

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE - RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS
NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALFACE
HIDROPÔNICO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Renes Rossi Pinheiro

Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2013

**MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS
NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALFACE
HIDROPÔNICO**

Renes Rossi Pinheiro

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Augusto Manfron

Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2013

Pinheiro, Renes, 1986 -

Malhas de sombreamento fotoseletivas no crescimento e produção de alface hidropônico /

Renes Pinheiro. – 2013.

87 f.; 30cm

Orientador: Paulo Augusto Manfron

Coorientador: Denise Schmidt.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, RS, 2013.

1. Fotomorfogênese 2. *Lactuca sativa* 3. Malhas coloridas I. Manfron, Paulo Augusto II. Schmidt, Denise III. IV. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Renes Rossi Pinheiro. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Linha Sete de Setembro s/n – BR 386, KM 40. CEP 98400-000 - Frederico Westphalen, RS, Brasil.

Fone (55) 997208808; Endereço eletrônico: renespinheiro@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Superior Norte - RS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia:
Agricultura e Ambiente**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALFACE HIDROPÔNICO**

elaborado por
Renes Rossi Pinheiro

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Paulo Augusto Manfron, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Denise Schmidt, Dra. (UFSM)

Valmor Antônio Konflaz, Dr. (KSP Sementes Ltda.)

Frederico Westphalen, 16 de janeiro de 2013.

*Aos meus pais,
José Renes e Marta Helena,
exemplos de vida,
que sempre me apoiaram e
acreditaram em minhas vitórias e ideais.*

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder a vida e me tornar capaz de enfrentar os desafios que ela me proporciona.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade de cursar o Mestrado, propiciando-me o acesso à Pós-Graduação pública, gratuita e de qualidade.

Ao prof. Dr. Paulo Augusto Manfron, pelo apoio e confiança. Aos prof. Dr. Braulio Otomar Caron e prof. Dr. Velci Queiroz de Souza, pela orientação e auxílio neste trabalho e em especial a prof. Dra. Denise Schmidt por ter me concedido todo o apoio necessário na condução deste trabalho, além da grande amizade que formamos. Aos demais professores do PPGAAA, pela contribuição na minha formação pessoal e profissional.

Aos colegas da Primeira Turma de Mestrado do PPGAAA, pela amizade, companheirismo e irmandade. Em especial, ao colega de Mestrado Vilson José Gabriel pela grande parceira na montagem e condução dos experimentos.

Aos colegas e amigos do Grupo de Pesquisa: Ricardo Boscaini, Ricardo Bertin, Daiane Prochnow, Leonardo A. Thiesen, Ezequiel Holz, Bruna S. Altissimo e Francisco E. Dalla Nora pela amizade, contribuições na execução da pesquisa e excelente capacidade de trabalho em grupo.

Aos amigos que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.

Em especial, aos meus pais, José Renes Pinheiro e Marta Helena Cassol Rossi pelo amor incondicional, incessante incentivo à educação e confiança em meu potencial, sou eternamente grato por vocês nunca me deixarem desistir dos meus sonhos. Aos meus irmãos, Márcio e Henri Rossi Pinheiro pelos incentivos e confiança em minhas decisões.

A minha amada, Ani Caroline Grigion Potrich, por seu amor, confiança, compreensão e apoio incondicional, com certeza sem você do meu lado não seria capaz de chegar até aqui.

Enfim, a todos aqueles não citados, que contribuíram diretamente e indiretamente para que eu vencesse mais esta importante etapa de minha vida.

A todos vocês, **MUITO OBRIGADO.**

*“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente,
mas o que melhor se adapta às mudanças.”*

(Charles Darwin)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Santa Maria

MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALFACE HIDROPÔNICO

AUTOR: RENES ROSSI PINHEIRO

ORIENTADOR: DR. PAULO AUGUSTO MANFRON
Frederico Westphalen, RS 16 de janeiro de 2013.

A qualidade de luz pode alterar a morfogênese das plantas por meio de uma série de processos mediados por receptores de luz. A utilização de malhas com diferentes características espectrais no cultivo de algumas espécies olerícolas tornou-se muito comum nos últimos anos. Diante da grande influência que a radiação solar exerce sobre os vegetais, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoseletivas no crescimento e desenvolvimento de plantas de alface crespa, assim como nos elementos microclimáticos em ambiente protegido. O experimento contou com quatro microambientes: testemunha – sem malha; malha Aluminet termo-refletor; malha Chromatinet azul e malha Chromatinet vermelha, todas com 35% de sombreamento, fixadas a 0,90 m acima dos leitos de cultivo. O estudo foi conduzido em duas etapas distintas, a primeira avaliando o efeito das malhas no desenvolvimento de mudas de alface cultivar ‘Solaris’ produzidas em sistema hidropônico floating na estação do inverno, avaliando as características: número de folhas, área foliar, fitomassa fresca e seca de raízes, caules e folhas, comprimento do caule, razão parte aérea/raiz e área foliar específica, e a segunda etapa verificando a influência das malhas no crescimento e desenvolvimento, assim como na anatomia e fisiologia de plantas de alface cultivares ‘Vera’, ‘Vanda’ e ‘Solaris’ em sistema hidropônico do tipo fluxo laminar de solução na fase de bancada de produção final. As avaliações de crescimento foram feitas a cada sete dias em duas épocas de cultivo, outono e inverno, e os parâmetros avaliados foram: número de folhas, área foliar, comprimento do caule, fitomassa fresca e seca de folha e fitomassa seca de raiz. Ao final do ciclo de produção avaliou-se os parâmetros anatômicos e fisiológicos, que foram: morfometria e densidade estomática assim como o teor de pigmentos nas folhas de alface. Com os resultados obtidos fica evidente que as diferentes malhas modificam os elementos microclimáticos, apresentando diferenças espectrais de transmitância, absorvância e refletância. Na fase de muda as malhas termo-refletor e malha vermelha apresentaram maior acúmulo de fitomassa em plantas de alface comparado ao ambiente sem malha e malha azul. Na fase de bancada de produção final observou-se que o ambiente de cultivo promove alterações anatômicas e fisiológicas em plantas de alface e o ambiente sem malha de sombreamento apresentou maior acúmulo de fitomassa. Em ambas as etapas experimentais a malha azul apresentou menor desenvolvimento das plantas de alface comparado aos demais ambientes.

Palavras-chave: Fotomorfogênese. Qualidade da luz. Malhas coloridas.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agronomy: Agriculture and Environment
Federal University of Santa Maria

PHOTOSELECTIVE SHADING NETS ON GROWTH AND PRODUCTION OF HYDROPONIC LETTUCE

AUTHOR: RENES ROSSI PINHEIRO

ADVISOR: PAULO AUGUSTO MANFRON

Frederico Westphalen, RS, January 16th, 2013.

The quality of light can alter morphogenesis of plants through a series of processes mediated by light receptors, the use of nets with different spectral characteristics in the cultivation of certain vegetable crops has become very common in recent years. Against the great influence that the solar radiation on plants, accomplished this research with the objective of evaluating the effect of intensity and spectral quality of light transmitted through the netting photoselectives in the growth and development of curly lettuce plants, as well as in microclimatic elements in a protected environment. The experiment featured four microhabitats: control - without net, net-term Aluminet reflector; Chromatinet netting blue and red, all with 35% shading, fixed at 0.90 m above the bed cultivation. The study was conducted in two stages, the first assessing the effect of net in the development of lettuce seedlings cultivar 'Solaris' floating produced hydroponically in winter season, rated the characteristics: number of leaves, leaf area, and fresh biomass dried roots, stems and leaves, stem length, why shoot / root and specific leaf area, and the second step verifying the influence of nets in growth and development, as well as the anatomy and physiology of lettuce cultivars 'Vera' 'Vanda' and 'Solaris' hydroponically-type solution of laminar flow bench during final production. The growth evaluations were done every seven days in two cropping seasons, autumn and winter, and the parameters were evaluated: number of leaves, leaf area, stem length, fresh weight and dry leaf and root dry weight. At the end of the production cycle were evaluated the anatomical and physiological parameters, which were stomatal density and morphology as well as the pigment content in lettuce leaves. With these results it is evident that the different nets modify microclimatic elements, presenting differences spectral transmittance, absorbance and reflectance. In the seedling stage thermo-reflective and red mesh showed a higher accumulation of biomass in lettuce compared to the environment without net and blue net. At the stage of final production bench observed that the cultivation environment promotes anatomical and physiological changes in lettuce and the environment without shading net showed higher dry biomass. In both steps the experimental blue net showed lower development of lettuce compared to other environments.

Keywords: Photomorphogenesis. light quality. colored nets.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO II

- Tabela 1 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características fitomassa fresca de folha (FFF), fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa fresca de caule (FFC), fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST).....39
- Tabela 2 - Média de fitomassa fresca de folha (FFF), fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa fresca de caule (FFC), fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) de mudas de alface cultivada sob malhas de sombreamento fotoseletivas40
- Tabela 3 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do caule (CC), área foliar específica (AFE) e razão parte aérea/raiz (A/R)41
- Tabela 4 - Média de número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do caule (CC), área foliar específica (AFE) e razão parte aérea/raiz (A/R) de mudas de alface cultivada sob malhas de sombreamento fotoseletivas41

ARTIGO III

- Tabela 1 - Resumo da análise de variação para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), fitomassa fresca de folha (FFF), fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de raiz (FSR) e comprimento do caule (CC)54
- Tabela 2 - Média de área foliar em três cultivares de alface (cm²/planta), em duas estações de cultivo e em seis épocas de avaliações54
- Tabela 3 - Média de área foliar de alface (cm²/planta), em diferentes ambientes de cultivo em seis épocas de avaliações55
- Tabela 4 - Média do número de folhas de alface em duas estações de cultivo e em seis épocas de avaliações56
- Tabela 5 - Número de folhas de alface em diferentes ambientes em duas estações de cultivo57

Tabela 6 - Média do número de folhas em três cultivares de alface, em diferentes ambientes e em seis épocas de avaliações	57
Tabela 7 - Média de fitomassa fresca de folhas de alface (g/planta), em duas estações de cultivo em seis épocas de avaliações	59
Tabela 8 - Média de fitomassa seca de folha de alface (g/planta), em duas estações de cultivo em seis épocas de avaliações	59
Tabela 9 - Média de fitomassa fresca de folhas de alface (g/planta), em diferentes coberturas e em duas estações de cultivo	59
Tabela 10 - Média de fitomassa fresca de folhas de alface (g/planta), em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações	60
Tabela 11 - Média de fitomassa seca de folha de alface (g/planta), em diferentes coberturas e em seis épocas de avaliações	61
Tabela 12 - Média de fitomassa seca de raiz de alface (g/planta), em duas estações de cultivo em seis épocas de avaliações	62
Tabela 13 - Média de fitomassa seca de raiz (g/planta) em três cultivares de alface, em seis épocas de avaliações	62
Tabela 14 - Média de fitomassa seca de raiz de alface (g/planta) em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações	63
Tabela 15 - Média do comprimento do caule (cm) de três cultivares de alface, em duas estações de cultivo	63
Tabela 16 - Média do comprimento do caule (cm) de três cultivares de alface, em seis épocas de avaliações	64
Tabela 17 - Média de comprimento do caule de alface (g/planta), em diferentes ambientes, em duas estações de cultivo e em seis épocas de avaliações	64

ARTIGO IV

Tabela 1 - Densidade estomática em três cultivares de alface, em diferentes ambientes, em duas estações de cultivos na face adaxial e abaxial	75
Tabela 2 - Morfometria de estômato (comprimento, largura e área) nas faces adaxial e abaxial de três cultivares de alface cultivadas em quatro diferentes ambientes na estação do inverno.....	76
Tabela 3 - Média de clorofila A, B, Total e Carotenóides em mg.g ⁻¹ fitomassa fresca de alface em três cultivares de alface, em duas estações de cultivo e em quadro diferentes coberturas	78

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1 - Conjunto formado por (1) esfera integradora (marca Licor, modelo 1800-12), com interior branco, (2) fonte de luz com lâmpada halógena, (3) placa de referência com Sulfato de Bário, (4) cápsula negra, representando corpo negro, (5) saída de luz, com cabo em fibra óptica, (6) fonte de energia (marca Licor, modelo LI 1800-12B), (7) bateria de 12 V, para alimentar a fonte de energia, (8) (marca Licor, modelo 1800-10), (9) espectroradiômetro (marca Licor, modelo 1800), (10) terminal de dados (marca Computerwise, modelo Transterm 6), (11) amostra de tela de sombreamento azul (marca Polysack).....22
- Figura 2 - Variações de temperatura média diária do ar registrada no interior de diferentes coberturas durante a época do outono (A) e inverno (B) em alface cultivada em hidroponia23
- Figura 3 - Variações da umidade relativa do ar registrada no interior de diferentes coberturas durante a época do outono (A) e inverno (B) em alface cultivada em hidroponia23
- Figura 4 - Radiação fotossinteticamente ativa obtida no dia 26/04/2012 (A) e no dia 11/08/2012 (B) no interior de diferentes coberturas em alface cultivada em hidroponia24
- Figura 5 - Propriedades radiativas espectrais do plástico de cobertura da estufa, polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 μ 25
- Figura 6 - Espectro de transmitância para três diferentes malhas de sombreamento26
- Figura 7 - Espectro de absorbância para três diferentes malhas de sombreamento27
- Figura 8 - Espectro de reflectância para três diferentes malhas de sombreamento28
- Figura 9 - Espectro de transmitância, absorbância e refletância para malhas vermelha (A, B, C), azul (D, E, F) e termo-refletor (G, H, I) novas e usadas29

ARTIGO II

- Figura 1 - Variações da temperatura e umidade relativa do ar média diária registrada sob diferentes malhas fotoseletivas no cultivo de mudas de alface crespa em hidroponia38

Figura 2 - Variações da radiação solar global incidente (dados da estação automática do INMET) durante o cultivo de mudas de alface crespa em hidroponia	39
Figura 3 - Mudas de alface cultivada em sistema hidropônico floating sob diferentes malhas se sombreamento fotoseletivas, 34 dias após a semeadura	43

ARTIGO III

Figura 1 - Variações da radiação solar global incidente (dados da estação automática do INMET) durante a época do outono (A) e inverno (B) em alface cultivada em hidroponia	52
Figura 2 - Área foliar em três cultivares de alface, em duas estações de cultivo (A= Outono, B= Inverno) e em seis épocas de avaliações.....	54
Figura 3 - Área foliar de alface, em diferentes ambientes de cultivo em seis épocas de avaliações.....	56
Figura 4 - Número de folhas em três cultivares de alface, em diferentes ambientes (A= Sem malha, B= Malha azul, C= Malha termo, D= Malha vermelha) e em seis épocas de avaliações	58
Figura 5 - Fitomassa fresca de folhas de alface, em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações	60
Figura 6 - Fitomassa seca de folha de alface, em diferentes coberturas e em seis épocas de avaliações	61
Figura 7 - Fitomassa seca de raiz de alface em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações.....	63
Figura 8 - Comprimento do caule de alface, em diferentes ambientes, em duas estações de cultivo (A= Outono, B= Inverno) e em seis épocas de avaliações	65

ARTIGO IV

Figura 1 - Epiderme abaxial da folha de alface	73
Figura 2 - Tricoma glandular em folha de alface	74

LISTA DE ANEXOS

ARTIGO III

Anexo 1 - Porcentagem de nutrientes na solução nutritiva	69
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 ARTIGO I	18
MICROCLIMA SOB DIFERENTES MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS EM AMBIENTE PROTEGIDO NO CULTIVO DE ALFACE HIDROPÔNICO	18
2.1 Resumo	18
2.2 Abstract.....	18
2.3 Introdução.....	19
2.4 Material e Métodos.....	20
2.5 Resultados e Discussão.....	22
2.6 Conclusão	29
2.7 Agradecimentos.....	30
2.8 Referências Bibliográficas.....	30
3 ARTIGO II	34
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE ALFACE CULTIVADAS EM SISTEMA FLOATING SOB MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS.....	34
3.1 Resumo	34
3.2 Abstract.....	34
3.3 Introdução.....	35
3.4 Material e Métodos.....	36
3.5 Resultados e Discussão.....	37
3.6 Conclusão	43
3.7 Agradecimentos.....	43
3.8 Referências Bibliográficas.....	43
4 ARTIGO III	47
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ALFACE HIDROPÔNICO CULTIVADO SOB MALHAS FOTOSELETIVAS	47
4.1 Resumo	47

4.2 Abstract.....	47
4.3 Introdução.....	48
4.4 Material e Métodos.....	49
4.5 Resultados e Discussão.....	51
4.6 Conclusão.....	65
4.7 Agradecimentos.....	66
4.8 Referências Bibliográficas.....	66
4.9 Anexo.....	69
5 ARTIGO IV	70
ADAPTAÇÕES ANATÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE ALFACE	
CULTIVADAS SOB DIFERENTES QUALIDADES DE LUZ	70
5.1 Resumo.....	70
5.2 Abstract.....	70
5.3 Introdução.....	71
5.4 Material e Métodos.....	72
5.5 Resultados e Discussão.....	73
5.6 Conclusão.....	78
5.7 Agradecimentos.....	79
5.8 Referências Bibliográficas.....	79
6 DISCUSSÃO	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

1 INTRODUÇÃO

Os vegetais superiores dependem do sol como fonte de energia, sendo a luz fundamental no desenvolvimento vegetal. A fotossíntese converte a energia luminosa em energia química, necessária para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Não é de surpreender que as plantas sejam extremamente sensíveis a luz, respondendo a quantidade, direção, periodicidade e a qualidade da luz (CHANG et al., 2008). Há décadas existem estudos referentes à manipulação da luz na agricultura principalmente para fins hortícolas e ornamentais.

Inicialmente os esforços foram direcionados para o controle da quantidade de luz, a otimizá-la de acordo com a exigência específica de cada espécie. No entanto, plantas também respondem à qualidade (distribuição espectral) da luz incidente. Esta resposta é mediada por um grande sistema de pigmentos fotorreceptores que controlam os vários estágios do desenvolvimento da planta, o processo pelo qual a luz regula o desenvolvimento das plantas é denominado fotomorfogênese (KENDRICK & KRONENBERG, 1994).

Uma das novidades no cultivo protegido é a introdução de filtros espectrais, os quais transmitem seletivamente certos comprimentos de ondas e, conseqüentemente, alteram a resposta fotomorfogênica das plantas. Essas respostas se traduzem em alterações no crescimento, no desenvolvimento, na morfologia e nas funções fisiológicas das plantas, como resultado à adaptação a uma condição ambiental diferente (TSORMPATSIDIS et al., 2008).

Uma tecnologia recente está sendo pesquisada com uma nova abordagem, a fim de melhorar a utilização da radiação solar pelas culturas agrícolas. A abordagem é baseada em malhas plásticas de sombra de especiais propriedades ópticas que são utilizadas tanto ao ar livre como em ambiente protegido. Uma série de malhas coloridas já foram desenvolvidas, modificando especificamente o espectro da luz filtrada (ultravioleta, visível e regiões do infravermelho), melhorando também o teor relativo de luz difusa e modificando seus componentes térmicos. Dependendo dos aditivos cromáticos do plástico, juntamente como a sua forma, as malhas oferecem diferentes misturas de luz natural (não modificada), em conjunto com luz difusa espectralmente modificada. Essas malhas têm como finalidade combinar a proteção física com a filtração diferencial da radiação solar, promovendo respostas fisiológicas específicas que são reguladas pela luz (BRANT et al., 2009).

Outra nova geração de malha que tem sido recentemente adotada no Brasil é a malha termo-refletor. Estas malhas permitem manejar a diferença de temperatura entre o dia e a noite, o que possibilita a formação de microclimas, protegendo as plantas da radiação solar excessiva e conservando o calor no interior do ambiente (LEITE et al., 2008).

Como já observado em alguns estudos sobre características espectrais, a radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas (BRAGA et al., 2009). Destaca-se nesse caso, a melhoria na capacidade fotossintética, pela ação direta dessas duas faixas do espectro eletromagnético nas etapas fotoquímica e bioquímica da fotossíntese (MATSUDA et al., 2004; HOGEWONING et al., 2007). Entretanto, não podemos generalizar os efeitos e mudanças que a luz causa nas diferentes espécies vegetais, pois alguns autores citam que a influência da qualidade da radiação, sobre o crescimento e o desenvolvimento, está associada à espécie vegetal (BRAGA et al., 2009).

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes malhas de sombreamento fotoseletivas no ambiente e no crescimento, desenvolvimento e morfologia de plantas de alface crespa cultivada em sistema hidropônico, durante as estações do outono e inverno.

2 ARTIGO I

MICROCLIMA SOB DIFERENTES MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS EM AMBIENTE PROTEGIDO NO CULTIVO DE ALFACE HIDROPÔNICO

2.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de malhas de sombreamento fotoseletivas nos elementos microclimáticos em ambiente protegido coberto com polietileno de baixa densidade transparente (LDPE). O experimento contou com quatro microambientes: testemunha – sem malha; malha termo-refletor; malha azul e malha vermelha, todas com 35% de sombreamento, fixadas a 0,90 m acima dos perfis hidropônicos no cultivo de alface crespa. Com os resultados obtidos fica evidente que as diferentes malhas modificam os elementos microclimáticos sob a cobertura, apresentando redução na temperatura do ar e na radiação e aumento na umidade relativa do ar. As malhas apresentam diferenças espectrais de transmitância, absorvância e refletância, podendo resultar em modificações no desenvolvimento das plantas de alface.

Palavras-chave: radiação solar, cultivo protegido, malhas coloridas.

2.2 Abstract

The objective of this study was evaluate the influence of shading nets of different colors on the different microclimate, variables in a greenhouse covered with transparent low density polyethylene (LDPE). The experiment was conducted with four microhabitats: a control - without net, term-reflective net; blue and red net, all of them with 35% of shading, fixed at 0.90 m above the profiles in growing hydroponic curly lettuce. With these results, it is evident that the different nets modify microclimatic elements under the cover, a reduction in air temperature and radiation and increase in relative humidity. The nets have the spectral differences in transmittance, absorbance and reflectance, which may result in changes in the development of lettuce plants.

Keywords: solar radiation, protected crops, colored nets.

2.3 Introdução

Em muitas regiões do Brasil, tem crescido a utilização de coberturas protetoras na agricultura, um exemplo são as malhas de sombreamento que além da proteção física, possuem como característica a redução da temperatura e a atenuação da radiação solar, possibilitando o cultivo, principalmente de espécies olerícolas e ornamentais em regiões e épocas com alta disponibilidade energética. A atenuação da radiação solar pelas coberturas é importante, pois afeta os componentes do balanço energético, assim como fluxos de calor sensível e latente, além da condição hídrica das plantas e do processo fotossintético (PEZZOPANE et al., 2004).

Diversos trabalhos já realizados mostram que o uso de sombreamento artificial através de malhas plásticas causa modificações no balanço de energia radiante, possibilitando características mais adequadas às espécies que possuem baixo ponto de saturação luminosa (SEDYAMA & PRATES, 1986). Salvatierra et al. (1991), Buriol et al. (1994) e Souza et al. (1995) mostram que o uso de malhas de polietileno provocam uma redução da radiação fotossinteticamente ativa, bem como na porção do infravermelho próximo, além de alterar a temperatura do ambiente.

Os elementos climáticos podem intervir de forma favorável ou desfavorável na produção de hortaliças (SANTOS et al., 2010), sendo que a intensidade luminosa afeta o desenvolvimento das plantas. Todavia, quando conduzidas em uma variação ótima de luz, a fotossíntese é elevada (RIBEIRO et al., 2007) e a quantidade de matéria seca acumulada é maior (BEZERRA NETO et al., 2005). No momento do estresse, como em altas temperaturas, a planta de alface tende a reduzir seu ciclo, enrijecer suas folhas e emitir pendão, conseqüentemente, comprometendo a produção (ABURRE et al., 2003; LUZ et al., 2009).

O excesso de radiação solar pode causar um prejuízo direto às plantas, afetando a assimilação de CO₂ através do processo fotossintético, devido a um processo conhecido como foto-inibição, sendo bastante comum em plantas que possuem as chamadas folhas de sombra, normalmente com mecanismo fotossintético C₃, com características estruturais e concentração de pigmentos adaptados a baixas intensidades de luminosidade (PEARCY et al., 1996).

Além disso, o excesso de energia pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas de maneira indireta por meio, por exemplo, de uma demanda excessiva de água, causando estresse hídrico mesmo havendo água disponível para as raízes (LARCHER, 1995). MATTEI et al. (1973) verificaram que a quantidade de energia incidente de 4,2 a 8,4 MJ.m⁻²

$^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ foi benéfica para o crescimento de duas cultivares de alface, além de reduzir a evapotranspiração, o que promoveu uma redução significativa no uso de água na irrigação. Sanchez et al. (1989) observaram um ponto de compensação lumínico ao redor de $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para cultivares de alface. Esse valor pode ser facilmente ultrapassado em muitas regiões brasileiras, dependendo da latitude e época do ano.

A luz é um elemento fundamental para as plantas no processo de regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. Os comportamentos morfofisiológicos das plantas não dependem apenas da presença, diminuição ou ausência da luz, mas também da alteração da qualidade luminosa (LARCHER, 2004).

Com isso a utilização de malhas coloridas propõe a combinação da proteção física com filtragem de luz, promovendo assim, respostas fisiológicas, tais como mudanças na produtividade, qualidade e velocidade de maturação. As colorações das malhas podem modificar o espectro da radiação filtrada nas regiões de UV (Ultra-violeta), visível e vermelho-distante, aumentando a dispersão de radiação difusa e afetando os componentes térmicos da região do infravermelho (SHAHAK et al., 2004).

Estudos realizados por Orenshamir et al. (2001), Shahak et al. (2004) e Martins et al. (2009), descrevem efeitos acentuados da qualidade da luz sobre a fotomorfogênese de plantas, seja pela iluminação artificial, por coberturas de solo, coberturas e malhas coloridas em casa de vegetação, que modificam a transmitância de radiação solar.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de malhas de sombreamento fotoseletivas nos elementos microclimáticos em ambiente protegido coberto com polietileno de baixa densidade transparente.

2.4 Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen - RS, com coordenadas geográficas: $27^{\circ} 23' 48''$ de latitude sul, $53^{\circ} 25' 45''$ de longitude oeste, altitude de 490m. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa. Frederico Westphalen está localizada próxima ao município de Iraí, aproximadamente 30km, este município é tomado como referência para os dados de classificação climática desta micro região. Conforme proposta de MALUF (2000), Iraí apresenta clima de tipo subtemperado subúmido, sendo a temperatura média anual de $18,8^{\circ}\text{C}$ e temperatura média do mês mais frio de $13,3^{\circ}\text{C}$.

O experimento foi realizado em casa de vegetação, nas dimensões de 10 x 20m, coberta com filme plástico de 150 μ . Os microambientes avaliados foram formados por diferentes malhas de sombreamento (testemunha – sem malha, malha Chromatinet azul, Chromatinet vermelha e Aluminet prata todas com 35% de sombreamento) utilizadas no cultivo de alface crespa, cultivares Vera, Vanda e Solaris em sistema hidropônico do tipo NFT na fase de bancada de produção final em duas épocas de cultivo, (outono e inverno). Cada microambiente foi formado por uma bancada de produção composta por 11 perfis hidropônicos de seis metros de comprimento, totalizando 242 plantas e 27m² de malha por microambiente, as malhas foram fixadas a 0,90 m acima dos perfis hidropônicos.

Durante o experimento foi registrado diariamente a temperatura e umidade relativa do ar média diária no interior de cada microambiente através de um termo-higrômetro modelo HTR 170. Em um dia típico, límpido, de cada estação de cultivo (26/04/2012 para outono e 11/08/2012 para o inverno) mediu-se o fluxo de radiação fotossinteticamente ativa a cada hora através de um sensor quântico LI-190-1, com banda espectral de 400-700 nm.

Ao final do experimento foram coletadas amostras das malhas de sombreamento novas e após nove meses de uso, assim como o plástico da cobertura da estufa novo, com dimensões de 0,10 m². As malhas foram avaliadas quanto às suas refletividade, transmissividade e absorvidade. As medições foram realizadas no CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, em Campinas (SP), em 28 de novembro de 2012. Utilizou-se o equipamento espectroradiômetro (marca Licor, modelo LI-1800) integrado à esfera (marca Licor, modelo LI-1800-12) (Figura 1), para medições entre os comprimentos de onda de 350 nm e 1.100 nm, com uma resolução espectral de 2 nm e uma precisão de 0,01 nm, adotando-se 5 repetições para cada amostra.

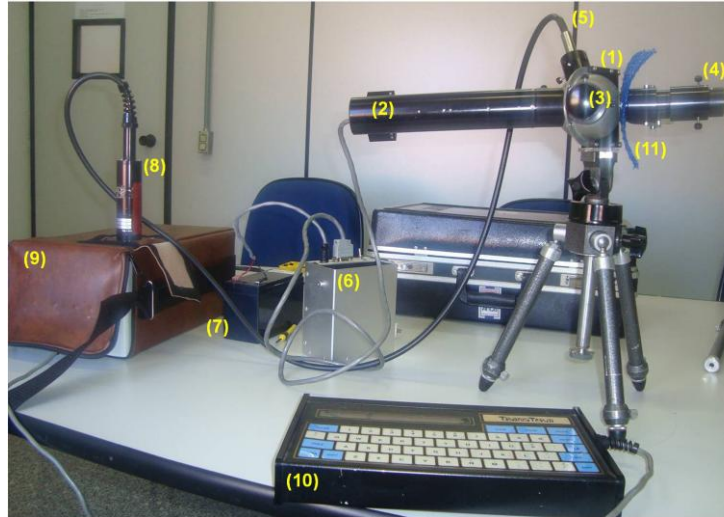


Figura 1. Conjunto formado por (1) esfera integradora (marca Licor, modelo 1800-12), com interior branco, (2) fonte de luz com lâmpada halógena, (3) placa de referência com Sulfato de Bário, (4) cápsula negra, representando corpo negro, (5) saída de luz, com cabo em fibra óptica, (6) fonte de energia (marca Licor, modelo LI 1800-12B), (7) bateria de 12 V, para alimentar a fonte de energia, (8) (marca Licor, modelo 1800-10), (9) espectroradiômetro (marca Licor, modelo 1800), (10) terminal de dados (marca Computerwise, modelo Transterm 6), (11) amostra de tela de sombreamento azul (marca Polysack).

Esse equipamento é do tipo óptico-eletrônico, utilizado para medir as propriedades da amostra – reflectividade e transmissividade - em um espectro conhecido, em faixas estreitas e sequenciais. Assim, as análises foram executadas, tomando-se cinco repetições de cada amostra (malhas e plástico).

2.5 Resultados e Discussão

Os dados médios de temperatura e de umidade relativa do ar coletados durante a realização dos cultivos de outono e inverno (Figura 2 e 3) evidenciam uma leve variação em suas médias, frente aos diferentes microambientes, principalmente na variável temperatura do ar na estação do outono, a qual demonstra ser relativamente maior no microambiente sem a presença de malha de sombreamento, principalmente em dias com temperaturas mais elevadas.

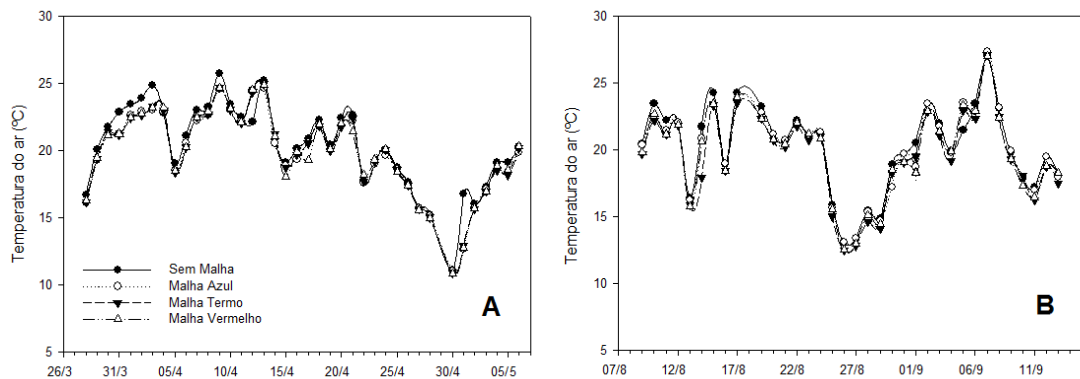


Figura 2. Variações de temperatura média diária do ar registrada no interior de diferentes coberturas durante a época do outono (A) e inverno (B) em alface cultivada em hidroponia. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

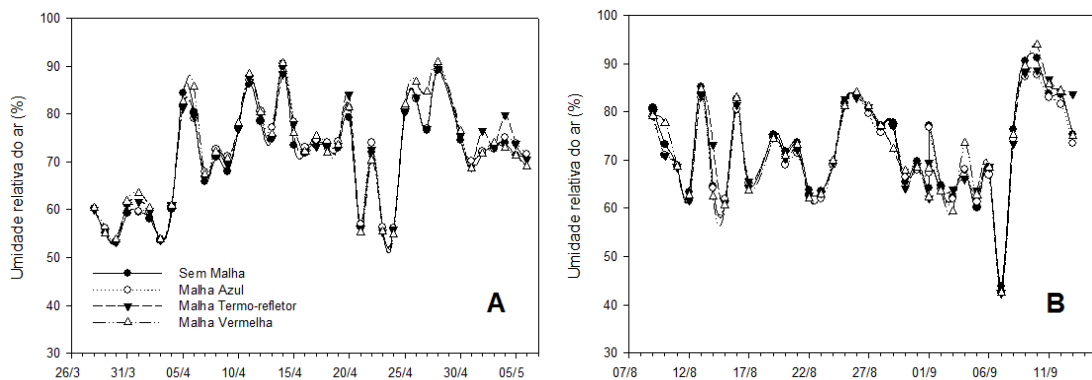


Figura 3. Variações da umidade relativa do ar registrada no interior de diferentes coberturas durante a época do outono (A) e inverno (B) em alface cultivada em hidroponia. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Considerando-se os fatores que influenciam na temperatura do ar no interior de cada ambiente, tais como tamanho e volume de cada um (iguais neste estudo), ângulo de incidência da radiação solar, filme de cobertura plástica, re-irradiação pelos objetos em seu interior (SEEMAN, 1979 e FARIAS et al., 1993), as diferenças encontradas devem ser creditadas às malhas de sombreamento com diferentes características de transmitância e reflectância e conseqüente condução de calor.

Resultados semelhantes foram encontrados por Scaranari et al. (2008), ao realizar um estudo de simulação de microclima visando a climatização de mudas de bananeira cv Grande Naine, onde o ambiente sem malha de sombreamento obteve a maior temperatura do ar média e a tendência de uma menor umidade relativa do ar média. No presente estudo para todos os

microambientes os valores destas duas variáveis climáticas estiveram quase sempre dentro da faixa ótima exigido pela cultura da alface, segundo Wien (1997) e Sganzerla (1997), entre 7 e 24°C (média de 18°C) devendo estes valores de temperatura estar conjugados com umidade relativa do ar entre 60 e 70%.

Comparando as duas épocas de cultivo, a média das temperaturas de todos os microambientes foi de 19,99°C para o cultivo de outono e 19,88°C para o cultivo de inverno, apesar de duas épocas distintas a temperatura média foi muito semelhante. O mesmo foi observado para a média das umidades relativas do ar dos diferentes microambientes, 71,35% para o cultivo de outono e 72,01% para o cultivo de inverno.

Os valores de radiação fotossinteticamente ativa (400-700nm) foram maiores no microambiente sem a presença de malha de sombreamento (Figura 4), resultado já esperado visto que as malhas de sombreamento reduzem o fluxo de radiação (SCARANARI et al, 2008). Oren-shamir et al. (2001) ao trabalhar com diferentes malhas fotoseletivas na produção de *Pittosporum variegatum*, observaram comportamento semelhante na RFA com relação as diferentes coberturas, apresentando valores semelhantes entre as diferentes malhas fotoseletivas com mesmo grau de atenuação da radiação.

Apesar das observações terem sido realizadas em apenas um dia de cada estação podemos observar maior radiação fotossinteticamente ativa no cultivo de outono comparado ao cultivo de inverno, resultado esperado devido à característica de cada época estudada.

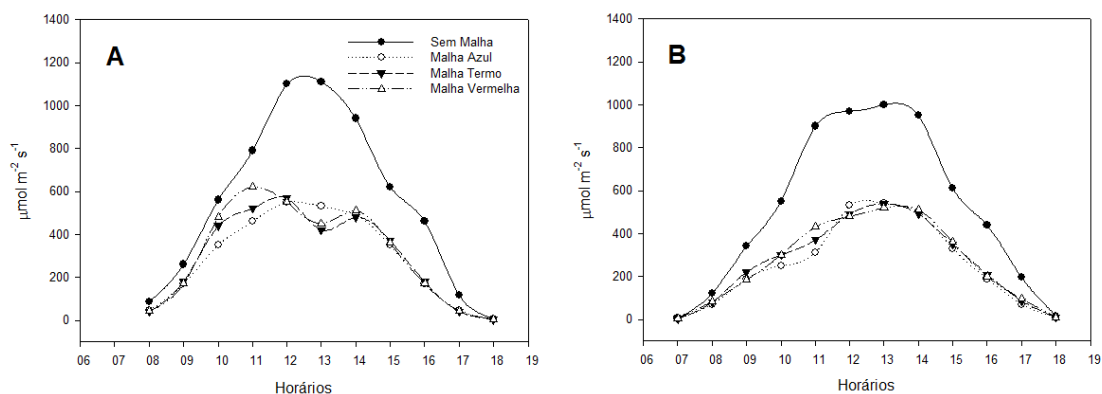


Figura 4. Radiação fotossinteticamente ativa obtida no dia 26/04/2012 (A) e no dia 11/08/2012 (B) no interior de diferentes coberturas em alface cultivada em hidroponia. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Pode-se observar que os maiores valores encontrados situam-se entre 12 e 14h. Valores semelhantes foram encontrados por COSTA et al. (2011) ao trabalhar com diferentes

malhas fotoseletivas na produção de morangueiro em ambiente protegido, onde verificaram a máxima RFA entre 11:30h e 13:30h.

Os valores de transmitância do plástico de cobertura da estufa, polietileno de baixa densidade (PEBD - 150 μ) foram de aproximadamente 87% (Figura 5), mostrando-se não seletivo, constante em todos os comprimentos de onda avaliados.

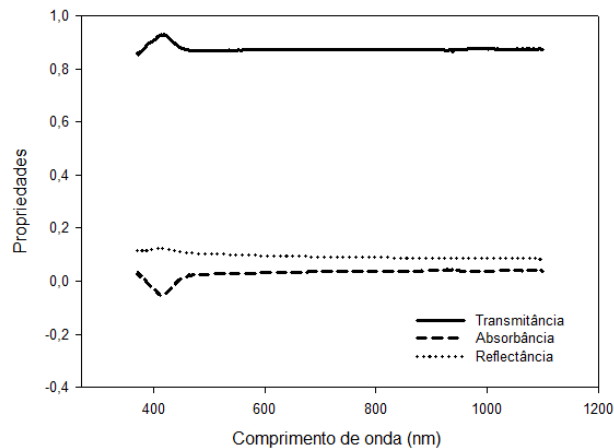


Figura 5. Propriedades radiativas espectrais do plástico de cobertura da estufa, polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 μ . UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Muitos estudos científicos foram realizados no Brasil com a finalidade de se determinar a transmissividade do filme plástico de polietileno à radiação solar (FRISINA, 2002; CAMACHO et al., 1995; FARIAS et al., 1993). Nestes estudos, a transmissividade do filme plástico ficou compreendida entre 73 e 83% e, portanto, inferiores aos valores obtidos no presente estudo, que foi em média 87% de transmitância para os espectros medidos. Esta variação pode ser explicada devido ao fato do fluxo de radiação transmitido em uma casa de vegetação ser afetado por fatores extrínsecos, como espessura do plástico, deposição de poeira, condensação da umidade atmosférica, envelhecimento do plástico e o design da estufa (CABRERA et al., 2009).

A transmitância luminosa mostrou-se diferente entre as malhas estudadas nos diferentes espectros luminosos (Figura 6). Para a malha vermelha houve dois picos de transmitância, o primeiro menos expressivo na região do azul-violeta, região de grande importância na atividade fotossintética, exercendo vigorosa ação na formação da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004), e um segundo pico de maior expressão na região do espectro acima de 590nm, região do espectro que inicia com baixo efeito fotossintético e de fraca ação sobre a formação da planta, mas após os 610nm se torna uma região de grande importância na

fotossíntese visto que é nesta faixa do espectro até 720nm ocorre a maior absorção de energia luminosa pelas clorofilas e carotenóides.

Esta informação corrobora com o exposto por Oren-Shamir et al. (2001), ao afirmar que as malhas coloridas diferem nos espectros de transmitância da radiação fotossinteticamente ativa, sendo que a malha vermelha possui maior transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm. Igualmente semelhante aos resultados obtidos por Shahak et al., (2004), que observou que a malha vermelha reduz as ondas azuis, verdes e amarelas, e adiciona ondas na faixa espectral do vermelho e vermelho distante (transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm).

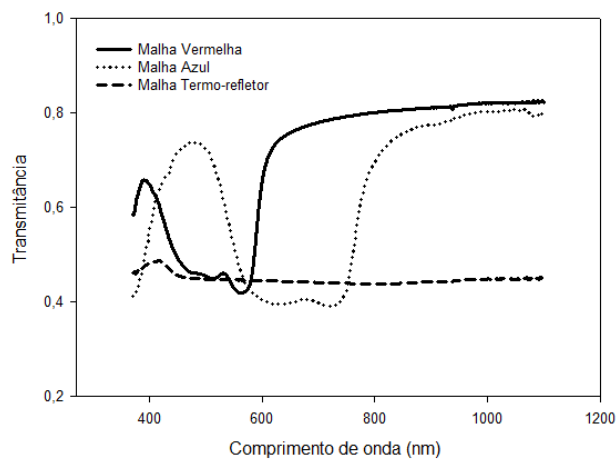


Figura 6. Espectro de transmitância para três diferentes malhas de sombreamento. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Diferentemente, a malha azul obteve um grande pico de transmitância na região espectral entre 400 e 540 nm, correspondente a região do azul-violeta, como já mencionado, esta região do espectro é de grande importância na atividade fotossintética. A grande diferença entre a malha azul e vermelha é em relação a região do vermelho e vermelho-distante, enquanto a malha vermelha possui um pico acima de 590nm a malha azul apresenta esse pico acima de 790nm, não possuindo transmitância em uma região de grande importância do processo fotossintético para os vegetais.

Os valores de transmitância para malha termo-refletor foi semelhante em todos os comprimentos de ondas avaliados. Esta malha não é seletora para determinadas faixas do espectro luminoso como é o caso da malha vermelha e azul, apresentando transmitância linear nos comprimentos de ondas avaliados.

Igualmente a transmitância a absorbância luminosa apresentou comportamento distinto entre as três malhas (Figura 7), evidenciando quais espectros em cada malha são filtrados e/ou retidos. A malha vermelha apresenta uma grande absorbância na região compreendida entre o azul e verde. A malha azul apresenta uma grande absorbância na região do verde, amarelo e vermelho. A região do vermelho tem por efeito provocar nos vegetais um grande aumento na expressão de um gene que codifica uma enzima-chave na síntese da giberelina (TOYOMATSU et al., 1998) que, por sua vez, pode promover o alongamento de internódios e o controle de floração.

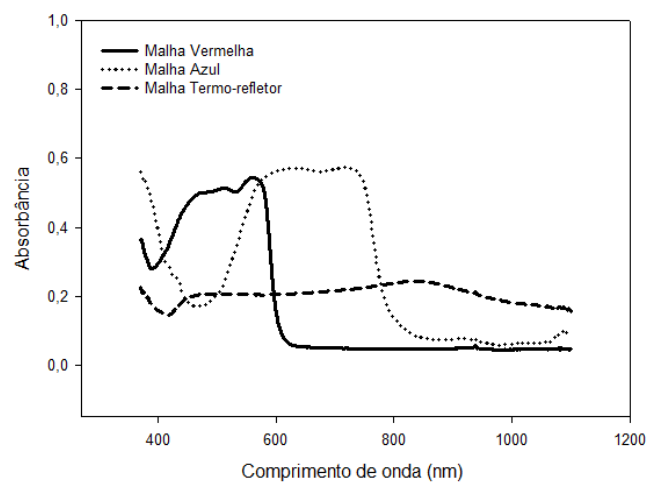


Figura 7. Espectro de absorbância para três diferentes malhas de sombreamento. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

A malha termo-refletor apresentou absorbância semelhante nos diferentes comprimentos de onda. Na região do infravermelho esta malha apresentou maior absorbância em relação às outras malhas, esta região do espectro luminoso não causa danos às plantas e é por elas absorvida, sendo utilizada sob a forma de calor sem que haja interferência com os processos biológicos. Esta malha pode resultar em menor temperatura do vegetal, por aumentar a retenção desta faixa do espectro (Huertas, 2006).

A malha termo-refletor apresentou maior reflectância em relação às outras malhas avaliadas (Figura 8). Para Guiselini et al. (2004), esta malha, por ser aluminizada, reflete parte da radiação solar similar em todos os comprimentos de onda, fazendo com que a proporção de RFA que atinge a superfície no interior do ambiente protegido, se mantenha. Nota-se que, além da reflectância, a malha termo-refletor manteve os valores de transmitância, absorbância

praticamente constante frente a todos os comprimentos de onda, evidenciando sua propriedade não seletiva.

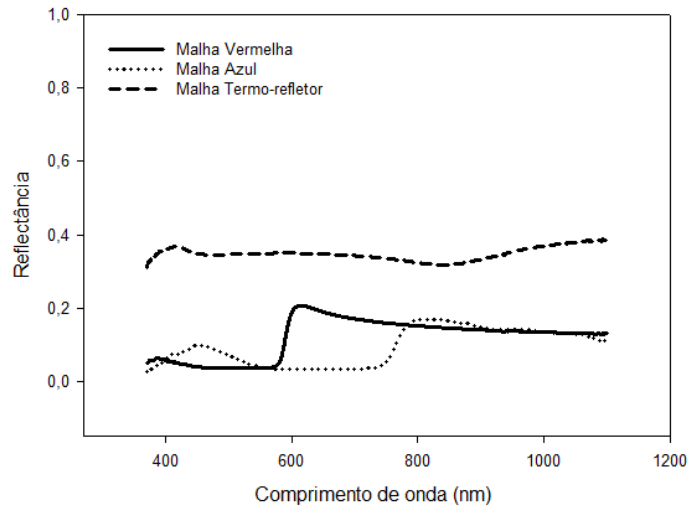


Figura 8. Espectro de reflectância para três diferentes malhas de sombreamento. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

O tempo de exposição das malhas de sombreamento à radiação solar afeta também suas propriedades ópticas, como pode ser visto na Figura 9. Após nove meses de uso a malha vermelha apresentou aumento na absorbância, resultando em uma redução na transmitância similar em todas as faixas do espectro luminoso. Semelhante a malha vermelha, a malha azul também apresentou aumento na absorbância, principalmente na região do azul e na região compreendida acima dos 800nm, o que também resultou em diminuição na transmitância desta malha.

A malha termo-refletor apresentou aumento na absorbância, mas diferentemente das outras malhas apresentou um aumento na transmitância e uma redução expressiva na reflectância, o que não foi observado nas outras duas malhas. Segundo Kittas et al. (1999), pequenas diferenças na transmissividade do material de cobertura à radiação solar podem ter efeito significativo no crescimento e no desenvolvimento das culturas. Fica evidente que após algum tempo de uso estas malhas possuem modificações nas suas propriedades ópticas e estas modificações ocorrem de forma diferenciada para cada malha de sombreamento.

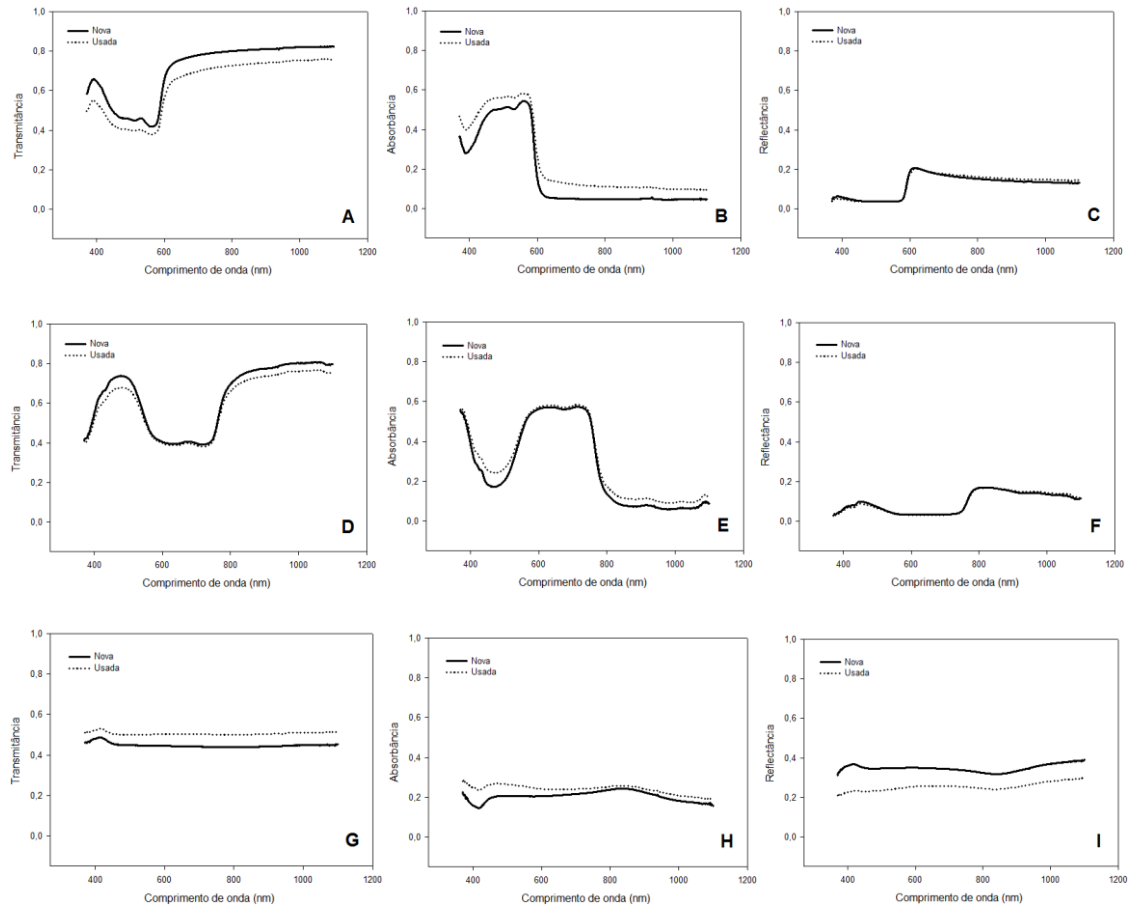


Figura 9. Espectro de transmitância, absorvância e refletância para malhas vermelha (A, B, C), azul (D, E, F) e termo-refletor (G, H, I) novas e usadas. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Frente a estes resultados, podemos observar uma grande variação no comportamento do fluxo de radiação em diferentes malhas de sombreamento, resultado semelhante ao encontrado por Holcman & Sentelhas (2012), constatando que o tipo e cor das malhas de sombreamento, afetam o microclima do ambiente, principalmente a intensidade e a qualidade de radiação solar.

2.6 Conclusão

Estes resultados evidenciam as modificações que as malhas de sombreamento promovem no microclima principalmente em relação à quantidade e qualidade da luz. As características espectrais de transmitância, absorvância e refletância são influenciadas pela cor da malha.

São necessárias pesquisas sobre fotomorfogênese tanto para elucidar os mecanismos fisiológicos através do qual as plantas controlam o seu crescimento quanto para projetar novas malhas de sombreamento com propriedades específicas radiométricas que podem atender as diversas necessidades dos vários setores envolvidos na produção vegetal.

2.7 Agradecimentos

Ao professor Dr. Paulo Ademar Martins Leal assim como ao Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, em Campinas/SP (CEPAGRI) pela parceria nesta pesquisa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

2.8 Referências Bibliográficas

- ABURRE, M. E. O. et al. Produtividade de duas cultivares de alface sob malhas termo - refletoras e difusa no cultivo de verão. In: CONGRESSO DE OLERICULTURA, 43. 2003, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SOB, 2003.
- BEZERRA NETO, F. et al. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento, temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Bahia, v.23, n.2, p. 189-192, abr./jul. 2005.
- BURIOL, G. A. et al. Alterações micrometeorológicas causadas por túneis baixos de tela plástica preta cultivados com alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, p.1-6, 1994.
- CABRERA, F. J. et al. Effects of cover diffusive properties on the components of greenhouse solar radiation. **Biosystems Engineering**, v.103, p.344-356, 2009.
- CAMACHO, M. J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.19-24, 1995.
- COSTA, R. C. et al. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Bahia v.29, p.98-102, jan./mar. 2011.
- FARIAS, J. R. B. et al. Alterações na temperatura e umidade do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v.1, n.1, p.51-62, 1993.

FRISINA, V. A. **Modelagem das radiações global, difusa e fotossinteticamente ativa em ambiente protegido e suas relações com o crescimento e produtividade da cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2002. 177f. Tese (Doutorado em energia na agricultura)-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2002.

GUISELINI, C. et al. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido II: efeito sobre a radiação solar global e a fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, p.19- 26, 2004.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba, v.16, p.858-863, 2012.

HUERTAS L. Control ambiental em el vivero. *Horticultura Internacional*. extra: 2006. 77-84p.

KITTAS, C. et al. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.73, p.341-51, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2004. 531p.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. New York: Springer, 1995. 506 p.

LUZ, A. O. et al. Resistência ao pendoamento de genótipos de alface em ambientes de cultivo. **Agrarian**, Mato Grosso do Sul, v.2, n.6, p. 71-82. Out./dez. 2009.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

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.

MATTEI, F. et al. The effect of radiant energy on growth of *Lactuca sativa* L. **Journal of Horticultural Science**, London, v.48, n.1, p.311-13, 1973.

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**, Wisconsin, v.76, n.3, p.353-361, 2001.

- PEARCY, R. W. et al. Photosynthesis in fluctuating light environment. In: Baker, N.R. (Ed.) *Photosynthesis and the environment*. New York: Kluwer, 1996. p.321-46.
- PEZZOPANE, J. E. M. et al. Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica, **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v.24, n.1, p.9-15, 2004.
- RIBEIRO, M. C. C. et al. Influência do sombrite no desenvolvimento da alface em cultivo hidropônico. **Revista Verde**, Rio Grande do Norte, v.2, n.2, p.69-72, jul./ dez. 2007.
- SALVATIERRA, E. et al. Modificação ambiental causada por tela de polietileno. I – efeito sobre a disponibilidade de energia solar, temperatura do solo e do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7, 1991, **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991.
- SANCHEZ, C. A. et al. Growth and yield of crisphead lettuce under various shade conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.114, p.884-90, 1989.
- SANTOS, L. L. et al. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Mato Grosso, v. 8, n.1, p.83- 93, 2010.
- SCARANARI, C. et al. Estudo De Simulações de Microclimas em Casas de Vegetação Visando à Aclimação de Mudas Micropropagadas de Bananeira CV Grande Naine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v.30, n.4, p.1001-1008, dez. 2008.
- SEDYAMA, G. C.; PRATES, J. E. O microclima: possibilidade de modificações. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: v.12, p.36-42, 1986.
- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: SEEMAN, J.; CHIRKOV, Y. I.; LOMAS, J.; PRIMAULT, B. **Agrometeorology**. Berlin: Springer-Verlag Berlin, 1979. p.165-178.
- SGANZERLA, E. **Nova agricultura, a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha. 1997. 297p.
- SHAHAK, Y. et al. Colornets: A New Approach for Light Manipulation in Fruit Trees. **Acta Horticulturae**, Belgium, v.636, p. 609-616, 2004.
- SHAHAK, Y. et al. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Belgium, v.659, p.143- 151, 2004.

SOUZA, D. K. S. et al. Efeito da tela plástica na temperatura do solo e radiação solar na cultura do pimentão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOYOMATSU, T. et al. Phytochrome regulates gibberellin biosynthesis during germination of photoblastic lettuce seeds. **Plant Physiology**, Stuttgart, v.118, p.1517-23, 1998.

WIEN, H. C. Lettuce. In: WIEN, H. C. **The physiology of vegetable crops**. New York: Cab International. 1997.

3 ARTIGO II

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE ALFACE CULTIVADAS EM SISTEMA FLOATING SOB MALHAS DE SOMBREAMENTO FOTOSELETIVAS

3.1 Resumo

Foi estudado o efeito de diferentes malhas de sombreamento fotoseletivas sobre o desenvolvimento de mudas de alface cultivada no sistema hidropônico floating, no período de 03/06 a 06/07 de 2012, na Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Estado do Rio Grande do Sul. Os tratamentos avaliados foram: testemunha – sem malha; malha termo-refletor; malha azul e malha vermelha, todas com 35% de sombreamento, fixadas a 0,90 m acima dos leitos de cultivo de alface crespa, cultivar ‘Solaris’. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro microambientes, três repetições e três plantas úteis por parcela. Foram avaliadas as características: número de folhas, área foliar fitomassa fresca e seca de raízes, caules e folhas, comprimento do caule, razão parte aérea/raiz e área foliar específica. Foi observado maior acúmulo de fitomassa fresca e seca nas mudas sob malha termo-refletor e malha vermelha. A área foliar e área foliar específica foram maiores nas plantas sob as malhas de sombreamento, refletindo uma adaptação destas para maximizar a absorção de luz.

Palavras-chave: Fotomorfogênese. Radiação solar. Malhas coloridas.

3.2 Abstract

Was studied the effect of different photoselective shading nets on development of lettuce grown hydroponically in floating in the period from 03/06 to 06/07, 2012, at the Federal University of Santa Maria, Frederico Westphalen Campus, state of RS. The treatments were: control - without net, term-reflector net; blue and red net, all with 35% shade, fixed at 0.90 m above the beds of lettuce cultivation, farming 'Solaris'. Was used a randomized block design, with four microenvironments, three repetitions and three plants per plot. Characteristics were evaluated: number of leaves, leaf area, fresh weight and dry weight of roots, stems and leaves, stem length, why shoot / root and specific leaf area. The greater accumulation of fresh biomass and dry was observed in the seedlings under term-reflector net

and red net. Leaf area and specific leaf area were higher in plants under shading nets, reflecting an adaptation of these to maximize light absorption.

Keywords: Photomorphogenesis. Solar radiation. Colored nets.

3.3 Introdução

O sucesso da produção de alface e também de outras hortaliças folhosas está intimamente ligado a qualidade das mudas utilizadas, o que torna o cultivo de hortaliças mais competitivo, com o aumento de produtividade e diminuição dos riscos de produção. Segundo Minami (1993), embora a produção de mudas em olerícolas tenha sido considerada uma etapa normal e até obrigatória, há uma grande variabilidade dos sistemas empregados e a tendência atual, é de sofisticar o processo, para aprimorar a qualidade das mudas, pela introdução de novas técnicas.

Uma técnica recente utilizada para a produção de mudas de hortaliças é o sistema denominado de flutuante (floating). Esse sistema consiste em colocar bandejas com substrato em um tanque contendo solução nutritiva, que fornecerá nutrientes para o desenvolvimento das mudas, independente da fertilidade do substrato, servindo, ainda, como suprimento de água e dispensando o uso de irrigação (BORNE, 1999). Considerando que essa técnica é recente no Brasil, estudos estão sendo conduzidos para se estabelecer as melhores combinações entre diferentes substratos e soluções nutritivas, para que esse método possa ser indicado para as diversas espécies hortícolas (BOEMO et al., 2000).

Malhas de polipropileno, sombrites, são cada vez mais utilizados, com intuito de reduzir a incidência direta dos raios solares para espécies que necessitam de um menor fluxo de energia radiante. A utilização de malhas de sombreamento em locais e épocas de temperatura e luminosidade elevadas pode conduzir as hortaliças de folhas dentro de uma variação ótima de luminosidade, reduzindo a intensidade da energia radiante com melhor ajuste na sua distribuição. Setubal e Silva (1992) ressaltam que a alface, procedente de regiões de clima temperado, quando cultivada em condições de temperatura e luminosidade elevadas, deixa de manifestar todo seu potencial genético, havendo redução do ciclo e antecipação da fase reprodutiva.

Uma nova tecnologia que está sendo estudada em cultivo protegido é a utilização de malhas de sombreamento com aditivos e pigmentação (coloridas), com o intuito de alterar o espectro radiante podendo trazer benefícios a produção vegetal. Atualmente muitas pesquisas têm revelado aumento produtivo em muitas culturas, principalmente frutíferas, medicinais e

ornamentais (STAMPS, 2009; MELO & ALVARENGA, 2009; MARTINS et al., 2009, BRANT et al., 2009). Outro tipo de malha de proteção que pode ser utilizada é a termorefletora aluminizada, que altera as propriedades da radiação, aumentando sua reflexão, além de permitir controle de temperatura (LEITE et al., 2008).

Avaliando diferentes tipos de malhas de sombreamento na relação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) com a radiação solar global, Holcman & Sentelhas et al. (2012) verificaram maior relação de RFA para as malhas coloridas em relação a malha preta e também o ambiente sem malha. Ramos (1995) verificou que o sombreamento de 30% proporcionou maior altura de plantas e maior produção de massa seca de plantas de alface, tanto na fase de formação de mudas quanto na fase de campo. Queiroga (2000), avaliando o efeito de tipos de malhas de sombreamento em cultivares de alface observou que o ambiente com malha de sombreamento proporcionou ganho de produtividade de 27% em relação à alface sem sombreamento.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de diferentes malhas de sombreamento, verificando as mudanças que estas malhas causam ao ambiente e o estabelecimento de mudas de alface.

3.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, modelo arco-pampeano, com 10m de largura e 20m de comprimento, coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), localizado na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen - RS, com localização geográfica 27° 23' 48'' de latitude sul, 53° 25' 45'' de longitude oeste e altitude de 490m. O clima classificado como Cfa - clima temperado úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961). A abertura e o fechamento da estufa foram realizados conforme as condições meteorológicas ocorridas no decorrer do dia.

O experimento foi conduzido no período de 03/06 a 06/07 de 2012, os microambientes avaliados foram formados por diferentes malhas de sombreamento (testemunha – sem malha, malha Chromatinet azul, Chromatinet vermelha e Aluminet prata todas com 35% de sombreamento) utilizadas no cultivo de alface crespa, cultivar 'Solaris' em sistema hidropônico floating, as malhas foram fixadas a 0,90 metros acima dos leitos de cultivos.

As sementes de alface foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, preenchidas com substrato comercial a base de casca de pinus (Plantmax). Após a

semeadura as bandejas foram colocadas em sistema de irrigação tipo “floating”, contendo uma lâmina de aproximadamente 10 cm de água. As bandejas permaneceram flutuando em água até total emergência das plântulas. Após a emergência, as mudas receberam no sistema “floating” solução nutritiva comercial recomendada para hortaliças folhosas (Hidrogoodfert), mantendo condutividade de $1,8 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH na faixa de 5,5 à 6,5, ficando neste sistema até o dia 06 de julho de 2012, aos 33 dias após a semeadura, ponto onde as mudas apresentavam-se prontas para o transplante.

Neste momento foram coletadas três plantas por parcela, três parcelas por tratamento, sendo acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados, imediatamente levados ao laboratório. Os sistemas radiculares foram lavados para eliminar o substrato aderido e cada planta e dividida em folhas, caule e sistema radicular. Em seguida, foi determinado o comprimento do caule com o auxílio de uma régua graduada e a área foliar total, utilizando-se medidor de área foliar (LI- 3100 Area Meter, LICOR, EUA).

Todo o material coletado foi pesado em balança analítica de precisão para determinação da partição da fitomassa fresca. Após pesagem o material foi colocado em estufa de ar circulante a 65°C até peso constante, sendo que, posteriormente procedeu-se a pesagem do material seco para determinação da partição da fitomassa seca, de modo que, a partir dessas avaliações, foram calculadas a razão parte aérea/raiz (A/R) e a área foliar específica (AFE) de acordo com Benincasa (1988).

Durante o período experimental foi registrado diariamente a temperatura e umidade relativa do ar média no interior de cada microambiente através de um termo-higrômetro da marca instrutherm modelo HTR 170. Foram também utilizados os dados de radiação solar incidente de uma estação automática do Instituto nacional de meteorologia (INMET) localizada a 150 m do experimento, para verificar a disponibilidade luminosa no período de cultivo.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela constituída de três plantas úteis, com bordadura externa para todas as repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de média (Tukey), utilizando o sistema computacional Statistical Analysis System (SAS).

3.5 Resultados e Discussão

Os dados de temperatura e de umidade relativa do ar médios coletados durante a o período de produção de mudas de alface evidenciam uma leve variação frente aos diferentes

microambientes, podendo ser observado principalmente na temperatura do ar, levemente maior no microambiente sem malha de sombreamento (Figura 1). Resultado semelhante encontrado por Santos et al. (2010) que também observaram maior temperatura do ar no ambiente sem a utilização de malhas de sombreamento. A redução de temperatura observada neste trabalho está inferior à descrita por Aburre et al. (2003), onde os malhas apresentam redução de 10 a 20 % na temperatura do ar. Segundo Seemann (1979), a temperatura do ar no interior de um ambiente protegido e telados pode variar de acordo com seu volume e tamanho, bem como o tipo de cobertura, abertura ou não de cortinas, com a cobertura do solo e a incidência da radiação solar, podendo ocorrer assim influência nas temperaturas.

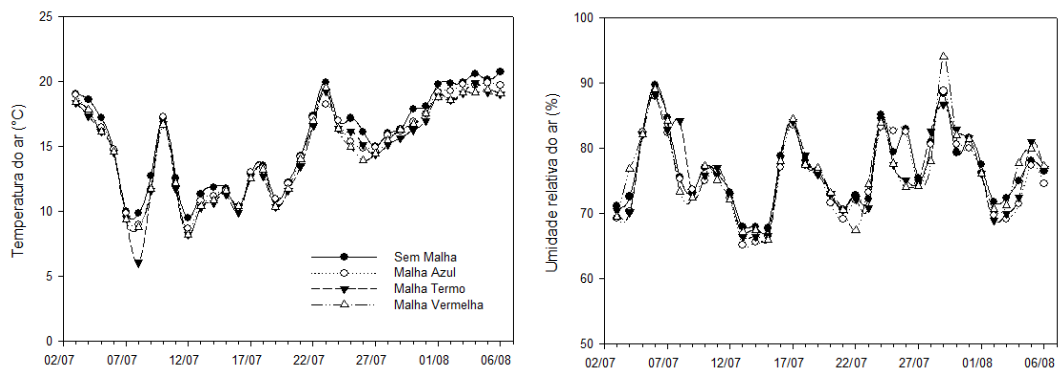


Figura 1. Variações da temperatura e umidade relativa do ar média diária registrada sob diferentes malhas fotoseletivas no cultivo de mudas de alface crespa em hidroponia. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

A radiação solar global incidente, observado fora da estufa, oscilou entre o valor máximo de 16,4 e mínimo de 2,55 MJ m⁻² dia⁻¹, considerando que o plástico da cobertura da estufa possui em média transmissividade de 78% (FRISINA, 2002; CAMACHO et al., 1995; FARIAS et al., 1993), somando com a atenuação das malhas de sombreamento de 35%, obteve no período de produção de mudas, radiação incidente em média de 5,96 MJ m⁻² dia⁻¹ para os ambientes com malhas de sombreamento e 9,165 MJ m⁻² dia⁻¹ para o ambiente sem malha, estes valores ficam acima dos encontrados por Caron et al (2003) que verificou que o crescimento da alface ocorre mesmo com baixos valores de radiação solar global (4,4 MJ m⁻² dia⁻¹).

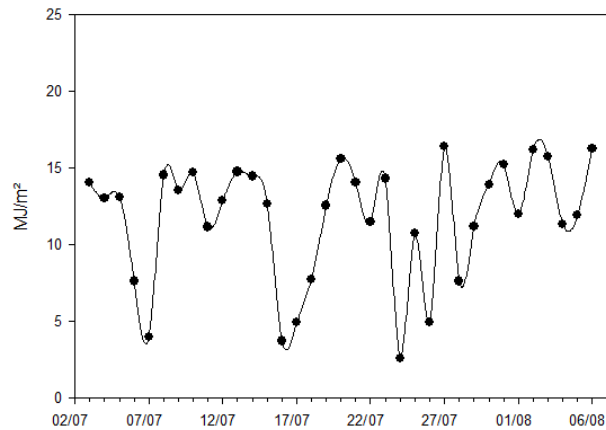


Figura 2. Variações da radiação solar global incidente (dados da estação automática do INMET) durante o cultivo de mudas de alface crespa em hidroponia. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

A análise de variância demonstrou efeito significativo ($p < 0,01$) das malhas de sombreamento para as variáveis fitomassa fresca de folha, raiz e caule e fitomassa seca de folha e total, não apresentando efeito significativo das malhas para a variável fitomassa seca de raiz, possivelmente por ter apresentado um coeficiente de variação relativamente alto (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características fitomassa fresca de folha (FFF), fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa fresca de caule (FFC), fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST). Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		FFF	FFR	FFC	FSF	FSR	FST
Ambiente	3	0,505**	0,022**	0,0005**	0,001**	0,00006	0,0042**
Blocos	2	0,023	0,001	0,00006	0,0001	0,00001	0,0006
Resíduo	28	0,012	0,002	0,00003	0,00006	0,00002	0,0002
CV(%)		19,36	29,27	27,38	22,94	51,93	24,55

**Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para a variável fitomassa fresca de folha observou-se que o microambiente com malha termo-refletor apresentou maior média, 0,82g não diferindo estatisticamente do microambiente com malha vermelha que apresentou valor médio de 0,71g os microambientes com malha azul e sem malha apresentaram as menores média, 0,37g e 0,35g respectivamente (Tabela 2). Kendrick & Frankland (1981) observaram, afirmando que plantas que crescem em ambiente coberto têm maior massa foliar que as que crescem em plena luz do sol.

Tabela 2. Média de fitomassa fresca de folha (FFF), fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa fresca de caule (FFC), fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) de mudas de alface cultivada sob malhas de sombreamento fotoseletivas. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	FFF	FFR	FFC	FSF	FSR	FST
(gramas/planta)						
Sem Malha	0,35 b*	0,12 bc	0,02 b	0,028 b	0,009 a	0,054 b
Malha Azul	0,37 b	0,11 c	0,01 b	0,023 b	0,006 a	0,043 b
Malha Termo	0,82 a	0,22 a	0,03 a	0,047 a	0,012 a	0,089 a
Malha Vermelha	0,71 a	0,17 ab	0,02 a	0,043 a	0,011 a	0,079 a
CV(%)	19,36	29,27	27,38	22,94	51,93	24,55

* Médias seguidas de mesmas letras não diferem os ambientes, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Comportamento semelhante foi encontrado nas variáveis fitomassa fresca de caule, fitomassa seca de folha e total. Plantas sombreadas, restrita a radiação direta, podem se tornar mais eficiente na realização da fotossíntese, iniciando o processo em menor quantidade de radiação, se comparada à planta com maior radiação, pois respiram com menor intensidade e dessa forma compensam consideravelmente a redução do ganho de carbono nas condições de menor radiação (LARCHER, 2000). Para a variável fitomassa fresca de raiz, o microambiente com malha azul obteve a menor média, possivelmente por esta malha não favorecer o acúmulo de fitomassa na raiz. Mesmo apresentando uma grande diferença entre as médias, não houve diferença estatística das malhas para a variável fitomassa seca de raiz.

Esses resultados concordam com Ramos (1995) que verificou que o efeito do sombreamento proporcionou maior produção de matéria seca de alface tanto na fase de formação de mudas quanto na fase de produção comercial. No estudo presente verificamos que não apenas a intensidade de sombreamento, mas a qualidade luminosa influencia no acúmulo de massa seca de mudas de alface. O comportamento da variação microclimática das malhas de sombreamento, reforçando o fato de que a radiação solar interceptada e absorvida pelos vegetais é a fonte exclusiva de energia para os processos físicos, fisiológicos e bioquímicos, sendo de grande importância para determinação do acúmulo de massa seca e perda de água (CAMPBELL & NORMAN, 1998; MELO-ABREU et al., 2002).

A análise de variância demonstrou efeito significativo ($p < 0,01$) das malhas de sombreamento para as variáveis, área foliar, comprimento da parte aérea e área foliar específica, efeito significativo ($p < 0,05$) das malhas de sombreamento para o variável número

de folhas, não apresentando efeito significativo para as variáveis comprimento do caule e razão parte aérea/raiz (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do caule (CC), área foliar específica (AFE) e razão parte aérea/raiz (A/R). Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		NF	AF	CPA	CC	AFE	A/R
Ambiente	3	0,916*	921,695**	38,599**	0,083	128152,67**	8,475
Blocos	2	0,251	33,646	0,631	0,131	9050,24	0,849
Resíduo	28	0,119	10,926	0,276	0,055	6815,84	6,893
CV(%)		9,2	13,3	6,44	12,47	11,72	58,41

**Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para a variável número de folhas os microambientes malha termo-refletor e malha vermelha apresentaram maiores médias (4 folhas/planta), não diferindo estatisticamente do ambiente sem malha (3,7 folhas/planta) (Tabela 4). O microambiente malha azul apresentou menor média para esta variável (3,3 folhas/planta). Comportamento semelhante foi observado na variável área foliar, onde a malha termo-refletor apresentou 35,07 cm² e malha vermelha 31,89 cm², os microambientes malha azul e sem malha apresentaram as menores médias, 17,73 e 14,73 cm² respectivamente, Whatley & Whatley (1982) verificaram que plantas mantidas em sombreamento tendem a ser mais altas e apresentam maior área foliar que as que crescem em plena luz do sol, pois a luz intensa favorece o desenvolvimento de células longas e as que crescem em ambiente coberto apresentam maior formação de parênquima lacunoso.

Tabela 4. Média de número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do caule (CC), área foliar específica (AFE) e razão parte aérea/raiz (A/R) de mudas de alface cultivada sob malhas de sombreamento fotoseletivas. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	NF	AF	CPA	CC	AFE	A/R
		(cm ²)	(cm)		(cm ² . g ⁻¹)	
Sem Malha	3,7 ab	14,73 b	5,52 c	1,79 a	525,63 b	3,29 a
Malha Azul	3,3 b	17,73 b	7,54 b	1,81 a	767,31 a	4,13 a
Malha Termo	4,0 a	35,07 a	10,10 a	2,00 a	761,40 a	5,27 a
Malha Vermelha	4,0 a	31,89 a	9,49 a	1,90 a	764,01 a	5,29 a
CV(%)	9,2	13,3	6,44	12,47	11,72	58,41

* Médias seguidas de mesmas letras não diferem os ambientes, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável comprimento da parte aérea houve tendência de maior crescimento para os microambientes que obtiveram maiores acúmulos de fitomassa na parte aérea, revelando não apenas um maior acúmulo de matéria como um maior crescimento da parte aérea (Tabela 4). Estes resultados assemelham-se dos obtidos por Queiroga (2000), que encontrou diferenças entre os tipos de tela de sombreamento na altura de plantas de alface. O comprimento do caule não apresentou diferença estatística entre os microambientes avaliados, embora ficasse evidente um maior comprimento deste órgão nos ambientes sombreados.

A variável área foliar específica representa a razão entre a área foliar e a fitomassa seca de folhas, os microambientes sombreados foram superiores ao ambiente sem malha de sombreamento, esse resultado mostra que nos ambientes sombreados as folhas das mudas de alface apresentaram-se mais finas em relação ao ambiente sem malha (Tabela 4). De maneira geral, plantas que possuem certa plasticidade apresentam incremento na área foliar específica quando em ambientes com baixa disponibilidade de radiação (NIINEMETS et al., 1998; MORAIS et al., 2004). Mesmo não ocorrendo diferença significativa entre os microambientes para a variável razão parte aérea/raiz podemos observar que há maior tendência relativa ao direcionamento de matéria seca para raízes em plantas cultivadas sob pleno sol, e para a parte aérea, em plantas sob as malhas de sombreamento.

Como pode se observar na Figura 3 fica evidente que as plantas crescidas sob malha termo-refletor e malha vermelha apresentaram desenvolvimento superior as plantas crescidas sob malha azul e sem malha. Este resultado em parte se assemelha aos encontrados por Seabra et al. (2009) que verificaram um aumento de produção de plantas de alface em aproximadamente 20% ao utilizar malha termo-refletor. A malha azul mesmo apresentando a mesma quantidade de atenuação que as malhas termo-refletor e malha vermelha não favoreceu o desenvolvimento de mudas de alface, possivelmente por apresentar diferenças seletivas em diferentes espectros luminosos.

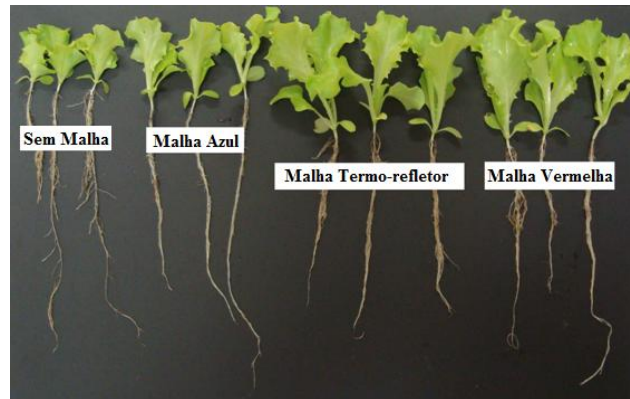


Figura 3. Mudanças de alface cultivada em sistema hidropônico floating sob diferentes malhas de sombreamento fotoseletivas, 34 dias após a semeadura. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

3.6 Conclusão

A produção de mudas de alface apresentou desenvolvimento distinto entre as malhas de sombreamento e o ambiente sem malha, mesmo em uma época de menor disponibilidade luminosa, as malhas termo-refletor e malha vermelha foram superiores ao ambiente sem malha de sombreamento. A malha azul não foi favorável ao desenvolvimento de mudas de alface.

3.7 Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

3.8 Referências Bibliográficas

ABURRE, M. E. O. et al. Produtividade de duas cultivares de alface sob malhas termo-refletoras e difusa no cultivo de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43. 2003, Recife. **Anais...** Recife: Associação Brasileira de Horticultura, 2003. Brasília, v.21, n.2, 2003, CD-ROM.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas:** noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 1988.41p.

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 72).

BOEMO, M. P.; ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; SARTORI, L. S. Comparação do crescimento de mudas de tomateiro e melão nos sistemas de irrigação por aspersão, subirrigação e floating. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, (Suplemento) p.560- 561, jul., 2000.

BORNE, H. R. **Produção de mudas de hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 189 p., 1999.

BRANT, R. S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5. p.345- 354, 2009.

CAMACHO, M. J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.19-24, 1995.

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. **An introduction to environmental biophysics**. New York: Springer-velag. 1998. 286 p.

CARON, B. O. et al. Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.275-283, 2003.

FARIAS, J.R.B. et al. Alterações na temperatura e umidade do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v.1, n.1, p.51-62, 1993.

FRISINA, V. A. **Modelagem das radiações global, difusa e fotossinteticamente ativa em ambiente protegido e suas relações com o crescimento e produtividade da cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2002. 177f. Tese (Doutorado em energia na agricultura)- Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2002.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba, v.16, p.858-863, 2012.

KENDRICK, R. E.; FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1981. 76p.

KLEEMANN, M. Effect of photosensitive plastics on the quality of lettuce. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.633, n.1, p.173-179, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

LEITE, C. A. et al. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of phalaenopsis. **Acta Horticulturae**, v.770, p.177-184, 2008.

MARTINS, J. R. et al. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria. v.23. n.4. p.356-363. 2009.

MELO, A. A. M.; ALVARENGA, A. A; Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don 'Pacífica White' por malhas coloridas: Desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.33, n.2, p.567-573. 2009.

MELO-ABREU, P. de; ANYPER, R. L.; RIBEIRO, A. C. Modeling radiation transmission interception and reflection in a hedgerow apple orchard in the northeastern Portugal. **Acta Horticulturae**, v.32, n.1, p.73-80, 2002.

MINAMI, K. **Produção de mudas em recipientes**. Piracicaba: ESALQ, 1993. 16 p.

MORAIS, H. et al. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.6, p.863-871, 2004.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

NIINEMETS, U. et al. An analysis of light effects on foliar morphology, physiology, and light interception in temperate deciduous woody species of contrasting shade tolerance. **Tree Physiology**, Canadá, v.18, n.10, p.681-696, 1998.

QUEIROGA, R. C. F. **Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró – RN**. 2000. 28 f. (Dissertação mestrado) - ESAM, Mossoró.

RAMOS, A. R. P. et al.. Influência do sombreamento na emergência de plântulas de rúcula no Submédio São Francisco. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 47°. 2007, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: Associação Brasileira de Horticultura, 2007. Brasília, 2007.

RAMOS, J. E. L. **Sombreamento e tipos de recipientes na formação de mudas e produção em alface.** 1995. 53 f. (Dissertação mestrado) - ESAM, Mossoró, 1995.

ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro.** 2007. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2007.

SANTOS, L. L.; SEABRA J. R. S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo m ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-ambientais.** v.8, n.3, p.83-93, 2010.

SEABRA JUNIOR S. et al. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes telas de sombreamento no período de inverno. **Horticultura Brasileira,** v.28, p.252-259, 2010.

SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: SEEMANN, **Journal Agrometeorology.** New York: Springer- Verlag, 1979. p.165-178.

SETUBAL, W. J.; SILVA, A. R. **Avaliação do comportamento de alface de verão em condições de calor no município de TeresinaPI.** Teresina: UFPI, 1992. 17 p. (Mimeografado).

SILVA, V. F. et al. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v.18, n.3, p.183-187, nov. 2000.

SILVA, V. F. **Cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas.** 1999. 25 f. (Tese mestrado) - ESAM, Mossoró. 1999.

STAMPS, R. H. Use of colored shade netting in horticulture. **HortScience,** v.44 (2), April, 2009.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas: temas de biologia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1982, 101p.

4 ARTIGO III

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ALFACE HIDROPÔNICO CULTIVADO SOB MALHAS FOTOSELETIVAS

4.1 Resumo

A utilização de malhas com diferentes características espectrais no cultivo de algumas espécies olerícolas tornou-se muito comum nos últimos anos. Diante da grande influência que a radiação solar exerce sobre os vegetais, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoseletivas no crescimento e desenvolvimento de plantas de alface crespa cultivadas em sistema hidropônico do tipo fluxo laminar de solução. O experimento foi realizado em ambiente protegido, utilizando-se as malhas: Chromatinet azul, Chromatinet vermelha, Aluminet prata e sem malha (testemunha), todas com 35% de sombreamento, fixadas a 0,90 m dos perfis hidropônicos. As avaliações foram feitas a cada sete dias em duas épocas de cultivo, outono e inverno, e os parâmetros avaliados foram: número de folhas, área foliar, comprimento do caule, fitomassa fresca e seca de folha e fitomassa seca de raiz. As diferentes malhas de sombreamento modificam o crescimento e desenvolvimento da alface. As plantas crescidas sob malha azul apresentaram menor área foliar, fitomassa seca de folhas, raiz e caule.

Palavras-chave: Fotomorfogênese. Radiação solar. Malhas coloridas.

4.2 Abstract

The use of nettings with different spectral characteristics in the cultivation of certain vegetable crops has become very common in recent years. Against the great influence that the solar radiation on plants, accomplished this research was conducted with the objective of evaluating the effect of intensity and spectral quality of light transmitted through the photoselective nets the growth and development of lettuce plants grown hydroponically type laminar flow of solution. The experiment was conducted in a greenhouse, using shading nets: Chromatinet blue, red Chromatinet, Aluminet silver net and without net (control), all with 35% shade, fixed to 0.90 m of hydroponic profiles. The evaluations were done every seven days in two cropping seasons, autumn and winter, and the parameters were evaluated: number of leaves, leaf area, stem length, fresh weight and dry leaf and root dry weight. The different

shading modifies the growth and development of lettuce. Plants grown under blue net had less leaf area, dry weight of leaves, stem and root.

Keywords: Photomorphogenesis. Solar radiation. Colored nets.

4.3 Introdução

A radiação solar é a fonte de energia para a fotossíntese e atua como um fator ambiental que regula o crescimento e o desenvolvimento das plantas (WEI & DENG, 1996). As plantas utilizam sinalizadores para promover determinados padrões de crescimento e estes respondem à qualidade de luz, crescendo sob uma região limitada no espectro visível e exibindo morfologia e fisiologia determinadas pelas variações ocorridas neste espectro (ALMEIDA & MUNDSTOCK, 2001; ESKINS & BEREMAND, 1990).

A dependência das plantas à luz é um processo complexo que envolve a ação combinada de fotorreceptores que controlam estádios variados no desenvolvimento. Fotorreceptores como criptocromo, fitocromo, dentre outros, podem captar variações tanto na intensidade como na qualidade de luz, adaptando seu desenvolvimento às condições a que estão expostas (AFREEN et al., 2005).

Com base nisto, surgiram no mercado malhas coloridas e termorefloras visando alterar o comprimento de onda e quantidade de energia que chega às plantas. As malhas coloridas representam um novo conceito agrotecnológico, tendo como finalidade combinar a proteção física com a filtragem diferencial da radiação solar, para promover respostas fisiológicas específicas que são reguladas pela luz (BRANT et al., 2009). A malha azul transmite luz de uma banda larga em 470nm (azul), além de outros picos na região do vermelho distante e infravermelho (acima de 750nm), enquanto a malha vermelha possui uma maior transmitância em comprimentos de onda acima de 590nm (vermelho) e um pico menor em torno de 400nm (violeta), reduzindo ondas azuis, verdes e amarelas (SHAHAK et al., 2004). Outra nova geração de malha é a termorreflor, que tem sido recentemente adotada no Brasil. Essas malhas permitem manejar a diferença de temperatura entre o dia e a noite, o que possibilita a formação de certos microclimas, protegendo as plantas da radiação solar excessiva e conservando o calor no interior do ambiente (LEITE et al., 2008).

Como já observado em alguns estudos sobre características espectrais, a radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas (BRAGA et al., 2009). Destaca-se nesse caso, a melhoria na capacidade fotossintética, pela ação direta dessas duas faixas do espectro eletromagnético nas etapas

fotoquímica e bioquímica da fotossíntese (HOGEWONING et al., 2007). Matsuda et al., (2004) concluíram que plantas cultivadas sob luz vermelha, em combinação com a azul, mostraram maior taxa fotossintética e maior ativação no metabolismo do nitrogênio nas folhas, em comparação àquelas cultivadas somente sob luz vermelha. Os resultados acima descritos, entretanto, não podem ser generalizados, pois alguns autores citam que a influência da qualidade da radiação, sobre o crescimento e o desenvolvimento está associada à espécie vegetal (BRAGA et al., 2009).

Assim, observando a grande influência que a radiação solar exerce sobre o desenvolvimento vegetal, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoseletivas no crescimento e desenvolvimento de plantas de alface crespa cultivada em hidroponia.

4.4 Material e Métodos

O experimento foi realizado em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen - RS, com coordenadas geográficas: 27° 23' 48'' de latitude sul, 53° 25' 45'' de longitude oeste, altitude de 490m e o clima classificado como Cfa - clima temperado úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 4x3x2. Os quatro microambientes testados, na fase de bancada de produção final, foram: sem malha (testemunha), malha azul (Chromatinet azul), malha termo-refletor (Aluminet) e malha vermelha (Chromatinet vermelha), todas as malhas com 35% de sombreamento. As três cultivares de alface avaliadas foram Vera, Vanda e Solaris, sendo todas do grupo das crespas, e a condução do experimento ocorreu em duas épocas de cultivo: outono e inverno. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 3 repetições.

A produção de mudas foi realizada com sementes peletizadas semeadas em placas de espuma fenólica, mantidas em local escuro por aproximadamente 30 horas. A semeadura para a estação do outono foi realizada no dia 06/03/2012 e para a estação do inverno no dia 30/06/2012. Após a emergência as placas de espuma fenólica foram colocadas em um sistema denominado maternidade, constituído de uma placa de acrílico plana, apoiada sobre cavaletes metálicos que proporcionaram declividade de aproximadamente 3%. A solução nutritiva utilizada nesta etapa foi a solução comercial HidrogoodFert (Anexo 1), preparada e diluída para 50% de sua concentração em reservatório de polietileno contendo 50 litros de solução. A

irrigação nesta etapa foi realizada em turnos de 15 minutos a cada intervalo de 60 minutos no período diurno (06:00 – 19:00h), verificando-se a umidade da espuma fenólica e ajustando o turno de irrigação assim que necessário. No período noturno (19:00 – 06:00h) a irrigação foi realizada em turnos de 15 minutos a cada intervalo de três horas.

As mudas foram transplantadas para o berçário, nos dias 14/03/2012 (outono) e 24/07/2012 (inverno), quando atingiram de duas a três folhas definitivas. A etapa de berçário é necessária para que as plantas adaptem-se aos perfis hidropônicos, e desenvolva a parte aérea e o sistema radicular para uma melhor sustentação. O berçário foi constituído por perfis hidropônicos com canais de 40mm com 3 cm de profundidade, espaçados de sete centímetros, com distância de 10 cm entre plantas nos canais apoiados sobre cavaletes metálicos com declividade aproximada de 3%. As mudas permaneceram no berçário até atingiram de seis à sete folhas definitivas, tamanho adequado para sustentarem-se nos perfis da bancada de produção final. A solução nutritiva utilizada na fase de berçário foi a comercial *HidrogoodFert* (Anexo 1), preparada e diluída para 50% de sua concentração em reservatório de fibra de vidro, contendo 400 litros de solução. A irrigação na etapa de berçário foi realizada em turnos de 15 minutos a cada intervalo de 15 minutos no período diurno (06:00 – 19:00h), e 15 minutos a cada intervalo de duas horas no período noturno (19:00 – 06:00h).

O controle do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva foi realizado diariamente, medindo-se o pH através de um peagâmetro digital (modelo PH-009IA) e a condutividade elétrica através de um condutivímetro (modelo Az-8301). O pH da solução nutritiva foi mantido próximo de 6,0 ($\pm 0,5$), utilizando-se ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 10% de concentração ou hidróxido de sódio (NaOH) 2,0N para correção. Sempre que a leitura de condutividade elétrica da solução nutritiva atingiu 50% da concentração inicial, foi efetuada a reposição de 50% dos nutrientes.

Após a etapa de berçário realizou-se o transplante das plantas para as bancadas de produção final, sendo realizada no 29/03/2012 (outono) e 09/08/2012 (inverno). As bancadas foram formadas por onze perfis hidropônicos de seis metros de comprimento, 0,10m de largura e 0,05m de profundidade. O espaçamento adotado foi de 0,25m entre plantas nos perfis e 0,20m entre plantas de perfis vizinhos. Assim, o sistema foi formado por quatro bancadas (totalizando 44 perfis), resultando em 132 plantas úteis por tratamento e 110 plantas de bordadura, totalizando 242 plantas por bancada e 968 plantas em todo o experimento. Todo este sistema foi alimentado por uma motobomba de 1,0 HP e um reservatório de fibra de vidro com capacidade para 1000 litros, sendo a solução nutritiva bombeada e recolhida no final das bancadas de cultivo através de calhas coletoras, caracterizando um sistema fechado. As

bancadas foram sustentadas por cavaletes de madeira, de aproximadamente um metro de altura, dando uma declividade de 4%. A solução nutritiva utilizada foi a mesma utilizada nas fases iniciais a 100%, na quantidade de 800 litros, correspondendo a um volume de solução nutritiva de 0,83 litros planta⁻¹. Para acompanhamento da condutividade elétrica e controle do pH da solução nutritiva, foram adotados procedimentos similares àqueles utilizados nas etapas de maternidade e berçário.

Durante cada ciclo cultural foram realizadas seis avaliações de crescimento. Foram coletadas três plantas por tratamento aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplante (DAT), sempre no início da manhã, sendo imediatamente levadas ao laboratório. As plantas foram divididas em folhas, caule e sistema radicular. Em seguida, foi determinado o número de folhas (considerou-se folhas maior que 0,01 m), comprimento do caule com o auxílio de uma régua graduada e a área foliar total, utilizando-se medidor de área foliar (LI- 3100 Area Meter, LI COR, EUA). Todo o material coletado foi pesado em balança analítica de precisão para determinação da partição da fitomassa fresca. Após pesagem o material foi colocado em estufa de ar circulante a 65°C até peso constante, sendo que, posteriormente procedeu-se a pesagem do material seco. As variáveis avaliadas foram: Área foliar, número de folhas, comprimento do caule, fitomassa fresca e seca de folhas e fitomassa seca de raiz.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha= 0,05$) ou submetidas ao ajuste de modelos de regressão linear, conforme o caso, com o auxílio do programa computacional Statistical Analysis System – SAS 8.0 (SAS INSTITUTE, 1999)

4.5 Resultados e Discussão

Tendo conhecimento da grande influência dos elementos meteorológicos, principalmente da radiação solar sobre cultivo em ambientes protegidos, torna-se importante a demonstração gráfica dos valores ocorridos durante as épocas de cultivo, para elucidar de uma maneira mais clara os resultados obtidos neste trabalho. Observam-se grandes variações da radiação solar global incidente durante os períodos de cultivo nas duas estações (Figura 1). No cultivo de outono, em valores médios, a radiação tende a decrescer no decorrer do ciclo, comportamento inverso é observado na época de cultivo do inverno, onde inicia este período com baixa disponibilidade luminosa e termina com uma maior disponibilidade.

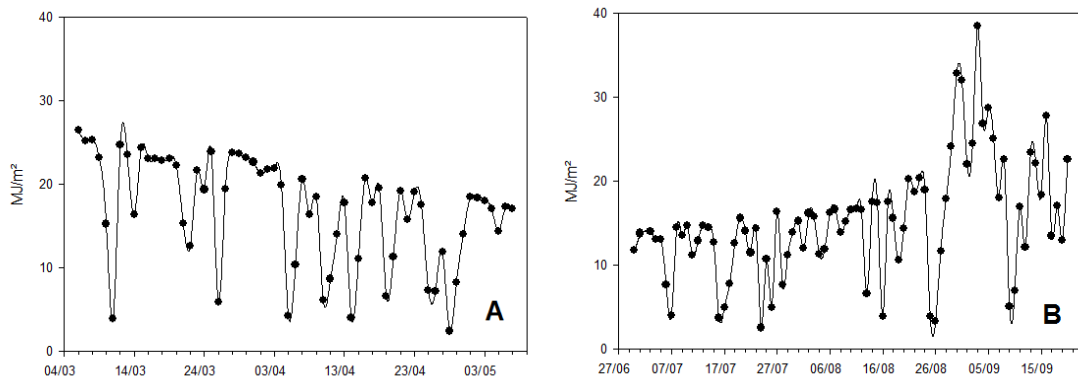


Figura 1. Variações da radiação solar global incidente (dados da estação automática do INMET) durante a época do outono (A) e inverno (B) em alface cultivada em hidroponia. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Este comportamento distinto da radiação solar entre as duas épocas de cultivo pode influenciar o crescimento e o desenvolvimento das plantas de alface de forma diferente. Nas fases iniciais do desenvolvimento vegetal (plântula), as plantas necessitam de uma menor quantidade luminosa para alcançar o ponto de saturação luminosa (TAIZ & ZEIGER, 2004), no decorrer do desenvolvimento vegetal este ponto é modificando sendo uma característica intrínseca de cada espécie. A alface em fase adulta se desenvolve bem em uma quantidade de energia incidente de 4,2 a 8,4 MJ.m⁻².dia⁻¹ como observado por Mattei et al. (1973).

A análise de variação revelou efeitos significativos para interação de número de folhas (NF) e fitomassa seca de folha (FSF), para os fatores (época x estação, época x ambiente, estação x ambiente, época x cultivar), revelando que seus efeitos não podem ser explicados isoladamente, onde a resposta das variáveis aos fatores deve ser explicada de maneira conjunta, pois ambos causam influencia nas respostas das variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variação para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), fitomassa fresca de folha (FFF), fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de raiz (FSR) e comprimento do caule (CC), Frederico Westphalen, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio						
	GL	NF	AF	FFF	FSF	FSR	CC
época	5	4698,85*	361090378*	344052,36*	1158,07*	22,46*	2428,21*
estação	1	206,94*	84257519*	63940,63*	25,35*	0,06	763,21*
época*estação	5	111,318*	4802152*	3268,68*	29,89*	0,38*	94,55*
ambiente	3	104,49*	2372070*	11717,07*	54,92*	1,82*	56,19*
época*ambiente	15	32,89*	720223*	2599,28*	10,83*	0,21*	16,31*
estação*ambiente	3	14,57*	258355	1021,15*	1,72	0,01	2,67
época*estação*ambiente	15	5,68	477097	389,48	1,92	0,05	2,67*
cultivar	2	458,73*	1563504*	943,93	7,35	0,53*	31,90*
época*cultivar	10	48,52*	545201	477,46	4,51	0,15*	4,21*
estação*cultivar	2	7,95	2621675*	426,21	0,09	0,19	30,19*
época*estação*cultivar	10	3,25	836693*	555,36	4,68	0,1	2,2
ambiente*cultivar	6	5,78	187576	575,46	6,07	0,07	2,36
época*ambiente*cultivar	30	7,60*	416073	310,82	4,14	0,07	1,54
estação*ambiente*cultivar	6	8,02	389757	578,15	0,57	0,04	0,98
época*estação*ambiente*cult	30	4,52	216967	405,67	3,24	0,06	1,42
repetição	2	26,84*	1701156*	1827,77*	15,65*	0,09	0,48
CV (%)		12,18	19,31	21,33	34,45	29,24	17,90

*Significativo a 5% pelo teste F.

Para a variável área foliar (AF) a análise de variação revelou interação entre os fatores época x estação, época x ambiente, estação x cultivar e época x estação x cultivar. A variável fitomassa fresca de folha (FFF) apresenta efeitos significativos com os fatores, época x estação, época x ambiente, estação x ambiente, sendo os resultados desmembrados aos efeitos simples de cada fator, o efeito de cultivar desmembrou-se aos efeitos principais separadamente. A análise de variação expressa efeitos significativos para variável fitomassa seca de raiz (FSR) para os fatores, época x estação, época x ambiente, época x cultivar. Para variável comprimento do caule (CC) houve interação com, época x estação, época x ambiente, época x estação x ambiente, época x cultivar e estação x cultivar. A presença da interação dos fatores de variação com as variáveis revela que o comportamento das variáveis sofre oscilações frente ao conjunto significativo dos fatores, onde tanto um como outro fator exerce influencia na resposta avaliada através das variáveis que se analisou.

Na avaliação da área foliar percebe-se que houve interação para os fatores estação, cultivar e época de cultivo, destacando-se que aos 14, 21 e 28 dias após o transplante (Tabela 2).

Tabela 2. Média de área foliar em três cultivares de alface ($\text{cm}^2/\text{planta}$), em duas estações de cultivo e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Cultivar	Época					
		0	7	14	21	28	35
Outono	Vera	96,87 aA*	619,27 aA	1383,92 aB	2515,58 bB	4338,17 aB	5270,58 bB
	Vanda	83,95 aA	655,68 aA	1474,67 aB	2939,50 abB	4147,42 aB	4906,58 bB
	Solaris	115,57 aA	637,60 aA	1510,08 aB	3275,33 aB	4265,75 aB	6068,92 aA
Inverno	Vera	311,33 aA	868,33 aA	2617,00 aA	4316,83 aA	4938,17 bA	6119,25 aA
	Vanda	384,33 aA	999,25 aA	2934,17 aA	4481,96 aA	6086,92 aA	6387,26 aA
	Solaris	367,00 aA	948,17 aA	2695,00 aA	4323,26 aA	5275,42 bA	6150,53 aA
CV(%)		19,31					

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares dentro de uma única estação. As letras maiúsculas iguais na coluna não diferem a cultivar dentro das diferentes estações, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As cultivares apresentaram maior área foliar na estação de inverno comparando-se com o outono. Possivelmente esta diferença das cultivares nas estações ocorre pela maior busca de captação de radiação no inverno, logo as plantas tendem a aumentar a área foliar como forma de buscar maior energia luminosa no período de menor radiação. Este comportamento não se manteve aos 35 DAT para todas as cultivares, possivelmente pela disponibilidade luminosa distinta nas duas épocas de cultivo, no final do ciclo, no cultivo de outono a radiação diminuiu e a tendência do aumento da área foliar se manteve, no ciclo do inverno a radiação aumentou e a tendência da área foliar foi parar sua expansão (Figura 2).

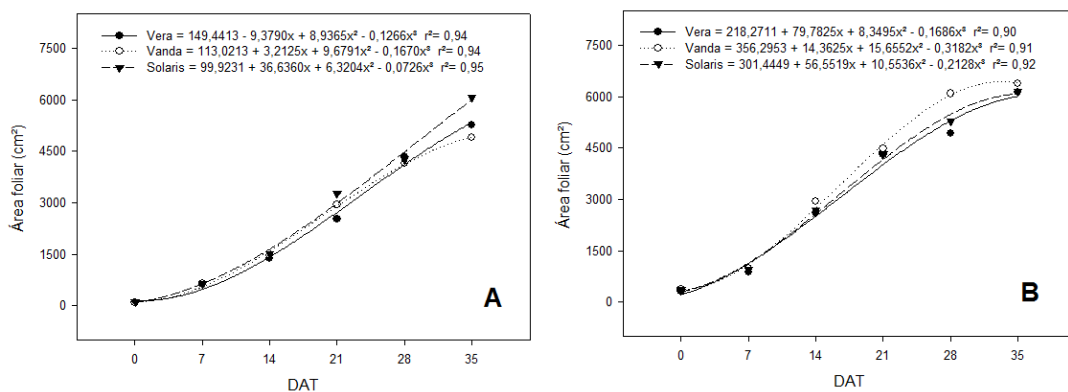


Figura 2. Área foliar em três cultivares de alface, em duas estações de cultivo (A= Outono, B= Inverno) e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Com relação à Tabela 3, avaliando-se a interação de época e ambiente, relata-se a maior área foliar do ambiente sem malha aos 21, 28 e 35 DAT. No ambiente sem malha temos apenas o plástico da cobertura da estufa como atenuante da radiação solar, nos demais ambientes somamos além da atenuação do plástico da estufa, as malhas de sombreamento com 35% de redução da radiação solar incidente (dados do fabricante). Usando um valor médio de 78% de transmissividade do plástico de polietileno de baixa densidade (FRISINA, 2002; CAMACHO et al., 1995; FARIAS et al., 1993), obtemos uma redução da radiação de 22% para o ambiente sem malha e de 57% (plástico mais malha) para os ambiente com malhas de sombreamento. Como os cultivos ocorreram em duas épocas de baixa disponibilidade luminosa, os ambientes com malhas de sombreamento apresentaram menor área foliar, possivelmente por resultado de uma restrição luminosa nestes ambientes.

Tabela 3. Média de área foliar de alface (cm²/planta), em diferentes ambientes de cultivo em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	Época					
	0	7	14	21	28	35
Sem Malha	226,507 a	737,405 a	2098,388 a	3982,166 a	5036,500 a	6246,394 a
Malha Azul	226,507 a	816,793 a	2068,166 a	3372,000 b	4293,500 b	5420,654 c
Malha Termo	226,507 a	760,945 a	2046,555 a	3534,277 b	5143,111 a	5802,946 b
Malha Vermelha	226,507 a	837,063 a	2196,777 a	3679,868 ab	4894,777 a	5798,701 b
CV(%)	19,31					

* Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observar-se na Figura 3, que as plantas de alface crescidas sob malha azul apresentaram uma menor área foliar comparado aos outros ambientes aos 28 e 35 DAT, evidenciando um desfavorecimento na expansão foliar das plantas de alface sob esta malha de sombreamento. Segundo Shahak et al., (2004), as malhas azuis possui transmissividade apenas na região azul do espectro luminoso, não apresentando transmissividade na região do vermelho, tal região é de grande importância no processo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2004). Possivelmente foram as características fotoseletivas da malha azul que resultaram em uma menor expansão da área foliar das plantas de alface cultivadas sob esta malha.

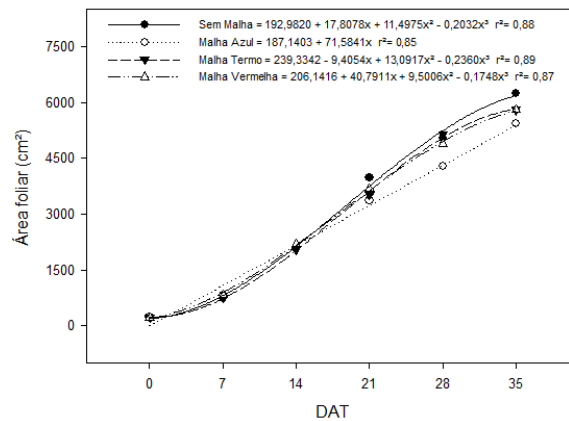


Figura 3. Área foliar de alface, em diferentes ambientes de cultivo em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Na avaliação do número de folhas presentes nas plantas de alface, a estação de outono proporcionou plantas com maior número de folhas em comparação ao inverno, principalmente após os 21 DAT, época em que se diferem significativamente, (Tabela 4). Aos 7 e 14 DAT não há diferenças significativas entre as duas estações de cultivo.

Tabela 4. Média do número de folhas de alface em duas estações de cultivo e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Época					
	0	7	14	21	28	35
Outono	6,111 b	11,583 a	16,805 a	22,972 a	26,861 a	30,416 a
Inverno	7,888 a	12,361 a	16,222 a	20,694 b	23,611 b	25,666 b
CV(%)	12,18					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A variação do número de folhas frente os diferentes ambientes nas estações (Tabela 5), fica evidente que o ambiente sem malha promoveu maior emissão de folha diferenciando-se significativamente dos demais ambientes. Para Engel (1989) o número de folhas é considerado como característica de crescimento indicador de qualidade. Entretanto, é esperado que as plantas cultivadas sob limitação de luz apresentassem tendência de reduzir a taxa de emissão de folhas em função de as reservas serem desviadas para o crescimento de outros órgãos, a exemplo do caule.

Tabela 5. Número de folhas de alface em diferentes ambientes em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Ambiente			
	Sem Malha	Malha Azul	Malha Termo	Malha Vermelho
Outono	20,852 aA	18,222 bA	18,944 bA	18,481 bA
Inverno	18,963 aB	17,759 bA	16,888 cB	17,352 bcB
CV(%)	12,18			

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha não diferem os ambientes na estação, média seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem o ambiente nas estações, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação ao parâmetro número de folhas, porém analisando-se a interação do ambiente com as cultivares nas diferentes épocas (Tabela 6), observa-se que a cultivar Vanda apresentou maior número de folhas sob todos os ambientes, principalmente após os 14 DAT. De maneira geral o ambiente sem malha apresenta superioridade aos demais, porém o cultivo de alface sob malha azul aproxima-se do cultivo sem malha, sendo inferior apenas nas épocas 21 e 35 DAT.

Tabela 6. Média do número de folhas em três cultivares de alface, em diferentes ambientes e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	Cultivar	Épocas					
		0	7	14	21	28	35
Sem Malha	Vera	6,83 aA	10,50 bB	16,66 abA	23,00 bA	24,33 bA	30,66 bA
	Vanda	7,16 aA	13,66 aA	18,83 aAB	25,66 aA	29,00 aA	40,50 aA
	Solaris	7,00 aA	12,66 bA	16,00 bA	24,66 bA	24,16 bA	27,50 cA
Malha Azul	Vera	6,83 aA	13,16 aA	16,33 bA	18,00 bB	22,83 bA	24,16 bB
	Vanda	7,16 aA	13,00 aA	19,66 aA	22,16 aB	29,50 aA	30,16 aB
	Solaris	7,00 aA	11,50 aA	15,00 bA	20,83 aB	22,16 bA	24,33 bB
Malha Termo	Vera	6,83 aA	10,83 aAB	15,50 aA	20,00 bB	24,00 bA	24,50 bB
	Vanda	7,16 aA	12,00 aA	17,50 aAB	22,83 aB	28,66 aAB	29,83 aB
	Solaris	7,00 aA	12,00 aA	15,16 aA	19,50 bB	24,50 bA	24,66 bB
Malha Vermelha	Vera	6,83 aA	11,00 aAB	15,33 aA	20,00 bB	24,50 abA	26,16 bB
	Vanda	7,16 aA	12,83 aA	16,83 aB	24,50 aAB	26,16 aB	29,83 aB
	Solaris	7,00 aA	11,00 aA	15,33 aA	20,83 bB	23,00 bA	24,16 bB
CV(%)	12,18						

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem cultivares no mesmo ambiente. As letras maiúsculas iguais não diferenciam cultivar em ambientes distintos, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Como pode ser observado na Figura 4, a cultivar Vanda apresentou comportamento de crescimento linear constante para emissão de folhas em todos os ambientes avaliados,

enquanto as cultivares Vera e Solaris em alguns ambientes apresentaram comportamento de crescimento quadrático, com tendência de redução da taxa de emissão de folhas, podendo ser atribuído esse comportamento à constituição genética das cultivares.

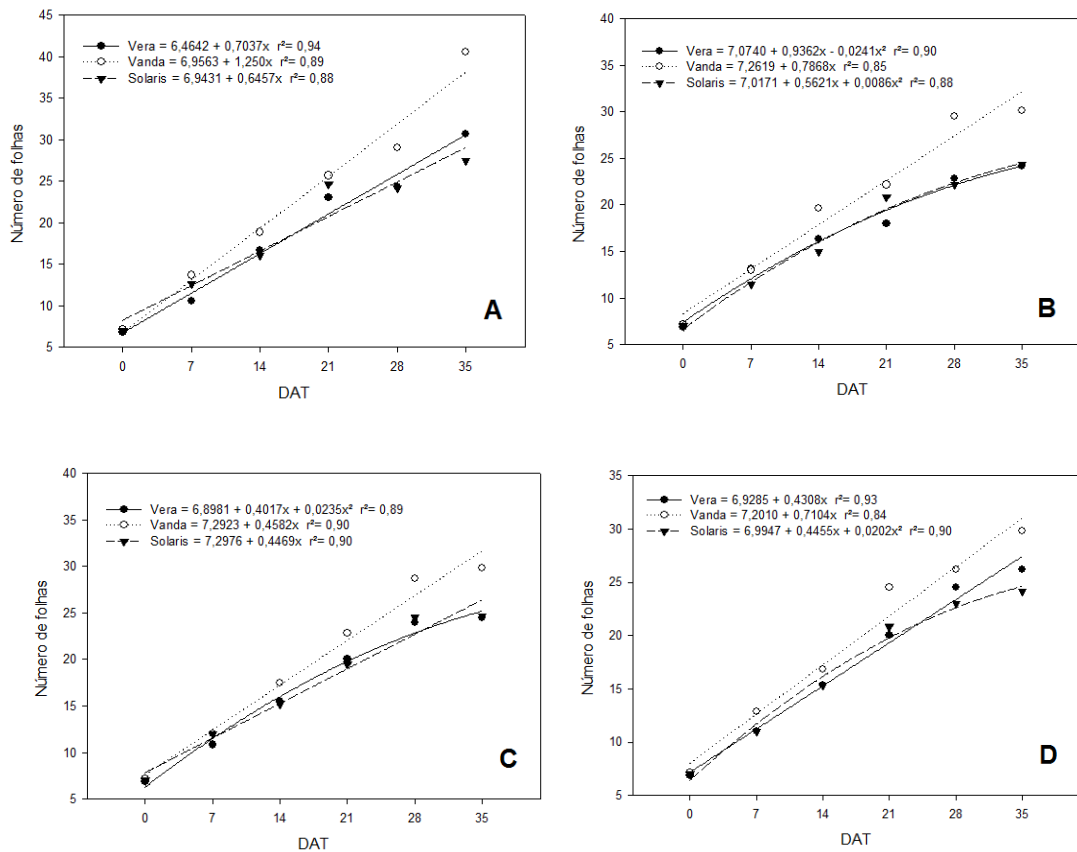


Figura 4. Número de folhas em três cultivares de alface, em diferentes ambientes (A= Sem malha, B= Malha azul, C= Malha termo, D= Malha vermelha) e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Na avaliação da interação época x estação para a variável fitomassa fresca de folhas (FFF) no cultivo de inverno, as plantas apresentaram superioridade nesta variável comparada ao cultivo do outono para todas as épocas analisadas, não distinguindo apenas no momento do transplante, sendo que a fitomassa fresca em tal período é mínimo comparado ao final do cultivo e as plantas estão adaptando-se ao sistema hidropônico e novo ambiente de cultivo (malhas de sombreamento) (Tabela 7).

Tabela 7. Média de fitomassa fresca de folhas de alface (g/planta), em duas estações de cultivo em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Época					
	0	7	14	21	28	35
Outono	3,056 a	22,334 b	52,439 b	94,933 b	132,722 b	169,724 b
Inverno	10,585 a	33,823 a	79,506 a	137,431 a	167,946 a	191,911 a
CV(%)	21,33					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Comportamento semelhante foi observado na avaliação do acúmulo de fitomassa seca de folhas entre as duas estações até os 21 DAT (Tabela 8). Na última avaliação, aos 35 DAT, houve maior acúmulo na estação do outono, diferente do comportamento encontrado para fitomassa fresca de folhas que aos 35 DAT a estação do inverno apresentou maior acúmulo. Este resultado evidencia uma maior retenção de água nas folhas de alface na estação do inverno.

Tabela 8. Média de fitomassa seca de folha de alface (g/planta), em duas estações de cultivo em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Época					
	0	7	14	21	28	35
Outono	0,252 a	1,647 a	2,944 b	5,413 b	8,448 a	11,594 a
Inverno	0,605 a	2,102 a	4,263 a	7,459 a	8,966 a	9,810 b
CV(%)	34,45					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Passando-se analisar a interação do ambiente nas duas estações, o ambiente sem malha no cultivo do inverno comparado aos demais resultados, influenciou positivamente para aumento de fitomassa fresca de plantas de alface (Tabela 9), o ambiente com malha azul no cultivo de outono foi o que apresentou menor média para esta variável.

Tabela 9. Média de fitomassa fresca de folhas de alface (g/planta), em diferentes coberturas e em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Ambiente			
	Sem Malha	Malha Azul	Malha Termo	Malha Vermelha
Outono	89,866 aB	70,576 cB	79,321 bB	77,043 bcB
Inverno	122,541 aA	93,081 bA	97,291 bA	101,222 bA
CV(%)	21,33			

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha não diferem os ambientes na mesma estação. As letras maiúsculas iguais na coluna não diferem o ambiente nas estações, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação à fitomassa fresca de folhas nos diferentes ambientes e épocas evidencia-se que o ambiente sem malha proporcionou maiores incrementos, diferindo-se estatisticamente dos demais ambientes (Tabela 10). Resultado semelhante foi observado por Otto et al. (2001), ainda que tenham proporcionado efeito favorável em relação as temperaturas, a redução da radiação recebida pelas plantas sob as malhas certamente não permitiu que se chegasse à saturação da fotossíntese, resultando em menor crescimento das plantas.

Tabela 10. Média de fitomassa fresca de folhas de alface (g/planta), em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	Época					
	0	7	14	21	28	35
Sem Malha	6,821 a	27,064 a	68,747 a	138,162 a	173,201 a	223,226 a
Malha Azul	6,821 a	28,804 a	61,817 a	100,976 b	132,623 c	159,928 b
Malha Termo	6,821 a	27,381 a	63,521 a	112,764 b	150,409 b	168,937 b
Malha Vermelha	6,821 a	29,066 a	69,807 a	112,823 b	145,103 bc	171,177 b
CV(%)	21,33					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se notar que aos 35 DAT houve tendência à estabilização no acúmulo de fitomassa fresca de folhas principalmente nos ambientes com malhas de sombreamento, como pode ser observado na Figura 5, indicando que, a partir desse estágio, as plantas de alface estão entrando no final do período vegetativo, correspondendo ao ponto de colheita comercial das folhas, a partir do qual ocorre grande investimento, por parte da planta, nas estruturas que irão suportar a fase reprodutiva, que se manifesta com acúmulo de fitomassa e alongamento do caule.

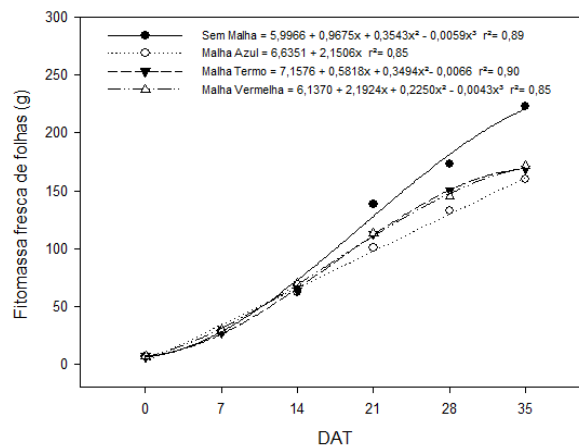


Figura 5. Fitomassa fresca de folhas de alface, em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

As plantas cultivadas no ambiente sem malha tiveram maior incremento de fitomassa fresca de folhas nas três últimas avaliações (21, 28 e 35 DAT). Tal comportamento evidencia que as plantas nos ambientes sob malhas estariam entrando em fase reprodutiva mais precocemente, o que exigiria um manejo diferenciado em termos de colheita mais precoce do que as plantas cultivadas sem malha de sombreamento.

Quanto à fitomassa seca de folhas, diferentemente da fitomassa fresca de folhas, verificou-se aumento linear progressivo durante todo o ciclo (Figura 6 e Tabela 11), indicando que, ao alcançar o final da fase vegetativa e entrar na fase reprodutiva, as folhas foram se tornando menos tenras, aumentando mais a fitomassa seca, com menor teor de água, o que é comum no desenvolvimento da alface.

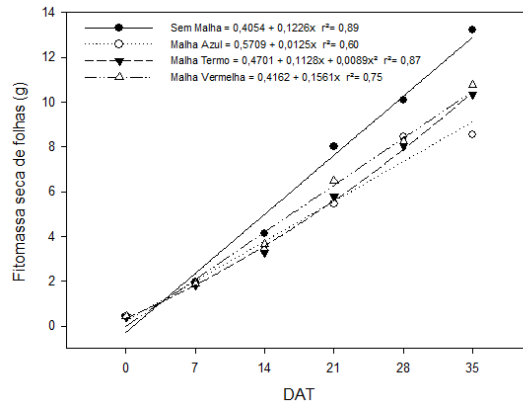


Figura 6. Fitomassa seca de folha de alface, em diferentes coberturas e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Tabela 11. Média de fitomassa seca de folha de alface (g/planta), em diferentes coberturas e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	Época					
	0	7	14	21	28	35
Sem Malha	0,4228 a	1,939 a	4,139 a	8,026 a	10,093 a	13,203 a
Malha Azul	0,4228 a	1,872 a	3,355 a	5,429 b	8,447 b	8,531 c
Malha Termo	0,4228 a	1,811 a	3,273 a	5,793 b	8,057 b	10,318 b
Malha Vermelha	0,4228 a	1,877 a	3,646 a	6,494 b	8,233 b	10,757 b
CV(%)	34,45					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O desenvolvimento radicular da cultura é importante para melhorar a absorção de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Observou-se aumento

da fitomassa seca de raiz (FSR), ao longo do ciclo, com incrementos maiores a partir dos 21 DAT, apenas na última avaliação aos 35 DAT houve diferença estatística significativa entre as estações, ficando a estação do outono com valor superior a estação do inverno para esta variável (Tabela 12). Este comportamento foi semelhante ao encontrado para fitomassa seca de folhas, evidenciando que na época de cultivo do outono não apenas proporcionou mais acúmulo de fitomassa na raiz como também na parte aérea.

Tabela 12. Média de fitomassa seca de raiz de alface (g/planta), em duas estações de cultivo em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Época					
	0	7	14	21	28	35
Outono	0,184 a	0,489 a	0,794 a	1,181 a	1,296 a	1,898 a
Inverno	0,216 a	0,541 a	0,903 a	1,152 a	1,301 a	1,591 b
CV(%)	29,25					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A fitomassa seca de raiz apresenta variações quanto as cultivares (Tabela 13), não há diferença entre as cultivares até os 14 DAT, após as cultivares Solaris e Vera são superiores a Vanda para os 28 e 35 DAT.

Tabela 13. Média de fitomassa seca de raiz (g/planta) em três cultivares de alface, em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Cultivar	Época					
	0	7	14	21	28	35
Vera	0,204 a	0,519 a	0,869 a	1,055 b	1,272 ab	1,732 ab
Vanda	0,195 a	0,484 a	0,821 a	1,209 ab	1,201 b	1,575 b
Solaris	0,201 a	0,542 a	0,856 a	1,236 a	1,424 a	1,925 a
CV(%)	29,25					

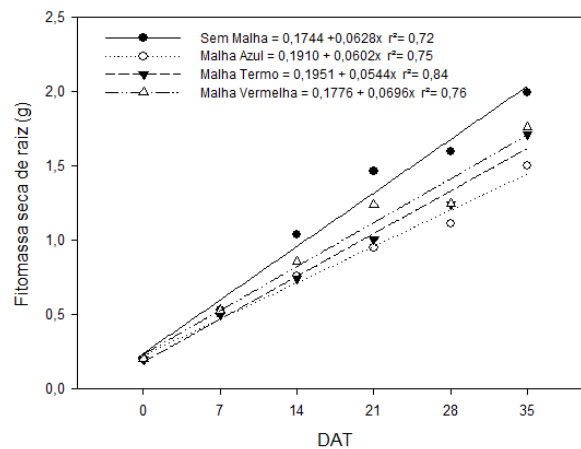
* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação entre época e ambiente de cultivo o ambiente sem malha expressa maior fitomassa seca de raiz diferindo estatisticamente dos demais ambientes (Tabela 14). Da mesma maneira que o número de folhas e fitomassa fresca de folha o ambiente sem cobertura expressa maior massa de raízes, possivelmente está característica se atrela ao maior número e massa de folha neste ambiente, principalmente após os 14 DAT (Figura 7). Fica evidente que as plantas crescidas sob malha azul apresentaram menor acúmulo de fitomassa seca de raiz.

Tabela 14. Média de fitomassa seca de raiz de alface (g/planta) em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	Época					
	0	7	14	21	28	35
Sem Malha	0,200 a	0,533 a	1,040 a	1,464 a	1,600 a	1,995 a
Malha Azul	0,200 a	0,499 a	0,758 b	0,948 c	1,114 b	1,504 c
Malha Termo	0,200 a	0,499 a	0,743 b	1,009 c	1,241 b	1,716 b
Malha Vermelha	0,200 a	0,529 a	0,854 b	1,241 b	1,246 b	1,761 b
CV(%)	29,25					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

**Figura 7.** Fitomassa seca de raiz de alface em diferentes coberturas em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Na análise da interação estação x cultivar (Tabela 15) as cultivares no inverno apresentam maior comprimento de caule diferindo estatisticamente do outono. Pode-se observar que na estação do inverno a cultivar Vanda apresentou maior alongamento do caule comparado as outras cultivares.

Tabela 15. Média do comprimento do caule (cm) de três cultivares de alface, em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Cultivar		
	Vera	Vanda	Solaris
Outono	5,084 aB	5,029 aB	4,94 aB
Inverno	7,183 bA	8,744 aA	7,101 bA
CV(%)	17,9		

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha não diferem as cultivares na mesma estação, as letras maiúsculas iguais na coluna não diferenciam a cultivar nas estações, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Comparando apenas as cultivares para a variável comprimento do caule (Tabela 16), fica mais evidente a tendência de um maior alongamento do caule da cultivar Vanda em relação as outras cultivares, possivelmente esta resposta estejam ligado a uma característica genética desta cultivar.

Tabela 16. Média do comprimento do caule (cm) de três cultivares de alface, em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Cultivar	Época					
	0	7	14	21	28	35
Vera	0,866 a	1,633 a	2,966 b	5,221 b	9,875 b	16,241 a
Vanda	1,166 a	2,108 a	3,645 a	6,271 a	11,275 a	16,854 a
Solaris	0,933 a	1,625 a	3,016 a	5,741 b	9,979 b	14,829 b
CV(%)	17,9					

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação a interação dos fatores para comprimento do caule observa-se oscilações entre os fatores de avaliação, em ambos as estações os ambientes diferem-se aos 21, 28 e 35 DAT (Tabela 17), sendo que o ambiente sem malha apresentou menor comprimento de caule. Aos 35 DAT os ambientes malha azul e malha termo-refletor apresentaram os maiores alongamentos do caule (Figura 8). Tal comportamento é típico da alface sob limitação de luz. Segundo Morelli e Rubert (2000), apesar de as respostas ao sombreamento serem diversas, o estímulo no crescimento das plantas em altura é uma das respostas mais características e rápidas do sombreamento.

Tabela 17. Média de comprimento do caule de alface (g/planta), em diferentes ambientes, em duas estações de cultivo e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Ambiente	Época					
		0	7	14	21	28	35
Outono	Sem Malha	0,933 aA	1,400 aA	2,255 aB	3,566 bB	5,566 cB	10,833 bB
	Malha Azul	0,933 aA	1,400 aA	2,611 aB	4,588 abB	9,211 aB	15,288 aB
	Malha Termo	0,933 aA	1,300 aA	2,644 aB	4,766 aB	9,966 aB	14,277 aB
	Malha Vermelha	0,933 aA	1,1500 aB	2,244 aB	4,733 aB	7,622 bB	11,266 bB
Inverno	Sem Malha	1,044 aA	2,277 aA	3,588 aA	6,211 bA	9,566 cA	17,366 bA
	Malha Azul	1,044 aA	2,311 aA	4,011 aA	7,055 abA	15,288 aA	19,866 aA
	Malha Termo	1,044 aA	2,155 aA	4,077 aA	7,522 aA	12,700 bA	20,533 aA
	Malha Vermelha	1,044 aA	2,311 aA	4,244 aA	7,511 aA	13,088 bA	18,366 bA
CV(%)	17,9						

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem os ambientes na mesma estação, as letras maiúsculas iguais na coluna não diferenciam o ambiente nas estações, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O incremento em altura das plantas cultivadas sob baixos níveis de fluxo radiante pode ser atribuído ao aumento da dominância apical e é considerado uma resposta morfogênica típica (RYLE, 1961; SMITH & WHITELAM, 1990; FRANCO & DILLENBURG, 2007), em resposta ao decréscimo de fotoassimilados e ao aumento do nível de auxina (PHILLIPS, 1975; DEMUNER et al., 2004). A redução no nível de radiação incidente induziu, portanto, as plantas a investirem maior proporção dos seus recursos no crescimento em altura.

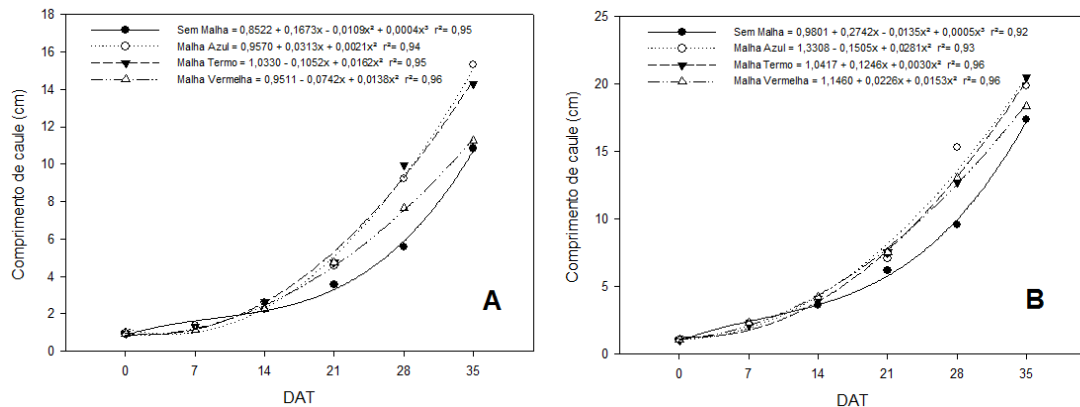


Figura 8. Comprimento do caule de alface, em diferentes ambientes, em duas estações de cultivo (A= Outono, B= Inverno) e em seis épocas de avaliações. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

4.6 Conclusão

As diferentes malhas de sombreamento proporcionaram modificações no crescimento e desenvolvimento da alface. As plantas crescidas sob malha azul apresentaram menor área foliar, fitomassa seca de folhas, raiz e caule, evidenciando o desfavorecimento deste ambiente no desenvolvimento da alface, durante as estações do outono e inverno.

Houve diferença no crescimento entre as cultivares. A cultivar Vanda apresentou além de um maior alongamento do caule, uma menor fitomassa seca de raiz, comparada as outras cultivares estudadas.

Os níveis de radiação sob as malhas de sombreamento foram inferiores ao ponto de saturação fotossintética para as cultivares de alface na maior parte do ciclo cultural, resultando em maior acúmulo de fitomassa no ambiente sem malha de sombreamento.

4.7 Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

4.8 Referências Bibliográficas

AFREEN, F.; ZOBAYED, S. M. A.; KOZAI, T. Spectral quality and UV-B stress stimulate glycyrrhizin concentration of *Glycyrrhiza uralensis* in hydroponic and pot system. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.43, p.1074-81, 2005.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O aofilamento da aveia afetado pela qualidade de luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.393-400, maio/jun. 2001.

BRAGA, F. T.; PASQUAL, M.; CASTRO, E. M. de; DIGNART, S. L.; BIAGIOTTI, G.; PORTO, J. M. P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Rage: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.502-508, 2009.

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

CAMACHO, M. J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.19-24, 1995.

DEMUNER, V. G.; HEBLING, S. A.; DAGUSTINHO, D. M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v.17, p.45-55, 2004.

ELAD, Y.; MESSIKA, Y.; BRAND, M.; DAVID, D. R.; SZTEJNBERG, A. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). **Phytoparasitica**, v.35, p.285-299, 2007.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba-SP, 1989.

ESKINS, K.; BEREMAND, P. D. Light-quality irradiance-level control of lightharvesting complex of photosystem 2 in maize mesophyll cells: evidence for a low fluence rate threshold in blue-light reduction of mRNA and protein. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.78, n. 3, p. 435-440, Mar. 1990.

FARIAS, J. R. B. et al. Alterações na temperatura e umidade do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v.1, n.1, p.51-62, 1993.

FRANCO, A. M. S.; DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v.34, n.2, p.135-144, 2007.

FRISINA, V. A. **Modelagem das radiações global, difusa e fotossinteticamente ativa em ambiente protegido e suas relações com o crescimento e produtividade da cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2002. 177f. Tese (Doutorado em energia na agricultura)-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu: 2002.

HOGEWONING, S.; MALJAARS, H.; HARBINSON, J. The acclimation of photosynthesis in cucumber leaves to different ratios of red and blue light. **Photosynthesis Research**, v.91 p.287-288, 2007.

LEITE, C. A. et al. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of phalaenopsis. **Acta Horticulturae**, v.770, p.177-184, 2008.

MACEDO, A. F. et al. The effect of light quality on leaf production and development of in vitro-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze. **Environmental and Experimental Botany**, v.70, p.43-50, 2011.

MATSUDA, R. et al. Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. **Plant and Cell Physiology**, v.45, p.1870-1874, 2004.

MATTEI, F. et al. The effect of radiant energy on growth of *Lactuca sativa* L. **Journal of Horticultural Science**, London, v.48, n.1, p.311-13, 1973.

MEIRELLES, A. J. A. et al. Influência de diferentes sombreamentos e nutrição foliar no desenvolvimento de mudas de palmeiraráfia (*Rhapis excelsa*) (Thunberg) Henry ex. Rehder. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1884-1887, 2007.

MORELLI, G.; TUBERTI, I. Shade avoidance responses. Driving auxin along lateral routes. **Plant Physiology**, v. 122, p. 621-626, 2000.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

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

OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y.; SÁ, G. D. Utilização do ‘não tecido’ de polipropileno como proteção da cultura de alface durante o inverno de Ponta Grossa - PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.1, p.49-52, março 2001.

PHILLIPS, I. D. J. Apical dominance. **Annu Ver. Plant Physiol.**, 26:343-367. 1975.

RYLE, G. J. A. Effects of light intensity on reproduction in S48 timothy (*Phleum pratense* L.). **Nature**, v.19, p.196-197, 1961.

SAS INSTITUTE – Statistical Analysis System. **SAS/STAT User’s Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999. 3365p.

SHAHAK, Y. et al. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Belgium, v.659, p.143-151, 2004.

SMITH, H. & WHITELAM, G. C. Phytochrome, a family of photoreceptors with multiple physiological roles. **Plant cell environ.**, v.13, p.695-707, 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

WEI, N., DENG, X. W. The role of the COP/DET/FUS genes in light control of Arabidopsis seedling development. **Plant Physiology**, Rockville, v.112, n.3, p.871-878, 1996.

Anexo 1. Porcentagem de nutrientes na solução nutritiva.

HidrogoodFert	
Nutriente	%
N	10*
P ₂ O ₅	9
K ₂ O	28
Mg	3,38
S	4
B	0,06
Cu	0,01
Mn	0,05
Mo	0,073
Zn	0,02
Hidrogood ferro EDDHA	
Fe	6

*Dados do Fabricante (Hidrogood, Taboão da Serra, Brasil)

5 ARTIGO IV

ADAPTAÇÕES ANATÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE ALFACE CULTIVADAS SOB DIFERENTES QUALIDADES DE LUZ

5.1 Resumo

A qualidade de luz pode alterar a morfogênese das plantas por meio de uma série de processos mediados por receptores de luz, principalmente na região do vermelho e azul. O objetivo do presente estudo foi verificar alterações anatômicas foliares e fisiológicas de alface crespa, cultivadas sob diferentes malhas fotoseletivas com nível de 35% de sombreamento. Plantas de alface cultivares: Vera, Vanda e Solaris foram cultivadas em sistema hidropônico do tipo fluxo contínuo em duas estações de cultivo (outono e inverno) utilizando as malhas chromatinet azul e vermelha e a malha aluminet prata como subcobertura, além da testemunha, sem malha de sombreamento em ambiente protegido. Ao final do ciclo de produção aos 35 dias após o transplante avaliou-se a morfometria e densidade estomática assim como o teor de clorofila nas folhas de alface. Com os resultados obtidos, observou-se que o ambiente de cultivo promove alterações anatômicas e fisiológicas em plantas de alface.

Palavras-chave: Malhas coloridas. Densidade estomática. Teor de clorofila.

5.2 Abstract

The quality of light might alter morphogenesis of plants through of the different processes mediated by light receptors especially in the region of red and blue in the light spectrum. The aim of this study was to determine anatomical and physiological leaf of curly lettuce grown under different photoselective net, with level of 35% shading. Lettuce cultivars: Vera, Vanda and Solaris were grown hydroponically type streaming in two growing seasons (fall and winter) using the Chromatinet blue and red nets and Aluminet silver net as undercoverage, plus control, without mesh shading in a protected environment. At the end of the production cycle, to 35 days after transplantation evaluated the morphology and stomatal density and chlorophyll content in the leaves of lettuce. With these results, was observed that the cultivation environment promotes anatomical and physiological changes in lettuce.

Keywords: Colored nets. Stomatal density. Chlorophyll content.

5.3 Introdução

Entende-se por adaptação a possível harmonia entre o organismo e o meio. Quando as plantas estão naturalmente ajustadas às condições ambientais, todas as características estruturais e funcionais capazes de atenderem a tal ajustamento serão adaptativas. Embora para cada ser vivo haja um padrão de desenvolvimento estabelecido e comandado pelo seu patrimônio genético (genótipo), os fatores abióticos atuam sobre os genes, modificando a sua expressão em vários sentidos (RIZZINI, 1997).

Alterações na estrutura foliar constitui aspectos decisivos na capacidade de aclimação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente (HANBA et al., 2002; SCHLUTER et al., 2003). Em adição, as características fotossintéticas geralmente variam em resposta a diferentes irradiância (BOARDMAN, 1977). Os teores de clorofila e carotenóides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e ao crescimento e à adaptação a diversos ambientes. Uma planta com alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo (PORRA et al., 1989; CHAPPELLE & KIM, 1992).

A luz é um fator ambiental de fundamental importância para as plantas devido à ação direta ou indireta na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. Não apenas a intensidade, mas também a qualidade espectral da radiação desempenha papel fundamental no desenvolvimento morfológico das plantas, visando uma melhor eficiência do aparato fotossintético na captação e na utilização da energia radiante. As adaptações sofridas pelas plantas na maquinaria fotossintética em resposta às condições de luminosidade ambiental refletem em seu crescimento global (ENGEL & POGGIANI, 1991). A luz influencia a anatomia foliar tanto nos primeiros estádios de desenvolvimento quanto na fase adulta, pois a folha é um órgão bastante plástico e a estrutura interna adapta-se às condições de luz do ambiente (SCHUERGER et al., 1997). A influência da luz sobre a anatomia foliar pode ser avaliada de acordo com a intensidade, qualidade e quantidade da luz (BOARDMAN, 1977). Embora diversos autores tenham confirmado efeitos morfológicos e fisiológicos da qualidade de luz nas plantas, as respostas são muito variáveis em função das espécies (SCHUERGER et al., 1997; ANTONOPOULOU et al., 2004; KIM et al., 2004). Portanto, a utilização efetiva de filtros espectrais como reguladores do crescimento de plantas depende do conhecimento de quais faixas do espectro estão envolvidas nas respostas de crescimento de cada planta (McMAHON & KELLY, 1995).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da alteração da intensidade e da qualidade espectral da luz, utilizando malhas de transmissão de luz diferenciada, sobre características da anatomia foliar e teor de clorofila em plantas de alface.

5.4 Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen - RS, com coordenadas geográficas: 27° 23' 48'' de latitude sul, 53° 25' 45'' de longitude oeste, altitude de 490m e o clima classificado como Cfa - clima temperado úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Os tratamentos avaliados foram diferentes malhas de sombreamento utilizadas na bancada de produção final de três cultivares de alface crespa (Vera, Vanda e Solaris) em cultivo hidropônico de fluxo contínuo em duas épocas de cultivo (outono e inverno).

Os estudos anatômicos foram efetuados em folhas expandidas, e na região central da folha, coletadas aos 35 dias após o transplante. Foram confeccionadas lâminas semi-permanentes através da técnica de impressão da epiderme que consistiu em colocar uma gota de adesivo instantâneo universal (éster de cianoacrilato) sobre uma lâmina de vidro. A região de interesse da folha foi pressionada sobre a lâmina, por 30 segundos, tempo necessário para que o adesivo espalhasse e secasse suficientemente, permitindo a separação da folha de alface da lâmina e a manutenção da impressão da epiderme.

A partir dessas seções, foram avaliados a morfometria de estômatos e a densidade estomática. Para a densidade estomática foi utilizada a técnica de Labouriau et al. (1961), utilizando uma câmara clara com campos de 1 mm² para a contagem de estômatos de cada folha, sendo observados dois campos de três indivíduos por tratamento com o auxílio de um microscópio óptico Leica modelo DM 2000. Para a morfometria do estômato [comprimento C, largura L (mm) e área (C*L, mm²)] foi realizada com auxílio de ocular micrométrica, sendo observadas cinco medidas de três indivíduos de cada tratamento com o auxílio de um microscópio Olympus modelo cx21.

Para a determinação dos teores de clorofila a, b, total e carotenóides foram retiradas duas folhas completamente expandidas, próximo ao ápice em três plantas de cada tratamento, sendo de imediato acondicionado em papel alumínio e caixa de isopor com gelo. No laboratório, eliminaram-se as nervuras mais grossas das folhas e os fragmentos foram separados e pesados três subamostras (0,05 g/folha) de material fresco e transferidas para

tubos de ensaio, aos quais foram adicionados 5,0 ml de DMSO (dimetilsulfóxido, 99 % de pureza em volume). Os tubos de ensaio foram fechados e colocados em banho-maria com água pré-aquecida a 70°C durante uma hora, para solubilização da clorofila. O processo de extração foi considerado completo quando, num exame visual, as folhas das amostras tornaram-se transparentes (ARNON, 1949).

Alíquotas de 2,0 ml das soluções foram transferidas para uma cubeta de vidro de 3,0 cm³, onde foram feitas, colorimetricamente, as leituras de absorbância (%) para as faixas de comprimentos de ondas de 645, 663 e 470 nm, utilizando-se como o branco apenas o DMSO. A absorbância dos extratos foi medida em espectrofotômetro marca BEL Photonics, modelo SP 1105 Os cálculos (em mg de clorofila por g de massa fresca de tecido foliar) foram feitos segundo as equações 1, 2, 3 e 4 de acordo com (HISCOX & ISRAELSTAM, 1979).

$$\text{Clorofila a} = \{ [(11,75 * A663) - (2,35 * A645)] * 50 \} / 500 \quad (1)$$

$$\text{Clorofila b} = \{ [(18,61 * A645) - (3,96 * A663)] * 50 \} / 500 \quad (2)$$

$$\text{Carotenóides} = \{ [\{ [(1000 * A470) - (2,27 * Ca) - (81,4 * Cb)] / 227 \}] * 50 \} / 50 \quad (3)$$

$$\text{Clorofila Total} = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b} \quad (4)$$

5.5 Resultados e Discussão

Em vista frontal, o estudo da epiderme da alface mostrou ser formada por células de paredes anticlinais sinuosas (Figuras 1), característica que é mais acentuada na face abaxial. Medri & Lleras (1980) explicam que a menor sinuosidade da parede celular pode estar relacionada às características adaptativas contra a perda excessiva de água, justificando assim a menor sinuosidade observada na epiderme adaxial desta espécie, que se encontra mais exposta a radiação solar.

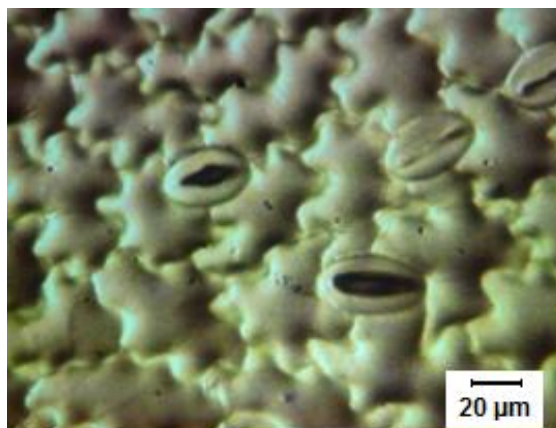


Figura 1. Epiderme abaxial da folha de alface. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

Os estômatos das folhas de alface possuem o formato reniforme envolvido por um número variável de células que não se diferem em formato e tamanho das demais células epidérmicas, caracterizando o tipo anomocítico. Na região mediana da folha, o número médio de estômatos por mm^2 é de 59 na epiderme adaxial e 75 na epiderme abaxial, caracterizando o tipo anfihipoestomática. Segundo Parkhurst (1978), Mott et al. (1982) e Elias et al., (2003), a característica anfihipoestomática pode representar um meio de aumentar a taxa fotossintética, por permitir uma troca gasosa eficiente se comparada com folhas hipoestomáticas.

As duas faces da lâmina foliar de alface apresentam raras ocorrências de pelos, quando presentes do tipo tricomas glandulares (Figura 2). Os tricomas podem representar uma adaptação morfológica que favorece a manutenção da assimilação de CO_2 , pois promovem a redução da temperatura foliar em períodos de elevada temperatura ambiental e baixa disponibilidade de água (EHLERINGER & MOONEY, 1978), fato que pode explicar a baixa ocorrência de tricomas nas folhas de alface, pois esta espécie tem sua origem em uma região de clima ameno.



Figura 2. Tricoma glandular em folha de alface. UFSM, Frederico Westphalen – RS, 2012.

A densidade e distribuição dos estômatos na superfície foliar variaram em função do ambiente, da cultivar e da estação de cultivo (Tabela 1). Observa-se que há uma tendência ao aumento da densidade estomática no ambiente sem malha, este comportamento geralmente é observado em folhas de plantas expostas a maiores irradiâncias, como relatado por vários autores, entre eles Sílvia e Anderson (1985), Castro et al. (1998), Almeida (2001) e Zanela (2001), podendo indicar um mecanismo de adaptação das plantas a possíveis condições de estresse. Essa característica, de acordo com Medri e Lleras (1980), pode assegurar às plantas uma maior eficiência de trocas gasosas em horários caracterizados por maior umidade relativa do ar.

Aumento na densidade estomática pode permitir que a planta eleve a condutância de gases e, assim, evitar que a fotossíntese seja limitada sob diferentes condições de ambiente. Alguns trabalhos têm demonstrado correlações positivas entre número de estômatos e taxa fotossintética (KUNDU e TIGERSTEDT, 1998; CASTRO, 2002; CASTRO et al, 2009).

Em relação às cultivares, a cultivar Vanda apresentou maior densidade estomática comparada a Vera e Solaris. Este comportamento pode ser uma adaptação das plantas desta cultivar que obteve um menor desenvolvimento radicular (dado não apresentado), ficando sujeito a possíveis estresses ocasionado por deficiência hídrica, possibilitando a planta se auto proteger em um evento de estresse. A quantidade, distribuição, forma e mobilidade do aparato estomático são características de uma espécie, as quais podem se alterar em função de adaptações às condições locais podendo variar de indivíduo para indivíduo (LARCHER, 2000). Em relação às duas épocas de cultivo (outono e inverno), houve comportamento semelhante em relação à densidade estomática.

Tabela 1. Densidade estomática em três cultivares de alface, em diferentes ambientes, em duas estações de cultivos na face adaxial e abaxial. Frederico Westphalen, 2012.

Estação	Ambiente	Cultivar	Adaxial	Abaxial
Outono	Sem Malha	Vera	55,50 b A β	76,00 b A α
		Vanda	71,18 a A α	86,50 b B β
		Solaris	67,83 ab A α	115,16 a A α
	Malha Azul	Vera	47,00 b A α	68,66 a A α
		Vanda	62,83 a A α	76,50 a B α
		Solaris	47,66 b B α	72,66 a B α
	Malha Termo	Vera	52,66 b A α	69,83 b A α
		Vanda	76,00 a A α	103,50 a A α
		Solaris	53,50 b AB α	59,66 b B α
	Malha Vermelha	Vera	54,66 a A α	64,83 b A α
		Vanda	61,78 a A β	88,50 a AB α
		Solaris	58,66 a AB α	90,33 a B α
Inverno	Sem Malha	Vera	71,16 a A α	78,66 b A α
		Vanda	82,78 a A α	114,33 a A α
		Solaris	53,33 b A α	64,16 b A β
	Malha Azul	Vera	40,50 a B α	45,83 b B β
		Vanda	55,62 a B α	83,66 a B α
		Solaris	51,33 a AB α	59,66 b AB α
	Malha Termo	Vera	40,00 a B α	47,83 b B β
		Vanda	44,16 a B β	70,00 a B β
		Solaris	38,00 a B β	46,83 b B α
	Malha Vermelha	Vera	49,16 b B α	66,33 b A α
		Vanda	78,33 a A α	82,00 a B α
		Solaris	46,33 b AB α	58,33 b AB β
CV(%)			22,67	19,07

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares dentro do mesmo ambiente. As letras maiúsculas iguais não diferenciam a cultivar nos diferentes ambientes. Letras gregas iguais não diferenciam a cultivar dentro do mesmo ambiente nas diferentes épocas de cultivo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação à morfometria de estômatos, houve novamente uma tendência na diferenciação da cultivar Vanda, apresentando um menor comprimento e área de estômatos (Tabela 2). O comportamento foi bastante variável entre ambientes, não evidenciando uma distinção entre eles nas variáveis comprimento, largura e área estomática para ambos as faces, semelhante aos resultados encontrados por alguns autores como Atroch et al. (2001) e Klich (2000) que não encontraram em seus trabalhos diferenças nos diâmetros dos estômatos em relação aos diferentes ambientes, a que as plantas foram submetidas.

Tabela 2. Morfometria de estômato (comprimento, largura e área) nas faces adaxial e abaxial de três cultivares de alface cultivadas em quatro diferentes ambientes na estação do inverno. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Ambiente	Cultivar	Face Adaxial			Face Abaxial		
		Comprimento	Largura	Área	Comprimento	Largura	Área
		(C- μm)	(L- μm)	(A- μm^2)	(C- μm)	(L- μm)	(A- μm^2)
Sem Malha	Vera	13,20 ab A	7,93 b B	104,60 b AB	13,93 a A	8,60 a A	121,86 a A
	Vanda	12,20 b A	9,60 a A	118,20 b A	13,33 a A	8,26 a A	110,60 a A
	Solaris	13,80 a A	9,86 a A	137,86 a A	14,06 a A	8,06 a AB	114,06 a A
Malha Azul	Vera	12,33 a AB	9,13 a A	112,86 a A	13,33 a AB	9,40 a A	125,53 a A
	Vanda	12,26 a A	9,20 a AB	112,80 a A	13,00 a A	8,26 b A	107,80 b A
	Solaris	12,73 a BC	9,66 a AB	124,00 a A	13,20 a AB	8,06 b AB	106,86 b AB
Malha Termo	Vera	12,40 ab AB	8,66 ab AB	106,66 b AB	13,20 a AB	9,13 a A	117,33 a A
	Vanda	12,06 b A	8,46 b B	102,33 b A	11,26 b B	7,46 b B	83,46 b B
	Solaris	13,26 a AB	9,40 a AB	124,80 a A	12,13 b C	7,93 b B	95,46 b B
Malha Vermelha	Vera	11,46 a B	8,13 ab B	91,13 a B	12,60 a B	7,33 b B	91,26 b B
	Vanda	08,80 b B	7,33 b C	65,86 b B	10,86 b B	6,86 b B	75,60 c B
	Solaris	11,93 a C	8,80 a B	103,93 a B	12,60 a BC	8,86 a A	111,40 a A
CV(%)		11,75	13,95	20,88	10,12	15,19	20,65

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares dentro do mesmo ambiente. As letras maiúsculas iguais não diferenciam a cultivar nos diferentes ambientes, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação ao teor de pigmentos, observou-se tendência de teores de clorofilas mais elevados em folhas que foram submetidas aos ambientes com malhas de sombreamento em relação àquelas expostas à radiação solar no ambiente sem malha, ficando mais evidente no cultivo de outono (Tabela 3). Nakazono et al (2001), afirmaram que tais alterações ocorrem para que as plantas deste ambiente possam maximizar a captura de luz. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Carvalho (1996), que observou maior teor de clorofila b em ambientes sombreamento para as espécies *Cabralea canjarana* e *Centrolobium robustum*. Kramer & Kozlowisk (1979), afirmam que folhas de sombra apresentam maiores teores de clorofilas do que as folhas de sol. Scalon et al. (2002), afirmam que o aumento da clorofila b

nas folhas submetidas a baixa luminosidade é uma característica importante, porque a clorofila b capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila a, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa. Em relação ao teor de pigmentos das diferentes cultivares, a cv. Vanda obteve maiores teores comparados com Vera e Solaris, evidenciando ser uma característica inerente desta cultivar.

Em relação ao teor de clorofila nas duas épocas de cultivo, o maior acúmulo de clorofila e carotenóides foi observado no cultivo de inverno em relação ao de outono, este comportamento pode ser explicado pelo fato que no período do inverno temos uma menor disponibilidade luminosa, e o aumento no teor de pigmentos fotossintéticos pode ser devido ao efeito compensatório da espécie a menor quantidade de radiação disponível. Boardman (1977) reforça a idéia de que folhas cultivadas sob baixas intensidades de luz apresentam maiores teores de clorofila por unidade de peso.

Tabela 3. Média de clorofila A, B, Total e Carotenóides em mg.g^{-1} fitomassa fresca de alface em três cultivares de alface, em duas estações de cultivo e em quadro diferentes coberturas. Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Estação	Ambiente	Cultivar	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total	Carotenóides
Outono	Sem Malha	Vera	0,116 cB β	0,033 bB β	0,149 cB β	0,042 cB β
		Vanda	0,271 aB β	0,062 aD β	0,334 aC β	0,097 aC β
		Solaris	0,186 bB β	0,073 aA α	0,260 bB β	0,065 bB β
	Malha Azul	Vera	0,230 aA β	0,049 bA β	0,279 bA β	0,077 abA β
		Vanda	0,263 aB β	0,071 aC α	0,335 aC β	0,091 aC β
		Solaris	0,181 bB β	0,045 bB β	0,227 cB β	0,063 bB β
	Malha Termo	Vera	0,225 bA β	0,056 bA α	0,282 bA β	0,080 bA β
		Vanda	0,350 aA β	0,085 aB α	0,436 aB α	0,124 aB β
		Solaris	0,196 bB β	0,047 bB β	0,244 bB β	0,069 bB β
	Malha Vermelha	Vera	0,215 bA β	0,053 bA α	0,268 bA β	0,077 bA β
		Vanda	0,400 aA β	0,102 aA α	0,503 aA β	0,150 aA β
		Solaris	0,244 bA β	0,062 bA α	0,307 bA β	0,086 bA β
Inverno	Sem Malha	Vera	0,316 bA α	0,059 bA α	0,376 bA α	0,133 cA α
		Vanda	0,496 aA α	0,094 aA α	0,591 aA α	0,208 aA α
		Solaris	0,349 bA α	0,061 bB α	0,411 bA α	0,153 bA α
	Malha Azul	Vera	0,338 bA α	0,063 bA α	0,402 bA α	0,133 bA α
		Vanda	0,441 aB α	0,082 aB α	0,524 aB α	0,181 aB α
		Solaris	0,323 bA α	0,069 bA β	0,394 bA α	0,128 bB α
	Malha Termo	Vera	0,313 bA α	0,060 bA α	0,374 bA α	0,129 bA α
		Vanda	0,397 aC α	0,079 aB α	0,477 aC α	0,161 aC α
		Solaris	0,323 bA α	0,080 aA α	0,404 bA α	0,131 bB α
	Malha Vermelha	Vera	0,272 cB α	0,051 cA α	0,324 cB α	0,113 cB α
		Vanda	0,485 aA α	0,093 aA α	0,579 aA α	0,201 aA α
		Solaris	0,361 bA α	0,072 bA β	0,433 bA α	0,147 bA α
CV(%)			11,2	15,83	10,75	10,25

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares dentro do mesmo ambiente. As letras maiúsculas iguais não diferenciam a cultivar nos diferentes ambientes. Letras gregas iguais não diferenciam a cultivar dentro do mesmo ambiente nas diferentes épocas de cultivo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5.6 Conclusão

Diante dos resultados, verificou-se que a anatomia foliar de plantas de alface é influenciada pelas condições do meio, não apresentando diferença na morfometria estomática, mas apresentando tendência de maior densidade estomática para ambientes com maior irradiância, e em condições passíveis de estresse, demonstrando que há uma plasticidade adaptativa nesta espécie apresentando potencial de aclimatização. Houve tendência de maior

concentração de pigmentos nos ambientes sombreados, e fica evidente a diferença nos teores de clorofila e carotenóides entre as diferentes cultivares de alface.

5.7 Agradecimentos

Ao professor Dr. João Marcelo Santos de Oliveira, assim como ao Laboratório de Botânica Estrutural – LABOTE/ UFSM, pela parceria nesta pesquisa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

5.8 Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L. P. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes níveis de radiação.** 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ANTONOPOULOU, C. et al. The influence of radiation quality on the in vitro rooting and nutrient of peach rootstock. **Biologia Plantarum**, Thessaloniki, v.48, n.4, p.549-553, 2004.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, 24(1):1-15, 1949.

ATROCH, E. M. A. C. et al. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas à diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.4, p.853-862, 2001.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.28, p.355-377, 1977.

CARVALHO, P. E. R. **Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (Vell.) MART. Subsp. *Canjerana*, *Calophyllum brasiliense* CAMB. e *Centrolobium robustum* (Vell) MART. EX Benth., na fase juvenil.** 1996. 157 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CASTRO, E. M. **Alterações anatómicas, fisiológicas e fitoquímicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento.** 2002. 221 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CASTRO, E. M. de. et al. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte: v.8, n.4, p.31-35, 1998.

CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York: v.39, p.239-247, 1992.

EHLERINGER, J. R. & MOONEY, H. A. Leaf hairs: effect on physiological activity and adaptive value to a desert shrub. **Oecologia**, v.37, p.183-200. 1978.

ELIAS, S. R. M.; ASSIS, R. M.; SERAPHIN, E. S.; REZENDE, M. H. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A.St. - Hil. (Solanaceae). **Revista brasileira de Botânica**, v.26, n.2, São Paulo, Jun. 2003.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, n.1, p.39-45, 1991.

HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, L. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant Cell and Environment**, v. 25, n. 8, p. 1021-1030, 2002.

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian journal of botany**. v. 57, p. 1332-1334, 1979.

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.143-51, 2004.

KLICH, M. G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environment heterogeneity. **Environment and Experimental Botany**, v.44, n.3, p 171-183, 2000.

KRAMER, T.; KOSLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

KUNDU, S. K.; TIGERSTEDT, P. M. A. Variation in net photosynthesis, stomatal characteristics, leaf area and whole plant phytomass production among ten provenances of neem (*Azadirachta indica*). **Tree Physiology**, n.19, p. 47-52, 1998.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Toledo. I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.33, p.237-257, 1961.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MCMAHON, M. J.; KELLY, J. W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. **Scientia Horticulturae**, v.64, p.203-209, 1995.

MEDRI, M. E. & LLERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell. **Arg. Acta Amazonica**, v.10, p.463-493, 1980.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

MOTT, K. A.; GIBSON, A. C. & O'LEARY, J. W. The adaptative significance of amphistomatic leaves. **Plant Cell and Environment**, v. 5, p. 455-460, 1982.

NAKAZONO, E. M. et al. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**: São Paulo: v.24, n.2, p.173-179, jun. 2001.

PARKHUST, D. F. The adaptative significance of stomatal occurrence on one or both surfaces of leaves. **Journal of Ecology**, v.66, p.367-383, 1978.

PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimic et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.975, p.384-394, 1989.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2 ed. Âmbito Cultural Edições, Rio de Janeiro, 1997.

SCALON, S. de P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.1, p.1-5, 2002.

SCHLUTER, U. et al. Photosynthetic performance of an Arabidopsis mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.383, p. 867-874, 2003.

SCHUERGER, A. C. et al. Anatomic features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. **Annals of Botany**, v.79, p.273-82, 1997.

SILVIA, E. A. M.; ANDERSON, C. E. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa: v.32, n.179, p.1-11, 1985.

ZANELA, S. M. **Respostas ecofisiológicas e anatômicas ao sombreamento em plantas jovens de diferentes grupos ecológicos**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

6 DISCUSSÃO

As plantas superiores respondem a quantidade, qualidade, direção e periodicidade da luz, possuindo fotorreceptores que identificam possíveis modificações no ambiente luminoso, incluindo clorofilas, fitocromos, criptocromos, fototropinas, entre outros (Batschauer, 1999; Folta & Maruhnich, 2007). Luz, juntamente com outras características ambientais, permite que as plantas identifiquem tais condições que estão sendo submetidas e se adaptem as condições do meio.

Esforços para manipular a morfologia e a fisiologia das plantas usando filtros fotoseletivos estão em estudo há décadas, especialmente em ambiente protegido (CERNY et al, 2003;. ILIAS & RAJAPAKSE, 2005; LI et al., 2000; MORTENSEN & STROMME, 1987). Então as malhas de sombreamento fotoseletivas constituem um elemento novo no cultivo protegido, provocando reações morfológicas e fisiológicas específicas, melhorando a eficiência do cultivo e apresentando resultados qualitativos e econômicos satisfatórios (SHAHAK et al., 2002), que dependem da espécie utilizada e da fase de seu desenvolvimento (OREN-SHAMIR et al., 2001).

Embora para a cultura da alface existam uma gama de pesquisas relacionadas a influência da intensidade da luz, tanto no desenvolvimento de plantas de alface em fase de muda quanto a campo (SANCHEZ , 1989; BURIOL, 1994; RAMOS, 1995; QUEIROGA, 2000; KLEEMANN, 2004; RIBEIRO; 2007), não existiam ainda, para esta cultura, estudos detalhados sobre crescimento, anatomia e fisiologia relacionados à qualidade da luz utilizando malhas de sombreamento fotoseletivas na produção de alface crespa em sistema hidropônico.

Com os resultados do presente estudo foi possível verificar as modificações que tais malhas causam tanto ao ambiente de cultivo quanto a cultura da alface. As malhas apresentam modificações na temperatura e umidade relativa do ar, como já observados por SCARANARI et al. (2008); HOLCMAN & SENTELHAS (2012) e PINHEIRO et al. (2012). Pelo fato das malhas apresentarem a mesma quantidade de atenuação da radiação, observou-se semelhança no comportamento da radiação fotossinteticamente ativa entre as diferentes malhas, resultado semelhante encontrado por outros autores que utilizaram diferentes coberturas fotoseletivas com mesmo grau de atenuação da radiação (OREN-SHAMIR et al., 2001; COSTA et al. 2011). A modificação mais relevante é em relação às modificações ocorridas no espectro luminoso filtrado pelas malhas. A malha Chromatinet vermelha apresentou transmitância na região vermelha do espectro luminoso e um pico menor na região do azul-violeta, a malha

Chromatinet azul apresentou apenas um grande pico na região azul do espectro luminoso, apresentando apenas este pico na faixa do visível e a malha Aluminet termo-refletor não apresentou picos de transmitância, apresentando transmitância linear nas diferentes ‘bandas’ do espectro luminoso, como já observado por Oren-shamir et al. (2001) e Costa et al. (2011).

Na fase de produção de muda as malhas Aluminet termo-refletor e Chromatinet vermelha apresentaram maior acúmulo de fitomassa fresca de folhas, raiz e caule, assim como maior acúmulo de fitomassa seca de folha e total comparado a malha Chromatinet azul e ao ambiente sem malha, resultados semelhantes foram encontrados em outras espécies vegetais (LIMA et al. 2010; COSTA et al. 2011). Na fase de bancada de produção final o ambiente sem malha de sombreamento apresentou maior acúmulo de fitomassa comparado aos ambientes com malhas de sombreamento, como os cultivos ocorreram em duas épocas de baixa disponibilidade luminosa, os ambientes com malhas de sombreamento apresentaram menor crescimento e acúmulo de fitomassa, possivelmente por resultado de uma restrição luminosa nestes ambientes.

Os resultados foram distintos comparando a fase de produção de muda com a fase de bancada de produção final, pois nas fases iniciais do desenvolvimento vegetal (plântula), as plantas necessitam de uma menor quantidade luminosa para alcançar o ponto de saturação luminosa (TAIZ & ZEIGER, 2004), sendo que o sombreamento e as modificações causadas pelas malhas Aluminet termo-refletor e Chromatinet vermelha foram benéficas ao desenvolvimento das mudas de alface. Fica evidente que o crescimento e desenvolvimento das plantas de alface tanto em fase de muda quanto em fase adulta não são favorecidos pelo uso da malha Chromatinet azul.

Verificou-se também que a anatomia foliar de plantas de alface é influenciada pelas condições do meio. A influência foi observada somente em relação a quantidade da luz, não sendo identificado modificações nos parâmetros avaliados em relação as diferentes malhas de sombreamento. Na epiderme foliar das plantas de alface observou-se tendência de maior densidade estomática para ambientes com maior irradiância, e em condições passíveis de estresse, demonstrando que há uma plasticidade adaptativa nesta espécie apresentando potencial de aclimatização. Houve tendência de maior concentração de pigmentos nos ambientes sombreados, e ficou evidente a diferença nos teores de clorofila e carotenóides entre as diferentes cultivares de alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATSCHAUER, A. Light perception in higher plants. **Cell. Mol. Life Sci.**, v.55, p.153–166, 1999.

BRAGA, F. T. et al. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Rage: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.502-508, 2009.

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

BURIOL, G. A. et al. Alterações micrometeorológicas causadas por túneis baixos de tela plástica preta cultivados com alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, p.1-6, 1994.

CERNY, T. A. et al. Influence of photoselective films and growing season on stem growth and flowering of six plant species. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.128, p. 486–491, 2003.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, p.216-223, 2008.

COSTA, R. C. da. et al. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.29, p. 98-102, 2011.

FOLTA, K.M.; MARUHNICH, S. A.. Green light: A signal to slow down or stop. **J. Expt. Bot.** v.58, p. 3099–3111, 2007.

HOGEWONING, S.; MALJAARS, H.; HARBINSON, J. The acclimation of photosynthesis in cucumber leaves to different ratios of red and blue light. **Photosynthesis Research**, v.91 p.287-288, 2007.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba: v.16, p.858-863, 2012.

ILIAS, I. F.; RAJAPAKSE, N.. The effects of end-of-the-day red and far-red light on growth and flowering of *Petunia* · hybrida ‘Countdown Burgundy’ grown under photoselective films. **HortScience**, 40:131–133, 2005.

KENDRICK, R. E; KRONENBERG, G. H. M. (Ed.). **Photomorphogenesis in Plants**. 2.ed. Dordrecht: Academic Publishers, 1994. p.601-628.

KLEEMANN, M. Effect of photoselective plastics on the quality of lettuce. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.633, n.1, p.173-179, 2004.

LEITE, C. A.; ITO, R. M.; LEE, G. T. S.; GANELEVIN, R.; FAGNANI, M. A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of phalaenopsis. **Acta Horticulturae**, v.770, p.177-184, 2008.

LI, S. M. et al. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. **Scientia Hort.** 84:215–225, 2000.

LIMA, J. D. et al. Variáveis fisiológicas de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.3, p.193-200, May/Jun. 2010.

MATSUDA R. et al. Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. **Plant and Cell Physiology**, v.45, p.1870-1874, 2004.

MORTENSEN, L. M.; STROMME, E.. Effects of light quality on some greenhouse crops. **Scientia Hort.** (Amsterdam) 33:27–36, 1987.

OREN-SHAMIR, M. et al. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **J. Hort. Sci. Biotechnol**, v.76, p.353–361, 2001.

PINHEIRO, R. R. et al. Efeito de diferentes malhas de sombreamento na emergência e produção de mudas de rúcula. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p.757, 2012.

QUEIROGA, R. C. F. **Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró – RN**. 2000. 28 f. (Dissertação mestrado) - ESAM, Mossoró. 2000.

RAMOS, J. E. L. **Sombreamento e tipos de recipientes na formação de mudas e produção em alface**. 1995. 53 f. (Dissertação mestrado) - ESAM, Mossoró, 1995.

RIBEIRO, M. C. C. et al. Influência do sombrite no desenvolvimento da alface em cultivo hidropônico. **Revista Verde**, Rio Grande do Norte, v.2, n.2, p.69-72, jul./ dez. 2007.

SANCHEZ, C. A. et al. Growth and yield of crisphead lettuce under various shade conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.114, p.884-90, 1989.

SCARANARI, C. et al. Estudo de Simulações de Microclimas em Casas de Vegetação Visando à Aclimação de Mudas Micropropagadas de Bananeira CV Grande Naine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v.30, n.4, p.1001-1008, dez. 2008.

SHAHAK, Y. et al. Growing aralia and monstera under colored shade nets. **Olam Poreah**, v.13, p.60-62, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TSORMPATSIDIS, E. et al. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce 'Revolution' grown under polyethylene films. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, p.232-239, 2008.