

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA RÚCULA AO CULTIVO SOB TELAS
FOTOCONVERSoras NO INVERNO E NO VERÃO**

EDSON KIYOHARU HIRATA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA RÚCULA AO CULTIVO SOB TELAS
FOTOCONVERSoras NO INVERNO E NO VERÃO**

EDSON KIYOHARU HIRATA

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Maia Souza

571.2
H668r

Hirata, Edson Kiyoharu.

Respostas fisiológicas da rúcula ao cultivo sob telas fotoconversoras no inverno e no verão / Edson Kiyoharu Hirata. – Presidente Prudente, 2014.
(48)f.: il.

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

Bibliografia.

Orientador: Dr. Gustavo Maia Souza

1. *Eruca sativa*. 2. sombreamento. 3. fisiologia.
I. Título.

EDSON KIYOHARU HIRATA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA RÚCULA AO CULTIVO SOB TELAS
FOTOCONVERSoras NO INVERNO E NO VERÃO**

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

Presidente Prudente, 26 de março de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Maia Souza
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Banca: Prof. Dr. Ana Cláudia Pacheco Santos
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Banca: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues
Universidade Estadual Paulista – Unesp
Botucatu - SP

DEDICATÓRIA

*À minha esposa Andréia,
pelo amor, incentivo, companheirismo e colaboração durante toda esta jornada.*

*À minha filha Isabela,
o acontecimento mais importante da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio e carinho em todos os momentos da minha vida.

À Universidade do Oeste Paulista, Laboratório de Inteligência em Plantas e Ecofisiologia “Ulrich Lüttge” (LIPEUL) pelo suporte para a realização deste trabalho.

Ao professor e orientador Dr. Gustavo Maia Souza pela orientação, amizade, colaboração, oportunidade e pelas contribuições à minha formação profissional.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior) pelo auxílio financeiro.

Aos professores do curso de Mestrado em Agronomia da UNOESTE pela amizade e contribuição à minha carreira científica.

Aos colegas do LIPEUL pela amizade, parceria e momentos agradáveis compartilhados.

À secretaria da Pós-Graduação em Agronomia pela eficiência e apoio.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Respostas fisiológicas da rúcula ao cultivo sob telas fotoconversoras no inverno e verão

Apesar de produzir melhor em temperaturas amenas, a rúcula tem sido semeada ao longo do ano em várias regiões. Em áreas tropicais, o uso de telas coloridas de diferentes níveis de sombreamento modificam a intensidade da radiação solar e o espectro de luz que incide nas culturas, o que altera também a temperatura do ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras no inverno e verão em região de clima tropical no Estado de São Paulo e o impacto dessa tecnologia sobre a produtividade e a anatomia da planta. O experimento foi conduzido a campo no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. A rúcula foi cultivada em canteiros cobertos na parte superior e laterais pelas telas vermelha, azul, preta e Aluminet® e adicionalmente foi avaliada a testemunha a pleno sol. Foram realizadas avaliações quanto à curva de resposta à luz, fluorescência da “clorofila *a*”, teor de clorofila, epiderme adaxial e abaxial, parênquima paliçádico e esponjoso, densidade estomática e de venação. A avaliação de biomassa fresca e seca e determinação de produtividade foi realizada quando a cultura atingiu 450 graus dia. Os resultados evidenciam que as telas fotoconversoras modificam o ambiente distintamente no inverno e no verão, porém não provocam alteração significativa no processo fotossintético das plantas nas diferentes cores de tela e épocas estudadas, assim como na densidade das células epidérmicas. Em todos os tratamentos a espessura do parênquima esponjoso foi superior ao paliçádico no verão, ocorrendo o inverso no inverno. As modificações na intensidade e espectro de luz e da temperatura proporcionaram desempenho superior da tela vermelha, com maiores valores de altura e área foliar no inverno e das telas Aluminet® no verão.

Palavras chave: *Eruca sativa*; sombreamento; fisiologia.

ABSTRACT

Physiological responses of rocket to photoconverter screens during winter and summer

Despite producing best in mild temperatures, the rocket has been cultivated throughout the year in various regions. In tropical areas, the use of photoconverter screens of different shading levels modify the intensity of solar radiation and the spectrum of light on the crops, also changing the temperature of the environment. The aim of this study was to evaluate the physiological responses of the rocket under photoconverter screens during the winter and summer in tropical climate region in São Paulo state. The impact of this technology on productivity and anatomy was evaluated. The field experiment was conducted in randomized block design with four replications. The rocket was grown in beds covered on the top and sides with the screens red, blue, black and thermo-reflective. Additionally the treatment in full sun was evaluated. The response curve to light, chlorophyll fluorescence, chlorophyll content, adaxial and abaxial epidermis, palisade and spongy, stomatal density and venation were evaluated. The evaluation of fresh and dry biomass and productivity was performed when the rocket reached 450 degree day. The results showed that photoconverter screens distinctly modify the environment during the winter and summer, but do not cause significant changes in the photosynthetic process of plants in different screens colors and seasons studied, as well as the density of epidermal cells. In all treatments the spongy parenchyma was higher than palisade parenchyma in the summer, the reverse occurred in winter. Changes in the intensity and spectrum of light as well as the temperature provided superior performance of red screens, with higher values of height and leaf area in the winter and of the thermo-reflective screens in the summer.

Key-words: *Eruca sativa*; shading; physiology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	Experimento com a cultura da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras instalado no inverno (A) e no verão (B) e vista da unidade experimental (C).....	23
FIGURA 2 –	Densidade de fótons fotossintéticos medida com o quantômetro (A) e a radiação global medida com o piranômetro (B) na cultura da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras.....	24
FIGURA 3 –	Medição de trocas gasosas da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras por infra-vermelho (LI-6400).....	27
FIGURA 4 –	Medição do teor de clorofila em folhas de rúcula cultivadas sob telas fotoconversoras com clorofilômetro CCM-200.....	27
FIGURA 5 –	Densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF $\mu\text{mol fótons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e radiação global (Wm^{-2}) em função do horário de avaliação no interior das telas fotoconversoras, no cultivo da rúcula, no inverno e verão.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Resultados da análise química do solo da área experimental.....	21
TABELA 2 –	Resultados da análise física do solo da área experimental.....	21
TABELA 3 –	Densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) total diária, radiação global diária na cultura da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	31
TABELA 4 –	Médias das temperaturas mínima, média e máxima durante o experimento, medidas na altura do dossel das plantas de rúcula cultivadas sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	31
TABELA 5 –	Número de dias necessários para a cultura da rúcula atingir 450 graus dia, cultivada sob diferentes telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	32
TABELA 6 –	Largura da folha, altura, peso fresco e seco da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras no inverno e verão.....	33
TABELA 7 –	Área foliar, massa foliar específica e conteúdo de clorofila da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	35
TABELA 8 –	Assimilação máxima de CO ₂ , ponto de compensação e de saturação da fotossíntese da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	36
TABELA 9 –	Eficiência quântica potencial do fotossistema II (FSII), eficiência quântica efetiva do FSII, eficiência quântica da antena e coeficiente de extinção fotoquímico da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	38
TABELA 10 –	Respiração foliar, transpiração e condutância estomática da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	39
TABELA 11 –	Espessura da epiderme adaxial (EPDA), espessura da epiderme abaxial (EPAB), espessura do parênquima paliçádico (EPP), espessura do parênquima esponjoso (EPE), espessura total da epiderme (Etotal) da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	41
TABELA 12 –	Índice estomático, índice de poro estomático, índice de potencial de condutância e densidade de células epidérmicas nas faces adaxial e abaxial da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3 OBJETIVO.....	20
3.1 Objetivos específicos.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Desde o final da década de 90, a rúcula (*Eruca vesicaria sativa* (Mill) Thell) vem ocupando maior espaço no mercado consumidor. Consumida como verdura crua ou de outras formas, a rúcula se diferencia de outras olerícolas comumente conhecidas, principalmente pelo sabor característico (PURQUEIRO; TIVELLI, 2006). Na maioria dos casos, o consumidor tem preferência por folhas tenras. Segundo dados da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP, 2013), o preço da rúcula atingiu R\$ 3,43 kg⁻¹, superando o valor pago às principais folhosas comercializadas como a alface americana especial (R\$ 1,09 kg⁻¹).

Os efeitos de telas fotoconversoras têm sido estudados nos últimos anos em cultivo de flores (LIMA et al., 2010), de hortaliças (COSTA et al., 2011a), e, principalmente, de plantas medicinais e aromáticas (BRANT et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009; SOUZA et al., 2011; CORRÊA et al., 2012).

As telas fotoconversoras são capazes de modificar tanto a quantidade como a qualidade da radiação solar transmitida, determinando modificações óticas da dispersão e reflectância da luz. O espectro da malha azul apresenta um pico principal de transmitância na região do azul-verde (400-540 nm), enquanto a malha vermelha possui maior transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm (OREN-SHAMIR et al., 2001). Segundo Shahak et al. (2004), o fator de diferenciação mais importante entre as malhas é a razão azul:vermelho (A:V), que é maior no ambiente sob a malha azul e menor no ambiente sob a malha vermelha. Já a razão vermelho:vermelho distante (V:VD), principal fator regulatório das reações mediadas pelos fitocromos, é pouco alterada pelas telas coloridas.

Apesar dos efeitos da qualidade espectral sobre as plantas, as respostas à utilização de telas fotoconversoras são muito variáveis em função das espécies e condições de cultivo.

Queiroga et al. (2001) ressaltam que as telas de sombreamento em regiões tropicais contribuem para proporcionar redução na intensidade de radiação solar incidente sobre as plantas, além de reduzir a temperatura do ambiente, o que acarreta em benefícios para a fotossíntese, e contribui para o aumento do seu desempenho produtivo. O uso de malhas pigmentadas em cultivos de hortaliças

folhosas permite a melhor adequação das plantas ao ambiente, como no caso da rúcula (CANTU et al., 2013).

A região Oeste do estado de São Paulo é reconhecida por apresentar um clima que desfavorece o cultivo da maioria das hortaliças, como a rúcula. Neste sentido, o uso de telas de sombreamento coloridas poderia ser uma opção para minimizar os efeitos das altas temperaturas e alta irradiação solar, típicas desta região, permitindo o cultivo de hortaliças com maior produtividade e qualidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A rúcula (*Eruca sativa*) pertence à família Brassicaceae que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar proeminente na olericultura do centro-sul do Brasil. As folhas dessa hortaliça são muito apreciadas na forma de salada. A cultivar plantada é a "Cultivada", que produz plantas vigorosas, com folhas alongadas e de limbo profundamente recortado, de coloração verde-escura e sabor picante. Apesar de produzir melhor com temperaturas amenas, a rúcula tem sido semeada ao longo do ano, em numerosas regiões. Padulosi e Pignone (1997) indicam como valores térmicos ótimos para a rúcula, 22-24°C durante o dia e 16-18°C durante a noite. Em temperatura elevada, há a emissão prematura do pendão floral, e as folhas tornam-se menores e rijas (FILGUEIRA, 2008).

Dentre os fatores climáticos, a luz e a temperatura são os que mais limitam o cultivo de hortaliças (PUIATTI; FINGER, 2005). A condição prévia para o processo fotossintético ocorrer é a absorção de energia radiante pelos cloroplastos. Os receptores de radiação da fotossíntese são as clorofilas, com máximo de absorção na faixa do vermelho e do azul, bem como os pigmentos acessórios (carotenos e xantofilas) com absorção no azul e ultravioleta (LARCHER, 2006).

Entre os pigmentos que podem promover respostas fotomorfogênicas nas plantas, os mais importantes são aqueles que absorvem a luz vermelha e azul. O fitocromo é um pigmento proteico que absorve luz mais fortemente nas regiões do vermelho e vermelho-distante, mas também absorve luz azul e tem um importante papel no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo regulado pela luz (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O fitocromo é capaz de detectar comprimentos de onda de 300 a 800 nm com sensibilidade máxima nos comprimentos de onda vermelho (R) (600 a 700 nm, com pico de absorção a 660 nm) e vermelho distante (FR) (700 a 800 nm, com pico de absorção a 730 nm) do espectro. Este sistema de pigmentos consiste de duas formas que se interconvertem: a forma do fitocromo P_R absorve luz vermelha e uma vez absorvida é transformado na forma P_{FR} que absorve luz vermelho distante e é transformado na forma P_R . Das duas formas, o P_{FR} é a forma ativa que controla os sinais de transdução e respostas da planta (RAJAPAKSE et al., 1999).

Além de fonte de energia, a luz é um sinal que fornece informação sobre o ambiente para a planta. Em relação à luz azul, as respostas incluem o

fototropismo, movimentos estomáticos, inibição do alongamento do caule, ativação de genes, biossíntese de pigmentos, acompanhamento do sol pelas folhas e o movimento dos cloroplastos dentro das células. O carotenóide zeaxantina presente no cloroplasto, tem sido implicado na fotorrecepção da luz azul nas células guarda. A abertura estomática estimulada pela luz azul é bloqueada se o acúmulo de zeaxantina nas células-guarda é evitado por meios genéticos ou bioquímicos (SCHUERGER; BROWN; STRYJEWski, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em relação ao teor de clorofilas, as culturas diferem quanto às respostas ao sombreamento. Na cultura do maracujá, os níveis de sombreamento de 50% e 80% foram os mais favoráveis ao crescimento das mudas. Houve uma redução na relação clorofila-*a/b* e um aumento dos teores de clorofila total e carotenóides totais com o aumento do sombreamento (ZANELLA; SONCELA; LIMA, 2006). Para alfazema-do-Brasil (*Aloysia gratissima*) houve aumento significativo da concentração de clorofila-*a* e *b* em função da diminuição da intensidade de radiação (20,7 mg de clorofila total por g de massa fresca a pleno sol; e valores de 23,7 e 32,0 com 40 e 80% de sombreamento respectivamente) e uma redução significativa na razão clorofila-*a/b* (3,13 a pleno sol e 2,94 e 2,69, a 40 e 80% de sombreamento, respectivamente) (PINTO et al., 2007).

Para castanha-do-maranhão (*Bombacopsis glabra*) o conteúdo de clorofila-*a* e *b* não variaram com o sombreamento, já o conteúdo de clorofila total foi maior em 50% de sombra e menor a pleno sol. A relação clorofila-*a/b* foi significativamente menor nas plantas a 50% de sombreamento, provavelmente devido ao maior teor de clorofila *b* presente nessas mudas (SCALON et al., 2003). Em *Achillea millefolium* a deficiência de luz estimulou significativamente o aumento dos teores de clorofila-*a*, *b* e total em ambos os estádios de desenvolvimento (vegetativo e reprodutivo) e o teor de carotenóides no estágio reprodutivo. No estágio vegetativo, o sombreamento causou um aumento significativo na razão clorofila total/carotenóides e redução na razão clorofila-*a/b*. O aumento da proporção relativa de clorofila-*b* é uma resposta adaptativa importante da planta à baixa luminosidade, pois esse pigmento capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese, tornando a captação de luz mais eficiente em condições ambientais de baixa intensidade luminosa (LIMA et al., 2011).

Gonçalves, Marengo e Vieira (2001) ressaltam que as espécies podem usar estratégias diferentes quanto ao acúmulo e ao uso dos pigmentos fotossintéticos no que se refere à captação de luz em ambientes de menor luminosidade e à proteção contra danos fotoquímicos em ambientes de maior luminosidade. Por exemplo, a fluorescência da clorofila-*a* avaliada em mogno (*Swietenia macrophylla*) e cumaru (*Dipteryx odorata*), evidenciou que, no mogno, os valores de F_o (fluorescência basal), F_m (fluorescência máxima) e F_v (fluorescência variável) foram sempre maiores no ambiente de sol. Já no cumaru, não foi verificada diferença para F_o , entre os ambientes. Os valores de F_m e F_v foram maiores no ambiente de sombra. No ambiente de sol, a razão F_v/F_m foi maior nas folhas de cumaru, quando comparada com o mogno. As concentrações de clorofila-*a*, *b* e total, nas duas espécies, foram maiores no ambiente de sombra quando comparadas ao ambiente de sol. Por outro lado, no mogno, essas mesmas concentrações, por unidade de área, não foram diferentes para os ambientes sol ou sombra. Porém, no caso do cumaru, as “clorofilas-*a*” e “total” foram maiores no ambiente de sol, enquanto a “clorofila *b*” continuou maior no ambiente de sombra.

O crescimento e alocação de biomassa também são afetados pela variação de luminosidade. Por exemplo, em plantas de taro (*Colocasia esculenta*) sob níveis de sombreamento artificial (0, 25, 50 e 75% de restrição de luz) não houve modificação da biomassa total das plantas, todavia sob 50 e 75% de restrição de luz a razão raiz:parte aérea foi menor. Nessas condições, as plantas tiveram maiores altura, número de folhas e área foliar. A restrição de 75% de luz atrasou em 30 dias a formação de rizomas-filhos e reduziu a produção final de rizomas. Condições de acentuada restrição de luz induziram investimento inicial das plantas de taro na parte aérea em detrimento de raízes, com posterior atraso na formação dos órgãos de reserva levando à redução na produção de rizomas (OLIVEIRA; ARAUJO; GUERRA, 2011).

A busca por um melhor ambiente para o cultivo de hortaliças tem sido o foco principal de muitas pesquisas. Atualmente são muitas as opções disponíveis no mercado com relação a tipos de estruturas e de materiais que podem ser usados para modificar o ambiente e adequá-lo às necessidades das culturas (FELTRIM et al., 2006).

Para a rúcula, foram avaliados telas que proporcionaram 30%, 40% e 50% de sombreamento, no período de setembro a outubro. A produção a campo

aberto apresentou valores aceitáveis, sendo viável o cultivo no período de inverno, todavia, o cultivo da rúcula foi favorecido sob tela preta com 50% de sombreamento, que pode incrementar a produção em cerca de 43% além de reduzir o risco de danos pelo impacto da gota de chuva na folha (COSTA et al., 2011a). A preferência dos atacadistas e consumidores tem sido para folhas grandes, com pecíolo longo e coloração verde escura. O pecíolo mais longo geralmente é obtido pelo efeito de estiolamento com o uso de tela agrícola de sombreamento variável (SALA et al., 2004).

Trabalhos também têm demonstrado que o sombreamento tem efeito nas propriedades químicas das plantas. Em alfazema-do-Brasil (*Aloysia gratissima*), crescidas a pleno sol e com 40 e 80% de redução da radiação solar incidente, não houve efeito significativo do sombreamento sobre o teor do óleo essencial, que variou de 2,1 a 2,2%. Todavia, o rendimento de óleo essencial foi significativamente superior nas plantas crescidas em plena luz ($0,73 \text{ g planta}^{-1}$) e a 40% de sombreamento ($0,88 \text{ g planta}^{-1}$), em relação àquelas crescidas a 80% de sombreamento ($0,26 \text{ g planta}^{-1}$) (PINTO et al., 2007).

Telas coloridas de sombreamento estão sendo usadas, a princípio, devido a sua capacidade de manipular o espectro de radiação incidente sobre as culturas cultivadas abaixo delas. Podem ser usadas para alterar a razão do comprimento de onda vermelho/vermelho distante que são detectadas pelos fitocromos; a quantidade de radiação disponível para ativar os fotoreceptores azul/ultravioleta-A; a luz azul envolvida nas respostas fototrópicas mediadas pelas fototropinas, e outros comprimentos de onda que podem influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas (STAMPS, 2009).

Esta é uma ferramenta relativamente nova que pode ser utilizada pelos horticultores para uma ampla variedade de finalidades. Todavia, Stamps (2009) ressalta que os efeitos são variáveis e as respostas das plantas diferem até mesmo entre cultivares da mesma espécie. Estes filmes ou telas têm vários efeitos além da fotoseletividade, e até mesmo esta característica pode ser alterada com o decorrer do tempo. É importante que nas pesquisas sejam caracterizadas a qualidade e a quantidade da radiação. Os parâmetros de microclima também devem ser medidos para a determinação de quais fatores poderiam causar os resultados reportados.

Em um estudo desenvolvido por Bezerra Neto et al. (2005), foram estudados três tipos de tela de sombreamento (branca, verde e preta) e quatro

alturas das telas em relação ao nível do solo (20; 30; 40 e 50cm), além da testemunha (cultivo a céu aberto) para a cultura da alface. A tela branca sobressaiu-se em relação às demais no número de folhas por planta e produtividade. A máxima produtividade ($80,5 \text{ t.ha}^{-1}$) foi obtida na altura de sombreamento de 44,6 cm. Interação significativa entre os tipos de tela e alturas de sombreamento foi observada na produção de massa seca da parte aérea e na taxa de crescimento da cultura. Os maiores indicadores econômicos foram registrados na tela branca e na altura de sombreamento de 40 cm.

Em orégano (*Origanum vulgare*), as malhas coloridas influenciaram significativamente o teor, rendimento e qualidade do óleo essencial. Menor teor de óleo essencial foi obtido na tela preta. As malhas vermelha e preta são promissoras quando o objetivo é a extração dos compostos hidrato de cis-sabineno e hidrato de trans-sabineno (tela vermelha) e timol (tela preta). Todavia, não foi verificado efeito sobre a biomassa seca total e área foliar, porém o ambiente de pleno sol reduziu significativamente estas variáveis (CORRÊA et al., 2012).

O uso de telas coloridas para melissa (*Melissa officinalis*) evidenciou que, independentemente da cor, houve favorecimento do crescimento em relação ao tratamento a pleno sol. Com a malha vermelha houve menor teor e rendimento de óleo essencial, porém observou-se um maior teor de citral. De acordo com os autores, é possível que a alteração no espectro de luz incidente nas plantas, promovida pela malha vermelha, ocasione a falta de outro comprimento de luz (já que a malha possui filtro de transmissão de determinados espectros), que não absorvido pelos pigmentos, provoca a anulação de alguma rota importante para a síntese de terpenos e prejudica a produção do óleo essencial (BRANT et al., 2009).

Para a espécie medicinal *Mikania glomerata* verificou-se que a malha azul promoveu aumento no acúmulo de massa seca total e da área foliar, enquanto que as plantas sob malha vermelha apresentaram maior alocação de matéria seca para as raízes. A menor quantidade de matéria seca foliar foi verificada nas plantas crescidas a pleno sol. O teor de óleo essencial das plantas crescidas sob malha azul foi de 0,14%, o que correspondeu a um acréscimo de 142% em relação ao teor verificado nas plantas crescidas a pleno sol, enquanto o teor de cumarina não foi influenciado pela cor da malha. Os autores inferem, de acordo com os resultados, que o sombreamento, sobretudo da malha azul, pode promover a ativação das rotas do metabolismo secundário dessa espécie e, dessa forma, a luz poderia ser

modulada durante o cultivo a fim de se obter características morfológicas desejáveis e maximizar a produção de princípios ativos nessa espécie (SOUZA et al., 2011).

Em *Ocimum selloi* o uso de sombrites coloridos afetou o número e o tamanho dos cloroplastos localizados nas células do parênquima paliçádico. Estes foram significativamente maiores em plantas crescidas sob telas vermelha e azul em comparação às plantas mantidas a pleno sol. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que plantas com folhas sombreadas são mais finas e contém maiores cloroplastos ricos em pigmentos. O maior número de grãos de amido ocorreu a pleno sol e na tela vermelha (COSTA et al., 2010). Um estudo com diferentes níveis de sombreamento em mudas da espécie arbórea *Cupania vernalis* evidenciou que a espessura do parênquima paliçádico e das epidermes das faces abaxial e adaxial foi o que mais contribuiu para a maior espessura do limbo nas plantas cultivadas a pleno sol, uma vez que não foram observadas diferenças significativas na espessura do parênquima esponjoso. Os espaços intercelulares no mesófilo das folhas submetidas a 70% de sombreamento foram maiores em comparação com essa mesma característica das folhas a pleno sol (LIMA JR. et al., 2006).

Em *Ocimum gratissimum*, a radiação espectral transmitida pela malha vermelha resultou em menor densidade estomática na face adaxial, enquanto que na face abaxial as maiores densidades estomáticas foram verificadas nos tratamentos sob malhas preta e vermelha (MARTINS et al., 2009). As variações das densidades estomáticas na face adaxial e abaxial revelam a plasticidade anatômica dessa espécie em função do ambiente de cultivo. Lima Jr. et al. (2006) ressaltam que o aumento na densidade estomática pode permitir que a planta aumente a condutância de gases e, assim, evite que a fotossíntese seja limitada sob diferentes condições de ambiente.

Diferentes malhas de sombreamento-70% (azul, vermelha, preta e termo-refletores) no cultivo de *Anthurium andraeanum* cv. Apalai resultaram em alterações em diversos parâmetros da cultura. Maiores valores de área foliar foram observados em plantas cultivadas sob malha preta, seguida de plantas cultivadas sob Aluminet®, vermelha e por último, azul. As diferenças na área foliar específica e na razão clorofila *a/b* entre os tratamentos não foram significativas. O teor de clorofilas, a fluorescência máxima (Fm) e a razão entre a fluorescência variável e máxima (Fv/Fm) foram baixos sob malha azul e vermelha, enquanto a fluorescência inicial (Fo) foi elevada. O teor de clorofilas correlacionou-se positivamente com a

razão Fv/Fm. A malha preta proporcionou a melhor condição para o crescimento (LIMA et al., 2010).

Os fitocromos têm um importante papel na definição da arquitetura das plantas e, conseqüentemente, no seu valor de mercado. Na espécie ornamental *Euphorbia pulcherrima*, conhecida vulgarmente como bico-de-papagaio, têm sido estudadas alternativas ao uso de reguladores de crescimento para redução do porte. Filmes plásticos fotoseletivos que reduzem significativamente a luz vermelha distante (FR) aumentando a relação vermelho/vermelho distante (F/FR) têm sido testados. Plantas cultivadas sob alta relação F/FR foram mais baixas e compactas do que aquelas cultivadas em filme transparente. De acordo com os autores, a manipulação da qualidade da luz é uma alternativa para reduzir ou substituir o uso de reguladores de crescimento em sistemas de produção comercial que requerem várias aplicações de reguladores (MATA; BOTTO, 2009).

Com a cultura do morango, considerando as médias obtidas na ausência e presença de telas coloridas e o total das colheitas, as produções das cultivares “Oso Grande” e “Camarosa” foram semelhantes. Na tela azul essas cultivares apresentaram a menor massa fresca. De acordo com os autores, a provável explicação parece estar na intensidade de radiação fotossinteticamente ativa a qual foi menor com a utilização da tela azul (COSTA et al., 2011b).

Na literatura há escassos trabalhos com telas fotoconversoras em hortaliças, em particular sobre rúcula. Trabalhos dessa natureza são importantes para obter informações quanto ao efeito dessa tecnologia no desempenho produtivo e fisiologia de hortaliças tanto no inverno como no verão, a fim de determinar quais materiais podem otimizar a produtividade.

3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas da rúcula (*Eruca sativa*) cultivada sob telas fotoconversoras no inverno e no verão, assim como avaliar o impacto desta tecnologia na produtividade e morfologia da cultura.

3.1 Objetivos Específicos

- a) Definir a tela fotoconversora que maximize o desempenho produtivo da rúcula cultivada no inverno e no verão.
- b) Verificar as respostas fisiológicas da rúcula nos diferentes espectros de luz em diferentes épocas do ano.
- c) Determinar alterações anatômicas da rúcula decorrentes do uso de telas fotoconversoras.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Álvares Machado-SP (latitude 22° 4' 44" S e longitude 51° 28' 19" W), em área tradicionalmente cultivada com hortaliças, a campo aberto. O município apresenta altitude de 480 m e de acordo com a classificação de Koeppen, clima Aw, tropical chuvoso com inverno seco, isotérmica superior a 18°C, com pelo menos um mês com precipitação média inferior a 60 mm (CEPAGRI, 2012).

Foram realizadas análises química (Tabela 1) e física do solo (Tabela 2) para caracterização da área experimental e recomendação da adubação. De acordo com a análise do solo foi realizada adubação com o adubo fosfatado Yorin® na dose de 1000kg ha⁻¹ e para a correção do solo, calcário dolomítico (1000 kg ha⁻¹), sendo incorporados nos canteiros em todos os tratamentos, imediatamente antes da semeadura.

TABELA 1 - Resultados da análise química do solo da área experimental.

Cu	Fe	Mn	Zn	M.O.	pH	P	S	B
	mg dm ⁻³			g dm ⁻³	-		mg dm ⁻³	
12,7	30	10,1	3,9	18	5,6	31	-	0,37
K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	S.B.	C.T.C.	V%
				mmolc dm ⁻³				
3,1	23	7	-	-	20	32,3	52,6	62

TABELA 2 - Resultados da análise física do solo da área experimental.

Argila (%)	Silte (%)	Total	Areia, %	Fina	Classificação
<0,002 mm	0,053 – 0,002	2,00 – 0,053	Grossa	0,210 – 0,053	textural
	mm	mm	2,00 – 0,210	mm	
7,1	6,3	86,6	mm	73,3	Areia-franca
			13,3		

Os experimentos foram realizados no inverno de 2012 e no verão de 2012/2013, em canteiros formados com auxílio de um roto encanteirador.

As mudas de *Eruca sativa* foram obtidas a partir da germinação de sementes (6 sementes célula⁻¹) da cultivar Cultivada em bandejas plásticas de polipropileno com 288 células preenchidas com substrato Bioplant® Prata HT e mantidas em casa de vegetação. Após 27 dias no inverno e 21 dias no verão, as

mudas foram transplantadas para os canteiros experimentais com espaçamento de 25 cm entre linhas e 10 cm entre covas com 3 plantas cova⁻¹ obtidos pelo desbaste das plantas aos 15 dias após a germinação. A adubação de plantio foi realizada com a formulação 4:14:8 (N:P:K), na dose de 1000 Kg ha⁻¹, seguindo recomendação da análise do solo.

Os tratamentos foram compostos por quatro ambientes luminosos gerados artificialmente com o uso de diferentes telas de sombreamento fotoconversoras (telas coloridas), visando criar ambientes com diferentes qualidades de luz, sendo comparados com um tratamento controle a pleno sol: T1) sombrite vermelho 35%; T2) sombrite azul 35%; T3) sombrite preto 35%; T4) Aluminet® 35% e T5) testemunha sem sombrite (pleno sol). Os tratamentos foram dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições.

A unidade experimental foi constituída por canteiros de 2m de comprimento por 1,0m de largura, com 4 linhas de plantio cada. A área útil foi composta pelas 2 linhas centrais, desprezando-se 0,20m de cada extremidade (Figura 1).

Durante o cultivo da rúcula, a adubação de cobertura foi realizada semanalmente com 100 Kg ha⁻¹ de KCl e 100 Kg ha⁻¹ de uréia, utilizando fertirrigação por gotejamento aplicada por três linhas de mangueiras com fluxo de 6,5 litros de água por metro quadrado por hora.

A densidade de fótons fotossintéticos e a radiação global foram medidas por um sensor (LI-191, Li-Cor, USA) e um piranômetro (LI-200, Li-Cor, USA) respectivamente, acoplados a um datalogger (LI-250 A, Li-Cor, USA), no inverno e verão (Figura 2).

Ao final do período vegetativo, foram avaliadas a curva de resposta fotossintética à luz (A/Q), fluorescência da clorofila *a*, teor de clorofila e produção de biomassa.



FIGURA 1 – Experimento com a cultura da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras instalado no inverno (A) e no verão (B) e vista da unidade experimental (C).

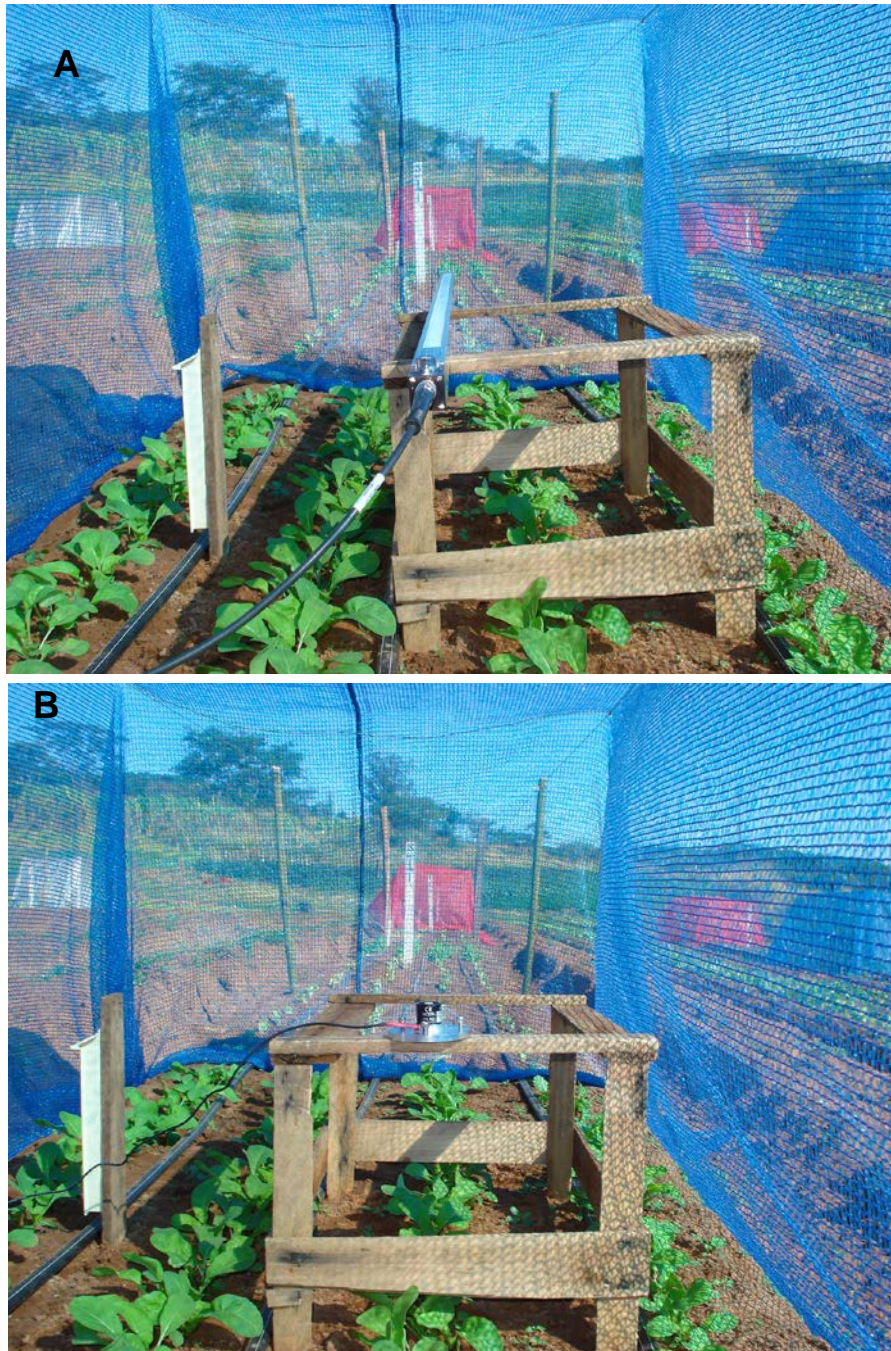


FIGURA 2 - Densidade de fótons fotossintéticos medida com o quantômetro (A) e a radiação global medida com o piranômetro (B) na cultura da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras.

O período para avaliação final do experimento foi definido em função de um mesmo somatório térmico em todos os tratamentos. Com isso objetivou-se minimizar o efeito do tempo no acúmulo de biomassa, uma vez que os diferentes tratamentos apresentaram naturalmente diferentes quantidades de energia incidente

por dia nas diferentes épocas do ano, o que induz diferentes taxas de crescimento. Esse método é baseado na premissa de que as plantas, para completarem cada subperíodo do desenvolvimento, necessitam de um somatório térmico, isto é, precisam de uma quantidade de energia acumulada acima da temperatura-base favorável ao desenvolvimento vegetal, abaixo da qual os processos metabólicos paralisam ou ocorrem a uma taxa tão pequena que podem ser desprezados. Pressupõe ainda uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal (BRUNINI et al., 1976).

Os dados de temperatura mínima e máxima do ar foram obtidos por meio da instalação de termômetros manuais de máxima e mínima em cada tratamento, com a coleta diária de dados. Foi considerado que as plantas deveriam atingir um somatório térmico na fase transplante-colheita de 450 graus dia, tomando como temperatura base 10°C, baseados em valores ideais para alface (BRUNINI et al., 1976; ARAÚJO et al., 2010), uma vez que não há trabalhos publicados com rúcula. O cálculo da soma térmica em graus dia foi feito com base na equação: $GD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_b \right)$, onde: GD é o total de graus dia acumulado, T_{max} é a temperatura máxima diária do ar, T_{min} é a temperatura mínima diária do ar, T_b é a temperatura base, e n o número de dias analisado.

Os parâmetros fisiológicos avaliados foram:

1) Curva de resposta à luz (A/Q) e fluorescência da clorofila *a*

A fotossíntese em plantas pode ser descrita quantitativamente por curvas de resposta fotossintética à luz (A/Q) que discriminam alguns pontos: máxima assimilação de CO₂ (A_{max}); ponto de compensação a luz (PCL); ponto de saturação a luz (PSL) no qual 90% de A_{max} é atingida; rendimento quântico aparente (μ), correspondente ao declive da região linear inicial da curva A/Q; e respiração da folha (R_f) quando $Q = 0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (LÜTTGE, 1997).

Folhas saudáveis e totalmente expandidas foram submetidas a uma densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) de $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ por 10 a 15 minutos, dependendo da velocidade de estabilização das leituras. Neste período é esperado que a fotossíntese seja induzida a valores máximos ou próximos disto. Em seguida, a folha foi submetida a diferentes níveis de luminosidade de 2000 a zero $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante 3 a 6 minutos, dependendo da velocidade de estabilização das

leituras, sendo registradas as leituras ao final de cada etapa. Durante estas medições, a umidade relativa da câmara foi mantida em valores próximos do ambiente, porém sempre inferiores a 90 %. A concentração de CO₂ da câmara foi mantida em 380 µmol l⁻¹ e a temperatura da folha ajustada para 28°C.

As curvas de resposta A/Q foram ajustadas de acordo com a seguinte equação (PRADO; MORAES, 1997):

$$A = A_{max} (1 - e^{-c(x-CP)})$$

onde A é a assimilação de CO₂, A_{max} é a máxima assimilação de CO₂, c é a constante relacionada à convexidade da curva, x é Q, e CP é o ponto de compensação de luz.

Para esta análise foi utilizado um medidor portátil de trocas gasosas por infra-vermelho (LI-6400, Li-Cor, USA) (Figura 3). As curvas foram realizadas antes da colheita, em quatro repetições por tratamento. Simultaneamente foi realizada a avaliação da atividade fotoquímica. Utilizando-se o mesmo equipamento, a fluorescência da clorofila a foi medida após 30 minutos de adaptação da folha ao escuro, sendo utilizado papel alumínio para cobrir as folhas com um fluorômetro (6400 – 40) acoplado ao LI-6400.

2) Teor de clorofila

Por ocasião da colheita, foi tomada ao acaso, uma folha completamente expandida de 20 plantas de cada parcela, para determinação do teor de clorofila, cujo método de medição é por diferença de densidade ótica entre dois comprimentos de onda. O equipamento utilizado foi o medidor portátil de clorofila (CCM 200 Opti-Sciences, USA) (Figura 4).

3) Avaliações fitotécnicas

Adicionalmente, foram realizadas avaliações fitotécnicas à medida que os tratamentos atingiram os 450 graus dia. A altura das plantas foi avaliada medindo-se do colo da planta até o ápice da folha mais alta, em dez plantas por parcela. A massa de matéria fresca foi determinada nas plantas das duas linhas centrais da unidade experimental. Após a pesagem da massa fresca, estas plantas foram levadas para uma estufa de circulação forçada de ar à 65°C para obtenção da massa seca. A área foliar foi avaliada com um integrador de área foliar (LI-COR modelo LI – 3000 A, USA) em plantas de duas covas (três plantas cada cova).



FIGURA 3 – Medição de trocas gasosas da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras por infra-vermelho (LI-6400).



FIGURA 4 – Medição do teor de clorofila em folhas de rúcula cultivadas sob telas fotoconversoras com clorofilômetro CCM-200.

4) Anatomia foliar

Para análise das características anatômicas da folha foram coletadas seis folhas de cada tratamento. Uma amostra de aproximadamente 100mm² foi destacada da região mediana de cada folha por tratamento para as análises em

microscópio óptico. As amostras foram fixadas em F.A.A. 50 (JOHANSEN, 1940) e conservadas em etanol 70%. Lâminas permanentes foram montadas. Para tanto, as amostras foram embebidas em parafina e secções transversais foram feitas com a utilização de micrótomo de rotação e coradas com Azul de Toluidina (O'BRIEN; FEDER; MCCULLY, 1965), e montadas com verniz vitral 500® (PAIVA et al., 2006). Nas secções transversais da região mediana do limbo das folhas foi mensurada a espessura da epiderme adaxial e abaxial, parênquima paliçádico e esponjoso. Na nervura central foi mensurado o número de condutores do xilema e o diâmetro de 10-15 condutores mais amplos por secção usando um software Image J (Image J, National Institute of Health, USA).

A densidade de venação foi mensurada em seis folhas por tratamento. Estas foram coletadas e imediatamente clarificadas seguindo o procedimento descrito por Fonsêca, Proença e Gonçalves (2007). Amostras das folhas de aproximadamente 60 mm² foram cortadas da região mediana das folhas para análise em microscópio óptico. Imagens foram obtidas com uso de câmera digital e processadas usando um software Image J (Image J, National Institute of Health, USA) e a densidade das nervuras menores (da 4^o ordem e superiores) calculada como o comprimento total das nervuras por unidade de área foliar.

A densidade estomática foi obtida por modelagem com esmalte sintético incolor na face abaxial da epiderme na região mediana da folha. As modelagens foram montadas entre lâmina e lamínula com água, para análise em microscópio óptico. Imagens foram obtidas com uso de câmera digital e processadas usando um software Image J (Image J, National Institute of Health, USA), a densidade estomática foi calculada por meio da contagem dos estômatos em uma área de 1mm² e mensurados o comprimento e largura do estômato e o comprimento do poro estomático.

5) Análise dos resultados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 e Tabela 3 são apresentadas a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF, $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$), que é a irradiância utilizada pela planta para realizar a fotossíntese, e a radiação global, que é a radiação (Wm^{-2}) total incidente no interior do ambiente protegido pelas telas. Pode ser verificado que todas as telas fotoconversoras reduziram a DFFF e a radiação global em relação ao tratamento a pleno sol. Porém, excluindo o tratamento a pleno sol, os maiores valores de DFFF tanto no inverno quanto no verão, foram obtidos pelas telas vermelha e preta, enquanto que os maiores valores de radiação global foram encontradas sob as telas vermelha e azul. O pico da DFFF foi às 12h00 em ambas as estações com cerca de $1400 \mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no inverno e $2000 \mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no verão. A redução na DFFF e radiação global entre as telas fotoconversoras e o tratamento a pleno sol foi maior no verão.

As telas fotoconversoras promovem a formação de um microclima para as plantas cultivadas abaixo delas, o que altera a intensidade de luz, o espectro luminoso e a temperatura do ar. No inverno, as maiores temperaturas médias foram atingidas pela testemunha a pleno sol seguido pelas telas vermelha e aluminet. No verão as maiores temperaturas médias foram observadas sob as telas azul e vermelha (Tabela 4). Assim, no cultivo de inverno, as plantas a pleno sol foram as primeiras a atingir os 450 graus dia, aos 34 dias após o plantio. No verão, a somatória foi atingida pelas plantas sob a tela fotoconversora azul aos 28 dias após o plantio (Tabela 5). Segundo Oren-Shamir et al. (2001), as telas coloridas diferem nos espectros de transmitância da radiação fotossinteticamente ativa. As telas termo refletoras promovem distribuição uniforme de luz e aporte máximo da luz difusa e da reflexão da radiação infravermelha, tanto para evitar o excesso de temperatura como para economizar energia (HUERTAS, 2006). As telas de coloração vermelha transferem mais a luz do espectro nas ondas vermelho e vermelho distante e difundem a luz que passa através da malha, sendo eficientes no desenvolvimento da planta (LI, 2006). As de coloração azul proporcionam luz do espectro em comprimento de onda 440-490nm, intensificando o fototropismo e a fotossíntese (RODRIGUES, 2002).

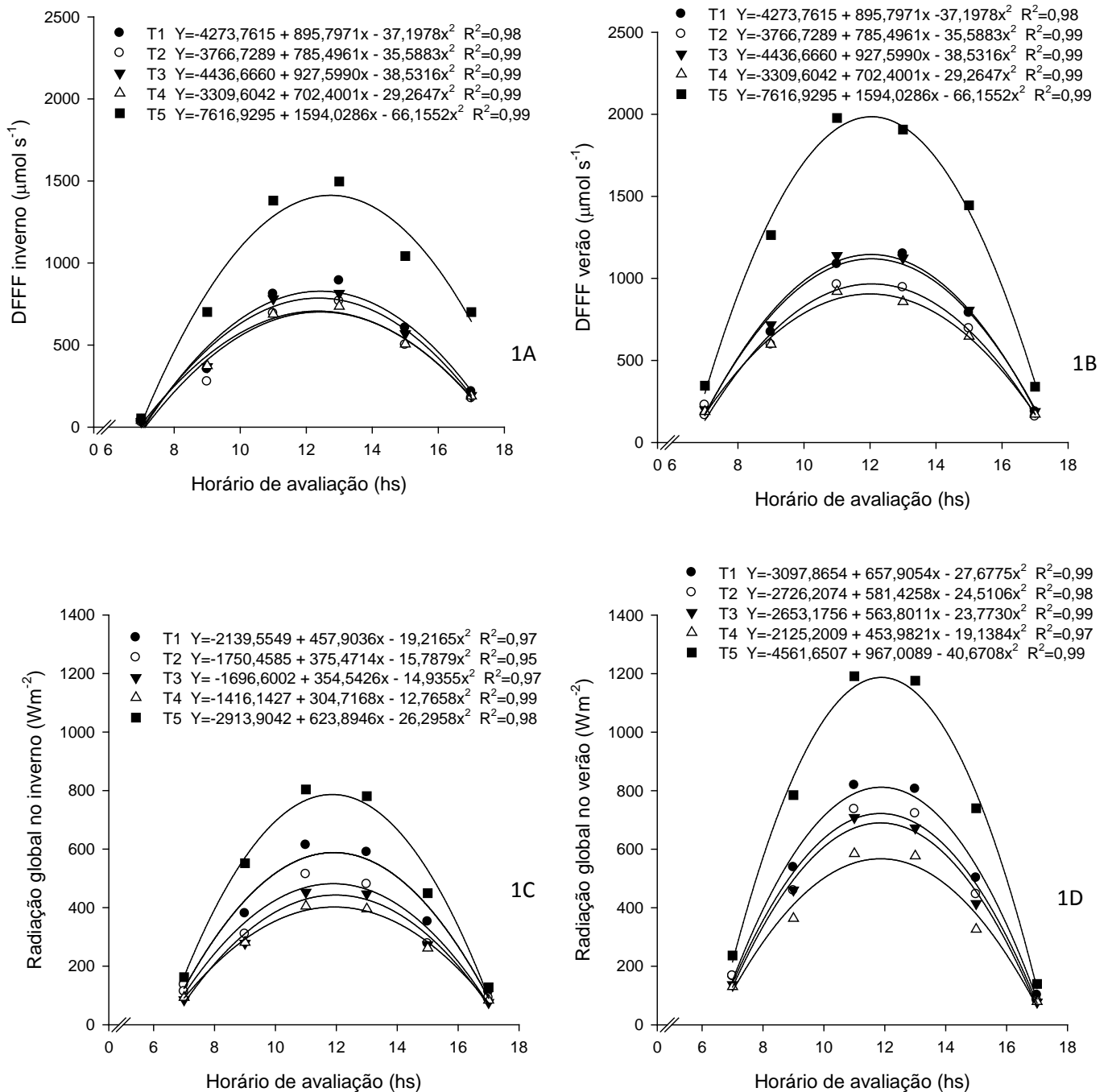


FIGURA 5 – Densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e radiação global (Wm^{-2}) em função do horário de avaliação no interior de telas fotoconversoras, no cultivo da rúcula, no inverno e verão.

(T1 = tela vermelha; T2 = tela azul; T3 = tela preta; T4 = Aluminet® e T5 = pleno sol)

TABELA 3 - Densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) total diária, radiação global (RG) diária e relação RG/DFFF na cultura da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno (I) e verão (V).

Telas Fotoconversoras	DFFF inverno	DFFF verão	Radiação		DFFF/RGI Inverno	DFFF/RGV Verão	
			Inverno global (RGI)	Radiação global verão (RGV)			
		mol m ⁻² dia ⁻¹		W m ⁻²			
Vermelho	5572	7789	4117	5595	1,35	1,39	
Azul	4680	6713	3365	4975	1,39	1,35	
Preto	5369	7961	3065	4726	1,75	1,68	
Aluminet®	4833	6403	2861	3911	1,68	1,64	
Pleno Sol	9635	13873	5563	8160	1,73	1,70	

TABELA 4 – Médias das temperaturas mínima, média e máxima durante o experimento, medidas na altura do dossel das plantas de rúcula cultivadas sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Temperatura inverno (°C)			Temperatura verão (°C)		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
Vermelho	12,2	22,5	32,7	17,2	25,5	33,8
Azul	12,4	21,8	31,2	17,8	26,0	34,2
Preto	11,9	21,2	30,5	17,2	24,0	30,8
Aluminet®	12,0	22,5	33,0	17,6	24,0	30,4
Pleno Sol	12,9	23,2	33,5	17,0	25,0	33,0

TABELA 5 – Número de dias necessários para a cultura da rúcula atingir 450 graus dia, cultivada sob diferentes telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Dias após o transplante (450 graus dia)	
	Inverno	Verão
Vermelho	36	29
Azul	38	28
Preto	40	32
Aluminet®	36	32
Pleno Sol	34	30

Na Tabela 6 podem ser observados os maiores valores de altura e largura das plantas cultivadas sob a tela vermelha no inverno e, conseqüentemente, o maior rendimento em massa fresca e seca, diferindo significativamente dos demais tratamentos e época de cultivo. Segundo Ballaré et al. (1992), o fitocromo detecta a radiação na faixa do vermelho (V) e do vermelho extremo (Ve) e está ligado às mudanças na morfologia das plantas em competição, o que pode afetar a disponibilidade dos recursos necessários para o crescimento e também modificar a luz ambiente que é utilizada pelas plantas na determinação do padrão de crescimento. As telas vermelhas podem alterar a razão V:Ve. Arnim e Deng (1996) e Wei e Deng (1996), consideram que há a participação de genes que modificam as relações entre reguladores vegetais. Dessa forma, a giberelina e a citocinina podem estar envolvidas na modificação de alocação de massa seca devido a alteração na qualidade da luz, atuando a giberelina no alongamento celular e a citocinina promovendo a divisão celular. Em contrapartida, Leite et al. (2003) quantificou uma menor densidade da radiação fotossinteticamente ativa sob a tela azul, o que influenciou na produção de alface que apresentou menores comprimento de folha, comprimento de pecíolo e largura da folha, confirmando os resultados encontrados nos tratamentos com tela azul, no inverno e verão.

No verão, as maiores alturas foram alcançadas pelas plantas sob as telas preta e Aluminet®, e a maior largura pelas plantas sob a tela Aluminet®, ocasionando os maiores valores de massa fresca e seca para os dois tratamentos, proporcionados pela menor temperatura média diária e pelos menores valores de radiação global.

TABELA 6 – Largura da folha, altura, peso fresco e seco da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Largura da folha (cm)		Altura da planta (cm)		Massa fresca (g cova ⁻¹)		Massa seca (g cova ⁻¹)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Vermelha	10,2 Aa	7,0 Bc	39,3 Aa	31,7 Bc	158,1Aa	65,0 Bb	9,4 Aa	5,2 Ba
Azul	8,3 Ac	7,2 Bc	35,3 Ac	33,0 Bb	116,9 Ad	49,7 Bc	7,5 Ab	4,7 Bb
Preta	8,7 Abc	8,2 Ab	36,8 Ac	36,0 Aa	128,8 Ac	85,2 Ba	7,9 Ab	6,0 Ba
Aluminet®	9,7 Ab	9,2 Aa	37,4 Ab	35,0 Ba	135,7 Abc	83,7 Ba	7,9 Ab	5,7 Ba
Pleno Sol	8,4 Ac	7,7 Abc	33,1 Ab	27,2 Bd	142,5 Ab	66,7 Bb	8,1 Ab	5,2 Ba

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A altura das plantas sob a tela preta não apresentou diferença significativa entre as épocas de cultivo, o mesmo ocorrendo em relação à largura das folhas sob as telas Aluminet® e preta, o que resultou em maiores valores de área foliar no verão (Tabela 7), e que não diferiu significativamente da área foliar obtida no inverno. A tela aluminet foi a melhor opção para o cultivo nas duas épocas, pois no inverno, apesar da tela vermelha apresentar melhor desempenho, a área foliar não diferiu da tela Aluminet® e o comércio da rúcula é mais baseado em volume que em peso.

A massa foliar específica não diferiu entre os tratamentos no inverno, enquanto no verão os menores valores foram obtidos pelas plantas sob as telas Aluminet® e preta. De acordo com Larcher (2006), as plantas que crescem sob forte radiação desenvolvem folhas espessas e apresentam um metabolismo mais ativo, como consequência, essas plantas apresentam maior produção de massa seca, com maior conteúdo energético. No verão, como os tratamentos sob as telas Aluminet® e preta apresentaram os maiores valores de área foliar e os menores índices de massa foliar específica, pode-se afirmar que suas plantas apresentaram as folhas mais finas e tenras, mais apreciadas pelo mercado consumidor.

No verão, os conteúdos de clorofila avaliados nas plantas de todos os tratamentos foram inferiores aos encontrados no inverno, pois, devido à alta radiação luminosa, uma menor quantidade de clorofila é necessária para fotossíntese.

Os diferentes ambientes promovidos pelas telas fotoconversoras não alteraram significativamente os valores de fotossíntese máxima, em relação ao tratamento a pleno sol, e também não apresentaram diferenças entre o inverno e verão (Tabela 8). De acordo com Lambers, Chapin e Pons (1998) plantas sombreadas por telas apresentam redução nos valores de fotossíntese máxima comparativamente às plantas descobertas, por limitações impostas pelas reações de carboxilação ao incremento da fotossíntese, em reduzidos valores de radiação fotossinteticamente ativa, o que não ocorreu neste trabalho.

TABELA 7 – Área foliar, massa foliar específica e índice de conteúdo de clorofila da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Área foliar (cm ²)		Massa foliar específica (g m ⁻²)		Índice Conteúdo de clorofila	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Vermelha	2033,2 Aa	1282,2 Bbc	46,5 Aa	41,7 Abc	29,1 Aab	21,0Ba
Azul	1663,3 Ab	966,7 Bd	45,75 Aa	46,7 Aab	24,3 Ac	19,5 Ba
Preta	1684,4 Ab	1531,7 Aab	47,0 Aa	39,2 Bbc	30,0 Aa	20,7 Ba
Aluminet	1822,0 Aab	1622,2 Aa	44,0 Aa	35,2 Bc	28,3 Aab	20,0 Ba
Pleno Sol	1619,2 Ab	1017,0 Bcd	51,0 Aa	52,2 Aa	27,1 Ab	20,2 Ba

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 8 – Assimilação máxima de CO₂, ponto de compensação e de saturação da fotossíntese da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Assimilação Máxima de CO ₂		Ponto de Compensação da Fotossíntese		Ponto de Saturação da Fotossíntese	
	(μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻²)		(μmol fótons m ⁻² s ⁻²)			
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Vermelha	27,4320 Aa	26,5238 Aa	36,6015 Ab	47,7700 Ab	822,6243 Aa	868,7010 Aa
Azul	22,8815 Aa	27,5374 Aa	32,6676 Ab	43,0853 Ab	717,5889 Aa	848,0040 Aa
Preta	31,2205 Aa	30,4838 Aa	39,2248 Aab	43,9525 Ab	877,9664 Aa	904,3700 Aa
Aluminet	27,3147 Aa	28,3909 Aa	32,9210 Ab	44,6602 Ab	872,0540 Aa	827,4780 Aa
Pleno Sol	25,8524 Aa	32,0620 Aa	55,0970 Aa	66,4164 Aa	863,0335 Ba	1056,2998 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O sombreamento das telas reduziu o ponto de compensação da fotossíntese no inverno e no verão em relação às plantas mantidas a pleno sol, porém não ocorreu diferença entre os cultivos de inverno e verão dentro de cada tratamento. Segundo Dussi et al. (2005), a redução na respiração em folhas sombreadas é uma estratégia importante para a redução do ponto de compensação da fotossíntese, por aumentar a eficiência de captação e uso da escassa luz disponível em ambientes sombreados. Indivíduos que se desenvolvem sob condições de sombreamento são capazes de atingir o ponto de compensação fótica em situação de menor intensidade luminosa do que indivíduos desenvolvidos sob condições de alta luminosidade (LARCHER, 2006).

Da mesma maneira, não houve diferenças dos parâmetros de atividade fotoquímica da fotossíntese (Tabela 9).

Os dados apresentados na Tabela 8 também mostram que os pontos de saturação da fotossíntese das plantas sob as telas não difere das plantas à pleno sol, nos dois cultivos. Todavia, as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram ponto de saturação mais elevado no período de verão, possivelmente devido a aclimatação a alta radiação.

A tendência das telas em ocasionar redução da respiração pode ser observada na Tabela 10, embora não diferindo significativamente da testemunha a pleno sol.

A transpiração das plantas de rúcula não apresentou diferença entre os tratamentos durante o inverno, o que pode ser atribuído à menor temperatura e intensidade luminosa neste período. No verão, apenas as plantas sob a tela azul apresentaram menor transpiração, embora Sutcliffe (1980) relate que a exposição a intensa radiação solar eleva a temperatura da folha, intensificando a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha, o que resulta em taxas mais elevadas de transpiração. No experimento realizado no verão, sob a tela azul foram observados a mais alta temperatura média e o segundo maior valor de radiação global.

TABELA 9 – Eficiência quântica potencial do fotossistema II (FSII), eficiência quântica efetiva do FSII, eficiência quântica da antena e coeficiente de excitação fotoquímico da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Eficiência Quântica Potencial do FSII		Eficiência Quântica do FSII		Eficiência Quântica Da Antena		Coeficiente de Excitação Fotoquímico	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
	Vermelha	0,7846 Aa	0,7392 Ba	0,3558 Aa	0,3716 Aa	0,5465 Aa	0,5789 Aa	0,6482 Aa
Azul	0,7687 Aa	0,7284 Ba	0,3832 Aa	0,3753 Aa	0,5541 Aa	0,5765 Aa	0,6904 Aa	0,6486 Aa
Preta	0,7740 Aa	0,7583 Aa	0,4037 Aa	0,3624 Aa	0,5839 Aa	0,5732 Aa	0,7102 Aa	0,6320 Aa
Aluminet	0,7807 Aa	0,7710 Aa	0,3595 Aa	0,4030 Aa	0,5447 Aa	0,5926 Aa	0,6548 Aa	0,6792 Aa
Pleno Sol	0,7624 Aa	0,7409 Aa	0,3733 Aa	0,3616 Aa	0,5424 Aa	0,5716 Aa	0,6834 Aa	0,6317 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 10 – Respiração foliar, transpiração e condutância estomática da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	Respiração foliar ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$)		Transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$)		Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Vermelha	3,2611 Aab	3,8607 Aa	7,1594 Aa	9,6006 Aab	0,7535 Aa	0,9653 Aa
Azul	2,6160 Ab	3,6893 Aa	6,0202 Aa	8,5267 Ab	0,6254 Aa	1,1320 Aa
Preta	3,4355 Aab	3,8118 Aa	7,8611 Aa	10,0272 Aab	1,0449 Aa	0,9349 Aa
Aluminet	3,0563 Aab	3,9108 Aa	6,7537 Ba	10,9732 Aab	0,8311 Aa	1,0255 Aa
Pleno Sol	4,6470 Aa	5,3672 Aa	6,3892 Ba	12,5159 Aa	0,5990 Ba	1,1679 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os diferentes valores de temperatura e radiação nos tratamentos não causaram alteração na condutância estomática. Segundo Ferreira, Davide e Carvalho (1999), em *Eucalyptus citriodora*, os maiores valores de condutância estomática ocorrem quando a radiação solar é máxima e o potencial hídrico da folha ainda não atingiu os valores mínimos passíveis de induzir o fechamento dos estômatos. Sendo assim, possivelmente, mesmo com as diferentes intensidades de radiação e temperatura do ar nos tratamentos, a disponibilidade de água do solo, suprida pela irrigação, foi suficiente para manter o potencial hídrico da folha. Segundo Larcher (2006), em plantas, a luminosidade do habitat pode promover alterações fenotípicas tanto na morfologia quanto na fisiologia dos indivíduos. Os diferentes valores biométricos entre os tratamentos comprovam a plasticidade morfológica das plantas de rúcula, e a alta capacidade homeostática do aparato fotossintético em diferentes ambientes luminosos.

Em relação às avaliações anatômicas, as diferentes intensidades luminosas resultantes do uso das telas fotoconversoras não promoveram mudanças significativas na espessura da epiderme adaxial das folhas de rúcula em relação às plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 11). Esses resultados diferem dos encontrados por Pinto et al. (2007), que ao trabalharem com *Aloysia gratissima* observaram aumento da espessura da epiderme adaxial com o incremento da intensidade de luz. O mesmo ocorreu com as células da epiderme abaxial, que cresceram expostas a uma intensidade luminosa inferior. Segundo Taiz e Zeiger (2004), as células na superfície superior da folha expostas ao fluxo fotônico mais alto, caracterizam folhas crescendo à plena luz do sol e as células da superfície inferior tem características encontradas em folhas de sombra. No inverno as células do parênquima paliçádico das plantas cultivadas sob a tela azul apresentaram menor espessura, devido a menor intensidade de radiação global. O mesmo ocorreu com o parênquima esponjoso, porém não diferindo dos demais tratamentos. Segundo Esau (1965), as folhas sombreadas mostram além de células do paliçádico mais curtas, um parênquima esponjoso frouxo, resultando em lâminas mais delgadas. Porém, no verão as células do parênquima esponjoso apresentaram a tendência de serem mais espessas que as do parênquima paliçádico, em todos os tratamentos.

TABELA 11 – Espessura da epiderme adaxial (EPDA), espessura da epiderme abaxial (EPAB), espessura do parênquima paliçádico (EPP), espessura do parênquima esponjoso (EPE), espessura total da epiderme (Etotal) da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas	Épocas	EPAD (μm)	EPAB (μm)	EPP (μm)	EPE (μm)	EPP/EPE (μm)	ETotal (μm)
Fotoconversoras							
Vermelha	Inverno	33,51 \pm 4,74 Aab	20,87 \pm 2,18 Aa	208,78 \pm 25,02 Aab	145,03 \pm 10,10 Aa	1,44 \pm 0,16 Aa	410,61 \pm 33,30 Aa
	Verão	28,61 \pm 3,40 Aa	16,31 \pm 2,67 Ba	135,15 \pm 32,81 Ba	178,13 \pm 31,25 Aa	0,75 \pm 0,08 Ab	340,46 \pm 38,89 Bb
Azul	Inverno	38,87 \pm 2,71 Aa	22,73 \pm 5,46 Aa	184,90 \pm 39,74 Aab	127,69 \pm 30,75 Aa	1,56 \pm 0,73 Aa	376,18 \pm 48,49 Aab
	Verão	26,02 \pm 3,07 Ba	15,80 \pm 2,32 Ba	130,89 \pm 10,29 Ba	162,62 \pm 23,63 Aa	0,82 \pm 0,16 Ab	327,64 \pm 44,86 Ab
Preta	Inverno	28,45 \pm 4,78 Ab	21,85 \pm 4,76 Aa	200,01 \pm 24,75 Aab	132,39 \pm 8,41 Ba	1,52 \pm 0,24 Aa	385,15 \pm 20,20 Aa
	Verão	29,89 \pm 2,85 Aa	18,39 \pm 2,46 Aa	133,62 \pm 34,60 Ba	211,04 \pm 31,78 Aa	0,63 \pm 0,08 Ab	374,95 \pm 47,80 Aab
Aluminet	Inverno	30,14 \pm 5,56 Ab	19,45 \pm 3,21 Aa	154,84 \pm 18,15 Ab	114,43 \pm 24,56 Aa	1,40 \pm 0,32 Aa	307,26 \pm 30,53 Ab
	Verão	26,55 \pm 4,06 Aa	19,39 \pm 4,07 Aa	141,08 \pm 19,07 Aa	160,38 \pm 24,00 Aa	0,89 \pm 0,15 Aa	346,95 \pm 39,78 Ab
Pleno Sol	Inverno	34,63 \pm 7,19 Aab	21,85 \pm 3,10 Aa	255,10 \pm 52,64 Aa	161,05 \pm 32,20 Ba	1,59 \pm 0,21 Aa	418,28 \pm 32,61 Aa
	Verão	31,20 \pm 3,74 Aa	18,34 \pm 2,73 Aa	147,39 \pm 16,09 Ba	226,80 \pm 8,91 Aa	0,65 \pm 0,06 Ab	425,74 \pm 22,98 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na comparação das telas e maiúsculas, na comparação das épocas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A rúcula apresenta em suas folhas estômatos sobre a superfície adaxial e abaxial (anfiestomática). Nos tratamentos avaliados não houve diferença significativa do índice estomático e índice de poro estomático (Tabela 12), somente a tendência de um maior índice na face abaxial das folhas. Fato observado por Meyer et al. (1973), que realizando a contagem de estômatos de 39 espécies relatou que nas plantas anfiestomáticas, o número de estômatos na face adaxial era normalmente inferior ao da face abaxial. A densidade de células epidérmicas apresentou o mesmo comportamento, com células de menor tamanho na face inferior da folha. Todavia, na comparação entre os tratamentos não foram observadas diferenças quanto ao número de células epidérmicas em ambas as faces da folha.

TABELA 12 – Índice estomático, índice de poro estomático, índice de potencial de condutância e densidade de células epidérmicas nas faces adaxial e abaxial da rúcula cultivada sob telas fotoconversoras, no inverno e verão.

Telas Fotoconversoras	INVERNO							
	Índice estomático		Índice de poro estomático		Índice de potencial de condutância		Densidade células epidérmicas (nº células mm ⁻²)	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
Vermelha	0,24 ± 0,03Aa	0,26 ± 0,02Aa	0,09 ± 0,02Ba	0,16 ± 0,02Aa	9,03 ± 1,62Ba	16,23 ± 1,68Aa	345,8 ± 20,41Ba	395,8 ± 105,08Aa
Azul	0,21 ± 0,02Ba	0,27 ± 0,08Aa	0,08 ± 0,02Ba	0,16 ± 0,05Aa	8,29 ± 1,98Ba	15,86 ± 4,58Aa	329,2 ± 72,74Ba	481,2 ± 94,12Aa
Preta	0,19 ± 0,01Aa	0,21 ± 0,04Aa	0,07 ± 0,01Ba	0,13 ± 0,04Aa	7,32 ± 0,66Ba	13,25 ± 3,85Aa	356,2 ± 80,53Ba	485,2 ± 117,64Aa
Aluminet	0,17 ± 0,03Aa	0,21 ± 0,02Aa	0,07 ± 0,01Aa	0,12 ± 0,03Aa	6,52 ± 1,26Aa	11,66 ± 2,76Aa	295,8 ± 47,87Ba	495,8 ± 75,69Aa
Pleno Sol	0,18 ± 0,02Ba	0,26 ± 0,04Aa	0,08 ± 0,01Ba	0,15 ± 0,02Aa	8,08 ± 1,22Ba	15,32 ± 2,06Aa	270,8 ± 45,87Ba	477,1 ± 99,50Aa
VERÃO								
Vermelha	0,22 ± 0,01Aa	0,27 ± 0,03Aa	0,11 ± 0,02Ba	0,19 ± 0,04Aa	10,61 ± 1,87Ba	19,36 ± 4,04Aa	316,7 ± 27,00Ba	458,3 ± 101,45Aa
Azul	0,24 ± 0,04Ba	0,30 ± 0,05Aa	0,12 ± 0,01Ba	0,21 ± 0,05Aa	12,41 ± 1,32Ba	20,96 ± 4,98Aa	302,1 ± 26,71Aa	508,3 ± 79,32a
Preta	0,25 ± 0,02Aa	0,27 ± 0,03Aa	0,14 ± 0,02Aa	0,15 ± 0,02Aa	14,16 ± 2,10Aa	15,47 ± 1,83Aa	285,4 ± 61,96Aa	447,9 ± 83,07Aa
Aluminet	0,19 ± 0,04Ba	0,26 ± 0,03Aa	0,09 ± 0,01Ba	0,18 ± 0,03Aa	9,03 ± 1,03Ba	17,74 ± 2,66Aa	297,9 ± 48,36Aa	487,5 ± 154,72Aa
Pleno Sol	0,23 ± 0,02Aa	0,26 ± 0,02Aa	0,11 ± 0,02Ba	0,17 ± 0,01Aa	10,90 ± 1,73Ba	16,71 ± 1,19Aa	395,8 ± 124,7Ba	477,1 ± 90,97Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na comparação das telas e maiúsculas, na comparação das faces, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÕES

1 – A alteração na quantidade e qualidade da luz pelo uso de telas fotoconversoras não alterou a eficiência fotossintética das plantas de rúcula tanto no cultivo de inverno como no verão.

2 - As telas fotoconversoras afetam a morfologia das plantas de rúcula no inverno e no verão.

3 – De modo geral não houve efeito na anatomia da rúcula cultivada sob as telas fotoconversoras.

4 – Telas fotoconversoras interferem na produtividade da rúcula de modo distinto no inverno e verão.

5 - A tela aluminet é a mais indicada para o cultivo no verão e a tela vermelha para o cultivo de inverno, nas condições edafoclimáticas do estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, T.S. et al. Crescimento da alface americana em função dos ambientes, épocas e graus dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.441-449, 2010.
- ARNIM, A.V.; DENG, X.W. Light control of seedling development. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.47, p.215-243, 1996.
- BALLARÉ, C.L. et al. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. **Photochemistry and Photobiology**, v.56, n.5, p.777-788, 1992.
- BEZERRA NETO, F. et al. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.189-192, 2005.
- BRANT, R.S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1401-1407, 2009.
- BRUNINI, O. et al. Temperatura base para alface “White Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v.85, n.19, p. 214-219, 1976.
- CANTU, R.R. et al. Uso de malhas pigmentadas e mulching em túneis para cultivo de rúcula: efeito no ambiente e nas plantas modelo. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.810-815, 2013.
- CEPAGRI. **Clima dos Municípios Paulistas**. 2012. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 14 mai. 2012.
- CEAGESP. **Portal Ceagesp, Cotações, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2013. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/cotacoes/index_html>. Acesso em: 16 out. 2013.
- CORRÊA, R.M. et al. Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. **Global Science and Technology**, v.5, n.1, p.11-22, 2012.
- COSTA, C.M.F. et al. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.93-102, 2011a.
- COSTA, L.C.B. et al. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, v.69, n.2, p. 349-359, 2010.
- COSTA, R.C. et al. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.98-102, 2011b.

DUSSI, M.C. et al. Shade nets effect on canopy light distribution and quality of fruit ad spur leaf on Apple cv. Fuji. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.3, p.253-260, 2005.

ESAU, K. **Plant anatomy**. New York: Wiley and Sons, 1965. 767p.

FELTRIM, A.L. et al. Produção de chicória em função do período de cobertura com tecido de polipropileno. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.2, p.249-254, 2006.

FERREIRA, C.A.G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v.5, n.2, p.95-104, 1999.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FONSÊCA, L.C.M.; PROENÇA, C.E.B.; GONÇALVES, E.G. Descrição do padrão de venação foliar em *Spathicarpa* Hook. (Araceae). **Acta Botânica Brasileira**, v.21, n.1, p.213-221, 2007.

GONÇALVES, J.F.C.; MARENCO, R.A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.149-157, 2001.

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

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: Mcgraw Hill, 1940. 523p.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer-Verlag, 1998. 540p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LEITE, C.A. et al. Viabilidade do uso de telados para a produção de alface em larga escala. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, 2003. Suplemento CD.

LI, J.C. Uso de mallas en envernaderos. **Horticultura Internacional**, n. extra, p.86-91, 2006.

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

LIMA JR. et al. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LIMA, M.C. et al. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em *Achillea millefolium* L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.41, n.1, p.45-50, 2011.

LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 384p.

MATA, D.A.; BOTTO, J.F. Manipulation of light environment to produce high-quality Poinsettia plants. **Hortscience**, v.44, n.3, p.702-706, 2009.

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

MEYER, B. et al. **Introdução à fisiologia vegetal**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1973. 710 p.

O'BRIAN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell wall by toluidine blue O. **Protoplasma**, v.59, n.2, p.368-373, 1965.

OLIVEIRA, F.L.; ARAUJO, A.P.; GUERRA, J.G.M. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.3, p. 292-298, 2011.

OLIVEIRA, M.I. et al. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.1, p.56-62, 2009.

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

PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: a Mediterranean crop for the world**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=90Dk0n6OeygC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 15 out. 2013.

PAIVA, J.G.A. et al. Verniz vitral incolor 500: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica**, v.20, n.2, p.257-264, 2006.

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

PUIATTI, M.; FINGER, F.L. Fatores climáticos. In: FONTES, P.C.R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. p.17-30.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro, 2006. 83p.

PRADO, C.H.B.A.; MORAES, S.A.P.V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions.

Photosynthetica, v.33, n.1, p.103-112, 1997.

QUEIROGA, R.C.F. et al. Produção de alface em função de cultivares e tipos de telas de sombreamento nas condições de Mossoró. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.192-196, 2001.

RAJAPAKSE, N.C. et al. Plant height control by photoselective filters: current status and future prospects. **HortTechnology**, v.9, n.4, p.618-624, 1999.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762p.

SALA, F.C. et al. Caracterização varietal de rúcula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44. **Resumos...** Campo Grande: SOB, 2004. (Cd-rom)

SCALON, S.P.Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.753-758, 2003.

SCHUERGER, A.C.; BROWN, C.; STRYJEWSKI, E.C. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) growth under red light emitting diodes supplemented with blue or far-red light. **Annals of Botany**, v.79, n.3, p.273-282, 1997.

SHAHAK, Y. et al. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, v.659, p.143-161, 2004.

SOUZA, G.S. et al. Crescimento, teor de óleo essencial e conteúdo de cumarina de plantas jovens de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Biotemas**, v.24, n.3, p.1-11, 2011.

STAMPS, R.H. Use of colored shade netting in horticulture. **Hortscience**, v.44, n.2, p.239-241, 2009.

SUTCLIFFE, J.F. **As Plantas e a água**. São Paulo: Edusp, 1980. 67p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 918p.

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

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A.L.S. Formação de mudas de maracujazeiro "amarelo" sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.880-884, 2006.