

**COMPORTAMENTO FOTOSSINTÉTICO, ANATÔMICO E PRODUTIVO DE
Melissa officinalis L. CULTIVADA SOB MALHAS COLORIDAS**

GRAZIELE CRISTINA DE OLIVEIRA

COMPORTAMENTO FOTOSSINTÉTICO, ANATÔMICO E PRODUTIVO DE
***Melissa officinalis* L. CULTIVADA SOB MALHAS COLORIDAS**

GRAZIELE CRISTINA DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientadora: Dra. Ana Cláudia Pacheco Santos

615.321
O48c

Oliveira, Grazielle Cristina de.

Comportamento fotossintético, anatômico e produtivo de *Melissa officinalis* L. cultivada sob malhas coloridas / Grazielle Cristina de Oliveira. – Presidente Prudente, 2014.

44f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,
Presidente Prudente, SP, 2014.

Bibliografia.

Orientadora: Ana Cláudia Pacheco Santos

1. Malhas coloridas. 2. Planta medicinal. 3.
Trocas gasosas. I. Título.

Campus I Rua José Bongiovani, 700 · Cidade Universitária · CEP-19050 920 · Presidente Prudente SP · Tel|Fax: 18 3229 1000

Campus II Rodovia Raposo Tavares, Km 572 · Bairro Limoeiro · CEP 19067 175 · Presidente Prudente SP · Tel|Fax: 18 3229 2000

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

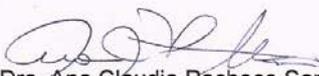
Título da Dissertação: "COMPORTAMENTO FOTOSSINTÉTICO, ANATÔMICO E PRODUÇÃO DE *Melissa officinalis* L. CULTIVADA SOB MALHAS COLORIDAS"

AUTORA: GRAZIELE CRISTINA DE OLIVEIRA

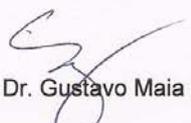
ORIENTADORA: ANA CLAUDIA PACHECO SANTOS

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

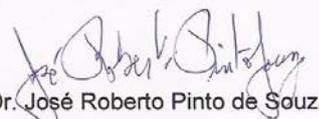
Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. Ana Claudia Pacheco Santos

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente-SP


Prof. Dr. Gustavo Maia Souza

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente-SP


Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza

UEL – Universidade Estadual de Londrina/PR

Data da realização: 02 de Abril de 2014.

DEDICATÓRIA

A Deus,

Por me conceder o dom da vida.

**À minha mãe Marlene e meus avós Maria e Pedro,
por todo apoio e carinho durante esta longa caminhada.**

**Ao meu esposo Guilherme,
pela ajuda e incentivo para que fosse possível a concretização deste trabalho.**

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Ana Cláudia Pacheco Santos pela amizade, apoio e orientação dedicados durante todo o curso e, especialmente, pela confiança em mim depositada ao assumir minha orientação.

Ao professor Willyam de Lima Vieira pela inestimável contribuição nas análises de anatomia foliar, assim como a ajuda das amigas Renata Espolador e Nádia Magalhães para a conclusão desta etapa.

À professora Edna Antônia Torquato de Agostini por permitir a utilização do laboratório para obtenção de matéria seca.

Ao professor Marcos Alberto Zocoler pelo grande auxílio para execução das análises de extração do óleo essencial.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNOESTE pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Aos meus amigos Nathalia Calhabeu Ferreira, Franciele Soares, Leonardo Sorrilha e Caio Morata Hernandez pela cumplicidade, ajuda e amizade.

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Inteligência e Ecofisiologia de Plantas Ulrich Lüttge (LIPEUL) pelo apoio e paciência, em especial para Kezia Guidorizzi.

À Suzana Chiari Bertolli pela indispensável ajuda na execução e interpretação dos dados fotossintéticos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

Comportamento fotossintético, anatômico e produtivo de *Melissa officinalis* L. cultivada sob malhas coloridas

Estudos relacionados à busca de um ambiente favorável de produção de plantas medicinais com foco na otimização da síntese de substâncias ativas se fazem necessários tendo em vista a importância econômica e social destas espécies. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do controle quantitativo e qualitativo do espectro de luz transmitidas através das malhas fotoconversoras sobre o crescimento e a produção de óleo essencial em plantas de *Melissa officinalis* L. O experimento foi conduzido em Presidente Prudente/SP. As plantas foram conduzidas em vasos e submetidas aos tratamentos de sombreamento proporcionados por malha preta de retenção de 50%, malhas fotoconversoras Chromatinet® vermelha (50%) e azul (50%) e pleno sol, por um período de 120 dias após o transplante (DAT), no qual foram realizados dois cortes. Determinou-se a radiação solar global, a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos, o índice de teor de clorofila, as trocas gasosas, os parâmetros biométricos e anatômicos e o teor e o rendimento de óleo essencial das folhas. O experimento foi conduzido seguindo delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 5 repetições. Diante dos resultados obtidos, verificou-se que apesar da melissa ser considerada uma planta de melhor desenvolvimento em meio sombreado, esta espécie se adaptou à condição de pleno sol, na qual os dados fotossintéticos foram mais expressivos, indicando a ausência de danos ao aparato fotossintético. No entanto, a utilização de malha azul resultou maior produção de biomassa e teor de óleo essencial nas plantas, sendo, portanto indicada sua utilização para o cultivo de melissa. Não foram observadas modificações anatômicas em decorrência do cultivo da melissa sob alteração da quantidade e qualidade da luz.

Palavras-chave: desenvolvimento; níveis de luminosidade; planta medicinal.

ABSTRACT

Photosynthetic, anatomical and productive behaviors of *Melissa officinalis* L. grounded under colored nets

Studies related to the pursuit of a favorable environment for the production of medicinal plants with a focus on optimizing the synthesis of active substances are necessary in view of the economic and social importance of these species. This study aimed to evaluate the effect of quantitative and qualitative control of the spectrum of light transmitted through the shading nets on growth and essential oil production in plants of *Melissa officinalis* L. The experiment was conducted in Presidente Prudente / SP. Plants were potted and subjected to shading treatments offered by black net (retention of 50 %), Chromatinet® red and blue shading nets (50 %) and full sun for a period of 120 days after transplanting (DAT) , in which two cuts were performed. It was determined the global solar radiation, the photosynthetic photon flux density, the chlorophyll content , the plants gas exchange, biometric and anatomical parameters and content and yield of essential oil in leaves . The experiment was performed in a completely randomized design with 4 treatments and 5 replications. Based on the results, it was found that despite melissa be considered as a plant with better development in shaded environments, this specie has adapted to the condition of full sun, in which the photosynthetic data were more significant , indicating no damage to the photosynthetic apparatus. However, the use of the blue net resulted in higher biomass production and essential oil content in plants, and therefore its utilization is indicated for Melissa production. No anatomical changes were observed as a result of the cultivation of Melissa under different quantity and quality of light.

Keywords: development; light levels; medicinal plant.

LISTA DE SIGLAS

A_{max} - capacidade fotossintética

$DFFF$ - densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo

EQA - eficiência quântica aparente

g_s - condutância estomática

ICC - índice de teor de clorofila

P_{com} - ponto de compensação da fotossíntese à luz

P_{sat} - ponto de saturação da fotossíntese à luz

R_d - respiração da folha no escuro

Rg - radiação solar global ($W m^{-2}$)

T – transpiração

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Dados climatológicos da cidade de Presidente Prudente-SP, durante o período de maio a dezembro de 2012.....	21
TABELA 2 -	Valores médios de radiação solar global (R_g), densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) e relação R_g /DFFF das parcelas submetidas a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.....	26
TABELA 3 -	Parâmetros fotossintéticos obtidos da curva A/DFFF de plantas de <i>Melissa officinalis</i> L. submetidas à cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.....	27
TABELA 4 -	Parâmetros biométricos e quantificação do óleo essencial no primeiro corte (50 DAT) das plantas de <i>Melissa officinalis</i> L. sob a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.....	30
TABELA 5 -	Parâmetros biométricos e quantificação do óleo essencial no segundo corte (120 DAT) das plantas de <i>Melissa officinalis</i> L. sob a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.....	31
TABELA 6 -	Parâmetros de anatomia foliar da <i>Melissa officinalis</i> L. cultivadas sob a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 Plantas Medicinais.....	13
3.2 Caracterização da Luz.....	14
3.3 Captação da Luz pelas Plantas.....	15
3.4 Utilização das Malhas Coloridas.....	15
3.5 Efeito da Radiação Solar sobre as Plantas.....	17
3.5.1 Efeito da radiação para produção de óleo essencial.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Parâmetros Avaliados.....	22
4.1.1 Curvas A/DFFF.....	22
4.1.2 Índice de teor de clorofila.....	23
4.1.3 Parâmetros biométricos da melissa.....	24
4.1.4 Extração do óleo essencial.....	24
4.1.5 Anatomia foliar.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1 Radiação Solar.....	26
5.2 Parâmetros de Trocas Gasosas	27
5.3 Parâmetros Biométricos e Quantificação do Óleo	30
5.4 Anatomia Foliar.....	35
6 CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A melissa (*Melissa officinalis* L.) é uma das culturas de maior importância econômica entre as plantas medicinais em termos de Brasil e de mundo, devido às suas propriedades terapêuticas comprovadas e sua inclusão na Farmacopéia de diferentes países.

Técnicas de cultivo adequadas são necessárias para a produção comercial de plantas medicinais, sendo que a geração de conhecimentos que possibilitem determinar as condições ideais de cultivo para cada espécie permite a obtenção de maiores índices de produção de massa seca e de princípios ativos de interesse econômico e farmacológico (SOUZA et al., 2011).

Condições climáticas como radiação solar, temperatura, umidade e precipitação pluviométrica exercem efeitos diretos sobre a produção das substâncias fitoterápicas em espécies medicinais. Entre esses fatores, destaca-se a importância das condições variadas de luminosidade sobre o comportamento produtivo das plantas. As alterações na ecofisiologia de diferentes espécies em decorrência da quantidade e qualidade da luz incidente interferem na produção de biomassa e formação de estruturas produtoras de metabólitos secundários.

Neste sentido, a utilização de malhas redutoras de luminosidade com colorações diferenciadas proporcionam a proteção física das plantas aliada à promoção de respostas fisiológicas diferenciadas com a mudança da luminosidade incidente sob as plantas (MARTINS et al., 2008).

A melissa é considerada uma espécie que apresenta bom desenvolvimento em meio sombreado, porém sem excesso dessa condição. Pesquisas referentes ao desempenho fisiológico da planta de melissa quando submetida às alterações na quantidade e qualidade da luz incidente vem sendo realizadas (BRANT et al., 2008, 2009, 2010; CASSOL; FALQUETO; BACARIN, 2007; MEIRA; MANGANOTTI; MARTINS, 2011), entretanto relatos detalhados sobre o efeito da qualidade da luz na capacidade fotossintética desta espécie medicinal ainda são incipientes. Desta maneira, demonstra-se a importância de estudos que buscam uma compreensão mais aprofundada sobre o comportamento fisiológico da planta de melissa em resposta à luz.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento da *Melissa officinalis* L. cultivada sob diferentes condições de luminosidade, visando identificar o ambiente mais favorável para o seu crescimento e produção. Como objetivo específico buscou-se caracterizar a atividade fotossintética desta espécie em resposta à alteração da quantidade e qualidade da luz incidente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Plantas Mediciniais

Millani et al. (2010) relataram que ao considerar o valor das plantas medicinais não apenas como recurso terapêutico, mas também como fonte de recursos econômicos, torna-se importante estabelecer linhas de ação voltadas para o desenvolvimento de técnicas de manejo ou cultivo, tendo em vista a utilização dessas espécies vegetais pelo homem.

Originária da região Sul da Europa, a melissa (*Melissa officinalis* L.) pertence à família Lamiaceae e é também conhecida pelos nomes populares de erva-cidreira, cidrilha e melitéia. Trata-se de uma herbácea perene, com caule de secção quadrangular; folhas opostas ovais, verde-escuras na parte superior e verde-claras na parte inferior e com margens denteadas. As flores são de cor creme e reunidas em glomérulos axilares. Multiplica-se por estacas e sementes. Possui odor semelhante ao do limão e é melífera. Seus constituintes químicos principais são o tanino e o óleo essencial, dando destaque ao citral que é o composto majoritário (MARTINS et al., 2000; BLANK et al., 2005; REIS et al., 2009; AOYAMA; INDRIUNAS; FURLAN, 2011).

A melissa foi introduzida no Brasil há mais de um século, sendo produzida normalmente nas regiões de altitude do sul do Brasil. Suas folhas são empregadas, na forma de chá, de preferência com a planta fresca, como calmante nos casos de ansiedade e insônia, e também como medicação contra dispepsia, estados gripais, bronquite crônica, cefaléias e para normalizar as funções gastrintestinais (BIASI et al., 2009). Em estudo realizado no Irã, comprovou-se a eficiência da utilização da melissa no tratamento do Mal de Alzheimer para melhorar a performance cognitiva (AKHONDZADEH; ABBASI, 2006).

A planta fresca tem cerca de 0,02 a 0,2% de óleos essenciais, cujos principais componentes são o citral a e b, e o citronelal, além de metilcitronelal, citronelol, nerol e geraniol. É bastante utilizada para a produção de cosméticos como xampus, sabonetes, cremes faciais, entre outros. Na indústria alimentícia é muito utilizada na preparação de licores e como antioxidante (MAY et al., 2008).

O óleo essencial de melissa é comercializado a R\$129,00 para quantidade de 2,5ml (ARES..., 2014). A espécie produz de 10 a 15 mil kg/ha de

massa verde, tendo um rendimento de 2.500 a 3000kg/ha de massa seca (CASTRO; CHEMALE, 1995).

De acordo com Reis, Mariot e Steenbock (2007), o cultivo de plantas medicinais implica o domínio tecnológico de todas as etapas de desenvolvimento da espécie. Assim, a estratégia de obtenção de biomassa requer conhecimento da forma de propagação, adaptação ao ambiente de cultivo, forma de crescimento, senescência, entre outros. Diante disso, é preciso almejar produtividade ótima não só de biomassa, mas também dos princípios ativos que tornam a planta uma espécie medicinal. Neste sentido, estudos agronômicos vêm sendo desenvolvidos visando propor tecnologias pertinentes para o cultivo de plantas medicinais com qualidade.

3.2. Caracterização da Luz

Morais et al. (2008) ressaltaram que para o sucesso da atividade agrícola é necessário o conhecimento dos fatores do meio físico que afetam os processos fisiológicos e fenológicos das plantas. Dentre os fatores ambientais, a luz é um recurso fundamental para o desenvolvimento vegetal, pois muitas respostas morfofisiológicas não dependem apenas da presença, atenuação ou ausência da luz, mas também da variação de sua qualidade espectral (CHAGAS et al., 2010; SOUZA et al., 2011). A radiação é um fator ambiental fundamental para as plantas devido à sua ação direta ou indireta na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. As adaptações sofridas pelas plantas em seu aparato fotossintético em resposta às condições de luminosidade refletem em seu crescimento global (SOUZA et al., 2010).

Santos (2010) afirmou que a porção visível do espectro varia do violeta (380 nm) ao vermelho extremo (740 nm). Além desses limites, a radiação é invisível para os seres humanos, podendo, entretanto, afetar vários processos fisiológicos das plantas, principalmente como sinais ambientais. Isso significa que as plantas são capazes de detectar e transformar em informação bioquímica radiações que os seres humanos não podem enxergar.

3.3. Captação da luz pelas plantas

De acordo com Venâncio et al. (2012), os vários grupos de pigmentos fotossintéticos apresentam diferentes espectros de absorção, e são capazes de perceber a qualidade e quantidade da radiação. As clorofilas a e b, abundantes em plantas superiores, possuem absorção máxima 670 e 650 nm, respectivamente, enquanto os carotenóides são pigmentos acessórios que absorvem radiação na região de 400 a 500 nm, atuando também como fotoprotetores.

3.4. Utilização das malhas coloridas

O desempenho das plantas em relação à radiação incidente tem sido investigado há muito tempo. A partir disso, surgiram no mercado várias opções para oferecer proteção às plantas. Foram desenvolvidas algumas estruturas com telas, plásticos e vidros, originando os telados, as estufas e as casas de vegetação (BRANT et al., 2009).

A produção em ambiente protegido apresenta-se como alternativa para o produtor, uma vez que permite redução de perdas e aumento da produtividade de diversas culturas (BRANDÃO FILHO et al., 2003). As alterações físicas promovidas pelos ambientes protegidos nos diferentes elementos meteorológicos permitem que determinadas culturas possam ser cultivadas com aumento da qualidade, da produtividade e da sanidade, atendendo à demanda comercial. Entretanto, tais alterações podem ser também desfavoráveis, causando aquecimento excessivo ou redução acentuada da luminosidade, o que pode levar à redução da produtividade e da qualidade das plantas. A criação de condições microclimáticas adequadas para as culturas no interior dos ambientes protegidos pode ser obtida por meio de diversas técnicas, em que as mais econômicas são aquelas nas quais se empregam o uso e a combinação de diferentes tipos de materiais de cobertura, como telas ou malhas de sombreamento (GUISELINI et al., 2010).

De acordo com Costa et al. (2012), novas tecnologias na utilização de telas coloridas estão sendo empregadas em substituição às malhas de sombreamento de cor preta cujo objetivo principal é proteger as plantas da

radiação. Esses materiais de polietileno de baixa densidade (PEBD) são de várias colorações (azul, vermelho, amarelo, cinza) com funções específicas na sua utilização. As telas são capazes de modificar tanto a quantidade como a qualidade da radiação solar transmitida, determinando modificações ópticas de dispersão e reflectâncias da luz e melhorando o rendimento dos cultivos (OLIVEIRA et al., 2007).

Essas malhas fotoconversoras são projetadas especificamente para modificar a radiação incidente em termos de espectro, dispersão e temperatura. Dependendo da pigmentação do telado, é possível verificar modificações nos padrões de crescimento das plantas e mudanças em várias características anatômicas, fisiológicas, morfológicas e bioquímicas nas plantas (HENRIQUE et al., 2011b).

Segundo Oren-Shamir et al. (2001) e Costa et al. (2012), as malhas coloridas diferem nos espectros de transmitância da radiação fotossinteticamente ativa. Essas técnicas de alteração espectral são bastante promissoras no desenvolvimento das plantas (GRINBERGER; SHOMRON; GANELEVIN, 2000), principalmente em relação aos efeitos morfoanatômicos e fisiológicos, sendo que as respostas variam de acordo com a espécie estudada (KIM et al., 2004).

Souza et al. (2011) relataram que as malhas coloridas diferem nos espectros de transmitância da radiação fotossinteticamente ativa. A malha azul apresenta um pico principal de transmitância na região do azul-verde (400-540 nm), enquanto que a malha vermelha possui maior transmitância para comprimentos de ondas superiores de 590 nm. As malhas coloridas Chromatinet da empresa Polysack Plastic Industries® são unidas mais densamente para atingir o mesmo efeito de 50% de sombreamento e, de acordo com o fabricante, alteram o espectro de luz por elas transmitida. A malha azul transmite luz de uma banda larga em 470 nm, além de outros picos na região do vermelho distante e infravermelho (acima de 750 nm), enquanto a malha vermelha possui maior transmitância em comprimentos de onda acima de 590nm e um pico menor em torno de 400 nm (violeta), reduzindo ondas azuis, verdes e amarelas (POLYSACK, 2013).

3.5. Efeito da Radiação Solar sobre as Plantas

Dentre os fatores que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, a influência da luz sobre a anatomia foliar ocorre tanto nos primeiros estádios de desenvolvimento quanto no estágio adulto, devido à folha ser um órgão plástico e sua estrutura interna adaptar-se às condições de luz do ambiente (CASTRO et al., 2005).

As respostas apresentadas pelas plantas à variação da disponibilidade de luz costumam envolver alterações nas características das folhas relacionadas à fotossíntese, como a razão clorofila *a/b*, espessura foliar, teor de nitrogênio, densidade estomática, e/ou alterações na proporção de tecidos fotossintetizantes em relação aos não fotossintetizantes, levando à modificação na distribuição de biomassa (NAKAZONO et al., 2001).

Carvalho et al. (2006) ressaltaram que, em geral, plantas cultivadas sob elevados níveis de radiação solar possuem algumas características morfofisiológicas em comum quando comparadas com as plantas cultivadas sob sombra: menor área foliar, aumento da espessura foliar e menor área foliar específica, maior alocação de biomassa para as raízes, maiores teores de clorofila por área foliar, maiores razões entre clorofilas *a* e *b* e maior densidade estomática.

A radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas. Destaca-se nesse caso, a melhoria na capacidade fotossintética pela ação direta dessas duas faixas do espectro eletromagnético nas etapas foto e bioquímica da fotossíntese (HENRIQUE et al., 2011a). No entanto, embora diversos autores tenham confirmado efeitos morfológicos e fisiológicos da qualidade de luz nas plantas, as respostas variam de acordo com a espécie estudada (ARAUJO et al., 2009).

Sendo assim, modificações nos níveis de luminosidade a que uma espécie está adaptada pode acarretar diferentes respostas em suas características fisiológicas, bioquímicas, anatômicas e de crescimento. Assim, a eficiência do crescimento pode estar relacionada à habilidade de adaptação das plantas às condições de intensidade luminosa do ambiente (CARVALHO et al., 2006).

Capra (2012) afirmou que a anatomia das folhas, em particular, pode ser muito influenciada pelas condições do meio, pois é o órgão vegetal de maior plasticidade, com grande capacidade de aclimação de suas estruturas internas.

Segundo Lee et al. (2000), a estrutura foliar pode ser forte indicador da disponibilidade de luz durante as fases do crescimento das plantas. O aumento dos níveis de luz proporciona aumentos na espessura foliar, massa foliar, epiderme, parênquima e número total de células das folhas.

O crescimento das plantas pode refletir a habilidade de adaptação das espécies às condições de radiação do ambiente em que estão se desenvolvendo. Geralmente as características de crescimento são utilizadas para inferir o grau de tolerância ou de intolerância das espécies à baixa disponibilidade de luz (SCALON et al., 2001). O sucesso na adaptação de uma espécie a ambientes com baixa ou alta radiação está associado à eficiência na partição dos fotoassimilados para diferentes partes da planta e na rapidez em ajustar variáveis morfofisiológicas no sentido de maximizar a aquisição dos recursos primários (ALMEIDA et al., 2005; SILVA et al., 2007).

Morini e Muleo (2003) afirmam que as plantas desenvolvem uma série de fotoreceptores que regulam o seu desenvolvimento em relação às variações da radiação luminosa incidente com o objetivo de aperfeiçoar a captação da energia luminosa para a fotossíntese. Em condições de alta ou de baixa luminosidade, mecanismos fisiológicos e bioquímicos, além de alterações morfológicas, são necessários para que a planta utilize a energia luminosa e, conseqüentemente, aumente seu ganho de carbono. A irradiância é um dos principais fatores ambientais necessários para o crescimento, distribuição e produção primária das plantas.

Em estudos realizados com plantas interagindo com diferentes intensidades ou durações de radiação é comum observar o efeito destes fatores interferindo substancialmente em algumas características fisiológicas das plantas, dentre as quais pode-se citar a condutância estomática, a fotossíntese e o teor de clorofila. Em um estudo sobre o crescimento inicial de *Euterpe edulis* (palmito-juçara) em diferentes condições de sombreamento, foi observado que as plantas sob forte sombreamento (2% ou 6% da luz solar direta) apresentaram menos biomassa, menores taxas de crescimento, menor razão raiz/parte aérea e menor razão clorofila a/b (NAKAZONO et al., 2001). Para a espécie pioneira *Solanum crinitum* (fruta-de-lobo), a proporção de biomassa alocada nas folhas foi semelhante entre as plantas desenvolvidas sob altos (800-1000 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e baixos (200-350 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) regimes de luminosidade, enquanto nas raízes foi maior em plantas cultivadas sob alta luminosidade. Já nos caules e pecíolos, a

alocação de biomassa foi maior em plantas cultivadas em baixa luminosidade (ALMEIDA et al., 2005).

3.5.1 Efeito da Radiação para Produção de Óleo Essencial

Oliveira et al. (2007) explicou que a luz atua de forma significativa e complexa no acúmulo e na variedade dos componentes dos óleos essenciais, uma vez que afeta direta ou indiretamente a produção de fitomassa, a proporção de órgãos e as vias biossintéticas destes metabólitos secundários.

Diante deste contexto, o cultivo de plantas utilizando malhas coloridas representa novo conceito agrotecnológico, que objetiva combinar a proteção física à filtragem diferencial da radiação solar, para promover respostas fisiológicas desejáveis reguladas pela luz (CHAGAS et al., 2010; HENRIQUE et al., 2011a). Muitos estudos estão sendo realizados acerca da produção de compostos químicos vegetais, devido à alta demanda dos produtos sintéticos extraídos a partir desses produtos. Trabalhos realizados com cultivos sob malhas coloridas e sob proteção do excesso de irradiação solar tem sido desenvolvidos a fim de aumentar a produtividade do composto de interesse comercial (BRANT et al., 2009).

Dependendo da espécie, a luz pode ter efeito nos níveis e composição do óleo essencial. Pinto et al. (2007) relataram que em trabalho realizado com tomilho (*Thymus vulgaris*), o teor de óleo essencial foi mais alto em plantas cultivadas a 100% de irradiância em comparação à quantos 40 e 80% de redução da radiação solar incidente.

Estudos com erva-cidreira (*Lippia alba*) submetidas a um nível maior de irradiância (pleno sol) demonstraram elevação no teor de óleo essencial (GOMES et al., 2009), assim como o resultado apresentado no trabalho de Silva e Azevedo (2009) com carqueja (*Baccharis trimera*).

Gonçalves et al. (2012) estudando plantas de *Swietenia macrophylla* observou maior eficiência fotoquímica nas plantas a pleno sol, o que poderia ser explicado em parte, pela capacidade das plantas em dissipar a energia excedente que poderia ocasionar danos oxidativos ao fotossistema II e dessa forma conseguir otimizar o uso da energia luminosa em excesso no ganho em biomassa. Fato

também observado em outro experimento com plantas jovens de *S. macrophylla* que exibiram maior eficiência fotoquímica efetiva em condições de alta irradiância.

Diante das possíveis alterações decorrentes da radiação sobre as plantas, pode-se dizer que a maioria dela possui potencial de plasticidade fenotípica. De acordo com Portes et al. (2010), a plasticidade fenotípica é geralmente definida como uma propriedade de genótipos individuais de produzir fenótipos diferentes quando expostos a diferentes condições ambientais. Neste contexto, a aclimatação é considerada como processo mediante o qual a plasticidade é expressa.

De acordo com Aoyama, Indriunas e Furlan (2011), faz-se necessária a atenção a produtividade das folhas de *M. officinalis*, tendo em vista que o óleo essencial da planta encontra-se nos tricomas glandulares presentes na epiderme da folha.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a dezembro de 2012 na Área Experimental da Faculdade de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), em Presidente Prudente /SP, localizada a 22° 7' 39" Sul e 51° 23' 8" Oeste, à 471 metros de altitude. O clima regional é, pela classificação de Köppen, Aw mesotérmico, com verões quentes e invernos secos (BRASIL. Ministério da Agricultura, 1992).

As mudas de melissa foram produzidas em viveiro telado com 50% de sombreamento em tela preta a partir de sementes comerciais (Top Seed), as quais foram germinadas em sementeira com leito formado por substrato. Aos 60 dias após a semeadura, mudas com 10cm de altura foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 5 litros, contendo terra de barranco, areia e esterco bovino curtido (na proporção 2:1:1).

Os dados climatológicos da cidade de Presidente Prudente-SP, prevaletentes durante o período de execução do experimento foram fornecidos pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) e encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados climatológicos da cidade de Presidente Prudente-SP, durante o período de maio a dezembro de 2012.

Mês	Temperatura do ar (°C)			Precipitação (mm)
	Mínima	Máxima	Média	
Maio	15,7	24,2	21,7	109,6
Junho	14,3	25,2	20,4	284,3
Julho	13,1	25,4	20,6	23,7
Agosto	20,5	25,3	23,7	-
Setembro	16,1	31,2	24,6	116,1
Outubro	18,3	31,5	26,3	22,0
Novembro	20,8	30,4	25,8	107,5
Dezembro	22,9	31,4	28,0	297,6

Fonte: CIIAGRO, 2013.

As plantas foram divididas em quatro grupos de 20 vasos cada e foram submetidas aos tratamentos com malhas redutoras de luminosidade em 50% Chromatinet® vermelha, azul, malha preta e a pleno sol por um período de 120 DAT (dias após transplante). O primeiro corte foi realizado aos 50 DAT e o segundo

aos 120 DAT (rebrotas de 70 dias após o primeiro corte). O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000) e as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As malhas coloridas foram instaladas utilizando-se caibros de madeira como apoio, com uma altura de 1 metro em relação ao solo e cobertura das laterais, impedindo que a radiação chegasse à planta sem passar pela malha. A irrigação manual foi realizada 4 vezes por semana até a saturação do solo. Aplicou-se solução nutritiva de Hoogland em intervalos quinzenais.

Em cada tratamento foram realizadas medidas de radiação solar global (R_g - $W\ m^{-2}$) por meio de piranômetro (modelo LI200, Li-Cor) e densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ($DFFF$ - $\mu\text{mol}\ \text{fótons}\ m^{-2}\ s^{-1}$) por meio de quantômetro (modelo LI 191, Li-Cor) em três horários do dia (08h; 13h e 18h). Os valores médios em cada medição foram utilizados para a avaliação da capacidade de atenuação da radiação em tipo de malha utilizada, comparando-se com a condição de pleno sol. Com os dados obtidos, obteve-se a relação $R_g/DFFF$, a qual fornece uma estimativa da alteração qualitativa da luz incidente.

4.1 Parâmetros Avaliados

4.1.1 Curvas $A/DFFF$

As determinações foram realizadas em laboratório aos 50 DAT com a utilização de um analisador de gases por infravermelho (IRGA, modelo Li-6400XTR, Li-Cor, EUA), em 5 plantas por tratamento. Foram realizadas curvas de resposta fotossintética à luz (curvas $A/DFFF$, onde A corresponde à assimilação líquida de CO_2 , e $DFFF$ é a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos - $\mu\text{mol}\ \text{fótons}\ m^{-2}\ s^{-1}$), com a discriminação de alguns pontos: capacidade fotossintética (A_{max}); ponto de compensação da fotossíntese à luz (P_{com}); ponto de saturação da fotossíntese à luz (P_{sat}), calculado quando A atinge 90% de A_{max} ; eficiência quântica aparente (EQA), correspondendo à inclinação da região linear inicial da curva $A/DFFF$; transpiração e condutância estomática (E e g_s , respectivamente)

obtidos no ponto de saturação da fotossíntese à luz; e respiração da folha no escuro (R_d) quando $DFFF = 0 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Folhas totalmente expandidas e expostas à luz foram submetidas a diferentes intensidades de $DFFF$, desde 2000 até $0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante 3 a 6 min, dependendo da velocidade de estabilização das leituras, sendo registradas as leituras ao final de cada etapa. Durante estas medições, a concentração de CO_2 na câmara de amostragem do LI-6400, Li-Cor foi mantida em $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$, a temperatura da folha foi ajustada para 30°C , e o déficit de pressão de vapor mantido em torno de 1,5 kPa com auxílio de um gerador de ponto de orvalho (modelo Li-610, Li-Cor) acoplado ao Li-6400XTR. A luz para as curvas foi fornecida com uma fonte de LEDs de emissão no espectro do vermelho e azul (10%), acoplada a câmara de amostragem do Li-6400XTR.

As curvas de resposta $A/DFFF$ foram ajustadas de acordo com a equação de Prado e Moraes (1997):

$$A = A_{max} (1 - e^{-c(DFFF-P_{com})}),$$

onde A é a assimilação de CO_2 momentânea; A_{max} é capacidade fotossintética; $DFFF$ é a densidade de fluxo de f\u00f3tons fotossint\u00e9ticos moment\u00e2neo; e P_{com} \u00e9 o ponto de compensa\u00e7\u00e3o da fotoss\u00edntese \u00e0 luz.

4.1.2 \u00cdndice de teor de clorofila

O \u00cdndice de teor de clorofila (ICC) foi estimado aos 70 DAT por um medidor de teor de clorofila (CCM-200 Opti-Sciences) baseado na absorv\u00e2ncia em comprimento de onda de 660 e 950nm. Foram avaliadas tr\u00eas folhas por planta (ter\u00e7o m\u00e9dio) para cada repeti\u00e7\u00e3o de todos os tratamentos.

4.1.3 Parâmetros biométricos da melissa

As características de crescimento das plantas foram avaliadas em dois períodos (aos 50 e 120 DAT), estabelecendo-se o intervalo de corte conforme indicado por Blank et al. (2005). Utilizou-se 10 plantas por tratamento, as quais foram coletadas entre 7 e 8 horas da manhã e levadas ao laboratório para as seguintes determinações: a) área foliar total (dm^2); b) fitomassa seca de folhas (g planta^{-1}), caules (g planta^{-1}), raízes (g planta^{-1}) e total (g planta^{-1}); c) razão raiz/parte aérea (g g^{-1}); d) massa foliar específica (MFE - $\text{g}^{-1} \text{dm}^2$), e) razão de peso foliar (RPF - g planta^{-1}) e f) altura.

A área foliar foi avaliada por método destrutivo, utilizando-se medidor de área foliar (modelo Li-3000A, Li-Cor) em 5 plantas de cada tratamento. As massas secas de parte aérea (folhas e caules) e raízes foram obtidas com a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C , até obtenção de massa constante. A razão de peso foliar (RPF) foi determinada de acordo com Benincasa (1988), a partir dos valores da fitomassa seca da planta inteira e das folhas.

4.1.4 Extração do óleo essencial

Para verificação destes dados foram utilizados 10 plantas de cada tratamento. As folhas foram retiradas e colocadas em sacos de papel Kraft, acondicionando-se em estufa de circulação forçada de ar a 35°C . O método de extração adotado foi a hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado por Wasicky e Akisue (1969). Uma amostra de 10 g de folhas secas de cada planta foram colocadas em balão volumétrico de 1.000 mL e acrescentado um volume de 500mL de água destilada, em um período de extração de 90 minutos. Ao final do período de extração, o hidrolato obtido de cada hidrodestilação foi submetido à partição líquido-líquido em funil de separação, com três porções de 25 mL de diclorometano (cada porção descansou por 20 min, totalizando 60 minutos por repetição). As frações orgânicas de cada repetição foram reunidas e secas com uma porção em excesso de sulfato de magnésio anidro. O sal foi removido por filtração simples, e o solvente evaporado, à temperatura ambiente, em capela de exaustão de gases até alcançar peso constante, obtendo-se o óleo essencial

purificado. Diante da massa obtida, foi determinado o teor percentual do óleo essencial nas folhas: $T\% = \text{massa do óleo (g)}/10\text{g} \times 100$. O rendimento foi calculado pela fórmula: $R = \text{fitomassa seca total das folhas/planta (g)} \times \text{massa do óleo obtido (g)}/10\text{g}$, de acordo com Brant et al. (2009).

4.1.5 Anatomia foliar

Para análise das características anatômicas da folha foram coletadas cinco folhas de cada tratamento em 5 repetições, aos 50 DAT. Uma amostra de aproximadamente 100 mm^2 foi destacada da região mediana de cada folha por tratamento para as análises em microscópio óptico. As amostras foram fixadas em F.A.A. 50% (JOHANSEN, 1940) e conservadas em etanol 70%. Lâminas semi-permanentes foram montadas. Para tanto, foram realizados secções transversais e coradas com Azul de Toluidina e montadas com glicerina (O'BRIEN; FEDER; MCCULLY, 1965). Nas secções transversais da região mediana do limbo das folhas foram mensuradas a espessura da epiderme adaxial e abaxial, parênquima paliádico e o esponjoso. Na nervura central foi mensurado o número de condutores do xilema e o diâmetro de 10-15 condutores mais amplos por secção usando software Image J (Image J, National Institute of Health, USA).

A densidade de venação foi mensurada em cinco folhas por tratamento. Estas foram coletadas e imediatamente clarificadas seguindo o procedimento descrito por Fonsêca et al. (2007). Amostras das folhas de aproximadamente 60 mm^2 foram cortadas da região mediana das folhas para análise em microscópio óptico. Imagens foram obtidas com uso de câmera digital e processadas usando um software Image J (Image J, National Institute of Health, USA) e a densidade das nervuras menores (da 4^o ordem e superiores) calculada como o comprimento total das nervuras por unidade de área foliar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Radiação Solar

Ao se avaliar a radiação solar global (R_g) apresentada na Tabela 2, estabeleceu-se que o tratamento a pleno sol correspondeu a 100% da radiação incidente. A partir desse pressuposto, verificou-se que a malha vermelha apresentou radiação incidente na ordem de 63,23%, significando uma redução de 36,77% em relação ao pleno sol; a malha preta apresentou redução de 64,05% e a malha azul uma redução de 60,09%. Da mesma maneira, a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) observada para o tratamento a pleno sol correspondeu a 100% da radiação incidente, havendo redução de 69,70%, 65,44% e 59,66% em relação ao pleno sol nas malhas azul, preta e vermelha, respectivamente.

Neste caso, apesar das malhas serem comercializadas como malhas de retenção de 50% da radiação incidente, verificou-se uma grande variação nos valores de R_g , o que pode comprometer a capacidade fotossintética das plantas cultivadas sob as malhas. Observou-se que a malha preta apresentou menor R_g , no entanto permitiu uma transmissão mais eficiente da radiação DFFF em relação às demais malhas, apresentando o menor valor da relação $R_g/DFFF$, a qual representa o quanto da radiação incidente é provavelmente utilizada na realização da fotossíntese. Desta maneira, permite-se inferir que a utilização da malha preta apresenta índices parecidos com aqueles obtidos nas plantas a pleno sol. Em contrapartida temos a malha vermelha com o maior índice desta relação, sendo, portanto a malha que possivelmente menos repassa a radiação que será utilizada na realização da fotossíntese.

Tabela 2 – Valores médios de radiação solar global (R_g), densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) e relação $R_g/DFFF$ das parcelas submetidas a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.

Tratamento	Pleno sol	Preto	Azul	Vermelho
R_g ($w.m^{-2}$)	436,34	156,8	174,16	275,94
DFFF (μmol fótons. $m^{-2}.s^{-1}$)	786,7	271,96	238,33	317,37
$R_g/DFFF$	0,55	0,57	0,73	0,86

5.2 Parâmetros de Trocas Gasosas

Os parâmetros fotossintéticos (Tabela 3) foram coletados no mês de setembro, antes da realização do primeiro corte.

Tabela 3 – Parâmetros fotossintéticos obtidos da curva A/DFFF de plantas de *Melissa officinalis* L. submetidas à cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.

Tratamento	Pleno Sol	Preto	Azul	Vermelho	F	CV (%)
EQA	0,071 a	0,067 a	0,057 a	0,055 a	0,03	13,00
Rd ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	1,80 ab	2,29 a	1,16 ab	0,80 b	0,02	42,15
AmaxL ($\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	16,70 a	15,58 ab	11,34 b	11,93 b	0,01	15,76
Pcom ($\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	28,55 a	24,16 a	20,44 a	15,55 a	0,21	37,68
Psat ($\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	589,51 a	574,74 a	601,57 a	532,30 a	0,93	28,49
gs ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	0,258 a	0,232 a	0,149 a	0,131 a	0,05	34,91
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	4,15 ab	5,84 a	4,17 ab	2,33 b	0,02	33,50
ICC	13,44 b	15,90 b	19,19 a	14,06 b	0,00	9,40

Eficiência quântica aparente (EQA), Respiração da folha no escuro (Rd), capacidade fotossintética (A_{maxL}); ponto de compensação da fotossíntese à luz (P_{com}); ponto de saturação da fotossíntese à luz (P_{sat}), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e índice de teor de clorofila (ICC). Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Diante dos valores apresentados, ao se avaliar a eficiência quântica aparente (EQA), não se verificou diferença entre os tratamentos (Tabela 3).

As plantas que crescem sob radiação intensa apresentam maior gasto de carbono e respiração no escuro do que as plantas em condições de sombreamento, seja para manutenção de suas estruturas de maior custo energético e material ou para o crescimento e incremento de biomassa (CORRÊA, 2003). Entretanto, neste experimento, as plantas de melissa conduzidas a pleno sol apresentaram maiores valores de capacidade fotossintética (A_{maxL}), sem gastos expressivos com Rd (Tabela 3) em relação aos tratamentos sob malhas, o que demonstra a capacidade de adaptação da melissa à esta condição apesar da mesma ser conhecida como planta de meia sombra e clima ameno. A maior capacidade fotossintética das plantas a pleno sol está de acordo com a maior captação de energia luminosa, como verificado na relação $Rg/DFFF$ da Tabela 2 ; enquanto que as plantas conduzidas sob malha azul e vermelha apresentaram menor capacidade fotossintética, como reflexo dos menores índices da relação referida.

De acordo com Gonçalves et al. (2005), os valores de respiração no escuro para *Aniba rosaeodora* aumentaram de acordo com o incremento da intensidade luminosa, no entanto não foram verificados resultados expressivos. Ainda segundo o autor, sob algumas condições microambientais de radiação fotossinteticamente ativa, as plantas podem ser induzidas a desenvolver mecanismos de aclimação e maior plasticidade para enfrentar diferentes condições de luz.

Já as plantas conduzidas sob malha preta apresentaram maior valor de R_d , o que é um indicativo de que houve maior gasto de carboidrato para o processo de respiração em detrimento da sua utilização para o processo de crescimento. Em relação aos demais tratamentos verificou-se nas plantas sob as malhas vermelha e azul uma menor capacidade fotossintética, entretanto por menores taxas de respiração no escuro, indicando que tanto o processo de assimilação como de consumo de carbono foram influenciados por esses tratamentos.

No estudo realizado por Cassol et al. (2007) para as espécies *Melissa officinalis* L. e *Mentha piperita* L., a redução da intensidade luminosa em 50% causou decréscimo de 57% e 60% na taxa de assimilação do CO_2 , respectivamente. Por outro lado, um valor elevado de A_{max} sob condições de sombreamento é um indicativo da plasticidade fisiológica da espécie, permitindo a aclimação a ambientes com reduzida radiação fotossinteticamente ativa. A fotossíntese de plantas de ambientes sombreados requer a maximização da quantidade de luz absorvida, conjuntamente a pequenas taxas de perda de carbono através da respiração (PIRES, 2008). Portanto, os resultados obtidos neste experimento indicam que as plantas de melissa tiveram maior plasticidade fisiológica quando conduzidas sob malhas azul e vermelha, visto que a sua capacidade fotossintética foi reduzida em condições de sombreamento, no entanto houve uma menor aclimação ao ambiente proporcionado pelas malhas

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos em relação ao P_{com} e P_{sat} das plantas de melissa (Tabela 3), havendo apenas uma tendência de menor valor na malha vermelha. No entanto, em trabalho realizado por Corrêa (2003) verificou-se que as espécies arbóreas que cresceram sob radiação solar plena apresentaram maiores valores de ponto de compensação, respiração no escuro e saturação de luz, pois as plantas que respiram mais

intensamente necessitam de maior quantidade de radiação para atingir o ponto de compensação da fotossíntese à luz. Desta forma, maiores valores de respiração no escuro representam um maior custo de carbono para a manutenção das estruturas mais complexas da planta.

Os valores de condutância estomática e transpiração das plantas conduzidas sob as malhas coloridas não diferiram estatisticamente daqueles obtidos nas plantas a pleno sol (Tabela 3). A luz que estimula a abertura dos estômatos é a azul, o que justifica a tendência de redução da condutância estomática e conseqüentemente da transpiração na malha vermelha, uma vez que a relação azul: vermelho é menor nesta malha.

O maior teor de clorofila nas folhas de melissa foi verificado nas plantas que cresceram sob a malha azul (Tabela 3), o que pode representar uma influência relacionada mais à qualidade da luz do que a quantidade. O teor de clorofila total também foi significativamente maior em plantas de *Mikania laevigata* (guaco) cultivadas sob a malha azul quando comparada com as malhas vermelha, cinza e a pleno sol (SOUZA et al., 2011). De acordo com Poudel et al. (2008), a luz azul exerce influência positiva e coordenada sobre ambos os genomas (nuclear e plastidial) durante o desenvolvimento de cloroplastos e síntese de clorofilas em células vegetais.

O maior acúmulo de clorofila nos níveis mais sombreados pode ser considerado efeito compensatório das espécies à menor quantidade de radiação fotossinteticamente ativa disponível (PIRES, 2008), situação esta que foi observada no presente experimento somente no ambiente proporcionado pela malha azul (Tabela 2) em comparação aos demais tratamentos, demonstrando neste caso o efeito da qualidade da luz e não apenas da quantidade.

5.3 Parâmetros biométricos e quantificação do óleo

Tabela 4 – Parâmetros biométricos e quantificação do óleo essencial no primeiro corte (50 DAT) das plantas de *Melissa officinalis* L. sob a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.

Tratamento	Pleno Sol	Preto	Azul	Vermelho	F	CV
AF (dm ²)	16,98 a	18,60 a	24,06 a	16,69 a	0,04	19,16
MS Folha (g)	4,71 a	4,67 a	5,85 a	5,01 a	0,32	19,12
MS Caule (g)	2,13 c	3,79 ab	4,18 a	2,68 bc	0,00	21,60
MS Raiz (g)	8,71 ab	4,06 c	10,55 a	7,12 bc	0,00	19,14
MS Total (g)	15,55 ab	12,53 b	20,60 a	14,82 b	0,00	16,15
RPF (g.g ⁻¹)	0,301 b	0,372 a	0,283 b	0,339 ab	0,00	8,33
Raiz/PA (g.g ⁻¹)	1,303 a	0,481 b	1,077 a	0,945 a	0,00	20,37
MFE (g dm ²)	0,28 a	0,25 a	0,24 a	0,23 a	0,13	10,45
Teor de óleo (%)	0,0276 a	0,0210 a	0,0393 a	0,0400 a	0,00	25,13
RO (g planta ⁻¹)	0,0119 a	0,0109 a	0,0210 a	0,0180 a	0,00	28,21

Área foliar (AF), Matéria seca (MS), Razão de Peso Foliar (RPF), Relação raiz/parte aérea (Raiz/PA), Massa Foliar Específica (MFE), Rendimento de óleo (RO). Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos parâmetros biométricos do primeiro corte, realizado aos 50 dias de condução das plantas sob as malhas (Tabela 4), não se verificou grandes diferenças entre os tratamentos, o que demonstra que as plantas a pleno sol apresentaram desenvolvimento semelhante àquelas submetidas ao sombreamento, destacando-se novamente o potencial de adaptação da melissa às condições de luminosidade intensa.

O parâmetro que apresentou diferença significativa foi a relação raiz/parte aérea (Raiz/PA), onde as plantas submetidas à malha preta apresentaram menor desenvolvimento radicular em relação aos demais tratamentos (Tabela 4).

Após a realização do primeiro corte as plantas rebrotaram sob as condições exclusivas dos tratamentos de luminosidade, o que permitiu a apresentação de resultados mais expressivos no segundo corte, realizado aos 70 dias após o primeiro corte, o que representa 120 DAT (Tabela 5). Desta maneira permitiu-se apresentar uma tendência mais definida dos resultados, uma vez que a melissa é uma cultura perene na qual se realizam vários cortes.

Tabela 5 - Parâmetros biométricos e quantificação do óleo essencial no segundo corte (120 DAT) das plantas de *Melissa officinalis* L. sob a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.

Tratamento	Pleno Sol	Preto	Azul	Vermelho	F	CV (%)
AF (dm ²)	16,80 c	32,93 b	45,03 a	32,70 b	0,00	14,92
MS Folha (g)	8,49b	10,24ab	11,87a	11,37ab	0,03	14,09
MS Caule (g)	5,29b	8,78a	9,19a	10,50a	0,00	15,74
MS Raiz (g)	20,59b	23,49b	21,88b	33,16a	0,00	16,78
MS Total (g)	34,37b	42,53ab	42,94ab	55,04a	0,00	14,56
RPF (g.g ⁻¹)	0,242 b	0,242 b	0,276 a	0,207 c	0,00	6,02
Raiz/PA (g.g ⁻¹)	1,50 ab	1,23 ab	1,037 b	1,51 a	0,00	11,51
MFE (g/dm ²)	0,51 a	0,30 b	0,26 b	0,34 b	0,00	11,95
Altura (cm)	20,2 c	37,2 b	43,8 a	34,2 b	0,00	7,86
Teor de óleo (%)	0,052a	0,039b	0,041ab	0,015c	0,00	20,33
RO (g planta ⁻¹)	0,003b	0,004ab	0,005a	0,001c	0,00	21,82

Área foliar (AF), Matéria seca (MS), Razão de Peso Foliar (RPF), Relação raiz/parte aérea (Raiz/PA), Massa Foliar Específica (MFE), Rendimento de óleo (RO). Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que a malha azul permitiu maior produção de folhas em comparação com as plantas crescidas a pleno sol, o que esteve relacionado com os valores maiores de área foliar, razão de peso foliar e altura de plantas, conforme observado na Tabela 5 e na Figura 1. As plantas de pleno sol apresentaram menor crescimento apesar de ter maior capacidade fotossintética, o que nos permite dizer que nem sempre maiores taxas fotossintéticas serão convertidas em biomassa ou demais fatores relacionados à produção.



Figura 1 – Plantas de *Melissa officinalis* L. aos 120 DAT (da esquerda para direita: malhas azul, preta, vermelha e pleno sol).

As plantas de melissa submetidas ao sombreamento das malhas (preta, azul e vermelha) apresentaram maior área foliar em relação às plantas a pleno sol (Tabela 5). O incremento da área foliar é uma medida estratégica adotada por plantas submetidas a níveis mais baixos de irradiância, visando maximizar a superfície da folha para aumentar a área disponível para captação de energia luminosa. Como consequência, a fixação de carbono é otimizada (PIZÓN-TORRES; SCHIAVINATTO, 2008). Por outro lado, o aumento da superfície fotossintetizante pode compensar as baixas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, o que é uma característica das folhas de sombra (SOUZA et al., 2011; MEIRA; MARTINS; MANGANOTTI, 2012).

Na comparação somente entre as malhas, verifica-se que a malha azul resultou em maior AF em relação às demais (Tabela 5). Este mesmo padrão de resposta foi verificado em *Artemisia vulgaris* (OLIVEIRA et al., 2007) e *Ocimum gratissimum* L. (MARTINS et al., 2008); onde a malha azul proporcionou maiores áreas foliares em comparação ao cultivo a pleno sol, sem no entanto afetar o acúmulo de massa seca destas plantas.

Também foi verificado que os valores de área foliar total das plantas de *Mikania glomerata* cultivadas sob as malhas cinza e azul foram superiores aos das plantas crescidas sob a malha vermelha e a pleno sol, enquanto que para *Mikania laevigata* os maiores índices foram obtidos com a malha azul. O tratamento sem malha resultou em menor área foliar, comparativamente aos demais tratamentos, para ambas as espécies. Tais plantas também apresentaram maior conteúdo de massa seca retida nas folhas dentre todos os tratamentos (SOUZA et al., 2011).

Ao se analisar a biomassa seca total da *Mellisa officinalis* L. (Tabela 5), observa-se que as plantas submetidas à malha vermelha apresentaram os maiores índices em comparação com as plantas crescidas a pleno sol. Já os valores de matéria seca das folhas, massa foliar específica e razão raiz/parte aérea não diferiram significativamente quando se realiza a comparação somente entre malhas.

As plantas conduzidas a pleno sol apresentaram menor desenvolvimento do caule em relação às plantas sombreadas (Tabela 5). Engel citado por Sesma, Demuner E Hebling (2009), explicou que quanto maior o

sombreamento, maior a probabilidade de estiolamento da planta num esforço pela busca de mais luz, o que é característica de plantas competitivas.

Melhores resultados de crescimento com a utilização de malha vermelha em relação ao cultivo a pleno sol também foram observados em plantas de *Catharanthus roseus* (MELO; ALVARENGA, 2009). Por outro lado, plantas de *Mentha piperita* cultivadas a pleno sol e sob malha vermelha apresentaram maior biomassa seca total que as demais, e o menor acúmulo ocorreu nas plantas cultivadas sob malha azul (COSTA et al., 2012).

Martins et al. (2008), avaliando o efeito de malhas coloridas (azul e vermelha) sobre o crescimento e teor de óleo essencial em manjerição (*Ocimum gratissimum* L.), concluíram que as plantas crescidas a pleno sol alocaram mais matéria seca para as raízes, enquanto que as plantas sob malha azul apresentaram maior alocação de matéria seca para o caule e apresentaram maior crescimento em altura e teor de óleo.

A maior capacidade fotossintética (*A_{max}*) foi encontrada nas plantas de melissa conduzidas a pleno sol não se reverteu em maior produção de fitomassa seca. Além disso, visando preservar as propriedades físico-químicas e a organização funcional das membranas dos tilacóides, plantas tolerantes a alta luminosidade desenvolvem mecanismos para não inviabilizar o funcionamento celular (GONÇALVES et al., 2012), levando a um gasto energético maior para manutenção destas estruturas.

A razão de peso foliar é um parâmetro que informa a eficiência na produção de massa seca foliar em relação à massa da planta toda. No presente estudo foram observados maiores valores para melissa sob malha azul, e menores valores para as plantas sob malha vermelha (Tabela 5), o que difere dos resultados encontrados por Brant et al. (2008) nas quais não foram encontradas diferenças.

Variações ambientais podem causar alterações na razão raiz/parte aérea pela interferência no remanejamento e na distribuição de fotoassimilados dentro da planta (OLIVEIRA et al., 2007). Entretanto, a utilização de malhas coloridas não influenciou a razão Raiz/PA das plantas de melissa quando comparadas com as plantas crescidas a pleno sol (Tabela 5), o que mostra que a intensidade de luz não causa modificações neste quesito. Melo e Alvarenga (2009), ao analisar a distribuição de biomassa entre os diferentes órgãos das plantas de

Catharanthus roseus, também verificaram que os tratamentos com malhas coloridas não afetaram significativamente a distribuição de biomassa.

No entanto, ao se comparar a malha azul com a malha vermelha verifica-se que a qualidade da luz alterou a alocação da biomassa em melissa, permitindo às plantas conduzidas sob malha vermelha uma maior produção de raízes, o que se refletiu em maior razão Raiz/PA (Tabela 5).

Em relação à massa foliar específica (MFE), verifica-se que as plantas a pleno sol apresentaram o maior valor (Tabela 5), o que pode ser um indicativo de folhas mais espessas, resultando em maior massa seca por área de folha.

Com relação ao parâmetro altura de plantas, verificou-se que plantas de melissa crescidas sob malha azul apresentaram maior altura, e as plantas a pleno sol apresentam o menor valor após a rebrota do primeiro corte (Tabela 5). Este mesmo padrão de resposta quanto à altura foi observado em plantas de *Ocimum gratissimum* L. (MARTINS et al., 2008) e plantas de *Mikania glomerata* e *Mikania laevigata* cultivadas sob malha azul (SOUZA et al., 2010). O ambiente proporcionado pela malha azul possui maior razão azul:vermelho. Tanto os fitocromos como também outros fotorreceptores (flavoproteínas) absorvem luz na região do azul do espectro, ocasionando as respostas de fototropismo e morfogênese (SMITH, 1982).

Em relação à quantificação do óleo essencial, não houve efeito significativo da utilização das malhas coloridas sobre a produção de óleo nas folhas (Tabela 4) no primeiro corte da melissa. No entanto, no segundo corte (Tabela 5) observou-se uma redução significativa no teor e rendimento de óleo essencial presente nas folhas das plantas conduzidas sob a malha vermelha, o que corrobora os resultados apresentados por Brant et al. (2009) para a mesma espécie em resposta à utilização da malha vermelha. Segundo estes autores, é possível que a alteração no espectro incidente nas plantas, promovida pela malha vermelha, ocasione a falta de outro comprimento de luz (já que a malha possui filtro de transmissão diferenciada), o qual não sendo absorvido pelos pigmentos fotossintéticos, provoca a anulação de alguma rota importante para a síntese de terpenos e prejudica a produção do óleo essencial.

Contrariamente, no trabalho de Oliveira et al. (2007), o teor de óleo essencial de *Artemisia vulgaris* foi maior nas plantas sombreadas com tela vermelha. Demonstra-se assim que a qualidade da luz, sobretudo aquela de menor

razão azul:vermelha proporcionada pela tela vermelha, foi eficaz na ativação das rotas do metabolismo secundário em *A. vulgaris*.

Já a utilização da malha azul resultou em maior rendimento de óleo essencial em plantas de melissa no segundo corte (Tabela 5), resultado este condizente com os maiores valores de altura de planta e área foliar observados neste tratamento. Vale ressaltar que este é um resultado interessante para a produção comercial de melissa, desde que o rendimento reflète a produção de folhas por área cultivada.

5.4 Anatomia Foliar

As plantas adaptadas ao ambiente de radiação solar plena devem desenvolver mecanismos para minimizar os danos causados pela alta irradiância, enquanto as plantas de ambientes sombreados devem apresentar estratégias para tentar maximizar os processos de captura de luz e, assim, conseguir um maior ganho de carbono. Dessa forma, plantas adaptadas a maiores valores de irradiância geralmente apresentam folhas mais espessas (com mais camadas de células no mesófilo), maior massa foliar específica, maior densidade estomática e menor comprimento dos estômatos (CORRÊA, 2003).

Tabela 6 – Parâmetros de anatomia foliar da *Melissa officinalis* L. cultivadas sob a cobertura de malhas redutoras de luminosidade de 50% nas cores preto, azul e vermelho e a pleno sol. Presidente Prudente, SP, 2014.

Tratamento	Pleno Sol	Preto	Azul	Vermelho	F	CV (%)
EAD (µm)	23,17 a	22,59 a	30,12 a	26,06 a	1,79	22,53
EAB (µm)	15,71 a	13,70 a	16,11 a	14,72 a	0,73	24,37
EPP (µm)	53,46 a	44,33 a	42,59 a	49,10 a	1,75	17,49
EPE (µm)	53,29 a	53,45 a	62,93 a	47,70 a	0,89	27,42
E total (µm)	144,97 a	132,87 a	151,16 a	135,99 a	0,91	13,82
Nº CPE	3,0 a	3,6 a	4,0 a	3,0 a	2,66	19,73
DV mm/mm ²	5,53 a	5,66 a	5,26 a	4,87 a	0,95	14,99
NºECX	63,75 a	76,25 a	84,00 a	76,00 a	0,52	25,27

Espessura da epiderme nas faces adaxial (EAD) e abaxial (EAB), do parênquima paliçádico (EPP), esponjoso (EPE), total (E total). Número de camadas de parênquima esponjoso (Nº CPE), densidade de venação (DV), Número de elementos condutores de xilema (Nº ECX). Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A mudança de qualidade da luz não resultou em diferenças anatômicas significativas entre as plantas de melissa cultivadas sob as malhas e as plantas conduzidas a pleno sol (Tabela 6). Contudo, no estudo realizado por Brant et al. (2010), as plantas de melissa cultivadas a pleno sol apresentaram maior espessura da epiderme na face adaxial, seguidas pelas plantas cultivadas sob malha vermelha. A camada do parênquima paliçádico apresentou maior espessura nas plantas a pleno sol e os demais tratamentos não diferiram entre si.

Os estudos de Martins et al. (2009) com espessuras das epidermes adaxial e abaxial de folhas de *Ocimum gratissimum* demonstraram não haver alterações pela aplicação dos tratamentos com malhas coloridas. Entretanto, em todos os tratamentos, a epiderme da face adaxial apresentou-se mais espessa que a epiderme abaxial. Nas plantas crescidas a pleno sol, tanto o parênquima paliçádico quanto o lacunoso apresentaram maior espessura que os parênquimas das plantas cultivadas sob malhas coloridas, resultando em maior espessura do limbo foliar. Em *Ocimum selloi*, também observou-se maior espessura do limbo foliar nas plantas mantidas a pleno sol quando comparadas com aquelas submetidas às malhas coloridas (COSTA apud MARTINS et al., 2009). A redução na espessura das folhas de plantas sombreadas deve-se, possivelmente, à diferença na distribuição e no consumo de fotoassimilados para expansão foliar, especialmente sob as malhas vermelha e azul, em que as plantas apresentaram folhas com maior área.

6 CONCLUSÕES

a) A melissa respondeu de forma positiva à mudança na quantidade e qualidade da luz, desde que as plantas apresentaram maior altura da planta e área foliar quando cultivadas sobre a malha azul.

b) A utilização das malhas azul e vermelha resultou em aumento e diminuição do rendimento de óleo essencial nas folhas, respectivamente. Portanto recomenda-se a utilização da malha azul para o cultivo de melissa.

c) Em termos de atividade fotossintética, apesar da melissa ser considerada uma espécie de meia sombra, a mesma apresentou adaptação às condições de pleno sol, comprovada pelos maiores valores de assimilação de CO₂, o que sugere ausência de danos ao aparato fotossintético e alta capacidade de aclimatação ao pleno sol.

d) Não foram observadas mudanças anatômicas nas folhas de melissa com a utilização de malhas coloridas redutoras de luminosidade.

REFERÊNCIAS

AKHONDZADEH, S.; ABBASI, S. H. Herbal medicine in the treatment of Alzheimer's disease. **American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementians**, v.21, n.2, p.3-5, 2006.

ALMEIDA, S.M.Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.62-68, 2005.

AOYAMA, E.M.; INDRIUNAS, A.; FURLAN, M.R. Produção de folhas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) em Taubaté, São Paulo. **Revista Biociências**, v.17, n.1, p.57-65, 2011.

ARAUJO, A.G. et al. Qualidade de luz na biometria e anatomia foliar de plântulas de *Cattleya loddigesii* L. (Orchidaceae) micropapagas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2506-2511, 2009.

ARES DO CERRADO. **Óleo essencial**. 2014. Disponível em: <<http://www.aresdocerrado.com.br/oleos-essenciais-1/oleos-essenciais?sort=p.price&order=DESC>>. Acesso em: 07 abr. 2014.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: UNESP/FCAV, 1988. 41p.

BIASI, L.A. et al. Tipos de cobertura do solo e épocas de colheita na produção de melissa. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.27, p.314-318, 2009.

BLANK, A.F. et al. Influência do horário da colheita e secagem das folhas no óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) cultivada em dois ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.1, p.73-78, 2005.

BRANDÃO FILHO, J.U.T. et al. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.474-477, 2003.

BRANT, R.S. et al. Teor, rendimento e qualidade do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, jul. 2008.

BRANT, R.S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural: UFSM**, v.39, n.5, p.1401-1407, 2009.

BRANT, R.S. et al. Características fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivadas sob diferentes condições de luminosidade. **Magistra**. Cruz das Almas, v.22, n.34, p.146-152, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961 - 1990**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84p.

CAPRA, R.S. **Efeito de preparados homeopáticos e do ambiente de cultivo na produção de flavonoides e saponinas por plantas de carqueja**. 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, N.O.S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (MART.) BECC.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.351-357, 2006.

CASSOL, D.; FALQUETO, A. R.; BACARIN, M.A. Fotossíntese em *Mentha piperita* e *Melissa officinalis* sob sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl. 2, p.576-578, jul. 2007.

CASTRO, I.O.; CHEMALE, V.M. **Plantas medicinais, condimentos e aromáticas** – descrição e cultivo. Guaíba: Editora Agropecuária, 1995. 196p.

CASTRO E.M. et al. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) submetidas a diferentes fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.846-850, 2005.

CHAGAS, J.H. et al. Produção de biomassa seca em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.3422-3427, 2010.

CIIAGRO – Centro Integrado de informações agrometeorológicas. **Dados meteorológicos de Presidente Prudente**. 2013. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QTmedPeriodo.asp>>. Acesso em: 20 fev. 2014.

CORRÊA, I.P. **Plasticidade fenotípica em indivíduos jovens de *Aloysia virgata* (Ruiz et Pav.) A. L. Juss. – Verbenaceae**. 2003. 58f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

COSTA, A.G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.534-540, abr. 2012.

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. Lavras: Editora UFLA/DEX, 2000. 245p.

GOMES, P.A. et al. Influência do sombreamento na produção de biomassa, óleo essencial e quantidade de tricomas glandulares em cidrão (*Lippia citriodora* Lam.). **Biotemas**, v.22, n.4, p.9-14, 2009.

GONÇALVES, J.F.C. et al. Growth, photosynthesis and stress indicators in Young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.17, n.3, p. 325-334, 2005.

GONÇALVES, J.F.C. et al. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.95, p.337-344, set. 2012.

GRINBERGER, A; SHOMRON, M.; GANELEVIN, R. **Shading nets testing, 2000.**

Disponível em:

<<http://www.polysack.com/files/9cdc41ead551379aff948702623148f2.pdf> > Acesso em: 07 abr. 2012.

GUISELINI, C. et al. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção de gerbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.6, p.645-652, 2010.

HENRIQUE, P.C. et al. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.5, p.458-465, 2011a.

HENRIQUE, P.C. et al. Crescimento de mudas de café sob malhas coloridas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7. **Anais...** Araxá: 22 a 25 de Agosto de 2011b.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill, 1940.

KIM, S.J. et al. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. **Scientia Horticulturae**, v.101, p.143-151, 2004.

LEE, D.W. et al. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, v.87, n.4, p.447-455, 2000.

MARTINS, E.R. et al. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV, 2000. p.136-137.

MARTINS, J.R. et al. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.10, n.4, p.102-107, 2008.

MARTINS, J.R. et al. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, n.1, p.82-87, jan-fev, 2009.

MAY, A. et al. Produtividade da biomassa de melissa em função de intervalo de cortes e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.312-315, 2008.

MEIRA, M.R.; MANGANOTTI, S.A.; MARTINS, E.R. Crescimento e produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. nas condições climáticas de Montes Claros – MG. **Revista Biotemas**, v.24, n.1, p.1-8, 2011.

MEIRA, M.R.; MARTINS, E.R., MANGANOTTI, S.A. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) sob diferentes

níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, n.2, p.352-357, 2012.

MELO, A.A.M.; ALVARENGA, A.A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.). Don 'Pacífica White' por malhas coloridas: desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.514-520, mar./abr. 2009.

MILLANI, A.A. et al. Análise de crescimento e anatomia foliar da planta medicinal *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) cultivada em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.12, n.2, p.127-134, 2010.

MORAIS, H. et al. Desenvolvimento de gemas florais, floração, fotossíntese e produtividade de cafeeiros em condições de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília: v.43, n.4, p. 465-472, 2008.

MORINI, S.; MULEO, R. 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, 2003. p.3-35.

NAKAZONO, E.M. et al. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, p.173-179, 2001.

O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v.59, p.368-373, 1965.

OLIVEIRA, M.I. et al. Crescimento e teor de óleo essencial de plantas jovens de *Artemisia vulgaris* submetidas a diferentes condições de radiação. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., Caxambu. **Anais...** Caxambu: 2007. Disponível em:< <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/362.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2012.

OREN-SHAMIR, M. et al. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.76, n.3, p.353-361, 2001.

PINTO, J.E.B.P. et al. Aspectos morfológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.2, p.210-214, 2007.

PIRES, M.V. **Respostas morfo-fisiológicas de espécies ornamentais de Passiflora ao sombreamento**. 2008, 114f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

POLYSACK. **Chromatinet**: new technology in agriculture. 2013. [Folder].

PORTES, M.T. et al. Evidence of higher photosynthetic plasticity in the early successional *Guazuma ulmifolia* Lam. compared to the late successional *Hymenaea courbaril* L. grown in contrasting light environments. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.1, p.75-83, 2010.

POUDEL, P.R. et al. Effect of red and blue –light emitting diodes on growth and morphogenesis of grape. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v.92, n.2, p.147-153, 2008.

PRADO, C.H.B.A.; MORAES, J.A.P.V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, v.33, p.103-112, 1997.

REIS, M.S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. IN: SIMÕES, C.M. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 1104p.

REIS, E.S. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Melissa officinalis* L. *in vitro* sob influência do meio de cultura. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.2, p.331-335, 2009.

SANTOS, A.S. **Análise inversa aplicada no dimensionamento de iluminação artificial em ambientes**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCALON, S.P.Q. et al. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.652-655, 2001.

SESMA, R.B.; DEMUNER, V.G.; HEBLING, S.A. Efeito de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. em casa de vegetação. **Natureza on line**, v.7, n.1, p.31-36, 2009.

SILVA, R.R. et al. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Wild. ex. Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazonica**, v.37, n.3, p.365-370, 2007.

SILVA, F.A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., Reno, USA. **Anais...** American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SMITH, H. Light quality photoperception and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.481-518, 1982.

SOUZA, G.S. et al. Características biométricas e fisiológicas de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.8, n.4, p.330-335, out./dez. 2010.

SOUZA, G.S. et al. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura dos cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.1843-1854, 2011.

VENÂNCIO, J.B. et al. Pigmentos fotossintéticos em cultivares de abacaxizeiro sob malhas de sombreamento coloridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22. **Anais...** Bento Gonçalves, 22 a 26 de outubro de 2012.

WASICKY, R.; AKISUE, G. Um aparelho aperfeiçoado para a extração de óleos essenciais. **Revista da Faculdade de Farmácia Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v.7, n.1, p.339-405, 1969.