantas cultivadas a pleno sol.

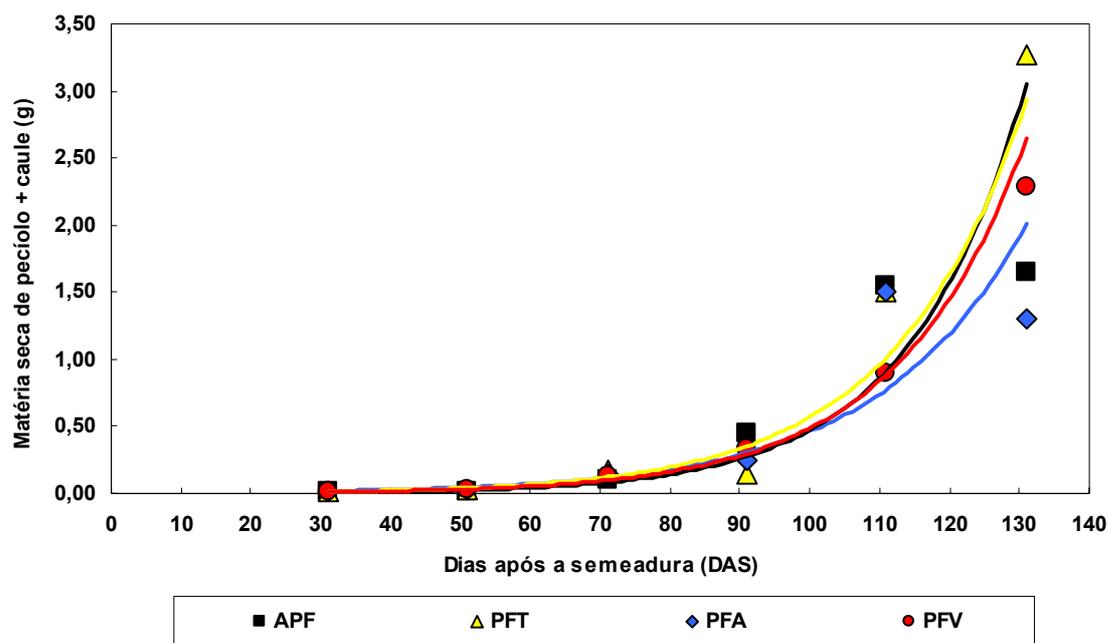
Martins et al. (2008) relatam que plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas em malhas de color azul com 50% de sombreamento, apresentaram valores superiores de matéria

seca de caule comparadas àquelas mantidas em malhas preta e vermelhas, com 50 % de sombreamento.

**Tabela 5.** Matéria seca de caule (g) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	31	51	71	91	111	131
APF	0,01 a	0,01 a	0,10 a	0,45 a	1,55 a	1,65 b
PFT	0,02 a	0,03 a	0,18 a	0,15 a	1,51 a	3,27 a
PFA	0,02 a	0,03 a	0,15 a	0,25 a	1,51 a	1,30 b
PFV	0,01 a	0,03 a	0,13 a	0,33 a	0,89 b	1,28 b
C.V. (%)	29,85					
D.M.S.	0,49					
F	4,21					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa e F: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamento	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 0,001^{e0,06x}$	0,90
PFT	$\hat{Y}: 0,003^{e0,05x}$	0,91
PFA	$\hat{Y}: 0,004^{e0,05x}$	0,90
PFV	$\hat{Y}: 0,002^{e0,06x}$	0,92

P < 0,005: para todos os modelos ajustados

**Figura 5.** Matéria seca de caule (g) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### *Matéria seca da parte aérea*

Foi detectada interação significativa entre protetor físico x época de avaliação a 5% de probabilidade para a matéria seca da parte aérea de plântulas de canafístula durante o período de avaliação (tabela 6 e figura 6).

As plântulas apresentaram comportamento exponencial em todos os ambientes de cultivo ao longo do tempo. Neste sentido, os maiores valores de matéria seca da parte aérea foram observados aos 131 DAS em todas as plântulas.

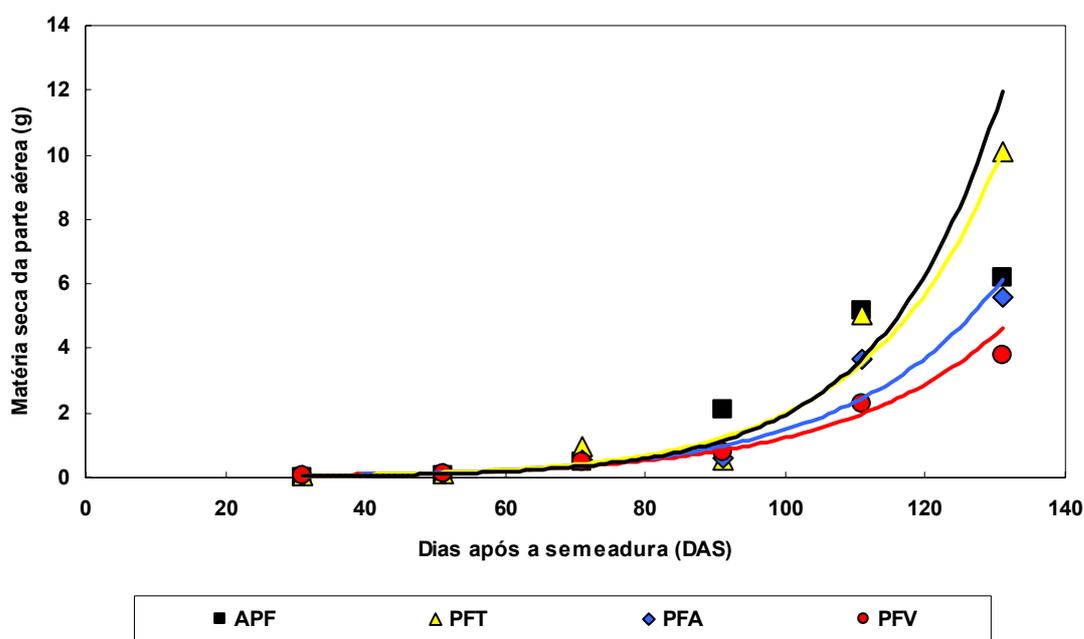
Não foram observadas diferenças significativas para a referida variável durante os períodos entre 31 e 71 DAS. Porém, após a retirada dos protetores físicos, nota-se que aos 91 DAS o tratamento APF proporcionou o maior valor médio do acúmulo de fitomassa da parte aérea. Provavelmente, tal comportamento se deve ao maior acúmulo de fitomassa do caule detectado nas plântulas desse tratamento (APF). Em contrapartida, as plântulas dos tratamentos PFV e PFA, devido à redução na quantidade de luz, privilegiaram o crescimento em altura, tornando-se grandes, porém, com valores reduzidos de matéria seca. Em relação ao fato da matéria seca das folhas ter sido menor nestes tratamentos, a partir de 91 DAS, tal acontecimento pode ter sido devido à queda de algumas folhas ocorrida logo após a retirada dos protetores físicos.

São raros os trabalhos que discutem o comportamento da referida variável em relação ao crescimento de plantas originadas no interior de protetores físicos ou malhas coloridas.

**Tabela 6.** Matéria seca da parte aérea (g) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	31	51	71	91	111	131
APF	0,03a	0,07a	0,47a	2,11a	5,18a	6,21b
PFT	0,06a	0,10a	0,94a	0,53b	5,05a	10,12 <sup>a</sup>
PFA	0,07a	0,12a	0,55a	0,59b	3,64b	5,57c
PFV	0,06a	0,13a	0,50a	0,81b	2,29c	3,79d
C.V. (%)	31,85					
D.M.S.	0,51					
F.	2,41					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05% de probabilidade. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa e F: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamento	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 0,006^{e0,06x}$	0,89
PFT	$\hat{Y}: 0,010^{e0,05x}$	0,91
PFA	$\hat{Y}: 0,015^{e0,05x}$	0,92
PFV	$\hat{Y}: 0,017^{e0,04x}$	0,95

P < 0,005: para todos os modelos ajustados

**Figura 5.** Matéria seca de caule (g) de plântulas de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), submetidas aos tratamentos com ausência ou presença de protetores físicos coloridos nas seis épocas de avaliação. APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente, PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

## CONCLUSÕES

O crescimento inicial de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] submetidas a diferentes níveis de luminosidade, avaliado através de medidas biométricas como a altura da planta, área foliar e produção de massa seca de caule e folha indicam que plantas cultivadas na presença de protetores físicos transparentes, promoveram maiores incrementos na fitomassa. A redução da quantidade de luminosidade prejudicou o desenvolvimento das mudas após a retirada dos protetores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agritempo. *Sistema de Monitoramento Agrometeorológico*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. In: [www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)
- Almeida, M. L.; Mundstock, C. M. (2001). O afilhamento da aveia afetado pela qualidade de luz em plantas sob competição. *Ciência Rural*, 31: 393-400.
- Almeida, C. M. V. C.; Müller, M. W.; Sena-Gomes, A. R.; Matos, P. G. G. (2002). Sistemas agroflorestais com cacaueteiro como alternativa sustentável para uso em áreas desmatadas, no Estado de Rondônia, Brasil. *Agrotropica*, 14: 109-120.
- Barnett, J. P.; Baker, J. B. (1991). Regeneration Methods. In: Duryea, M. L.; Dougherty, P. M. (Ed) *Forest regeneration manual*. London: *Kluwer Academic Publishers*, 3: 35-50.
- Baker, J. B.; Guldin, J. M. (1991). Natural Regeneration methods for Loblolly and Shortleaf pines. *Forest Farmer*. 50: 59-63.
- Brum, E. S.; Mattei, V. L.; Machado, A. (1999). Emergência e sobrevivência de *Pinus taeda* L. em semeadura direta a diferentes profundidades. *Revista Brasileira de Agrociências*, 5: 190-194.
- Camargo, J. L. C.; Ferraz, I. D. K.; Imakawa, A. M. (2002). Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia Using Direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology*, 10: 636-644.
- Campos, M. A. A.; Uchida, T. (2002). Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesq. agropec. bras.* 37: 281-288.

- Carneiro, J. G. A. (1995). Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEP, UENF, 451 p.
- Costa, L. C. B.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Alves, E.; Bertolucci, S. K. (2007). Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 6-8.
- Dário, F. R. (1994). A dispersão de sementes pelas aves, *Silvicultura*, 58: 32-34.
- Donadio, N. M. M.; Demattê, M. E. S. P. (2000). Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) - Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 22: 64-73.
- Dubois, M. R.; Chappelka, A. H.; Robbins, E.; Somers, G.; Baker, K. (2000). Tree shelters and weed control: effects on protection, survival and growth of cherrybark oak seedling planted on a cutover site. *New Forests*, 20: 105-118.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 412 p.
- Engel, V. L.; Parrotta, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 152: 169-181, 2001.
- Favaretto, N.; Moraes, A. de; Motta, A. C. V.; Prevedello, B. M. S. (2000). Efeito da revegetação e adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35: 289-297.
- Farias, J. J. A.; Cunha, M. do C. L.; Farias, S. G. G. (2007). Crescimento inicial de mudas de turco sob diferentes tipos de recipientes e níveis de luminosidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2: 228-232.
- Felfili, J. M.; Hilgbert<sup>1</sup>, L. F.; Franco, A. C.; Sousa-Silva, J. C.; Resende<sup>1</sup>, A. V.; Nogueira<sup>1</sup>, M. V. P. (1999). Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 297-301, 1999.
- Ferraz-Grande, F. G. A.; Takaki, M. (2001). Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). *Brasilian Archives of Biology and Tecnology*. 44: 401-404.
- Ferreira, R. A. *Estudo da semeadura direta visando à implantação de matas ciliares*. 2002, 138 p. Tese (doutorado em agronomia). Universidade Federal de Lavras / MG.

- Ferreira, R. A.; Davide, A. C.; Bearzoti, E.; Motta, M. S. (2007). Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne*, 13: 271-279.
- Garwood, N. C (1989). *Tropical soil seed banks: a review*. In: Leck, M; Parker, V.; Simpson, R. (Ed.). Ecology of soil seed banks. San Diego: Academic Press, p.149-209.
- Gasparino, D.; Malavasi, U. C.; Malavasi, M. M.; Souza, I. (2006). Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 30: 1-9.
- Gonçalves, R. M.; Gonçalves, M. R. G.; Giannotti, E.; Giannotti, J.; Silva, A. A. (2005). Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaquí, no município de Santa Gertrudes, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 17: 73-95.
- Guerra, M. P.; Nodari, R. O.; Reis, A.; Grando, J. L. (1982). Comportamento da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. em viveiro, submetida a diferentes métodos de quebra de dormência e semeadura. *B. Pesq. Flor.*, Curitiba, 5: 1-15.
- Jones, R. H.; Mcleod, K. W. (1990). Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallow tree and Carolina ash seedlings. *Forest Science*, 36: 851-862.
- Klein, J.; Malavasi, U. C.; Malavasi, M. M.; Aleixo, V. (2005). *Variação da temperatura do ar em protetores físicos utilizados na semeadura direta*. In: III Jornada Científica da Unioeste, 2005, Marechal Cândido Rondon / PR. III Jornada Científica da Unioeste, 2005. 152-158.
- Lahde, E. The effect of seed-spot shelters and cold stratification on pine (*Pinus sylvestris* L.). *Folia Forestalia*, n.196, p.1-16, 1974.
- Larcher, W. (2004). *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, *RiMa*, 337 p.
- Leite, C. A.; Ito, R. M.; Gerald, L. T. C.; Fagnani, M. A. (2007). Manejo do espectro de luz através de malhas coloridas visando o controle do crescimento e florescimento de *Phalaenopsis* sp. *I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET Bambuí*. Bambuí-MG. p. 1-4.
- Lima, J. D.; Silva, B. M. S. E.; Moraes, W. da S. ; Dantas, V. A. V.; Almeida, C. C. (2008). Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). *Acta Amazonica*, 38: 5-10.
- Lorenzi, H. (1992). *Árvores brasileiras. manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odesa-SP, 368 p.

- Malavasi, U. C.; Gasparino, D.; Malavasi, M. M. (2005). Semeadura direta na recomposição vegetal de áreas ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação e profundidade na sobrevivência inicial. *Semina: Ciências Agrárias*, 26: 449-454.
- Martins, J. R.; Alvarenga, A. A.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Silva, A. P. O. (2008). Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. 10: 102-107.
- Mattei, V. L.; Rosenthal, M. D. (2002). Semeadura direta de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) taub.) no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*, 26: 649-654.
- Meirelles, A. J. A.; Paiva, P. D. O.; Oliveira, M. I.; Tavares, M. F. (2007). Influência de diferentes sombreamentos e nutrição foliar no desenvolvimento de mudas de Palmeiras Ráfia *Rhapis excelsa* (Thunberg) Henry ex. Rehder. *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 1884-1887.
- Meneghello, G. E.; Mattei, V. L. (2004). Semeadura direta de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), canafistula (*Peltophorum dubium*) e cedro (*Cedrela fissilis*) em campos abandonados. *Ciência Florestal*, 14: 21-27.
- Morini, S.; Muleo, R. (2003). Effects of light quality on micropropagation of woody species. In: Jain, S. M.; Ishii, K. Micropropagation of woody trees and fruits. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 3-35.
- Nakazono, E. M.; Dacosta, M.; Futatsugi, K.; Paulilo, M. T. S. (2001). Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Revista Brasileira de Botânica*, 24: 173-179.
- Perez, S. C. J. G. de A.; Fanti, S. C.; Casali, C. A. (1999). Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Spreng (Taubert). *Revista Árvore*, Viçosa, 23: 131-137.
- Renner, G. D. R.; Camacho, F.; Peixe, S. (2007). Ação da temperatura, ácido giberélico e luz na germinação de fáfia – *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 28: 349-354.
- Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S. (2000). Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R. & H. de F. Leitão Filho (eds.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, FAPESP. p. 235-248.

- Seitz, R. A. (1994). *A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. II Simpósio Nacional de Áreas Degradadas*. Curitiba-PR. P. p. 103.
- Silva, R. R. da; Freitas, G. A. de; Siebeneichler, S. C. (2007). Initial development of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. saplings under shading influence. *Acta Amaz.*, 37: 365-370.
- Sun, D.; Dickinson, G. R.; Bragg, A. L. (1995). Direct seeding of *Alphitonia petriei* (Rhamnaceae) for gully revegetation in tropical northern Australia. *Forest Ecology and Management*, 73: 249-257.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. (2004). 4a ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, USA. 764 p.
- Wanli, Z.; Leihong, L.; Perez, S. C. J. G. A. (2001). Précondicionamento e seus efeitos em sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 23: 146-153.
- Williston, H. L.; Balmer, W. E. (1977). *Direct seeding of southern pines – a revegetation alternative*. Forest Management Bull, Atlanta, Ga. Forest Service, USDA, 6 p.
- Winsa, H.; Bergsten, U. (1994). Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 77-86.

## Cápítulo III

**INFLUÊNCIA DA QUALIDADE ESPECTRAL DA LUZ NA  
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE  
CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.]**

## INFLUÊNCIA DE PROTETORES FÍSICOS COLORIDOS NAS TROCAS GASOSAS DE MUDAS DE CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.]

**RESUMO:** A utilização de protetores físicos tem se mostrado uma eficiente técnica para o sucesso da semeadura direta de diferentes espécies, principalmente em plantas nativas. Tendo em vista a importância da espécie *Peltophorum dubium* para a utilização no re-povoamento de áreas degradadas, arborização e paisagismo, determinou-se o comportamento fisiológico de suas mudas analisando a influência de um protetor físico com diferentes taxas de luminosidade no processo das trocas gasosas das mudas. O experimento foi conduzido em vasos com solo característico da região. As mudas foram avaliadas aos 30, 50, 70, 90, 110 e 130 dias após a semeadura. Para tanto, foram testando os seguintes tratamentos: T1, ausência de protetor físico (APF); T2, protetor físico transparente (PFT); T3, protetor físico transparente + celofane azul (PFA) e T4, protetor físico transparente celofane vermelho (PFV). Foram avaliadas as seguintes características: condutância estomática, transpiração, assimilação de CO<sub>2</sub>, concentração de CO<sub>2</sub> no interior da câmara subestomática e eficiência do uso de água. Os resultados obtidos mostraram que o protetor físico independentemente de sua coloração, de modo geral, promoveu aumento dos valores médios de trocas gasosas durante a permanência dos protetores físicos no ponto de semeadura 70 DAS, exceto para a fotossíntese. No entanto, a eficiência do uso de água foi maior no tratamento APF durante o período referido.

Palavra chave: *condutância estomática, transpiração, assimilação de CO<sub>2</sub>, eficiência do uso de água*

## INFLUENCE OF COLORED PHYSICAL PROTECTORS ON GAS EXCHANGES OF CANAFISTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] SEEDLINGS

**ABSTRACT.** The utilization of physical protectors has been considered an efficient technique for direct sowing of different species, mainly native ones. Based on the importance of the species *Peltophorum dubium* for revegetation of degraded areas, tree planting and landscaping, this study evaluated gas exchanges in canafistula seedlings under the influence of physical protectors subjected to different luminosity rates. The experiment was carried out in pots containing earth from a typical soil of the study region. Seedlings were evaluated at 30, 50, 70, 90, 110, and 130 days after sowing (DAS). Thus, the following treatments were adopted: T1, absence of physical protector (APP); T2, transparent physical protector (TPP); T3, transparent physical protector + blue cellophane (BPP) and T4, transparent physical protector + red cellophane (RPP). The evaluated characteristics were: stomatal conductance, transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation, CO<sub>2</sub> concentration inside the substomatal chamber and water use efficiency. In general, all types of physical protectors led to higher mean values of gas exchanges during their permanence in the sowing site until 70 DAS, except for photosynthesis. However, water use efficiency was higher in APP seedlings at the same period.

Keywords: Stomatal conductance, transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation, water use efficiency.

## INTRODUÇÃO

A canafistula ou faveiro [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] é uma espécie nativa freqüente em todo o domínio da floresta estacional semidecidual, bem como no cerrado e abundante em formações secundárias (Donadio e Demattê, 2000). No contexto ecológico, a espécie é classificada como pioneira oportunista, tolerante às elevadas taxas de luminosidade e temperatura e é considerada de grande potencial para uso em plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas e preservação permanentes (Lorenzi, 2000).

De forma geral, as formações florestais do Brasil vêm sofrendo níveis significativos de degradação, tanto devido ao avanço da fronteira agropecuária quanto à construção de usinas hidrelétricas (Lima-Junior et al., 2005).

Conforme Hansen et al. (2008), o Brasil foi responsável por 47,8% do desmatamento mundial de florestas tropicais úmidas entre 2000 e 2005, percentual 4 vezes maior comparado ao segundo colocado, a Indonésia, com 12,8%. Tal levantamento revela o atual cenário mundial, onde o desmatamento acumulado neste período foi de  $2,72 \times 10^5 \text{ km}^2$ , o equivalente a uma área maior que a dos estados de São Paulo e Sergipe juntos. Segundo os mesmos autores, somente a taxa anual de desmatamento no território nacional foi de 26 mil  $\text{km}^2$ . Na última avaliação realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o estado de São Paulo apresentou o maior nível de desmatamento da Mata Atlântica, o qual aumentou nove vezes em relação à avaliação anterior (INPE, 2009).

A semeadura direta tem sido uma técnica versátil de reflorestamento (Barnett e Baker, 1991). Segundo Ferreira et al. (2007), ela consiste na dispersão de sementes de espécies florestais onde as sementes são espalhadas diretamente no local a ser vegetado. Uma das principais vantagens atribuídas à esta técnica é a redução do custo de implantação de povoamentos florestais, tendo em vista a eliminação da fase de viveiro e de mão-de-obra, o que se torna importante em áreas carentes de recursos ou de difícil acesso (Soares e Rodrigues, 2008). Porém, Derr e Mann-Junior (1971) realizaram diversos trabalhos com semeadura direta e observaram que uma única técnica não era suficiente para proteger as mudas contra as condições adversas.

Nesse sentido, o uso de protetores físicos junto à semeadura direta, torna-se relevante, uma vez que reduz a predação de sementes e mudas, além de poder interferir diretamente na germinação e estabelecimento das espécies por criar um micro-ambiente favorável (Ferreira et al.,

2002; Mattei e Rosenthal, 2002). Assim, diferentes materiais de vários tamanhos, formatos e cores, tem sido utilizados como protetores físicos ao longo do tempo em diferentes países (Barnett e Baker, 1991; Serpa e Mattei, 1999; Mattei et al., 2001; Klein, 2005; Klein et al., 2005; Ferreira et al., 2007). Segundo Carneiro (1995), tais protetores devem ser leves, atóxicos, higroscópicos e devem recobrir a superfície do solo.

As determinações de variáveis ecofisiológicas são muito importantes, não somente na compreensão do comportamento vegetativo das plantas, mas sobretudo no seu desempenho pontual em relação as respostas aos tratamentos impostos (Nogueira e Silva-Junior, 2001). Desta forma, a quantificação das trocas gasosas realizadas nas folhas compreendendo a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática, eficiência do uso de água, entre outros está intimamente relacionada ao estado hídrico do vegetal, bem como a seu desenvolvimento (Nogueira et al., 2000; Taiz e Zeiger, 2004). Além disso, a qualidade e a intensidade da luz são fatores ambientais que podem influenciar nas trocas gasosas ocorridas nas plantas (Costa e Marengo, 2007).

Dentre os fatores físicos do ambiente, a luz desempenha papel relevante na regulação da produção primária, contribuindo de forma efetiva para o crescimento das plantas (Dousseau et al., 2007). Porém, a resposta ou a sensibilidade das sementes à luz é específica para cada espécie (Ferraz-Grande e Takaki, 2006). Para Bevenuti e Machia (1997) e Silveira et al. (2004) a luz atua de maneira bastante complexa e variável. A percepção dos sinais luminosos é realizada por receptores, principalmente pelo fitocromo (Kendrick e Kronenberg, 1994; Smith, 2000; Taiz e Zeiger, 2004). Os fitocromos são holoproteínas que contém o cromóforo fitocromobilina, pigmentos azuis que podem ser encontrados em cinco formas (A, B, C, D e E) codificadas por cinco genes distintos e podem ser encontrados em duas formas interconvertíveis: fitocromo vermelho (Fv) e fitocromo vermelho-extremo (Fve) (Whitelam e Devlin, 1997; Ferraz-Grande e Takaki, 2006). A forma de Fv transforma-se em Fve quando absorve luz vermelha no comprimento de onda em torno de 660 nm, enquanto que a forma Fve transforma-se em Fv quando absorve luz no comprimento de onda em torno de 730 nm (Taiz e Zeiger, 2004).

É válido mencionar que as respostas morfofisiológicas dos vegetais não dependem apenas da presença, atenuação ou ausência da luz, mas também da qualidade espectral (Martins et al., 2008). Nesse sentido, a faixa compreendida entre 400 e 480 nm representa a luz azul, que possui importante papel fisiológico no desenvolvimento das plantas em aspectos como abertura

estomática, alongamento do caule e direcionamento do crescimento (Taiz e Zeiger, 2004). Segundo Kinoshita et al. (2001) a adição de luz azul leva ao aumento considerável na abertura estomática. Conforme Srivastava e Zeiger (1995) a abertura estomática segue a radiação fotossinteticamente ativa na superfície da folha, onde a maior abertura estomática está diretamente relacionada à maior taxa de luminosidade (Taiz e Zeiger, 2004).

Tendo em vista todos os aspectos abordados, este trabalho objetivou avaliar a influência de protetores físicos coloridos nas trocas gasosas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] por meio da avaliação da condutância estomática, transpiração, assimilação de CO<sub>2</sub>, concentração de CO<sub>2</sub> no interior da câmara subestomática e eficiência do uso de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi conduzido em campo experimental (22° 52' de latitude, 48° 26' de longitude e 822 m de altitude), do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), em Botucatu, SP, no período de abril a dezembro de 2007. A temperatura média anual foi de 19°C e umidade relativa do ar igual a 58% (Agritempo, 2009).

O solo usado apresentava as seguintes características químicas: pH CaCl<sub>2</sub>= 5,61; M.O.= 22,66 g kg<sup>-1</sup>; P= 22,8 mg dm<sup>-3</sup>; H+Al= 34,1; K= 5,12 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca= 43,56 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 17,65 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB= 66,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC= 100,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% = 66 %. A análise do solo foi realizada no Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu, SP. O solo foi classificado como latossolo vermelho distroférico, segundo Embrapa (1999), foi adubado com 30mg.dm<sup>-3</sup> de N; 300mg.dm<sup>-3</sup> de P e 150mg.dm<sup>-3</sup> de K, após ter sido corrigido com calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise química de solo.

Frutos maduros de canafístula (*Peltophorum dubium*) foram coletados em diversas matrizes no mês de setembro de 2006, no Câmpus da Unesp de Botucatu, SP. Após a coleta, os frutos foram levados ao Laboratório de Relações Hídricas do Departamento de Botânica, no Instituto de Biociências da Unesp/Botucatu, SP, onde foram abertos para a remoção das sementes, excluindo-se aquelas que aparentemente encontravam-se danificadas por patógenos e

predadores, bem como as de tamanho reduzido ou mal-formadas. Em seguida, as sementes foram submetidas à superação de dormência através de escarificação mecânica manual com lixa nº P 80. Posteriormente, foram imersas e mantidas em água à temperatura ambiente, por 12 horas, de modo que foram selecionadas para a semeadura apenas aquelas que apresentavam dormência superada, comprovada por sinais de embebição.

A semeadura foi manual e realizada a uma profundidade de aproximadamente 0,5 cm em vasos de polietileno preto de 12 litros. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 6 (4 tratamentos x 6 épocas de coleta) com 5 repetições, totalizando 120 unidades amostrais.

O protetor físico utilizado constituiu-se de garrafas plásticas tipo P.E.T. (polietileno tereftalato), com volume de 2500 mL sem fundo e tampa, medindo 28 cm de altura e 36 cm de diâmetro. As garrafas foram fixadas sobre o solo dentro dos vasos no ponto de semeadura com varetas de bambu e fitas adesivas transparentes. Para alguns tratamentos as garrafas foram recobertas com dupla folha de papel celofane nas colorações, azul e vermelho. Desta forma, os tratamentos utilizados foram: T1– ausência de protetor físico (APF); T2– protetor físico transparente (PFT); T3- protetor físico + celofane azul (PFA) e T4- protetor físico + celofane vermelho (PFV).

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas periodicamente em seis momentos, dos 30 aos 130 dias após a semeadura (DAS), com intervalos de 20 dias. Durante as três primeiras avaliações (dos 30 aos 70 DAS), os protetores físicos quando presentes eram retirados momentos antes da determinação das trocas gasosas. Após 70 DAS, todos os protetores físicos foram retirados definitivamente.

As determinações das trocas gasosas foram realizadas utilizando-se equipamento de sistema aberto portátil de fotossíntese, *Infra-Red Gas Analyzer* (IRGA), modelo LI-6400, da Li-Cor, Lincoln, NE, USA, sempre na região mediana do segundo par de folhas novas, completamente expandidas e totalmente expostas à radiação solar. Determinações das taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) foram realizadas entre 8 e 11 horas. A eficiência do uso de água ( $EUA$ ,  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) correspondeu à relação entre a quantidade de CO<sub>2</sub> assimilado por unidade de água perdida

pela transpiração. Também mediu-se a taxa de fótons fotossinteticamente ativos no interior do ambiente quando presente.

Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar do período experimental foram obtidos na estação experimental da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, Botucatu, SP.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000). Para a análise de regressão foram empregadas as medidas de trocas gasosas em função das épocas de avaliação, conforme Banzatto e Kronka (1989). Posteriormente, modelos de regressão polinomial de ordem linear, quadrática, cúbica ou de quarto grau foram ajustadas a partir do desdobramento dos graus de liberdade e para estas análises foi utilizado o programa SIGMA PLOT.

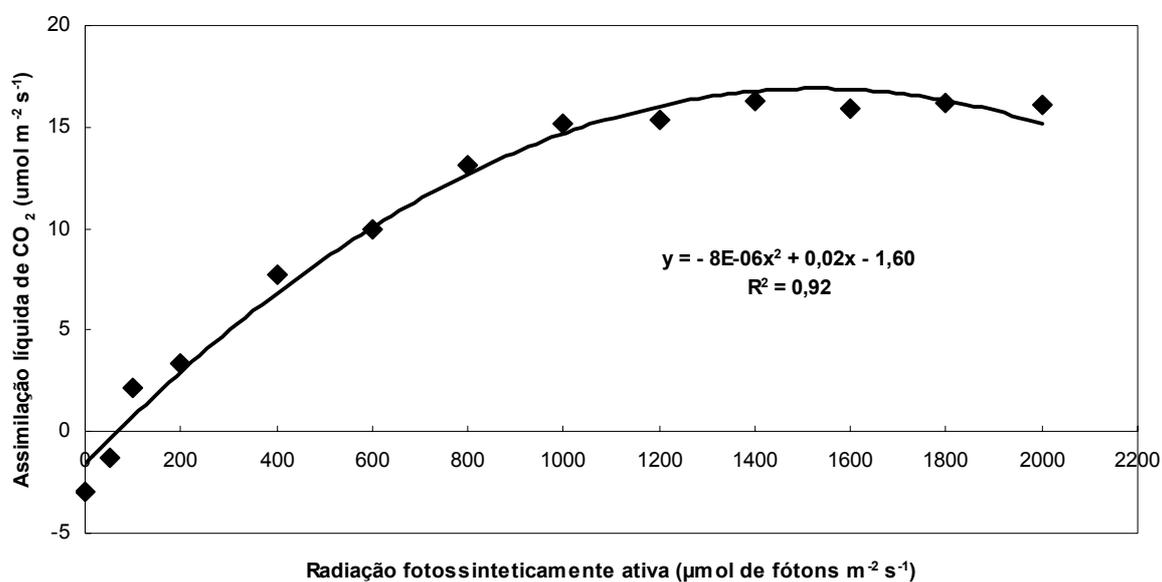
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de se estabelecer o melhor nível de radiação a ser utilizado nas avaliações de trocas gasosas em folhas de canafístula, um estudo prévio, com mudas da mesma idade, considerando níveis de radiação em função da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> foi realizado (figura 1). Assim, o nível de radiação de 1500  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi escolhido e adotado, uma vez que o mesmo levou em todo o experimento a máxima atividade fotossintética das folhas, não havendo variações entre as medidas em níveis de radiação mais elevadas.

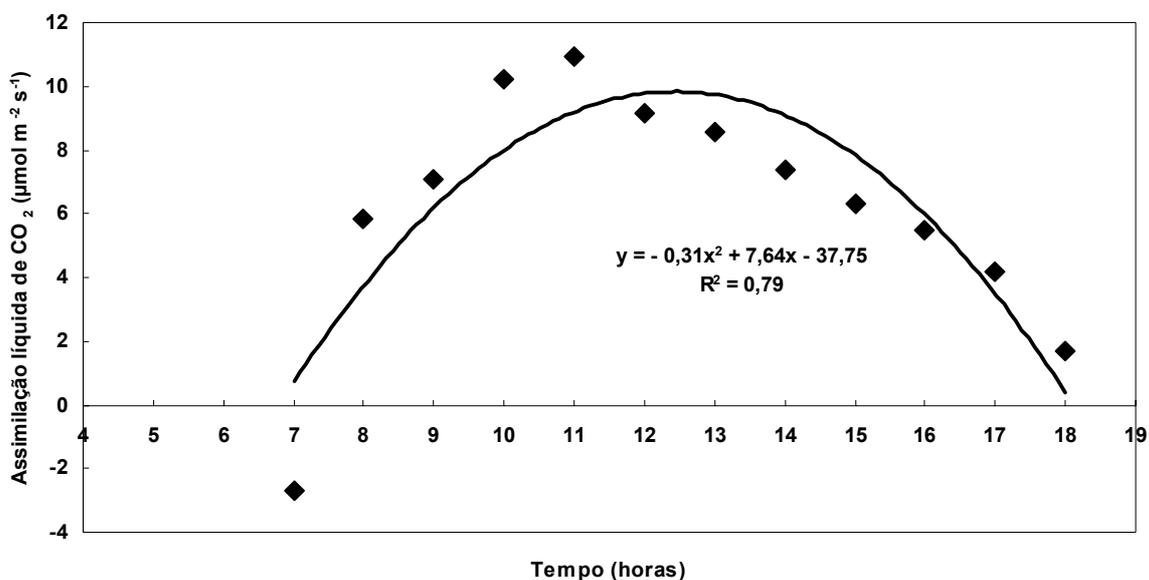
A curva de resposta da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) em função da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) apresentou a forma característica de uma hipérbole retangular, de modo que a taxa máxima de assimilação líquida foi obtida aproximadamente entre 15 e 16  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub> assimilado. Além disso, o ponto de compensação luminosa oscilou entre 63 e 68  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e o ponto de saturação luminosa, entre 700 e 1000  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Esses modelos de respostas estão de acordo com outros trabalhos relatados na literatura para plantas que apresentam metabolismo do tipo C3 (Lacher, 2004; Taiz e Zeiger, 2004). Além disso, tais resultados corroboram com as observações discutidas por Lorenzi (2000) ao mencionar que a canafístula é uma espécie tolerante às altas taxas luminosas.

Em um segundo momento, a assimilação líquida de CO<sub>2</sub> foi monitorada ao longo do período luminoso do dia, durante 3 dias (figura 2), constatando-se decréscimo da mesma, após as 11 horas.

Com base nos resultados obtidos nestas pré-avaliações estabeleceu-se que as determinações das trocas gasosas correspondentes à condutância estomática, transpiração, assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática, bem como das variáveis associadas, seriam realizadas entre 8 e 11 horas. Diversas citações na literatura apontam iguais períodos ótimos de fotossíntese para diferentes espécies (Rocha e Moraes, 1997; Brandão-Filho et al., 2003; Habermann et al., 2008).



**Figura 1:** Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em função da variação da radiação fotossinteticamente ativa – PAR ( $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em plantas jovens de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.]. As medições foram realizadas em campo aberto com dia inteiramente ensolarado, sob condições ambientais naturais. Médias de cinco repetições por PAR.



**Figura 2:** Variação diurna da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) de plantas jovens de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.]. As medições foram realizadas em campo aberto com dia inteiramente ensolarado, sob condições ambientais naturais e com luz artificial de  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de fótons. Médias de três avaliações.

A análise dos resultados da PAR revelou efeito significativo entre os tratamentos, assim como a interação entre tratamentos e época de avaliação.

O desdobramento da interação, tratamento e época de avaliação (tabela 1), mostrou significativa redução na PAR no ambiente das mudas de canafistula submetidas aos tratamentos PFA e PFV, até aos 70 DAS. Após este período, a PAR não variou entre os tratamentos ao longo do tempo. Em todos os tratamentos, a maior valor da PAR foi observada aos 110 DAS e a menor, aos 30 DAS.

A redução observada nos tratamentos PFA e PFV foi, provavelmente, devida à presença dos papéis azul e vermelho acoplados às garrafas do tipo P.E.T. Com a retirada dos protetores, após 70 DAS, todas as mudas passaram a ser expostas às mesmas condições de luminosidade, o que eliminou as diferenças entre os tratamentos (tabela 1).

A redução na qualidade do espectro de luz tem sido frequentemente observada em algumas espécies de plantas ornamentais, visto que estas apresentam sensibilidade à radiação solar intensa. Desta forma, são necessários estudos em cultivo protegido com o uso de malhas de

sombreamento de diferentes cores, tais como preta, azul e vermelha (Cuquel, 2003; Meirelles, 2007).

Em relação à temperatura do ar no ponto de semeadura houve diferença significativa entre os tratamentos, apenas aos 50 e 70 DAS (tabela 2). O microclima formado com o protetor físico vermelho apresentou maior valor médio da temperatura em ambas as avaliações. De maneira geral, as maiores temperaturas foram observadas aos 110 DAS e as menores aos 30 DAS.

A umidade relativa do ar foi maior no microambiente formado com a presença dos protetores físicos, independente de sua coloração, até os 70 DAS (tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Klein (2005), ao comparar a revegetação de matas ciliares com sementes de canafístula na presença e ausência de protetores físicos, constituídos de garrafas do tipo P.E.T. (2000 mL), sem tampa e sem fundo.

Estes resultados corroboram com os de Mattei e Rosenthal (2002) que estudaram o enriquecimento de capoeiras por meio da semeadura direta de canafístula submetida a diferentes tipos de protetores físicos, caracterizados por copo plástico e de papel (300 mL) sem fundo e observaram para que o desenvolvimento inicial das mudas ocorresse com sucesso, era necessário aumentar o teor de umidade no ponto de semeadura. No entanto, os mesmos autores observaram que os protetores físicos, copos de papel, proporcionaram elevadas temperatura e umidade no microambiente.

Elevadas médias de temperatura e umidade observadas no interior de protetores de plástico já haviam sido observadas na década de 70 por Lahde e Tuohisaari (1976) ao realizarem estudo ecológico sobre o efeito de protetores físicos sobre a germinação e desenvolvimento de plantas de diferentes espécies. Além disso, o sucesso observado na germinação e no desenvolvimento inicial de *Pinus contorta* Dougl. var. *Contorta* por meio de semeadura direta no sul da Islândia foi atribuído ao aumento da temperatura e umidade no microclima onde estavam as mudas, devido a diferentes protetores físicos, tais como cones e pirâmides de plástico e laminados de casca, em avaliações realizadas um ano após a implantação (Pétursson e Sigurgeirsson, 2005).

**Tabela 1:** Valores médios da radiação fotossinteticamente ativa (PAR,  $\mu\text{mol de f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) no ponto de semeadura de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

<i>Dias após a semeadura (DAS)</i>						
Tratamento	30	50	70	90	110	130
APF	644,10 aD	1423,40 aAB	1292,20 aBC	790,20 aD	1570,40 aA	1067,20 aC
PFT	584,50 aD	1274,10 aB	1023,80 aC	772,10 aD	1599,10 aA	1107,50 aBC
PFA	187,30 bD	557,40 bCD	310,60 bD	764,40 aC	1580,50 aA	1029,10 aB
PFV	85,60 bD	315,20 bD	134,70 bD	805,00 aC	1523,30 aA	1082,30 aB
C.V. (%)	16,34					
D.M.S.	327,12					
F	12,84					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação) e letras maiúsculas referem-se à comparação na horizontal (época de avaliação dentro de tratamento); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

**Tabela 2:** Valores médios da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), no ponto de semeadura de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

<i>Dias após a semeadura (DAS)</i>						
Tratamento	30	50	70	90	110	130
APF	20,98 aD	31,08 bB	30,32 bB	30,65 aB	34,75 Aa	28,21 aC
PFT	22,18 aD	33,02 abAB	32,47 aAB	31,40 aB	33,98 aA	28,72 aC
PFA	21,69 aE	32,63 abB	32,01 abBC	30,56 aC	35,03 aA	28,45 aD
PFV	22,45 aD	33,74 aAB	33,02 aB	30,45 aC	35,55 aA	29,96 aC
C.V. (%)	2,80					
D.M.S.	1,59					
F	1,53					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação) e letras maiúsculas referem-se à comparação na horizontal (época de avaliação dentro de tratamento); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

**Tabela 3:** Valores médios da umidade relativa do ar no ponto de semeadura de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

<i>Dias após a semeadura (DAS)</i>						
Tratamento	30	50	70	90	110	130
APF	47,86 bB	28,37 bC	47,67 Bb	46,24 aB	28,76 aC	60,80 aA
PFT	68,92 aAB	56,08 aC	71,20 aA	47,71 aD	30,49 aE	62,94 aB
PFA	69,21 aB	58,78 aC	78,67 aA	47,54 aD	28,41 aE	62,49 aBC
PFV	69,77 aAB	59,94 aC	75,45 aA	46,73 aD	27,54 aE	63,22 Abc
C.V. (%)	13,82					
D.M.S.	11,11					
F	12,1					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,01% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação) e letras maiúsculas referem-se à comparação na horizontal (época de avaliação dentro de tratamento); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### *Condutância estomática*

Foi detectada interação significativa entre protetores físicos e épocas de avaliação, a 1% de probabilidade para a condutância estomática. Nas avaliações realizadas até os 70 DAS, os protetores físicos, independente de sua coloração, promoveram aumentos significativos da condutância estomática das folhas de plantas submetidas a estes tratamentos (tabela 4 e figura 3).

De maneira geral, as maiores taxas de condutância estomática de café (*Coffea arabica* L.) cultivar Rubi foram observadas nas plantas cultivadas a 70% de sombreamento quando comparado à pleno sol (Freitas et al., 2003).

No presente estudo, as mudas submetidas ao tratamento com protetor físico transparente apresentaram redução gradual da condutância estomática ao longo das três primeiras avaliações. Em contrapartida, as mudas submetidas ao tratamento com protetor físico vermelho apresentaram aumento na condutância estomática ao longo do mesmo período, de modo que o maior valor médio foi observado aos 70 DAS. De todas as plantas submetidas a protetores físicos, as folhas daquelas mantidas sob protetor físico azul apresentaram as menores variações desta variável até 70 DAS. Além disso, até o referido momento os menores valores médios de condutância estomática foram detectados nas mudas que não foram submetidas a protetores físicos (APF).

Os valores médios da condutância estomática obtidos aos 30 DAS em folhas de canafístula crescidas na ausência de protetores físicos revelaram percentual inferior de 98, 93 e 92%, comparados aos tratamentos com protetores físicos transparente, azul e vermelho, respectivamente.

Apesar da redução na condutância estomática das folhas de canafístula ter sido observada aos 90 DAS nas mudas submetidas a tratamentos com protetores físicos, tal característica, no referida momento, não diferiu significativamente entre os tratamentos. Além disso, tais valores permaneceram maiores àqueles das mudas mantidas sem proteção física, embora sem diferença significativa (figura 3).

Ramo e Grace (1990) avaliaram a condutância estomática de folhas de algumas espécies pioneiras, tolerantes e sensíveis à sombra, e observaram que os maiores valores para esta característica foram obtidos em plantas cultivadas à pleno sol. Em adição, Lima-Júnior et al. (2006) constataram que plantas de *Cupania vernalis* Camb. apresentaram maior plasticidade em

relação aos diferentes níveis de irradiação avaliados, uma vez que foram detectadas alterações anatômicas nas folhas de tais plantas, o que interferiu nas trocas gasosas, principalmente na condutância estomática.

No presente estudo, provavelmente o microambiente criado dentro dos protetores físicos, independentemente de sua coloração, por apresentar temperatura e umidade superiores, promoveu alterações no desenvolvimento inicial das mudas de canafistula nas condições testadas.

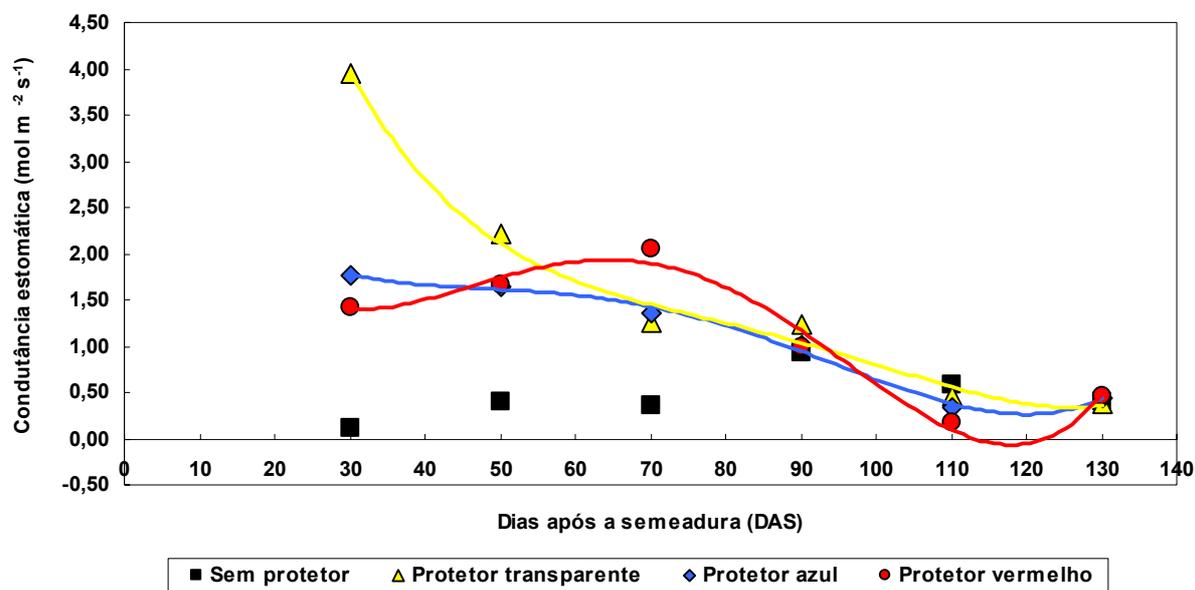
Aos 110 DAS, onde as temperaturas foram superiores à 33°C e a umidade relativa do ar inferior a 31%, foram observados os menores valores médios de condutância estomática em todas as mudas, independentemente do tratamento. A redução no balanço entre entrada e saída de vapor d'água e CO<sub>2</sub> pelas células-guarda eram esperadas, pois, tal fato reflete um mecanismo adaptativo normal e específico das mudas, em função do déficit hídrico temporário. Este processo faz com que os estômatos se fechem rapidamente, com a finalidade de restringir a perda de água. Tal processo foi detectado no presente experimento mesmo com o solo úmido.

Sob condições ambientais mais favoráveis, as trocas gasosas determinadas aos 130 DAS não apresentaram variação entre os tratamentos (figura 3 e tabela 4).

**Tabela 4:** Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ , mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), de folhas de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	30	50	70	90	110	130
APF	0,12 c	0,39 c	0,36 c	0,93 a	0,06 a	0,39 a
PFT	3,95 a	2,21 a	1,25 b	1,24 a	0,05 a	0,38 a
PFA	1,77 b	1,65 b	1,35 b	1,02 a	0,03 a	0,44 a
PFV	1,42 b	1,66 b	2,06 a	1,00 a	0,02 a	0,46 a
C.V. (%)	13,77					
D.M.S.	0,31					
F	5,60					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa, F.: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamentos	Modelo ajustado <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
APF	Sem ajuste	
PFT	$\hat{Y}: 0,05 x^4 - 0,78 x^3 + 4,01 x^2 - 9,31 x + 10,00$	0,85
PFA	$\hat{Y}: 0,04 x^4 - 0,50 x^3 + 2,04 x^2 - 3,44 x + 3,63$	0,89
PFV	$\hat{Y}: 0,06 x^4 - 0,76 x^3 + 2,96 x^2 - 4,16 x + 3,30$	0,83

P < 0,001: para todos os modelos; <sup>1</sup> -  $\hat{Y} = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$

**Figura 3:** Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), de folhas de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas a diferentes qualidades de luminosidade: APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

De forma geral, a retirada do protetor físico promoveu menor variação no comportamento da condutância estomática. Visualmente, notou-se que a retirada dos protetores levou à desidratação das folhas, principalmente daquelas mais externas. Porém, a mortalidade de algumas dessas folhas estimulou novas brotações, que foi mais visível nos tratamentos com protetores físicos azul e vermelho. Tal resposta, provavelmente ocorreu devido à estratégia criada pelas plantas em relação à redução de luminosidade, as quais preferiram investir na expansão do limbo foliar e na espessura das folhas, interferindo na perda de água.

Segundo Paiva et al. (2005), o controle da abertura e fechamento estomático é uma importante propriedade fisiológica, pelo qual as plantas podem limitar sua perda de água.

## Transpiração

Os valores médios da taxa de transpiração das folhas foram maiores na presença dos protetores físicos, independente de sua coloração entre 30 e 70 DAS (tabela 5). Tal comportamento era esperado, visto que a condutância estomática mantida sem proteção (APF) foi significativamente menor que a das demais plantas durante este período. O aumento da transpiração observado nas mudas mantidas com protetores físicos foi devido às condições mais favoráveis de temperatura e umidade no interior dos protetores.

Plantas de *C. vernalis* foram cultivadas sob níveis elevados de sombreamento e apresentaram maior área foliar, que levou à maior transpiração destas plantas em comparação àquelas cultivadas a pleno sol (Lima-Júnior et al., 2006).

Tais resultados são diferentes daqueles obtidos por Kjelgren (1994) que observou valores menores de transpiração de plantas de café cultivadas no interior de protetores físicos de plástico. Segundo o mesmo autor, elevadas temperaturas e umidades no interior dos protetores físicos promoviam redução na transpiração.

No período de 50 DAS o protetor físico transparente levou aos maiores valores desta característica, seguido pelos tratamentos com protetores físicos vermelho e azul. Durante o período em que havia protetores físicos, até os 70 DAS, os maiores valores obtidos para a transpiração foram observados aos 50 DAS em todas as mudas.

No entanto, aos 90 DAS, vinte dias após a retirada dos protetores físicos, foram detectadas menores taxas de transpiração nas plantas que haviam sido mantidas em tais protetores. Porém, devido à desidratação visualmente observada nas folhas das plantas crescidas no interior dos protetores nos períodos de 90 e 110 DAS, não é possível afirmar que somente as condições ambientais internas de tais protetores tenham sido responsáveis pelos maiores valores médios de transpiração observados nas avaliações anteriores por estes tratamentos. O que pode ser constatado é a sensibilidade das folhas das plantas após a retirada dos protetores, evidenciada pela redução da transpiração.

Nesse sentido, torna-se relevante mencionar que a condutância estomática observada entre os 90 e 130 DAS não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (tabela 04), enquanto que a transpiração das folhas na presença de protetores físicos, independente de sua coloração, foi significativamente menor durante o mesmo período (tabela 05). Provavelmente, as

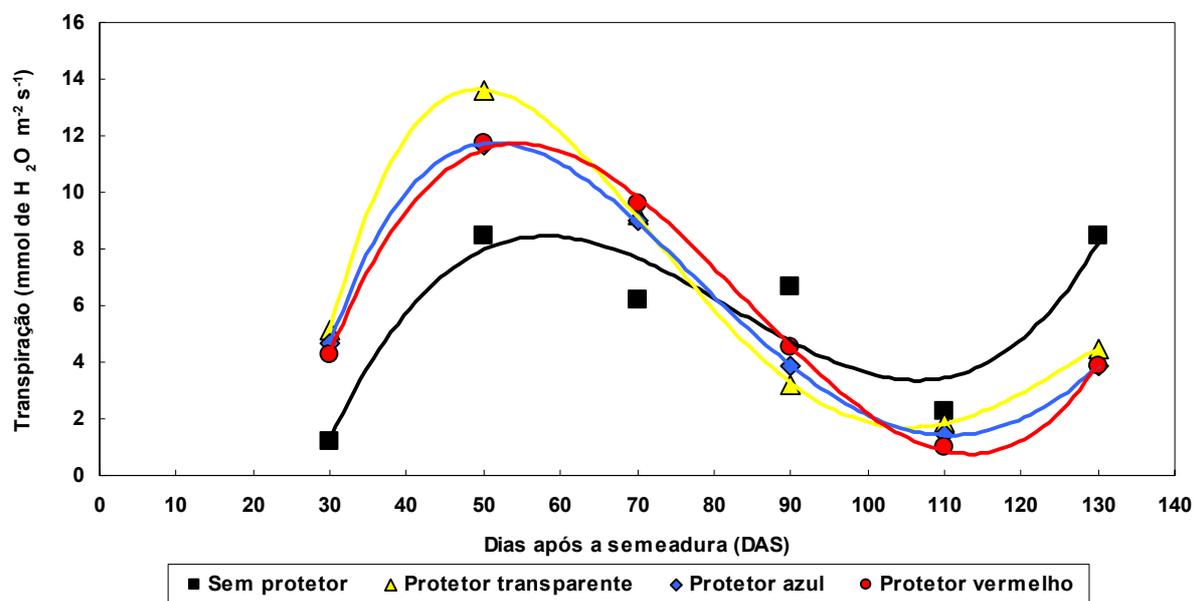
folhas das plantas crescidas no interior dos protetores físicos foram menos tolerantes às elevadas taxas de luminosidade, respondendo rapidamente por meio do fechamento estomático.

Em relação aos modelos matemáticos ajustados para a transpiração em função dos seis períodos de avaliações, adotaram-se o modelo de regressão polinomial de terceiro grau aos tratamentos APF e PFV, enquanto que para os tratamentos PFT e PFA, modelos de quarto grau.

**Tabela 5:** Valores médios da transpiração foliar ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) em mudas de [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

Tratamento	Dias após a semeadura (DAS)					
	30	50	70	90	110	130
APF	1,22 b	8,48 c	6,21 b	6,64 a	2,27 a	8,48 a
PFT	5,13 a	13,59 a	9,18 a	3,20 c	1,87 ab	4,48 b
PFA	4,69 a	11,70 b	8,99 a	3,84 c	1,47 ab	3,86 b
PFV	4,26 a	11,76 b	9,61 a	4,56 b	0,98 b	3,88 b
C.V. (%)	6,36					
D.M.S.	0,69					
F	27,85**					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa, F.: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamentos	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 0,72 x^3 + 7,83 x^2 - 25,13 x - 16,75$	0,79
PFT	$\hat{Y}: -0,25 x^4 + 4,46 x^3 - 27,01 x^2 + 62,08 x - 34,16$	0,96
PFA	$\hat{Y}: -0,11 x^4 + 2,37 x^3 - 16,36 x^2 + 41,21 x - 22,48$	0,95
PFV	$\hat{Y}: +0,87 x^3 - 9,62 x^2 + 30,00 x - 16,88$	0,95

$P < 0,001$ : para todos os modelos; <sup>1</sup> -  $\hat{Y} = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$

**Figura 4:** Valores médios da transpiração foliar ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de mudas de [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas a diferentes qualidades de luminosidade: APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

#### Taxa de assimilação líquida de $\text{CO}_2$

Foi detectada interação significativa entre protetores físicos e dias após a semeadura, a 1% de probabilidade para a assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  (figura 5 e tabela 6). Somente aos 30 DAS o tratamento com ausência de protetor físico levou aos menores valores da taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , provavelmente devido à redução no tamanho das mudas de canafístula crescidas na ausência dos protetores físicos.

No período de avaliação, referente após a retirada dos protetores físicos, entre 90 e 130 DAS, também foram observadas diferenças significativas desta característica. Os primeiros 20 dias após a retirada dos protetores físicos (90 DAS) não foram suficientes para influenciar na

taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> das plantas provenientes dos tratamentos com protetores físicos transparente e azul, pois as mesmas, apresentaram valores semelhantes àqueles detectados nas plantas provenientes sem proteção (APF).

Estes resultados não eram esperados, pois as mudas de canafístula crescidas no interior dos protetores físicos, principalmente, transparente e azul, apresentaram valores elevados de taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> mesmo após a redução da taxa de transpiração e condutância estomática. Estes resultados são semelhantes àqueles observados por Habermann (2004) ao avaliarem o comportamento das trocas gasosas de laranjeira-doce. Visto que, o aumento da resistência estomática foi mais eficiente no controle da transpiração do que na assimilação líquida de CO<sub>2</sub>.

A redução na quantidade de luminosidade e de temperatura aos 90 e 110 DAS devido à presença de nuvens e de vento auxiliaram na redução da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> durante o referido período. Tais valores podem estar correlacionados à resposta das folhas em função do aumento da luminosidade após a retirada dos protetores físicos. Além disso, a mortalidade de alguns folíolos foi observada durante este período em todas as mudas mantidas no interior de protetores físicos após a sua remoção.

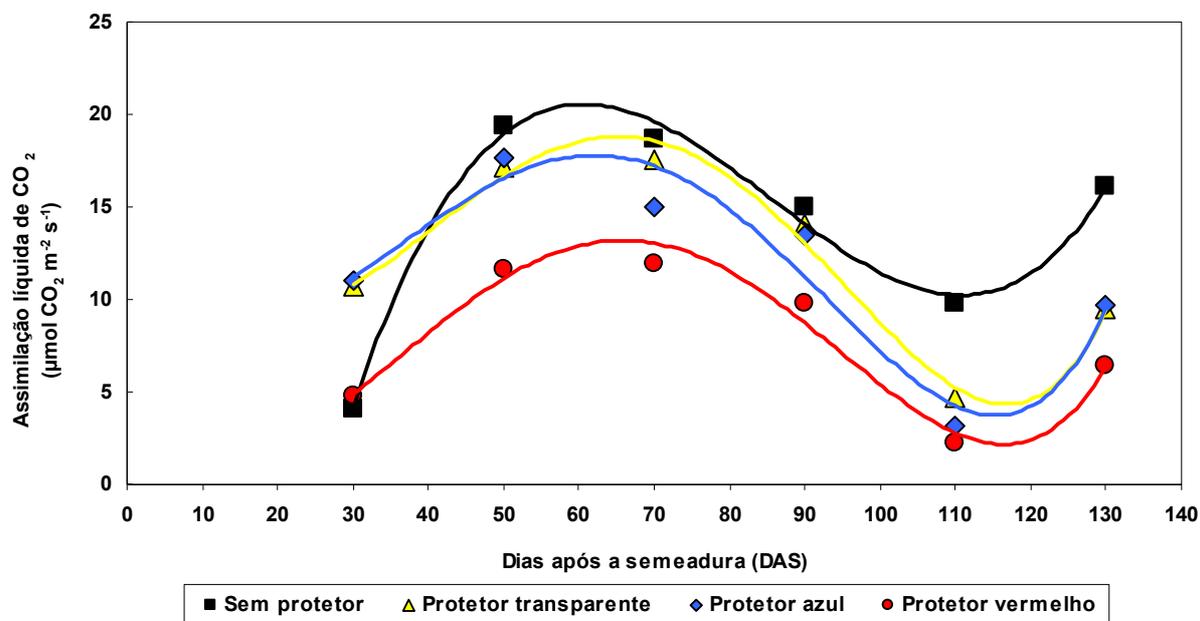
Aos 130 DAS, as plantas de canafístula crescidas sob os protetores físicos apresentaram valores mais elevados de assimilação de CO<sub>2</sub> em relação àqueles observados aos 110 DAS, porém inferiores aos obtidos nas folhas das plantas do tratamento testemunha (APF), apresentando melhoras visuais na qualidade das folhas com brotações novas.

Independentemente da coloração do protetor físico utilizado, o modelo de regressão polinomial mais adequado em relação à assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ao longo das diferentes épocas de avaliação foi o de quarto grau, enquanto que para a ausência de protetor físico o melhor ajuste foi o modelo de terceiro grau (figura 5).

**Tabela 5:** Valores médios da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) em mudas de [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

Tratamento	Dias após a semeadura					
	30	50	70	90	110	130
APF	4,09 b	19,40 a	18,71 a	14,99 a	9,77 a	16,10 a
PFT	10,69 a	17,18 a	17,57 ab	14,03 a	4,73 b	9,45 b
PFA	11,00 a	17,64 a	15,00 b	13,42 a	3,16 b	9,70 b
PFV	4,79 b	11,68 b	11,96 c	9,81 b	2,25 b	6,42 c
C.V. (%)	15,32					
D.M.S.	0,61					
F	8,10					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa, F.: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamentos	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 1,32 x^3 - 14,96 x^2 + 50,42 x - 32,60$	0,91
PFT	$\hat{Y}: 0,37 x^4 - 4,26 x^3 + 14,41 x^2 - 13,03 x + 13,31$	0,83
PFA	$\hat{Y}: 0,32 x^4 - 3,48 x^3 + 10,66 x^2 - 7,00 x + 10,72$	0,81
PFV	$\hat{Y}: 0,27 x^4 - 3,01 x^3 + 9,15 x^2 - 4,16 x + 2,65$	0,86

P < 0,001: para todos os modelos; <sup>1</sup> -  $\hat{Y} = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$

**Figura 5:** Valores médios da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) de mudas de [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas a diferentes qualidades de luminosidade: APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### *Concentração de CO<sub>2</sub> dentro da câmara subestomática (Ci)*

A concentração de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática (*C<sub>i</sub>*) de folhas de canafistula foi alterada com a presença do protetores físicos, independentemente da coloração utilizada. Assim, maiores valores de *C<sub>i</sub>* foram detectadas nas mudas mantidas sob protetores físicos até os 90 DAS (figura 6 e tabela 7).

Diversas hipóteses disponíveis na literatura podem ser usadas para explicar o comportamento da *C<sub>i</sub>* observado no presente estudo. A primeira refere-se ao aumento da *C<sub>i</sub>* em função da redução da resistência estomática promovida pelo aumento da condutância estomática (Taiz e Zeiger, 2004). Esta resistência estomática, conforme os mesmos autores, é o inverso da condutância estomática, ou seja, são processos físicos. Assim, quanto maior a abertura dos estômatos, maior a probabilidade de entrada de CO<sub>2</sub> para o interior da folha. A segunda hipótese atribui as altas taxas de concentração de *C<sub>i</sub>* dentro das câmaras subestomáticas pela redução do consumo de CO<sub>2</sub> pelas células vizinhas, assim como pelas células do parênquima, ou seja, de maneira metabólica. Este processo estaria diretamente relacionado à quantidade de carbono fixado pelos cloroplastos no final da fotossíntese, ou seja, quanto menor a taxa assimilação, maior a concentração de CO<sub>2</sub> no interior da câmara subestomática.

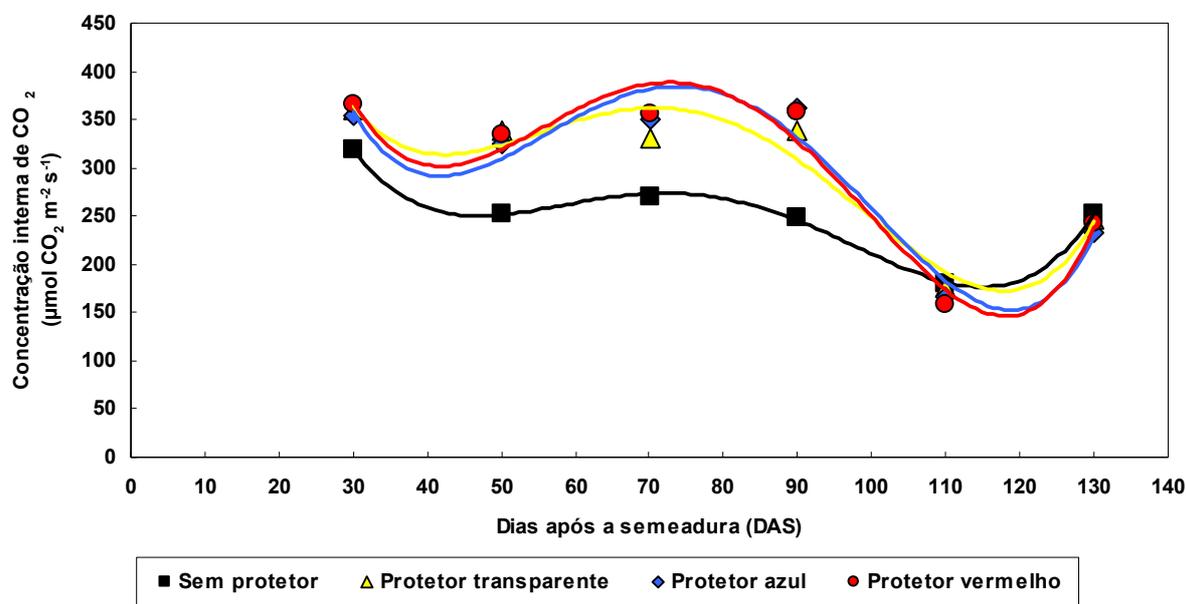
Nas condições do presente experimento, os valores elevados de *C<sub>i</sub>* nas plantas submetidas à presença de protetores físicos, independentemente da coloração utilizada, entre 30 e 90 DAS, permitem referir mais de um fator que contribui para os decorrentes aumentos da condutância estomática, pois o tratamento testemunha (APF), mesmo levando à menor condutância estomática, aproximadamente de 97, 83, 72 e 25%, para os 30, 50, 70 e 90 DAS, respectivamente, proporcionou valores, iguais ou superiores para a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> comparado àquela das mudas submetidas ao tratamento com protetor físico transparente a partir de 50 DAS.

Nas avaliações realizadas aos 110 e 130 DAS, não houve influência do protetor físico na concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática (tabela 7). Em todos os tratamentos, o modelo de regressão polinomial ajustado foi o de quarto grau.

**Tabela 7:** Valores médios da concentração de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), no interior da câmara subestomática de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

Tratamento	Dias após a semeadura					
	30	50	70	90	110	130
APF	318,60 b	252,80 b	270,40 b	248,00 b	180,00 a	252,80 a
PFT	360,80 a	338,80 a	331,60 a	338,60 a	176,60 a	246,80 a
PFA	354,60 a	325,00 a	350,20 a	362,60 a	167,20 a	233,00 a
PFV	365,60 a	334,20 a	356,40 a	357,80 a	158,20 a	242,20 a
C.V. (%)	14,97					
D.M.S.	1,60					
F	9,35					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação); APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho. C.V.: coeficiente de variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa, F.: Fonte de variação. Médias de cinco repetições.



Tratamentos	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	$\hat{Y}: 6,48 x^4 - 87,63 x^3 + 409,66 x^2 - 779,98 x + 770,83$	0,87
PFT	$\hat{Y}: 8,38 x^4 - 112,29 x^3 + 503,76 x^2 - 891,15 x + 855,33$	0,89
PFA	$\hat{Y}: 11,21 x^4 - 152,81 x^3 + 697,37 x^2 - 1239,00 x + 1042,00$	0,87
PFV	$\hat{Y}: 11,67 x^4 - 157,74 x^3 + 714,11 x^2 - 1263,00 x + 1064,70$	0,90

$P < 0,001$ : para todos os modelos; <sup>1</sup> -  $\hat{Y} = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$

**Figura 6:** Valores médios da concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), da câmara subestomática de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas a diferentes qualidades de luminosidade: APF: ausência de protetor físico; PFT: protetor físico transparente; PFA: protetor físico azul; PFV: protetor físico vermelho.

### *Eficiência do uso de água (EUA)*

Na tabela 9 e figura 7 encontram-se os resultados referentes à eficiência do uso de água (*EUA*) de plantas de canafístula. A *EUA* das folhas foi afetada, apresentando valores menores em relação aquelas plantas cultivadas no tratamento APF. Quanto à interação entre os protetores físicos e as épocas de avaliação verificou-se que a mesma foi significativa a 5% de probabilidade.

No período em que o protetor físico estava presente no ponto de semeadura, até os 70 DAS, foi observada a influência deste material, independentemente de sua coloração sobre a *EUA* das mudas de canafístula. Assim, os protetores físicos empregados proporcionaram de maneira geral redução da *EUA* das plantas crescidas no seu interior. Tal comportamento provavelmente aos elevados valores da taxa de transpiração observados nas mudas submetidas à presença de protetores.

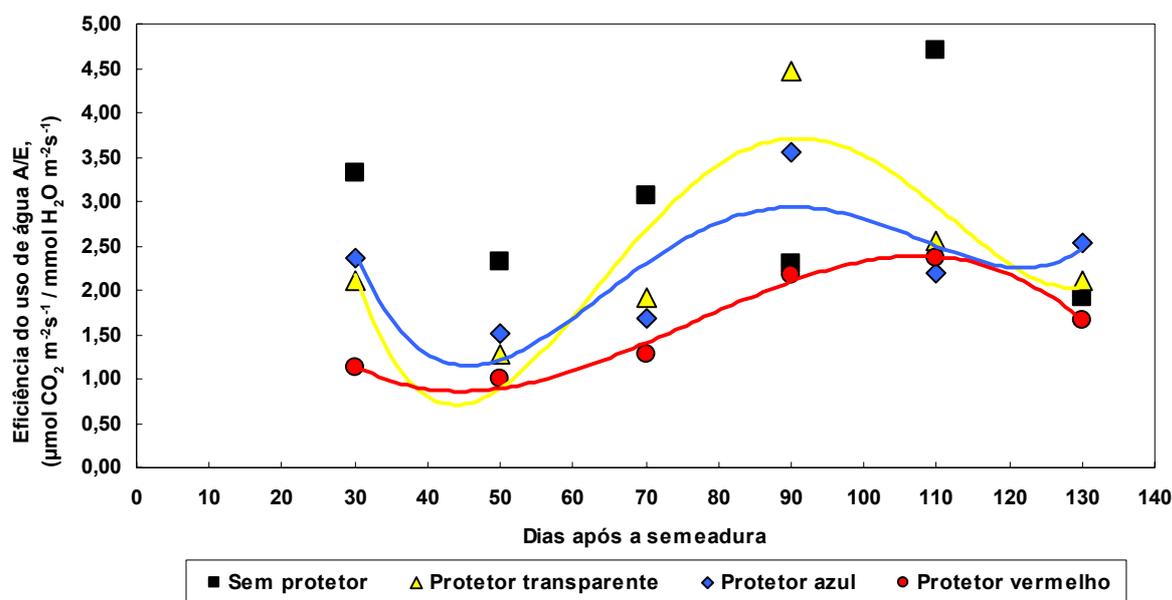
Estes resultados corroboram com os de Larcher (2000) que afirma que a *EUA* pode sofrer mudanças quando a difusão de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O é alterada por mudanças nas condições ambientais. O mesmo autor afirma ainda que a *EUA* expressa quantitativamente o comportamento momentâneo das trocas gasosas na folha. Além disso, a *EUA* pode interferir na produtividade biológica bem como no consumo hídrico (Pimentel, 2004).

Há evidência de que a *EUA* pode variar entre espécies situadas no mesmo ambiente e entre diferentes condições climáticas (Silva et al., 2004). Na literatura, diversos autores têm avaliado a *EUA* para melhor conhecimento do comportamento de espécies cultivadas a fim de aumentar sua produtividade, principalmente naquelas submetidas aos diferentes níveis hídricos (Stone e Moreira, 2000; Medeiros et al., 2001; Karam et al., 2003; Tennakoon e Milroy, 2003). Além disso, pesquisadores buscam por meio desta característica incluir as espécies arbóreas, que são mais resistentes à redução da disponibilidade de água, em projetos de reflorestamento tanto para finalidades econômicas quanto comerciais (Silva et al., 2004). Porém, são raros os estudos que quantificam a *EUA* em função dos diferentes níveis de luminosidade.

**Tabela 8:** Valores médios da eficiência do uso da água ( $EUA$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], cultivadas a diferente qualidade espectral de luz.

<i>Dias após a semeadura (DAS)</i>						
Tratamento	30	50	70	90	110	130
APF	3,32 a	2,31 a	3,06 a	2,29 c	4,70 a	1,91 a
PFT	2,10 b	1,27 b	1,91 b	4,47 a	2,56 b	2,11 a
PFA	2,36 b	1,52 b	1,68 b	3,55 b	2,19 b	2,53 a
PFV	1,12 c	0,99 bc	1,27 b	2,17 c	2,37 b	1,65 a
C.V. (%)	9,56					
D.M.S.	0,51					
F	8,87					

Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade. Letras minúsculas referem-se à comparação vertical (tratamento dentro de época de avaliação); *APF*: ausência de protetor físico; *PFT*: protetor físico transparente; *PFA*: protetor físico azul; *PFV*: protetor físico vermelho.



Tratamentos	Modelo ajustado	R <sup>2</sup>
APF	Sem ajuste	
PFT	$\hat{Y}: 0,11 x^4 - 1,78 x^3 + 9,34 x^2 - 18,58 x + 13,08$	0,70
PFA	$\hat{Y}: 0,09 x^4 - 1,33 x^3 + 6,93 x^2 - 14,01 x + 10,74$	0,53
PFV	$\hat{Y}: 0,10 x^3 + 0,95 x^2 - 2,43 x + 2,72$	0,54

$P < 0,001$ : para todos os modelos dos tratamentos PFT, PFA e PFV; <sup>1</sup> -  $\hat{Y} = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$

**Figura 7:** Valores médios da eficiência do uso de água ( $EUA$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) da câmara subestomática de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.], submetidas a diferentes qualidades de luminosidade: *APF*: ausência de protetor físico; *PFT*: protetor físico transparente; *PFA*: protetor físico azul; *PFV*: protetor físico vermelho.

## CONCLUSÕES

Para as condições testadas neste ensaio as folhas das mudas de canafistula quando cultivadas nos ambientes protegidos independentemente de sua colocação mostraram alterações nas trocas gasosas das folhas desta espécie. Para a determinação do melhor espectro de luminosidade ideal para o desenvolvimento inicial das mudas, há necessidade de novos estudos que estabeleçam correlações entre ambientes protegidos, os índices fisiológicos e variáveis climáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agritempo (2009). <http://www.agritempo.gov.br/>
- Banzatto, D. A.; Kronka, S. N. (1989). *Experimentação agrícola*. Jaboticabal, FUNEP, 247 p.
- Barnett, J. P.; Baker, J. B. (1991). Regeneration Methods. In: Duryea, M. L.; Dougherty, P. M.(Ed) Forest regeneration manual. London: *Kluwer Academic Publishers*, 3: 35-50.
- Bevenuti, S.; Machia, M. (1997). Light environment, phytochrome and germination of *Datura stramonium* L. seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 38: 61-71.
- Brandão-Filho, J. U.; Goto, R.; Guimarães, V. F.; Habermann, G.; Rodrigues, J. D.; Callegari, O. (2003). Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 21: 474-477.
- Carneiro, J. G. A. (1995). Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEP, UENF, 451 p.
- Costa, G. F.; Marengo, R. A. (2007). Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica* . 37: 229-234.
- Cuquel, F. L. Produção de plantas de jardim em ambiente protegido com sombreamento por malhas que mudam o espectro solar. In: congresso brasileiro de floricultura e plantas ornamentais, 14.; congresso de cultura de tecido de plantas, 1., 2003, Lavras, MG. Anais... Lavras: UFLA/FAEPE, 2003.
- Derr, H. J., Mann Jr., W. F. (1971). *Direct seeding pines in the south*. Washington, DC : USDA. Forest service, 1971. 68p. (Agricultural Handbook, 391).

- Donadio, N. M. M.; Demattê, M. E. S. P. (2000). Morfologia de frutos, sementes, e mudas de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) - Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 22: 64-73.
- Dousseau, S.; Alvarenga, A. A. de; Santos, M. de O.; Arantes, L. de O. (2007). Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapirira guianensis* Alb. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 5: 447-479.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 412 p.
- Ferreira, D. F. (2000). *SISVAR - Sistema de análises estatísticas para dados balanceados*. Lavras: UFLA / DEX.
- Ferraz-Grande, F. G. A.; Takaki, M. (2006). Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). *Bragantia*, 65: 37-42.
- Ferreira, R. A.; Davide, A. C.; Bearzoti, E.; Motta, M. S. (2002). *Semeadura direta para implantação de matas ciliares: efeito de um protetor físico e do tratamento para superar a dormência de sementes no estabelecimento de Senna multijuga (Rich.) et Barn.* In: V Simpósio Nacional De Recuperação De Áreas Degradadas, Belo Horizonte. Resumos... Minas Gerais, SOBRADE, 2002. p. 264-265.
- Ferreira, R. A.; Davide, A. C.; Bearzoti, E.; Motta, M. S. (2007). Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne*, 13: 271-279.
- Freitas, R. B.; Oliveira, L. E. M.; Delú-Filho, N.; Soares, A. M. (2003). Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica*). *Ciência e Agrotecnologia*, 27: 804-810.
- Hansen, M. C.; Stehman, S. V.; Potapov, P. V.; Loveland, T. R.; Townshend, J. R. G.; Defries, R. S.; Pittman, K. W.; Arunarwati, B.; Stolle, F. Steininger, M. K.; Carroll, M.; Dimiceli, C. (2008). Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *PNAS*, 105: 9439-9444.
- Habermann, G. *Trocas gasosas, relações hídricas e hormônios vegetais em laranjeiras-doce infectadas por Xylella fastidiosa, em três regiões do Estado de São Paulo*. 2004, 154 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Unesp Botucatu / SP.

- Habermann, G. ; Machado, S. R.; Guimarães, V. F.; Rodrigues, J. D. (2008). Leaf heliotropism in *Styrax camporum* Pohl from the Brazilian cerrado - distinct gas exchange and leaf structure, but similar leaf temperature and water relations. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20: 71-83.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2009). *Desmatamento em São Paulo aumentou nove vezes desde 2005*. <http://chicaodoispassos.blogspot.com/2008/12/inpe-desmatamento-em-so-paulo-aumentou.html>
- Karam, F.; Breidy, J.; Stephan, C.; Rouphael, J. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agricultural and Water Management*, Amsterdam, v. 63, n. 2, p.125-137, 2003.
- Kendrick, R.; Kronenberg, G. H. M. (1994). *Photomorphogenesis in Plants*. Martinus Nijhoff, Dordrecht. 85 p.
- Kinoshita, T.; Doi, M.; Suetsugu, N.; Kagawa, T.; Wada, M.; Shimazaki, K. (2001) phot1 and phot2 mediate blue light regulation of stomatal opening. *Nature*, 414: 656-660.
- Kjelgren, R. (1994). Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. *HortScience*. 29: 777-780.
- Klein, J. *Utilização de protetores físicos na semeadura direta de timburi e canafistula na revegetação de matas ciliares*. 2005, 95 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon / PR.
- Klein, J.; Malavasi, U. C.; Malavasi, M. M.; Aleixo, V. (2005). *Variação da temperatura do ar em protetores físicos utilizados na semeadura direta*. In: III Jornada Científica da Unioeste, 2005, Marechal Cândido Rondon / PR. III Jornada Científica da Unioeste, 2005. 152-158.
- Lahde, E.; Tuohisaari, O. (1976). An ecological study on effects of shelters on germination and germling development of scots pine, norway spruce and siberian larch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, Helsinki, 88: 37 p.
- Larcher, W. (2004). *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, *RiMa*, 337 p.
- Lima-Junior, É. C.; Alvarenga, A. A. de.; Castro, E. M. de.; Vieira, C. V.; Oliveira, H. M. de. (2005). Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Ciência Rural*, Santa Maria, 35: 1092-1097.
- Lorenzi, H. (2000). *Árvores brasileiras*. 3. ed. Nova Odesa-SP, 352 p.

- Martins, J. R.; Alvarenga, A. A.; Castro, E. M.; Pinto, J. E. B. P.; Silva, A. P. O. (2008). Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. 10: 102-107.
- Mattei, V. L. (1999). Semeadura direta de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*, 2: 85-96.
- Mattei, V. L.; Rosenthal, M. D. (2002). Semeadura direta de canafistula (*Peltrophorum dubium* (Spreng.) taub.) no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*, 26: 649-654.
- Mattei, V. L.; Romano, C. M.; Teixeira, M. C. C. (2001). Protetores físicos para semeadura direta de *Pinus elliotti* Engelm. *Ciência Rural*, 31: 775-780.
- Medeiros, G. A. de.; Arruda, F. B.; Sakai, E.; Fujiwara, M. (2001). The influence of crop canopy on evapotranspiration and crop coefficient of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agricultural and Water Management*, Amsterdam, 49: 215-228.
- Meirelles A. J. A.; Paiva, P. D. O.; Oliveira, M. I.; Tavares, M. F. (2007). Influência de diferentes sombreamentos e nutrição foliar no desenvolvimento de mudas de Palmeiras Ráfia *Rhapis excelsa* (Thunberg) Henry ex. Rehder. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras 31: 1884-1887.
- Nogueira, R. J. M. C. ; Silva-Junior, J. F. da. (2001). Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em gravioleira (*Annona muricata* L.). *Scientia Agricola*, Piracicaba, SP, 58: 491-495.
- Nogueira, R. J. M. C. ; Silva-Junior, J. F. da ; Bezerra, J. E. F.; Lederman, I. E.; Burity, H. A.; Santos, V. F. (2000). Comportamiento estomático y tensión de agua en el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. *Revista de Investigación Agraria Série Producción y Protección Vegetales*, Madrid, 15: 213-225.
- Paiva, A. S.; Fernandes, E. J.; Rodrigues, T. J. D.; Turco, J. E. P. (2005). Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Engenharia Agrícola*, 25: 161-169.
- Pétursson, J. G.; Sigurgeirsson, A. S. (2005). Direct seeding of boreal conifers on freely drained andosols in Southern Iceland. *Bívísindi* 04: 1-14
- Pimentel, C. (2004) . A relação da planta com a água. Seropédica: EDUR, 192 p.
- Ramos, J.; Grace, J. (1990). The effects of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from México. *Functional Ecology*, 4: 667-677.

- Rocha, A.M.S.; Moraes, J.A.P.V. (1997). Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 9: 41-46.
- Serpa, M. R.; Mattei, V. L. (1999). Avaliação de diferentes materiais de cobertura e de um protetor físico, no estabelecimento de plantas de *Pinus taeda* L., por semeadura direta no campo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 9: 93-101.
- Silva, W. da.; Sedyama, T.; Silva, A. A. da.; Cardoso, A. A. (2004). Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. *Floresta*, 34: 325-335.
- Silveira, F A. O.; Negreiros, D.; Fernandes, G. W. (2004). Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). *Acta bot. bras.* 18: 847-851.
- Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants - an emerging synthesis. *Nature*, 407: 585-591.
- Soares, P. G.; Rodrigues, R. R. (2008). Semeadura direta de leguminosas florestais: efeito da inoculação com rizóbio na emergência de mudas e crescimento inicial no campo. *Scientia Forestalis* (IPEF), 78: 115-121.
- Srivastava, A.; Zeiger, E. (1995). The inhibitor of zeaxanthin formation, dithiothreitol, inhibits blue-light-stimulated stomatal opening in *Vicia faba*. *Planta* 196: 445-449.
- Stone, L. F.; Moreira, J. A. A. (2000). Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35: 835-841.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2004). *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p.
- Tennakoon, S. B.; Milroy, S. P. (2003). Crop water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. *Agricultural and Water Management*, 61: 179-194.
- Whitelam, G. C.; Devlin, P. F. (1997). Roles of different phytochromes in *Arabidopsis* photomorphogenesis. *Plant Cell and Environment*, 20: 752-758.



### **3- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na literatura há diversos estudos que buscam acelerar a resposta proporcionada por meio da semeadura direta, principalmente de espécies nativas relacionadas a projetos de revegetação. No caso dos protetores físicos, apesar de diversas formas, tamanhos e materiais já terem sido testados, o mesmo não ocorreu em relação a sua coloração.

Torna-se relevante mencionar que pesquisas relacionadas com a leitura de trocas gasosas vêm aumentando nos últimos anos, provavelmente devido aos novos equipamentos e técnicas direcionados na área. No entanto, não foram encontrados relatos sobre o comportamento da espécie em relação às trocas gasosas. Da mesma forma, a literatura apresenta carência em relação a estudos que correlacionam trocas gasosas e ambientes protegidos.

De maneira geral, as mudas responderam negativamente em função do aumento do sombreamento, tal comportamento, deve ser estudado com maior atenção. Pois dezenas de fatores podem estar relacionadas com tal comportamento.

Fica recomendado o uso de protetores físicos em pontos de semeadura direta para canafístula, porém ainda existem lacunas a serem estudadas principalmente em relação ao tempo de permanência.



#### 4- CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo com plântulas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.] cultivadas no interior de protetores físicos, levaram a concluir que:

1- Apesar das sementes de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.] não responderem para a germinação em função a diferentes qualidades espectral de luminosidade, o mesmo comportamento não foi observado quanto ao desenvolvimento inicial.

2- O crescimento inicial de mudas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] submetidas a diferentes níveis de luminosidade, avaliado através de medidas biométricas como a altura da planta, área foliar e produção de massa seca de caule e folha indicam que plantas cultivadas na presença de protetores físicos transparentes, promoveram maiores incrementos na fitomassa. A redução da quantidade de luminosidade prejudicou o desenvolvimento das plântulas após a retirada dos protetores.

3- O protetor físico transparente foi o tratamento mais efetivo no aumento do crescimento inicial de mudas de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) até 131 DAS.

4- O protetor físico independentemente de sua coloração aumentou a condutância estomática das folhas das plântulas de canafístula, porém não aumentou da mesma forma a assimilação líquida de dióxido de carbono.

5- Para as condições testadas neste ensaio as folhas das mudas de canafístula quando cultivadas nos ambientes protegidos independentemente de sua colocação mostraram alterações nas trocas gasosas das folhas desta espécie. Para a determinação do melhor espectro de luminosidade ideal para o desenvolvimento inicial das mudas, há necessidade de novos estudos que estabeleçam correlações entre ambientes protegidos, os índices fisiológicos e variáveis climáticas.



## 5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'saber, A. N. (2000). O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (eds.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/FAPESP. p. 15-25.
- Almeida, S. P.; Proença, C. E. B.; Sano, S. M.; Ribeiro, J. F. (1998). Cerrado: espécies vegetais úteis. *EMBRAPA: Planaltina*, 59 p.
- Bacha, C. J. C.; Barros, A. L. M. (2004). Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro. *Scientia Forestalis*, n. 66, p. 191-203.
- Baker, J. B.; Guldin, J. M. (1991). Natural Regeneration methods for Loblolly and Shortleaf pines. *Forest Farmer*. 50: 59-63.
- Banzatto, D. A.; Kronka, S. N. (1989). *Experimentação agrícola*. Jaboticabal, FUNEP, 247 p.
- Barbosa, J. M.; Barbosa, L. M.; Silva, T. S. de; Gatuzzo, E. H.; Freire, R. M. *Capacidade de estabelecimento de indivíduos de espécies de sucessão secundária a partir de sementes em sub-bosque de uma mata ciliar degradada do rio Mogi-Guaçu/SP*. In: Simpósio De Recuperação De Áreas Degradadas, (1992). Curitiba. Resumos... Paraná: Fundação de pesquisas florestais do Paraná, 1992. p. 400-406.
- Barbosa, L. M. (2006). Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista. São Paulo: *instituto de botânica*, 129 p.
- Barnett, J. P.; Baker, J. B. (1991). Regeneration Methods. In: Duryea, M. L.; Dougherty, P. M. (Ed) *Forest regeneration manual*. London: *Kluwer Academic Publishers*, 3: 35-50.
- Batschauer A. (1998). Photoreceptors of higher plants. *Planta*, 206: 479-492.
- Bevenuti, S.; Machia, M. (1997). Light environment, phytochrome and germination of *Datura stramonium* L. seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 38: 61-71.
- Bewley, J. D., Black, M. (1982). Physiology and biochemistry of seeds. Berlin: *Springer-verlag*, 2: 210-223.
- Bewley, J. D.; Black, M. (1994). Seeds: physiology of development and germination. *New York: Plenum*, 445 p.
- Bobato, A. C. C. (1999). *Comparação de métodos para recomposição de matas ciliares através de uma análise longitudinal*. Cascavel, PR, Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 1999, 144p.

- Brandelero E.; Peixoto, C. P.; Santos, J. M. B.; Moraes, J. C. C., Peixoto, M. F. S. P.; SILVA, V. (2002). Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. *Magistra*, Cruz das Almas, 14: 77-88.
- Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (1992). *Regras para análise de sementes*. Brasília, *SNDA/DNDV/CLAV*, 365 p.
- Brum, E. S.; Mattei, V. L.; Machado, A. (1999). Emergência e sobrevivência de *Pinus taeda* L. em semeadura direta a diferentes profundidades. *Revista Brasileira de Agrociências*, 5: 190-194.
- Bryant, J. A. (1989). *Fisiologia das sementes*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 85 p.
- Caldato, S. L.; Floss, P. A.; Croce, D. M. da; Longhi, S. J. (1996). Study on natural regeneration, seed bank and seed rain in the genetic reserve forest of Caçador, SC. *Ciência Florestal*, 6: 17-24.
- Camargo, J. L. C.; Ferraz, I. D. K.; Imakawa, A. M. (2002). Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia Using Direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology*, 10: 636-644.
- Carneiro, J. G. A. (1995). *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEP, UENF, 451 p.
- Carvalho, A. P. F.; Mercedes, M. C.; Bustamante, A. R. K.; Gregory, P. A. (2007). Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. *Revista Brasil. Bot.*, 30, 19-27.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. (2000). *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. Jaboticabal: FUNEP, 588 p.
- Carvalho, P. E. R. (2003). *Espécies arbóreas brasileiras*. Colombo: EMBRAPA Florestas, 1039 p.
- Casal, J. J.; Sánchez, R. A. (1998). Phytochromes and seed germination. *Seed Science Research*, 8: 317-329.
- Cenamo, M. C. (2004) *Mudanças climáticas, o protocolo de quioto e mercado de carbono*. Cepea. Esaulq, 24 p.
- Chang, M. Y. (2004). *Sequestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas*. (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná, 2004.

- Cortez, A. S. *Métodos de cenários prospectivos como ferramenta de apoio ao planejamento relativo a substituição do atual uso do solo por florestamento: Estudo de caso: a bacia do rio Ibicuí – RS*. 2007. 237 p. Tese (Doutorado em engenharia) - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais.
- Costa, G. F.; Marengo, R. A. (2007). Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica* . 37: 229-234.
- Davide, A. C.; Ferreira, R. A.; Faria, J. M. R.; Botelho, S. A. Restauração de matas ciliares. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 65-74, 2000.
- D'Arco, E.; Mattei, V. L. (2000). Efeitos do preparo localizado do solo, protetor físico e material de cobertura na sobrevivência de plantas de *Pinus taeda* L. em semeadura direta. *Revista Científica Rural*, Bagé, v. 5, n. 2, p. 50-58.
- Donadio, N. M. M.; Demattê, M. E. S. P. (2000). Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) - Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 22: 64-73.
- Dousseau, S.; Alvarenga, A. A. de; Santos, M. de O.; Arantes, L. de O. (2007). Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapirira guianensis* Alb. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 5: 447-479.
- Dougherty, P. M. A field investigation of the factors wich control germination and establishment of loblolly pine seeds. *Georgia forestry commission*, n. 7, 1990, 5p.
- Dubois, M. R.; Chappelka, A. H.; Robbins, E.; Somers, G.; Baker, K. (2000). Tree shelters and weed control: effects on protection, survival and growth of cherrybark oak seedling planted on a cutover site. *New Forests*, 20: 105-118.
- Engel, V. L.; Parrotta, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 152: 169-181, 2001.
- FAO. (2009). *Report of the 31<sup>st</sup> Session of the Committee on World Food Security Tome*, 23-26 May 2005. Disponível em <http://www.fao.org/clim/docs/CFS/CFS.pdf>
- Favaretto, N.; Moraes, A. de; Motta, A. C. V.; Prevedello, B. M. S. (2000). Efeito da revegetação e adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35: 289-297.

- Ferraz-Grande, F. G. A.; Takaki, M. (2006). Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). *Bragantia*, 65: 37-42.
- Ferreira, A. G.; Borghetti, F. (2004). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: *Artmed*, 323 p.
- Ferreira, R. A. (2004). Estratégias para restauração de matas ciliares. In: Simpósio Regional De Mata Ciliar, 3ed., 2004, Marechal Cândido Rondon. Anais... Paraná: EDUNIOESTE, p. 12-37.
- Ferreira, R. A. *Estudo da semeadura direta visando à implantação de matas ciliares*. 2002, 138 p. Tese (doutorado em agronomia). Universidade Federal de Lavras / MG.
- Ferreira, R. A.; Davide, A. C.; Bearzoti, E.; Motta, M. S. (2007). Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. *Cerne*, 13: 271-279.
- Finger, C. A. G.; Schneider, P. R.; Garlet, A. (2003). Estabelecimento de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm pela semeadura direta a campo. *Ciência Florestal*, 13: 107-113.
- Franklin, K. A.; Whitelam, G. C. (2005). Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Annals of Botany*, 96:169–175.
- Het, D. (1983). *Spot Sowing of Mediterranean Pines Under Shelter*. *Tree Planters Notes*, Washington, v.34, n.4, p.23-27.
- Gasparino, D.; Malavasi, U. C.; Malavasi, M. M.; Souza, I. (2006). Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 30: 1-9.
- Gonçalves, R. M.; Gonçalves, M. R. G.; Giannotti, E.; Giannotti, J.; Silva, A. A. (2005). Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaquí, no município de Santa Gertrudes, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 17: 73-95.
- Hansen, M. C; Stehman, S. V.; Potapov, P. V.; Loveland, T. R.; Townshend, J. R. G.; Defries, R. S.; Pittman, K. W.; Arunarwati, B.; Stolle, F. Steininger, M. K.; Carroll, M.; Dimiceli, C. (2008). Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *PNAS*, 105: 9439-9444.

- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2009). *Desmatamento em São Paulo aumentou nove vezes desde 2005*. <http://chicaodoispassos.blogspot.com/2008/12/inpe-desmatamento-em-so-paulo-aumentou.html>
- IPCC. (2007). *Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for Policymakers. 23 p.
- Kendrick, R. E.; Frankland, B. (1983). *Phytochrome and Plant Growth*, 2ed. London, Edward Arnold, 73 p.
- Kendrick, R.; Kronenberg, G. H. M. (1994). *Photomorphogenesis in Plants*. Martinus Nijhoff, Dordrecht. 85 p.
- Kinoshita, T.; Doi, M.; Suetsugu, N.; Kagawa, T.; Wada, M.; Shimazaki, K. (2001) phot1 and phot2 mediate blue light regulation of stomatal opening. *Nature*, 414: 656-660.
- Kjelgren, R. (1994). Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. *HortScience*. 29: 777-780.
- Klein, J. *Utilização de protetores físicos na semeadura direta de timburi e canafistula na revegetação de matas ciliares*. 2005, 95 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon / PR.
- Lahde, E. The effect of seed-spot shelters and cold stratification on pine (*Pinus sylvestris* L.). *Folia Forestalia*, n.196, p.1-16, 1974.
- Lerena, S. D.; Salvador, P. V.; Penuelas, J. L.; Sierra, P. N. H.; Peragón, N. Técnicas de implantación de encinas en terrenos agrícolas. *Quercus* n,166, p. 22-25, 1999.
- Li, S.; Kurata, K.; Takakura, T. (2000). Direct solar radiation into row crop canopies in a lean-to greenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100: 243-253.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L.; Douce, R. Eds. *Methods in Enzimology*. Academic Press, London, UK, 148: 350-381.
- Lima-Junior, É. C.; Alvarenga, A. A. de.; Castro, E. M. de.; Vieira, C. V.; Oliveira, H. M. de. (2005). Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Ciência Rural*, Santa Maria, 35: 1092-1097.
- Lorenzi, H. (2000). Árvores brasileiras. 3. ed. Nova Odessa: *Plantarum*, 352 p.

- Kageyama, P. Y.; Viana, V. M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: Simpósio brasileiro de tecnologia de sementes florestais, 2., Atibaia, 1991. *Anais...* São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. 1991, p. 197-215.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evolution for seedling emergence vigor. *Crop Sci.*, 2: 176-177.
- Kageyama, P. Y.; Gandara, F. B. (1989). Restauração, conservação genética e produção de sementes. In: Simpósio mata ciliar: ciência e tecnologia, Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Minas Gerais, p. 59-68.
- Malavasi, U. C.; Gasparino, D.; Malavasi, M. M. (2005). Semeadura direta na recomposição vegetal de áreas ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação e profundidade na sobrevivência inicial. *Semina: Ciências Agrárias*, 26: 449-454.
- Mancinelli, A. L. (1994). *The physiology of phytochrome action*. In *Photomorphogenesis in plants* (Kendrick; Kronenberg, eds.). 2<sup>nd</sup> ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 211-269.
- Marchiori, J. N. C. (1997). *Dendrologia das angiospermas: leguminosas*. Santa Maria: UFSM, 200 p.
- Mattei, V. L. (1994). Deformações Radiculares Em Plantas de *Pinus taeda* L., Produzidas Em Tubetes, Quando Comparadas Com Plantas Originadas Por Semeadura Direta. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria / RS, 4: 9-21.
- Mattei, V. L. (1995). Preparo de solo e uso de protetor físico, na implantação de *Cedrela fissilis* V. E *Pinus taeda* L., por semeadura direta. *Revista Brasileira de Agrociência*, 1: 127-132.
- Mattei, V. L. (1997). Avaliação de protetores físicos em semeadura direta de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal*, 7: 91-100.
- Mattei, V. L. (1998). Materiais de cobertura em semeadura de *Pinus elliotti* Engelm e *Pinus taeda* L., diretamente no campo. *Revista Brasileira de Agrociência*, 4: 64 - 68.
- Mattei, V. L. (1999). Semeadura direta de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*, 2: 85-96.
- Mattei, V. L.; Romano, C. M.; Teixeira, M. C. C. (2001). Protetores físicos para semeadura direta de *Pinus elliotti* Engelm. *Ciência Rural*, 31: 775-780.
- Mattei, V. L.; Rosenthal, M. D. (2002). Semeadura direta de canafistula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.] no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*. 26: 649-654.

- McMahon, M. J.; Kelly, J. W.; Decoteau, D. R.; Young, R. E.; Pollock, R. K. (1991). Growth of *Dendranthema* × *Grandiflorum* (Ramat.) kitamura under various spectral filters. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116: 950–954.
- Medeiros, H. M. Desempenho de métodos de manejo de irrigação para a cultura do tomateiro cultivado em campo e em casa de vegetação. Viçosa, 2002. 100 p. Dissertação (Mestrado em irrigação) - Universidade Federal de Viçosa / MG.
- Meneghello, G. E.; Mattei, V. L. (2004). Semeadura direta de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), canafistula (*Peltophorum dubium*) e cedro (*Cedrela fissilis*), em campos abandonados. *Ciência Florestal*, Santa Maria / RS, 14: 21-27.
- Menezes, N. L.; Franzin, S. M.; Roversi, T.; Nunes, E. P. (2004). Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. *Revista Brasileira de Sementes*, 26: 32-37.
- Morretes, B. L. (1992). Potencialidades e restrições da regeneração natural na recuperação de áreas de gradadas. In: Simpósio nacional de recuperação de áreas degradadas, 1992, Curitiba. *Anais ... Paraná: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná*, p. 08-16, 1992.
- Moura Costa, P. (1998). Créditos de absorção de CO<sub>2</sub>: Uma breve história da evolução dos mercados. *Silvicultura*, nº 76. 23p.
- Nogueira, R. J. M. C. ; Silva-Junior, J. F. da ; Bezerra, J. E. F.; Lederman, I. E.; Burity, H. A.; Santos, V. F. (2000). Comportamiento estomático y tensión de agua en el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. *Revista de Investigación Agraria Série Producción y Protección Vegetales*, Madrid, 15: 213-225.
- Nogueira, R. J. M. C. ; Silva-Junior, J. F. da. (2001). Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em gravioleira (*Annona muricata* L.). *Scientia Agricola*, Piracicaba, SP, 58: 491-495.
- Oliveira, E. C. L. de.; Felfili, J. M. (2005). Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. *Acta bot. Bras.* 19: 801-811.
- Parrotta, J. (1993). Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as “faster ecosystems”. In: Lieth, H.; Lohman, M. (eds.). *Restoration of tropical forest ecosystems*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 63-73.

- Perez, S. C. J. G. A.; Fanti, S. C.; Casali, C. A. (1999). Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Spreng (Taubert). *Revista Árvore*, Viçosa, 23: 131-137.
- Perez, S. C. J. G. A.; Fanti, S. C.; Casali, C. A. (2001). Influência da luz na germinação de sementes de canafistula submetidas ao estresse hídrico. *Bragantia*, 60: 155-166.
- Pons, T. L. de; J.; Berkel, Y. (2004). Species-specific variation in the importance of the spectral quality gradient in canopies as a signal for photosynthetic resource partitioning. *Ann. Bot. (Lond)* 94: 725–732.
- Putman, W. E.; Zasada, J. C. (1986). Direct seeding techniques to regenerate white spruce in interior Alaska. *Can. J. For. Res. Ottawa*, v.16, p. 660-664.
- Rajapakse, NC; Kelly, JW. (1992). Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:481–485.
- Rietveld, W. J.; Heidmann, I. J. (1976). Direct seeding ponderosa pine on recent burns in arizona. Research Nort, *Forest Service, USDA*, RM – 312, 8p.
- Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S. (2000). Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R. & H. de F. Leitão Filho (eds.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, FAPESP. p. 235-248.
- Rohde, G. M.; Philomena, A. M. (2004). Emissão antropogênica de CO<sub>2</sub> e sustentabilidade. *Tendências*.
- Schneider, P. R.; Finger, C. A. G.; Schneider, P. S. P. (1999). Implantação de povoamentos de *Dodonaea viscosa* (L.)Jacq. com mudas e semeadura direta. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 9: 29-33.
- Seitz, R. A. (1994). *A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. II Simpósio Nacional de Áreas Degradadas*. Curitiba-PR. P. p. 103.
- Serpa, M. R.; Mattei, V. L. (1999). Avaliação de diferentes materiais de cobertura e de um protetor físico, no estabelecimento de plantas de *Pinus taeda* L., por semeadura direta no campo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 9: 93-101.
- Shahak Y; Gussakovsky E. E; Gal E; Ganelevin R. (2004). Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Horticulturae* 659: 143-151.

- Silveira, F A. O.; Negreiros, D.; Fernandes, G. W. (2004). Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). *Acta bot. bras.* 18: 847-851.
- Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants - an emerging synthesis. *Nature*, 407: 585-591.
- Sousa, M. P.; Braga, L. F.; Braga, J. F.; Delachiave, M. E. A. (2008). Germinação de sementes de *Plantago ovata* Forsk. (plantaginaceae): temperatura e fotoblastismo. *Revista Árvore*, 32: 51-57.
- Steen, O. A.; Waterhouse, M. J.; Armleder, H. M.; Daintith, N. M. (2007). Natural regeneration of lodgepole pine following partial harvesting on northern caribou winter range in west-central British Columbia. *Bc Journal of Ecosystems and Management*. 8: 61-75.
- Suganuma, M. C.; Barbosa, C. E. de A.; Cavalheiro, A. L.; Torezan, J. M. D. (2008). Enriquecimento artificial da diversidade de espécies em reflorestamentos: análise preliminar de dois métodos, transferência de serapilheira e semeadura direta. *Acta Sci. Biol. Sci.* Maringá, v. 30, n. 2, p. 151-158.
- Sweeney, B. W.; Czapka, S. J. (2004). Riparian forest restoration: why each site needs an ecological prescription. *Forest Ecology and Management*, 192: 361–373.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. (2004). 4a ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, USA. 764 p.
- Takaki, M. (2001). New proposal of classification of seeds by forms of phytochrome instead of photoblastism. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 13: 103-107.
- Uhl, C.; Nepstad, D.; Silva, J. M. C.; Vieira, I. (1991). restauração de floresta em pastagem degradadas. *Ciência Hoje*, 13: 23-31.
- UN-FCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (2006). Background Paper for the workshop on reducing emissions from deforestations in developing countries: Part I. Scientific, socio-economic, technical and methodological issues related to deforestation in developing countries. *Workshop on reducing emissions from deforestation in developing countries*. Working paper n.1, Rome, Italy, 28 p. (UN-FCCC ), encontro realizado na Europa em 2005.
- Vieira, J.; Fonseca N. A.; Santos, R. A. M.; Habu T, Tão, R.; Vieira C. P. (2008). The number, age, sharing and relatedness of S-locus specificities in *Prunus*. *Genet Res*, 90: 17–26.

- Whitelam, G. C.; Devlin, P. F. (1997). Roles of different phytochromes in *Arabidopsis* photomorphogenesis. *Plant Cell and Environment*, 20: 752-758.
- Williston, H. L.; Balmer, W. E. (1977). *Direct seeding of southern pines – a revegetation alternative*. Forest Management Bull, Atlanta, Ga. Forest Service, USDA, 6 p.
- Winsa, H.; Bergsten, U. (1994). Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 77-86.