

## PRODUÇÃO DE ALFACE CULTIVADA SOB ILUMINAÇÃO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ

SABRINA CORDEIRO DE LIMA<sup>1</sup>; JUAREZ PAZ PEDROZA<sup>2\*</sup>;  
BRUNO GAUDÊNCIO DE ALMEIDA<sup>3</sup>; DANIELE FERREIRA DE MELO<sup>4</sup>;  
RANIZA DE OLIVEIRA CARVALHO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola UFCG, Campina Grande-PB, sabrina.lcordeiro@gmail.com;

<sup>2</sup>Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, juarez@deag.ufcg.edu.br;

<sup>3</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, brunogaudenciocg@hotmail.com;

<sup>4</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola UFCG, Campina Grande-PB, danimelo.ufcg@hotmail.com;

<sup>5</sup>Graduanda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, ranizacarvalho@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

Palmas/TO – Brasil

17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** A iluminação de estufas hortícolas com diodos emissores de luz (LED) é uma alternativa eficiente para produção de culturas. Isto posto, realizou-se este experimento tendo como objetivo investigar os efeitos da qualidade de iluminação de LED vermelhos e azuis (R/B) em diferentes combinações sob a produção de cultivares de Alface em um ambiente livre de influências externas. Os tratamentos de luz aplicados foram diferentes combinações de luzes de LED em vermelho e azul (R/B) na faixa espectral de 445 – 660 nm (LED 5:1, LED 3:1, LED R:B e LED 6:3), e duas cultivares de alface (Crespa e Lisa) resultando em um fatorial 4x2, em delineamento inteiramente casualizado, com 6 repetições. As avaliações realizaram-se aos 21 DAT, onde foram determinadas características de produção MFF e MSF (massa fresca/seca das folhas), MFC e MSC (massa fresca/seca do caule) e a MFR e MSR (massa fresca/seca das raízes). A combinação de luz que apresentou melhores resultados foi o LED 5:1, e a cultivar de alface crespa mostrou-se mais adaptável às condições submetidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** LED, *Lactuca Sativa*, Qualidade de luz.

## PRODUCTION OF LETTUCE CULTIVATED UNDER ILLUMINATION OF LIGHT-EMITTING DIODES

**ABSTRACT:** The lighting of horticultural greenhouses with light emitting diodes (LEDs) is an efficient alternative for crop production. This experiment was carried out to investigate the effects of red and blue (R / B) LED illumination on different combinations under lettuce cultivars in an environment free of external influences. The applied light treatments were different combinations of red and blue (R/B) LED lights in the spectral range of 445-660 nm (5: 1 LED, 3: 1 LED, R: B LED and 6: 3 LED), and two lettuce (Curly and Smooth) cultivars resulting in a 4x2 factorial, in a completely randomized design with 6 replicates. The evaluations were performed at 21 DAT, where MFF and MSF (fresh/dry leaf mass), MFC and MSC (fresh/dry stem mass) and MFR and MSR (fresh/dry mass of roots) .The combination of light that presented the best results was LED 5: 1, and the cultivar of crisp lettuce showed to be more adaptable to the submitted conditions.

**KEYWORDS:** LED, *Lactuca Sativa*, Light quality.

## INTRODUÇÃO

A iluminação é um fator primordial para o desenvolvimento das plantas e a utilização de iluminação artificial promovida pelos diodos emissores de luz (LEDs) representam uma tecnologia promissora para a indústria de estufas, que apresentam vantagens nos sistemas de produção devido a possibilidade de uma produção eficiente independentemente de fatores climáticos. As luzes especificamente vermelhas (R) e azuis (B) têm o maior impacto no crescimento das plantas porque são as principais fontes de energia para a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (Han et al., 2017). Os sistemas

de iluminação devem fornecer, portanto, comprimentos de onda vermelhos e azuis, cobrindo o intervalo necessário para a fotossíntese de plantas (Xu et al., 2016).

As luzes de LED R e B combinadas foram provadas como uma fonte de iluminação eficaz para produzir muitas espécies de plantas em ambientes controlados, incluindo a alface (Miyagi et al., 2016; Han et al., 2017). A luz LED R:B é importante para a expansão das folhas e conseqüentemente ocorre um maior acúmulo de biomassa da alface (Li et al., 2010; Hogewoning et al., 2010; Johkan et al., 2012). Para aplicar os resultados à produção de alface, é importante investigar os efeitos da qualidade da luz quando fornecidos como única fonte de energia luminosa. A relação R: B ótima sob uma combinação de diodos emissores de luz de vermelho e azul precisa ser melhor estudada. E poucos estudos têm sido relatados sobre os efeitos de diferentes combinações R: B no desempenho da alface (Wang et al., 2016).

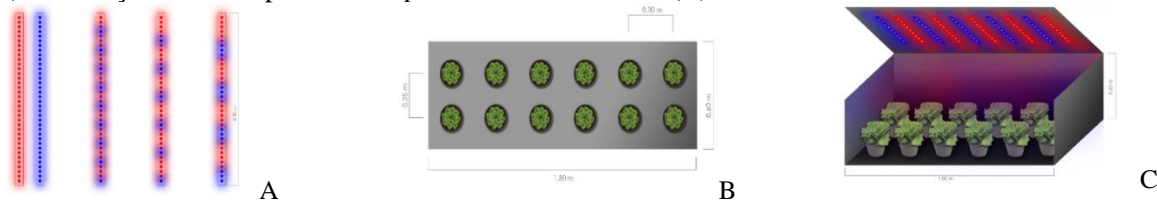
Deste modo, têm-se como objetivo desta pesquisa avaliar a produção de duas cultivares de alface e determinar qual cultivar obteve um melhor desempenho em função dos tratamentos de diferentes combinações de iluminação LED.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN). E instalado em uma estrutura vertical com quatro prateleiras de alvenaria em ambiente fechado.

O delineamento experimental foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) com os tratamentos arranjados em esquema fatorial (4x2). Sendo 4 variações de Luz com função RGB para iluminação hortícola em diferentes combinações de Vermelho e Azul (R:B), 6:3, 5:1, 3:1 e LED 100% Vermelha e 100% azul alternadas (LED R:B) (Figura 1 A), e 2 cultivares de alface (Lisa e Crespa), com 6 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída de uma planta por vaso espaçadas em 30 x 25 cm (Figura 1 B). As barras de LED foram instaladas na parte superior das prateleiras, 30 cm acima das plantas, espaçadas em 15 cm, totalizando 10 barras por prateleira (Figura 1 C).

Figura 1. Combinações de luz R/B (vermelho/azul) (A); Disposição dos vasos nas bancadas de cultivo (B); Instalações das lâmpadas LED para cultivo de Alface (C).



A fonte de iluminação de LED foi em barras de 50cm compostas por 36 lâmpadas com uma potência de saída de 10 W. Com saídas de pico a 445 nm da região do azul (B) e 660 nm na região do vermelho (R). As barras foram conectadas a uma fonte de 12v e 5A (em cada prateleira). O fotoperíodo foi controlado por um timer digital programável, proporcionando às plantas 12 horas de luz. A atmosfera de estufa não foi enriquecida em CO<sub>2</sub> durante o experimento.

As mudas de cultivares de Alface “Crespa” (Veneranda) e “Lisa” (Regina) foram semeadas em espuma fenólica e coletadas para transplante com 30 dias após semeadura (DAS), com 8 folhas definitivas, em média, fornecidas por produtor do município de Lagoa Seca-PB. E transplantadas para vasos de 4,8 l, compostos por uma camada de brita e tela abaixo da camada de solo para facilitar a drenagem. Os vasos foram completados com cerca de 5 kg de solo de textura Franco Arenosa.

O solo foi adubado antes de ser transferido para os vasos com NPK, seguindo metodologia proposta por Novais et al. (1991), em que, a fonte de nitrogênio foi o nitrato de cálcio (15,5% de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), a fonte de fósforo foi o ortofosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de potássio, o cloreto de potássio (60% de K). Para confecção da curva retenção de água no solo utilizou-se o Software SWRC Fit tomando como parâmetro a equação de Van Genuchten (1980). Para manejo da irrigação foram instalados à 15 cm de profundidade 4 tensiômetros de punção, um por prateleira de tratamento de Luz. Com tensiômetro digital foram medidas a tensão de retenção de água no solo. A umidade crítica tomada

como parâmetro foi 15 kpa (Marouelli, 2008). O solo para recebimento das plantas foi colocado em seu estado de capacidade de campo, aplicando uma lâmina de água de 23mm, por ocasião de transplântio.

Aos 21 DAT (dias após transplântio) foram determinadas a massa da matéria fresca e seca das plantas (g), com isso foi realizada a separação das folhas, caules e raízes. A massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC) e massa fresca da raiz (MFR) foi determinada pelo método direto da pesagem em balança de precisão. Para a massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR), o material fresco foi armazenado em sacos de papel com identificação e passaram pelo processo de secagem em estufa com circulação de ar forçado a 65°C, por 48 h, após esse procedimento foi feita a pesagem da massa final em balança analítica de precisão 0,0001g.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014). Os efeitos das diferentes variações nas combinações da iluminação e das cultivares foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ). Na ocorrência de interação entre os fatores desdobraram-se os efeitos dos tratamentos de luz em função das cultivares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para as variáveis de produção aqui estudadas está descrito na Tabela 1. Todas as variáveis foram significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, com exceção da variável MFC, que não obteve efeito significativo para o fator Cultivar (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis MFF, MSF, MFC, MSC, MFR e MSR de alface cultivada sob Diodos Emissores de Luz (LED) aos 21 DAT.

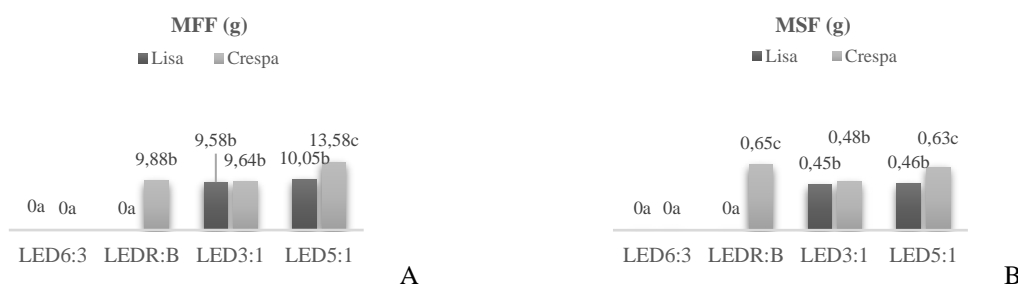
		MFF	MSF	MFC	MSC	MFR	MSR
	<b>GL</b>	<b>QM</b>					
<b>Iluminação (L)</b>	3	333,651706**	0,696792**	1,509883**	0,004866**	140,472110**	0,629028**
<b>Cultivar (C)</b>	1	130,614008**	0,537633**	0,011844 <sup>ns</sup>	0,000712**	25,121367**	0,088408**
<b>L x C</b>	3	66,503081**	0,274621**	0,208851**	0,002482**	36,69436**	0,140347**
<b>Erro</b>	40	5,472801	0,014194	0,017741	0,000082	1,183934	0,003181
<b>CV (%)</b>		15,2	6,66	7,45	0,84	11,06	3,36

GL: Graus de Liberdade; QM: Quadrados médios; CV: Coeficiente de Variação (transformação  $(X+0,5)^{1/2}$ ); \*\* Significativo a 1% e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F de Tukey.

De uma maneira geral, a produção da alface cultivada sob iluminação de LED é afetada pela combinação de fontes de luz em vermelho (R) e azul (A), assim como o tipo de cultivar utilizada no cultivo. Logo, o rendimento das plantas é o resultado da interação de vários fatores ambientais sob os quais as plantas são cultivadas, inclusive da iluminação à qual são submetidas.

Na Figura 2, estão apresentados os resultados referentes a MFF e MSF. Tais resultados mostram que, a massa fresca das folhas foi maior para a combinação de LED 5:1. E tanto a MFF como a MSF foram mais elevadas para a cultivar de alface crespa.

Figura 2. Massa Fresca das Folhas (A) e Massa Seca das Folhas (B) de cultivares de alface em função das combinações R/B de lâmpadas de LED.

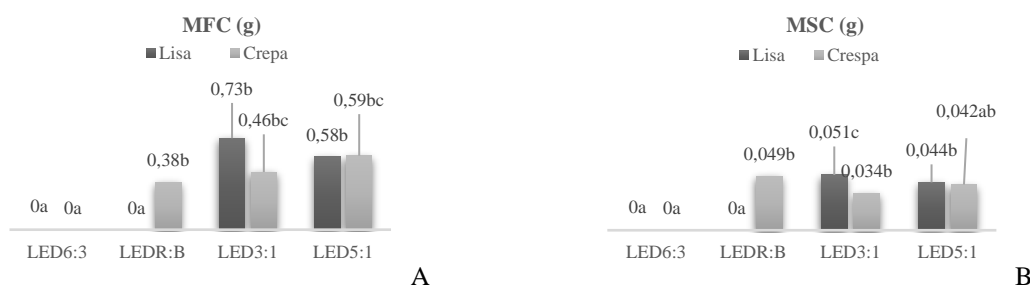


Pode-se dizer então, que a cultivar de alface crespa pode ser mais propícia a cultivo sob tais condições de iluminação, tendo desempenhando um melhor resultado em termos de biomassa e fitomassa. Estudando os efeitos de diferentes condições de intensidade de luz sobre o rendimento de plantas de alface cultivadas sob condições ambientais semelhantes Fu et al. (2012) mostraram em seus resultados que, a intensidade de luz de LED de  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  chegou a produção 162,89 g, valores bastante diferentes dos encontrados neste estudo. O que indica que neste experimento as plantas produzidas estão fora dos padrões, de modo que as reduções na biomassa total da alface sugerem que, a qualidade da luz pode diminuir o peso médio da alface e conseqüentemente diminuir o seu valor de mercado. Esta ocorrência pode ter sido devido ao fato de as luzes não terem intensidade suficiente para um rendimento favorável.

Lee et al. (2015) descobriram que, uma quantidade ótima de irradiação de LED vermelho e azul misturado pode ser representada por  $80/40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , em que o maior peso foliar encontrado foi neste tratamento chegando a atingir 47,5 g por planta. Yorio et al. (2001) relataram que houve maior acumulação de peso na alface cultivada sob luz vermelha suplementada com luz azul do que na alface cultivada sob luz vermelha sozinha. Amoozgar et al. (2017), mostraram que a aplicação de lâmpadas LED azul + vermelha aumentou a massa seca de alface em comparação com o azul puro LEDs.

Os resultados referentes a massa fresca do caule (MFC) e a massa seca do caule (MSC), A e B, respectivamente, podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3. Massa Fresca do Caule (A) e Massa Seca do Caule (B) de cultivares de alface em função das combinações R/B de lâmpadas de LED.



No caso do caule, um maior valor em peso torna-se um aspecto negativo, sugerindo que a cultivar tem maior suscetibilidade ao pendoamento. Nesse aspecto a cultivar de alface lisa apresenta uma maior resistência ao pendoamento. Blat et al. (2011) relataram que tal característica é dependente da cultivar.

Quanto à massa fresca das raízes (A) e massa seca das raízes (B), os resultados são apresentados na Figura 4. E mostram que o tratamento LED5:1 apresenta raízes com maior massa.

Figura 4. Massa Fresca das Folhas (A) e Massa Seca das Folhas (B) de cultivares de alface em função das combinações R/B de lâmpadas de LED.



Amoozgar et al. (2017) apresentaram em seu estudo utilizando alface (cv. Grizzly) que, quando crescidas em azul + vermelho as plantas apresentaram-se visualmente melhores que as cultivadas em estufa, com níveis significativamente maiores de raiz. No entanto, isso foi alcançado devido a uma biomassa de raiz muito baixa na ausência de luz azul, ou seja, na câmara de crescimento com LED vermelho puro. Isso pode indicar que a luz LED vermelha pura não é adequada para completar o crescimento total da alface (cv Grizzly) e, embora a luz vermelha possa ter maior contribuição para a

fotossíntese da planta do que azul, não está correlacionada com o aumento de massas frescas e secas das raízes.

A tensão de retenção de água no solo não chegou ao seu estado crítico durante a condução deste experimento (21 dias), não sendo necessária a realização de irrigação, pois nas condições ambientais de cultivo as perdas de água são mínimas.

## CONCLUSÃO

A maior produção de folhas de alface foram observadas na fonte de variação de luz LED com combinação 5:1, e para a cultivar de alface crespa. Por outro lado, a cultivar crespa mostrou-se mais susceptível ao pendoamento. O que comprova que cada cultivar tem uma adaptabilidade diferente em condições ambientais análogas.

A qualidade da radiação luminosa que promovem a produção das plantas podem estar diretamente associadas às possíveis combinações de luz LED vermelhas e azuis.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Amoozgar, A.; Mohammadi, A.; Sabzalian, M. R. Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. grizzly. *Photosynthetica*, v.55, n.1, p.85-95, 2017.
- Blat, S. F.; Sanchez, S. V.; Araújo, J. A. C.; Bolonhezi, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira*, v.29, n.1, p.135-138, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- Fu, W.; Li, P.; Wu, Y.; Tang, J. Effects of different light intensities on anti-oxidative enzyme activity, quality and biomass in lettuce. *Hort. Sci*, v.39, n.3, p.129-134, 2012.
- Han, T.; Vaganov, V.; Cao, S.; Li, Q.; Ling, L.; Cheng, X.; Tu, M. Improving color rendering of led lighting for the growth of lettuce. *Scientific Reports*, v.7, p.45944, 2017.
- Hogewoning, S. W.; Trouwborst, G.; Maljaars, H.; Poorter, H.; Van Leperen, W.; Harbinson, J. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany*, v.61, n.11, p.3107-3117, 2010.
- Johkan, M.; Shoji, K.; Goto, F.; Hahida, S. N.; Yoshihara, T. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *lactuca sativa*. *Environmental and Experimental Botany*, v.75, p.128-133, 2012.
- Lee, M.; Park, S.; Oh, M. Growth and cell division of lettuce plants under various ratios of red to far-red light-emitting diodes. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v.56, n.2, p.186-194, 2015.
- Li, W. L.; Yu, J. H.; Zhang, G. B.; Yang, Q. C. Effects of light quality on parameters of gas exchange and chlorophyll fluorescence in lettuce leaves by using led. *Journal of Gansu Agricultural University*, v.1, p.011, 2010.
- Marouelli, W. A. Tensiômetro para o controle de irrigação em hortaliças. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 2008. 15p.
- Miyagi, A.; Uchimiya, H.; Kawai-yamada, M. Synergistic effects of light quality, carbon dioxide and nutrients on metabolite compositions of head lettuce under artificial growth conditions mimicking a plant factory. *Food Chemistry*, v.218, p.561-568, 2017.
- Wang, J.; Lu, W.; Tong, Y.; Yang, Q. Leaf morphology, photosynthetic performance, chlorophyll fluorescence, stomatal development of lettuce (*lactuca sativa* l.) exposed to different ratios of red light to blue light. *Frontiers in Plant Science*, v.7, p.250, 2016.
- Xu, Y.; Chang, Y.; Chen, G.; Lin, H. the research on led supplementary lighting system for plants. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, v.127, n.18, p.7193-7201, 2016.