

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO ALFACE EM DIFERENTES
TONS DE ILUMINAÇÃO LED**

Hingrid Marques

**ANÁPOLIS-GO
2019**

HINGRID MARQUES

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO ALFACE EM DIFERENTES
TONS DE ILUMINAÇÃO LED**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Olericultura

Orientador: Prof^ª. M.e Lorena Alves de Oliveira

**ANÁPOLIS-GO
2019**

Marques, Hingrid

Análise do desenvolvimento do alface em diferentes tons de iluminação leds / Hingrid Marques. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

29 p.

Orientador: Prof^a. M.e Lorena Alves de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

1. Lactuca sativa.. 2. Luzes. 3. Olerícola I. Hingrid Marques. II. Análise do desenvolvimento do alface em diferentes tons de iluminação leds

CDU 504

HINGRIB MARQUES

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO ALFACE EM DIFERENTES
TONS DE ILUMINAÇÃO LED

Monografia apresentada ao Centro
Universitário de Anápolis -
UNEVANGÉLICA, para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.
Área de concentração: Olericultura.

Apresenta em: 15/12/2019

Banco examinador



Prof. Msc. Lorena Alves de Oliveira
Unievangelica



Prof. Msc. José de Jesus Amador Travençolo
Unievangelica



Prof. Dr. João Daniel Malacarne Junior
Unievangelica

Dedico esse trabalho a todos que me apoiaram e que me mantiveram firme nos trilhos acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus, por toda a oportunidade, pelas experiências que vivera para sempre em meu coração, pelas bênçãos e acima de tudo, pela vida, sem ele nada seria possível.

Meus familiares, que nunca me deixaram desistir, em especial meus avós maternos, que me ensinaram a planejar os meus sonhos e busca-los, meus avós paternos por todo o apoio.

Uma pessoa especial que fez parte da minha vida, pelo incentivo, pelas palavras de carinho que me fortaleceu em cada tombo, pela paciência, pela essência e conselhos em situações difíceis, por compartilhar todo o seu amor comigo, incluindo a paixão pela nossa profissão.

As minhas amigas portuguesas Ana e Paula, que na hora do desamparo durante meu intercambio me fortaleceram e buscaram sempre divertir-nos.

As instituições UniEvangelica e o Instituto Politécnico de Bragança pela oportunidade dada e seus educadores pelas experiências profissionais compartilhadas. Em especial as professoras Cláudia e Klênia, pelo incentivo, e sempre nos manter-nos inspirados e admirados pela nossa profissão.

Meus colegas ao qual compartilhamos muitos sentimentos durante essa caminhada acadêmica, em especial Liliane Peres e Otavio Boldori que além da faculdade me acompanham na vida desde o primeiro momento, pelas histórias incríveis em que temos juntos.

Ao colega de profissão Emílio, por todos os diálogos sobre o tema deste, incluindo dicas que empenharam em inspiração, e manejo do trabalho de conclusão de curso.

Minha orientadora, professora Lorena que me acolheu, e desencadeou o desenvolvimento deste trabalho, pela paciência, pelo carinho e toda orientação dada.

“O aluno é como uma pequena semente que deve ser plantada e cuidada para germinar e dar bons frutos. O professor é como o agricultor que vê na semente a esperança que proverá as necessidades da sociedade.”

Luís Alves

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1. ILUMINAÇÃO NATURAL , FOTOPERÍODO E FOTOSÍNTESE	10
2.2. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	11
2.2.1. Diodos emissores de luz.....	13
2.3. QUALIDADE ESPECTRAL PARA PLANTAS.....	15
2.4. ALFACE.....	15
3. MATERIAL E METODO.....	18
3.1. MICRO ESTUFAS.....	18
3.2. TRANSPLANTIO.....	19
3.3. IRRIGAÇÃO.....	20
3.4. ANÁLISES.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÃO.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	27

RESUMO

Relacionando a luz com as plantas observa-se que a composição espectral da fonte de luz artificial utilizada para indução do efeito de fotoperíodo tem influência direta no desenvolvimento das plantas, da mesma forma que diferentes intensidades de luz (cores) interferem no desempenho da planta. A cultura da alface é de dia curtos, sendo influenciada morfológicamente pelo fotoperíodo. O objetivo do trabalho é acompanhar o desenvolvimento da alface na iluminação artificial vermelha, azul, branca e roxa em ambiente controlado sem a interferência de luz natural. Foi realizado um experimento com 12 caixas vedadas, sendo quatro diferentes tipos de tratamentos com luzes LEDS (Azul, Vermelho, Roxo e Branca (Testemunha)) e com três repetições. Desta maneira, a estrutura das paredes e tetos das micro estufas eram compostas de isopor, pela capacidade térmica e a vedação de entrada de iluminação natural, com medidas de 1m x 0.5m e uma altura de 50cm, dois coolers foram adicionados nos cantos da caixa, sendo um no lado superior direito (saída de ar) e outro no inferior esquerdo (entrada de ar), para a ventilação, a irrigação ocorreu através da gravidade, onde um balde foi adicionado a 1.29 m do chão ao qual terá uma mangueira ligada aos ambientes protegidos, com pequenos bicos de gotejamento, a irrigação foi distribuída de acordo com a necessidade das fases vegetativas da cultura. Foram avaliados, número foliar (NF), zona radicular (ZR), zona aérea (ZA), sendo todas as medidas em cm. Contudo, podem-se concluir que a luz artificial interfere diretamente na morfologia e fisiologia das mudas de alface, e a cor de LED que mais obtiveram resultados estatísticos foi a Azul.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, Luzes, Olerícola.

1. INTRODUÇÃO

A luz é uma forma de energia eletromagnética chamada radiação, e que tem origem a partir de uma fonte energética, tal como a luz natural e a luz artificial oriunda de lâmpadas (CASSARES et al., 2001). A luz natural contém o equilíbrio perfeito de luz vermelha e azul para produzir o crescimento ideal e desenvolvimento das plantas, a radiação solar controla muitos processos do desenvolvimento, agindo como um sinal para a germinação, o crescimento direcionado e a forma externa da planta (NUNES et al., 2013).

O comprimento de um dia é conhecido como fotoperíodo e as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas fotoperiodismo. (BERGAMASCHI, 2007). A fotossíntese é um processo químico ao qual é realizado pelas plantas, onde a energia solar é capturada e convertida em oxigênio (SILVA et al., 2013), já o termo fotomorfogênese de acordo com Pinheiros (2013) dirige-se ao sistema de pigmentos fotorreceptores que controlam os vários estágios do desenvolvimento da planta, o processo pela qual a luz regula o desenvolvimento das plantas. O fotoperíodo e a radiação solar são aspectos importantes da interação das plantas com seu ambiente, controlando seu desenvolvimento, atuando diretamente na fotossíntese e na fotomorfogênese (SCHUSTER et al., 2012).

A luz é o principal instrumento para a realização da fotossíntese, atualmente tem-se utilizado luzes artificiais para simular a luz do sol e estimular a fotossíntese nas plantas através da emissão de um espectro eletromagnético apropriado e, assim, gerar um aumento na produtividade e qualidade de plantas, além de ser usada para compensar ou substituir a baixa disponibilidade de luz natural em determinadas regiões. Na iluminação artificial a composição espectral da fonte de luz utilizada para indução do efeito de fotoperíodo tem influência direta no desenvolvimento das plantas, da mesma forma que diferentes intensidades de luz interferem no seu desempenho (DAVID et al., 2010).

As lâmpadas LEDs são o que existe de mais moderno no mercado de iluminação e por apresentarem características únicas em relação as fontes de luz tradicionais podem ser consideradas como uma fonte de luz promissora para a exploração comercial (ROCHA et al., 2016). As propriedades tecnológicas baseadas em LED (Diodos Emissores de Luz) satisfazem os requisitos da planta para crescimento e desenvolvimento e, portanto, são atraentes para aplicações em horticultura (SAMUOLIENĖ et al., 2013).

A tecnologia da iluminação artificial com recurso a lâmpadas tem sido estudada em várias culturas, em torno de três variáveis da luz: qualidade (cor e comprimento de onda),

quantidade (fluxo e frequência de fótons) e duração da luz (fotoperíodo). No seu conjunto estes três parâmetros influenciam a morfologia da planta, o crescimento vegetativo e a floração, a atividade fotossintética das folhas e a produtividade (PESTANA et al., 2017)

A agricultura brasileira passa por um momento de reflexão, tanto por parte de pesquisadores, técnicos extensionistas quanto de produtores rurais, face à necessidade de modificar o sistema produtivo para um modelo menos danoso ao ambiente e de maior sustentabilidade, onde se encaixa a iluminação artificial (REZENDE et al., 2005). E com a ajuda da tecnologia existe a possibilidade de produzir hortaliças em estufas na iluminação artificial e assim obter maior controle sob a produção (DA SILVA MARTINS et al., 2018).

Segundo Rocha et al. (2014) diferentes intensidades luminosas fornecidas por LED's, no cultivo da alface, favorece positivamente o crescimento e número de folhas de alface. Maluf et al. (2011) relataram que o uso complementar da tecnologia de iluminação artificial de lâmpadas LEDS azuis e vermelhas sob o alface elevaram características agronômicas, como: número foliar (NF), diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF) ,além disto a luz vermelha promoveu maior qualidade, e a azul causou estiolamento.

O presente trabalho surgiu do interesse em pesquisar a utilização dos LEDs na iluminação para o desenvolvimento de plantas. A motivação principal desta pesquisa é fornecer uma alternativa eficiente para experimentos envolvendo luz artificial. Portanto o objetivo do trabalho é acompanhar o desenvolvimento da alface sob iluminação da tecnologia de estado sólido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ILUMINAÇÃO NATURAL, FOTOPERÍODO E FOTOSÍNTESE

A grande maioria dos organismos vivos na Terra são mantidos por um fluxo de energia proveniente do sol, a radiação. A radiação solar controla muitos processos do desenvolvimento, nas plantas age como um sinal para a germinação, o crescimento direcionado e a forma externa da planta (NUNES et al., 2013). Por tal razão, o fator luz é importante no crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por prover sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades. Assim, a capacidade das plantas crescerem em condições de maior ou menor luminosidade vai depender das estruturas morfológicas e fisiológicas, ou seja, das estratégias adaptativas (CARON et al., 2014).

Fatores ambientais e genéticos interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas. O fotoperíodo e a radiação solar são aspectos importantes da interação das plantas com seu ambiente, controlando seu desenvolvimento, atuando diretamente na fotossíntese e fotomorfogênese (TAIZ e ZEIGER, 2013). Fotoperíodo é a duração do dia em relação à noite em um tempo de 24 horas e o fotoperiodismo é a reação da planta a esse tempo (NUNES et al., 2013). A sensibilidade fotoperiódica varia com o genótipo, e o grau de resposta ao estímulo fotoperiódico que é o principal determinante da área de adaptação das diferentes cultivares (RODRIGUES et al., 2001).

Além do efeito sobre a formação de flores, frutos e sementes, o fotoperíodo tem influência sobre o crescimento vegetativo, a formação de bulbos e tubérculos, o processo de ramificação, a forma das folhas, a abscisão e queda de folhas, a formação de pigmentos, pubescência, desenvolvimento radicular, dormência e morte de plantas. Algumas espécies vegetais cultivadas necessitam de fotoperíodos indutivos para completarem seu ciclo, respondendo a comprimentos de dias longos, ou a dias curtos (SCHUSTER et al., 2012).

A fotossíntese é o processo em que as plantas convertem a energia da luz em energia química, transformando o dióxido de carbono CO_2 , a água H_2O e sais minerais (retirados do solo através da raiz da planta), em compostos orgânicos e oxigênio gasoso (O_2). A luz do sol é absorvida pelas folhas das plantas através da clorofila e através deste processo (fotossíntese) as plantas produzem o seu próprio alimento, constituído basicamente por açúcares, como a glicose (NUNES et al., 2013). A fotossíntese é entendida como um processo que resulta na produção global de glicose e O_2 , elementos essenciais na respiração, um tipo de combustão onde há

transformação da energia química em outros tipos de energia essenciais à maioria dos seres vivos (SOUZA et al., 2002).

Durante o processo fotossintético as plantas absorvem parte da energia solar para converter o dióxido de carbono atmosférico em carboidratos, cujo subproduto é o oxigênio. Tal processo ocorre por meio da absorção da luz por pigmentos fotossintéticos podendo ser a clorofila (vermelho e azul), carotenoides (pigmento interno encontrado nas plantas e que também contribui para esse processo da fotossíntese) e bilinas (GUIMARÃES., 2017). Embora a fotossíntese seja realizada de forma distinta dependendo das espécies de vegetais, o processo se inicia quando a energia da luz é absorvida por proteínas que contém pigmentos de clorofila verde. Em plantas, essas proteínas são mantidas em organelas denominadas cloroplastos, que são abundantes nas células da folha (GUIMARÃES., 2017).

Sendo assim é através da iluminação, seja ela natural ou artificial, que as plantas entram em processo de fotossíntese para que haja a formação de energia para o seu pleno desenvolvimento (NUNES et al., 2013). A cor da luz pode ser absorvida por diferentes fotorreceptores ao qual pode interferir na intensidade da fotossíntese e nas alterações morfológicas (HASAN et al., 2017).

2.2 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O sol é a principal fonte luminosa do planeta Terra, responsável pela emissão de radiação eletromagnética que se propaga transportando energia. Tal radiação possui uma distribuição espectral cuja banda de comprimento de onda tem de 300nm a 2500nm (TAIZ, 2017). No entanto, apenas 50% da radiação que atinge a superfície terrestre é Radiação Fotossinteticamente Ativa (do inglês, Photosynthetically Active Radiation - PAR). A PAR é a fração do espectro da radiação solar global entre os comprimentos de 0,4 a 0,7 μm , que é utilizada no processo de fotossíntese (Finch et al., 2004) e está representada na Figura 1.

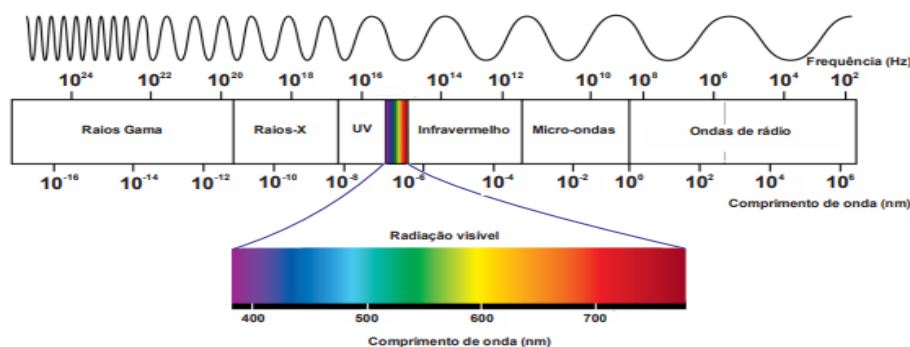


FIGURA 1- Adição eletromagnética visível, com comprimentos de ondas de 400 a 700 nanômetros.

Fonte: (MARTIN et al., 2017).

Desde as primeiras composições de iluminação artificiais comerciais, as indústrias de hortícolas vem aproveitando tal tecnologia para o uso em plantas (MARTIN et al., 2017), pois a composição espectral da fonte de luz artificial utilizada para indução do efeito de fotoperíodo tem influência direta no desenvolvimento das plantas, da mesma forma que diferentes intensidades de luz interferem no desempenho da planta (DAVID et al., 2010).

De acordo com a Figura 2, nos estudos de Guimarães, 2017 percebe-se que as plantas têm maior sensibilidade, nas faixas de comprimento de onda do vermelho (610-630 nm) e do azul (430 nm), ocorrendo assim uma maior atividade fotossintética nestas bandas. Cada folha tem uma determinada concentração de pigmentos vegetais, como a clorofila A e B, vários carotenóides (carotenos e xantofilas) e antocianinas.

Como exemplo, tem-se que as clorofilas são responsáveis pela cor verde característica das folhas e alguns outros pigmentos contribuem para as cores amarelas, alaranjadas e vermelhas, que ocorrem na estação de outono, depois que as clorofilas se decompõem. (ASHDOWN, 2014). Sendo assim, as plantas têm determinada sensibilidade dependendo do comprimento de onda, e esta resposta é denominada Eficácia Quântica Fotossintética Normalizada (do inglês, Relative Quantum Efficiency) (RQE) (GUIMARÃES., 2017).

Os efeitos da qualidade de luz artificial sobre a anatomia e a fisiologia das plantas variam de acordo com a espécie. A maioria das espécies cultivadas sob luzes de LED azul e vermelha apresentaram maior produção de clorofila, de carotenoides e teores de açúcares, pelo fato da luz vermelha e azul apresentar comprimento de onda dentro da faixa que é absorvida pelos pigmentos da clorofila e do carotenoides ligados a fotossíntese, quanto maior a taxa de fotossíntese maior a produção de açúcares pelas plantas (PAIXÃO et al., 2014).

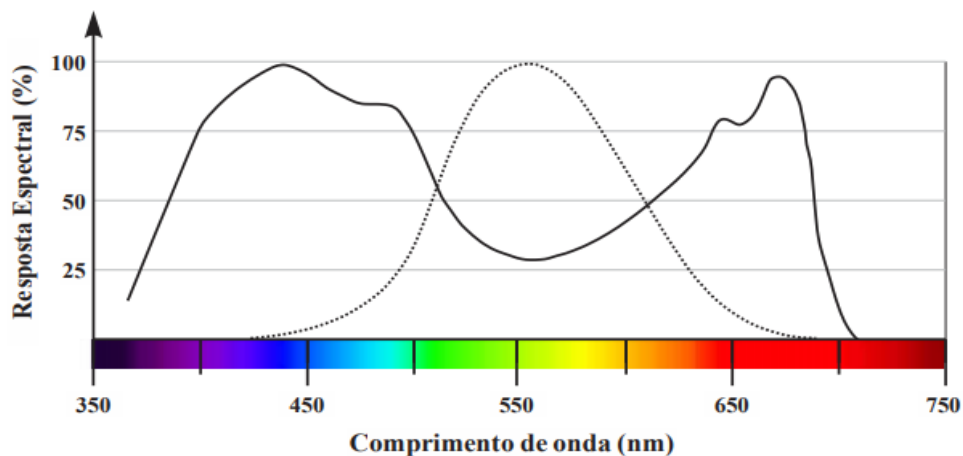


Figura 2 - Radiação fotossinteticamente ativa (resposta das plantas em função do espectro de luz, de acordo com a cor e a absorção).

Fonte: (MARTIN et al., 2017).

2.2.1. Diodos emissores de luz

A iluminação é feita basicamente com três finalidades: fotossintéticas, fotomorfológicas e fotoperiódicas. As lâmpadas normalmente usadas são as incandescentes, fluorescentes e as lâmpadas de alta descarga. Cada tipo de lâmpada apresenta sua característica intrínseca com vantagens e desvantagens e é devido ao grande número de desvantagens juntamente com o avanço tecnológico que surge uma nova opção de iluminação artificial na produção vegetal, a iluminação com LED. O Light-Emitting Diode (diodo emissor de luz) são componentes eletrônicos semicondutores que conseguem transformar a energia elétrica em luz, diferente das lâmpadas convencionais. O LED é um componente bipolar, ou seja, quando passa corrente elétrica, a luz é gerada, o que promove a liberação de menos calor, porque não emite IR (infravermelhos) e nem UV (ultravioletas) no fecho luminoso, o que não eleva a temperatura do ambiente (FERREIRA et al., 2014). Além disto, possui uma necessidade de menos energia e uma maior durabilidade, possui uma vantagem econômica a longo tempo, e seu descarte tem reduzido impactos ambientais (SANTOS et al., 2015).

O LED existe desde 1962 e era apenas utilizado para sinalização devido ao seu baixo fluxo luminoso (emissão de luz), restrita gama de cores e baixa potência. Foi em meados da década de 1990, após muitas pesquisas e investimentos, que o Dr. Shuji Nakamura da Nichia Chemical Corporation inventou o LED azul com alto fluxo luminoso que, juntamente com uma

camada de fósforo, gera luz branca. Desde então novas pesquisas se seguiram visando melhorar alguns aspectos desta tecnologia, tendo hoje um grande avanço nestes e em outros aspectos (BLEY, 2012).

Os LEDs coloridos emitem as cores de forma saturada sem que isso cause perda no fluxo luminoso como ocorre nas outras lâmpadas, onde é necessária a utilização de filtros coloridos que retém a luminosidade. Além disso os LEDs são as únicas fontes de luz artificial que emitem quase todos os comprimentos de onda da luz visível, individualmente. Os LEDs (vermelho, e azul) permitem um dinâmico controle de cores além de poderem emitir a luz branca nas suas diversas temperaturas de cor (FERREIRA et al., 2014).

A partir das vantagens e desvantagens estudadas sobre os LEDs ressalta-se a importância de novas pesquisas relacionadas à busca de fontes de luz mais econômicas e que proporcionem melhor desenvolvimento das plantas (ROCHA et al., 2013). De acordo com Oliveira (2008), os LEDs proporcionam aumento da quantidade de clorofila e de carotenoides nos tecidos das plantas. Além de tudo isso, Kobori sd. aborda a minimização do auto sombreamento, aumento fotossintético, ganho de produção em produtividade ao longo do ano e qualidade, nos quesitos de desvantagens BLAY (2012) afirma que a maior desvantagem do LED é o seu alto custo, no entanto, devido ao rápido desenvolvimento de novas tecnologias, a quantidade de luz emitida por dispositivo está aumentando e os custos estão diminuindo.

Estudos realizados por Guimarães (2017) mostrou vantagens com o direcionamento as hortícolas com a iluminação de diodos emissores de luz em relação às fontes de luz convencionais. Dentre elas o tempo de vida útil longo, o tamanho compacto, modelos com radiação em intervalos específicos do espectro permitindo flexibilização de espectro e, conseqüentemente, maior rendimento quanto a PAR, em que ocorre a absorção da fotossíntese das plantas, a direcionalidade do fluxo radiométrico, a capacidade de produzir elevados níveis de iluminação com baixo calor radiante, o total controle da radiação emitida e a ausência de substâncias tóxicas, como o mercúrio.

Já na proposta de se utilizar Diodos de emissão de luz (LED) em sistemas agrícolas ou em câmaras de crescimento de plantas encontramos características desejáveis, como a capacidade de controlar a composição espectral, longa durabilidade, capacidade de emitir comprimentos de onda específicos, superfícies de emissão relativamente frias, além de apresentarem um tamanho reduzido, o que facilita manejo e instalação nas câmaras de crescimento (LAZZARINI et al., 2017).

Além de tudo, o uso da iluminação artificial com LEDS oferece para as plantas um controle, como o seu acionamento e desligamento programado, bem como a simulação das estações do ano. Tais vantagens tornam as lâmpadas LEDs perfeitas para suportar o crescimento de plantas em ambientes controlados (LAZZARINI et al., 2017).

2.3.QUALIDADE ESPECTRAL PARA AS PLANTAS

Através das pesquisas de Guimarães (2017) foi encontrada uma variável importante que pode afetar a planta em seu crescimento, sendo um leve fator ambiental e essencial no crescimento e desenvolvimento de qualquer planta, a qualidade espectral. Nos estudos de Martins., et al 2009, a intensidade e a qualidade espectral radiação desempenham papel fundamental no desenvolvimento morfológico das plantas, visando uma melhor eficiência do aparato fotossintético na captação e na utilização da energia radiante. As respostas das plantas às alterações na qualidade da luz são variáveis, por isso, torna-se necessário o conhecimento de quais porções do espectro estão envolvidas nas respostas de cada planta.

O balanço espectral da fonte, não só afeta a eficiência fotossintética como também tem um impacto significativo na manutenção do balanço térmico na câmara de crescimento e sobre as plantas (LAZZARINI et al., 2017). Braga 2009 afirma que a qualidade espectral afeta a estrutura e a anatomia das folhas, parecendo exercer maiores efeitos durante a expansão foliar, exibindo alto grau de plasticidade tanto anatômico como fisiológico como germinação, inibição de alongamento do hipocótilo, expansão dos cotilédones e das folhas, enverdecimento e biossíntese de pigmentos, alongamento do caule e indução ao florescimento em plantas propagadas convencionalmente.

2.4.ALFACE

De origem mediterrânea, a alface, encontra-se inserida no agrupamento das olerícolas, ao qual é uma hortaliça folhosa, herbácea, de consistência vigorosa, apresenta caule pequeno, onde se prendem as folhas (QUEIROZ et al., 2017). É uma planta anual, originária de clima temperado, pertencente à família Asteracea, certamente uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo. Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo (HENZ et al.,

2009). Seu consumo principal ocorre in natura ou em preparações culinárias em forma de saladas (CELESTRINO et al., 2017).

A alface se destaca por ser a folhosa mais consumida no Brasil e a 3ª hortaliça em maior volume de produção, perdendo apenas para a melancia e o tomate, movimentando anualmente, em média, um montante de R\$ 8 bilhões apenas no varejo, com uma produção de mais de 1,8 milhão de toneladas ao ano (ABCSEM, 2018). Ainda de acordo com a ABCSEM (Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas) a alface é a folhosa com maior índice de área por produção brasileira, como mostra a Figura 3.

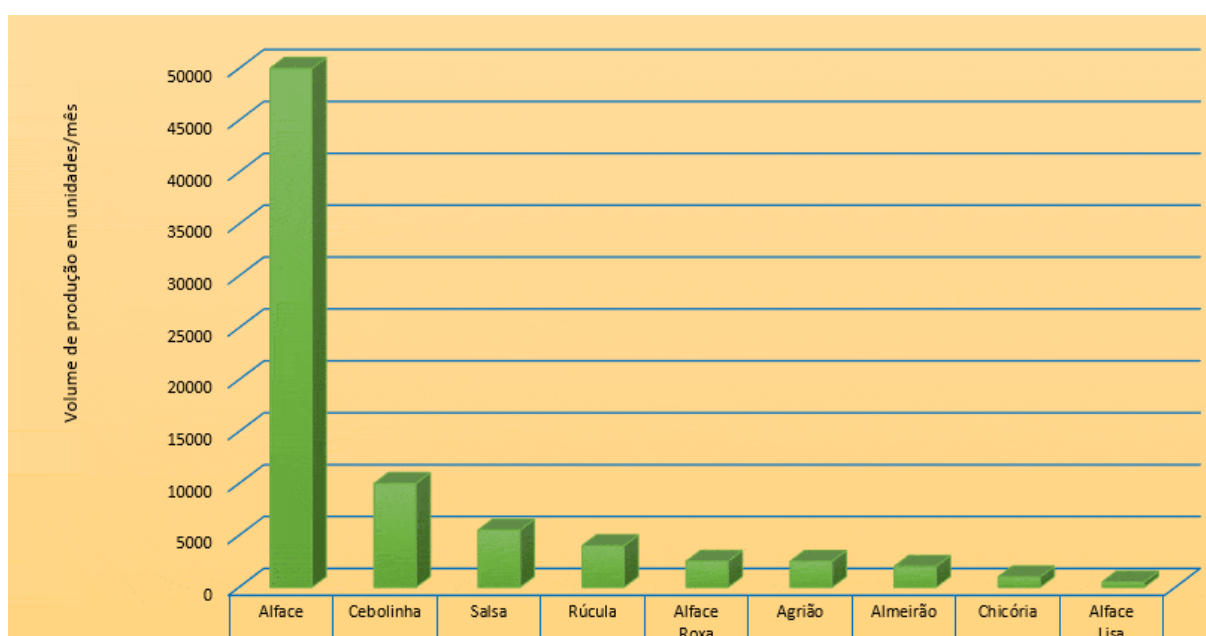


FIGURA 3- Área por produção das maiores cultivares de olerícolas cultivadas no Brasil 2018.

Fonte: (Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas).

Um fator importante que pode afetar diretamente na produção da alface é o fotoperíodo, pois na sua fase vegetativa exige dias curtos, e dependendo das horas expostas pela luz o cultivar da alface pode apresentar diferentes respostas (YURI et al., 2002). Estudos realizados, com a alface sob a iluminação artificial sugerem uma ação do fitocromo (é o fotorreceptor que possui maior distribuição na planta, é responsável pela percepção da luz) (NUNES et al., 2013), fotorreceptor da luz vermelha, a qual também é uma componente da luz branca, agindo diretamente nessas características agrônômicas.

Já a luz azul demonstra uma maior ação do criptocromo (são uma classe de fotorreceptores de luz azul das plantas) (SOUZA et al., 2002), fotorreceptor da mesma,

indicando mecanismo diferente desse fotorreceptor em relação ao fitocromo, provocando assim o estiolamento da muda (maior altura da planta), devido principalmente ao excesso de energia proveniente desse comprimento de onda (MALUF et al., 2011). Dando ênfase aos estudos de Guimarães (2017), onde relata a eficiência da cor secundária roxa formada pelas cores primárias azuis e vermelhas, a mistura de ambas cores ocorre assim uma maior atividade fotossintética de acordo com as atividades fisiológicas citadas por maluf.

3. METODOLOGIA

A condução do experimento foi realizada durante o ano de 2019 na chácara Recanto do Rincão, localizada no município de Anápolis GO, cuja latitude corresponde a 16.377733 e a longitude -48.893791. O clima da região é classificado como tropical com estação seca, segundo Köppen, sendo denominado tropical de savana e caracterizado por inverno seco e verão chuvoso. A média pluviométrica anual é de 1.450 mm, com maior concentração das chuvas de novembro a março. temperatura média de 18°C de maio a setembro sendo o período mais frio e uma média de 23°C de outubro a abril sendo o período mais quente.

3.1. MICRO ESTUFA

Para realização do experimento foram construídas 12 Micro estufas, utilizando-se placas de isopor nas paredes e nos tetos. O material foi escolhido devido a capacidade térmica e a vedação da entrada de iluminação natural. Cada Micro estufa apresentava um metro de comprimento por cinquenta centímetros de largura e cinquenta centímetros de altura, como mostra a Figura 4. Para união das placas de isopor utilizou-se cola própria para isopor e alguns palitos de bamboo nos encaixes para melhor sustentação.

Em cada micro estufa foram instalados dois coolers , sendo um no lado superior direito (saída de ar) e outro no inferior esquerdo (entrada de ar), para que ocorra um processo chamado de convecção, que mantém o ar frio embaixo e empurra o ar quente para cima, para que ocorra de maneira eficaz a ventilação das estufa.

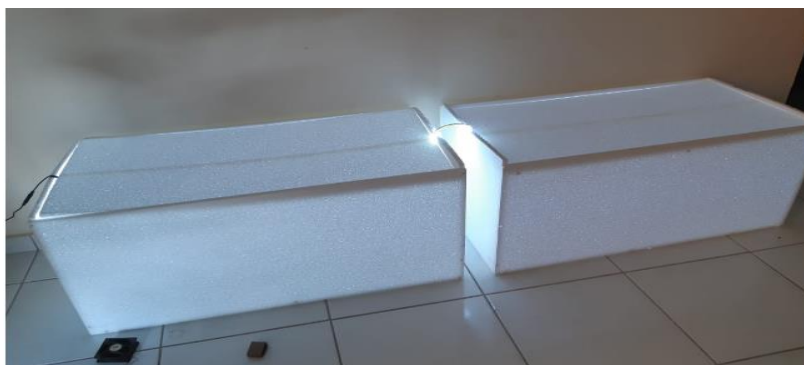


Figura 4 – Micro estufa.

Fonte: próprio autor.

As fitas de LEDS foram instaladas na parte superior das Micro estufas (tampa) com cola própria para isopor e ligadas a uma fonte na energia. Foram construídas 4 Micro estufas variando somente a iluminação LED: LED branco (testemunha), LED roxo, LED vermelho e LED azul. O sistema de iluminação era ativado por 16 horas diárias, com 8 horas de descanso e a irrigação realizada uma vez ao dia.

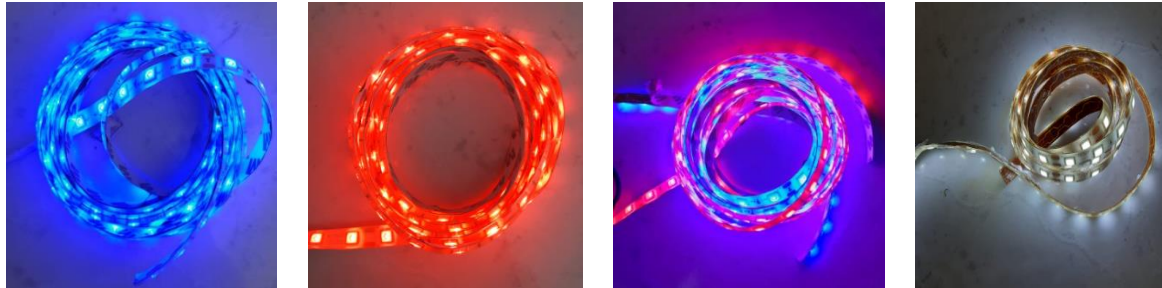


Figura 4 - Modelos reduzidos com diferentes LEDs.

Fonte: próprio autor.

3.2 TRANSPLANTIO

Foram compradas mudas de alface (*Lactuca sativa*) da variedade Lisa em um viveiro da região, formadas em bandejas com iluminação natural. As mudas apresentavam em média 4 centímetros de parte aérea e com aproximadamente 30 DAG (dias após a germinação), conforme Figura 5.



Figura 5 - Mudas da alface lisa após 30 dias da germinação pela iluminação natural.

Fonte: próprio autor

A mudas foram transplantadas para vasos de diâmetros 14 cm e altura de 13 cm, os vasos foram preenchidos com substrato Goiás Soil 40 L, desenvolvido a partir de matérias primas naturais, casca de pinus e fibras naturais enriquecido com fertilizante mineral. Os vasos foram introduzidos nas Micro estufas o sistema de irrigação foi inserido aos vasos e as tampas foram vedadas.

3.3 IRRIGAÇÃO

A irrigação foi realizada por sistema de gotejamento por gravidade. Foi utilizada uma mangueira, com 5 metros de comprimento e com diâmetro 12 mm, acoplada ao reservatório. Em cada vaso foi instalado um bico gotejador com vazão de 10 gotas por minutos. O reservatório foi instalado a uma altura de 1,29 m acima das Micro estufas, altura suficiente para manter a vazão. Cada Micro estufa recebeu seu próprio sistema de irrigação.

3.4 ANÁLISES

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos, onde cada modelo reduzido recebeu um tipo diferente de iluminação, sendo: LA – led azul; LV – led vermelho; LM – led roxo; LB – led branco, com 3 repetições cada, totalizando 12 unidades experimentais, em cada ambiente protegido teve cinco mudas de alface.

Após 15 dias sob o sistema de iluminação, foram avaliadas as seguintes variáveis: número de folhas (NF), e o tamanho da zona radicular (ZR) e tamanho da zona aérea (ZA). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F), sendo as médias dos tratamentos comparados pelo teste de Tukey 5%, utilizando o programa SISVAR 5.0. (Ferreira., et al, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados estatísticos expressos na Tabela 1, observa-se que para a variável zona radicular não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados pelo experimento, demonstrando que o sistema radicular das plantas não sofreu alteração em sua biomassa pela ação direta da iluminação artificial.

Para a variável área foliar nota-se que o tratamento com o LED azul e o LED vermelho promoveram um desenvolvimento mais acentuado da alface, resultando em maior ganho de massa, sendo os mesmos superiores aos demais tratamentos avaliados no experimento. As maiores quantidades de folhas também foram obtidas pelos tratamentos com LED azul e com LED vermelho.

Tabela 1. Valores médios das características analisadas, constando todos os resultados em cm.

LED	Zona Aérea (cm)	Zona Radicular	Folhas
Azul	12,21 a	5,50 a	8,40 a
Vermelho	12,01 a	5,39 a	9,33 a
Roxo	9,87 b	4,57 a	7,27 ab
Branco	9,70 b	4,60 a	5,33 b
Coefficiente de Variação (%)	5,95	8,68	14,92

Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pascale e Damario (2004) afirmam que a iluminação artificial, por aumentar o fotoperíodo, tem efeito fotoestimulante, exercendo importante papel no desenvolvimento vegetal. Também Terzaghi e Cashmore (1995) afirmam que o fitocromo tem um importante papel no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo regulado pela luz. Maluf et al. (2012), utilizando a iluminação artificial complementar em alface, concluíram que as luzes de coloração azul, vermelha e branca elevaram as características agrônômicas da cultura da alface significativamente quando comparado com o tratamento testemunha.

De acordo com os estudos de Guimarães (2017), observou-se que as cores de luz artificial de LED vermelhas, azul e branca favoreceram o crescimento das mudas de alface, sugerindo que a ação do fitocromo, fotorreceptor da luz vermelha, a qual também é uma componente da luz branca, agindo diretamente nas características agrônômicas. Já a luz azul demonstra uma maior ação do criptocromo, fotorreceptor da mesma, indicando mecanismo

diferente desse fotorreceptor em relação ao fitocromo, provocando assim o estiolamento da muda.

Lazzarini, et al. (2017) mostra que existe uma variação muito grande de respostas fisiológicas da planta a luz azul (400 – 500 nm), que são traduzidos em processos elétricos, metabólicos e genéticos que promovem alterações no crescimento e desenvolvimento, a fim de permitirem adaptações das plantas às mudanças nas condições ambientais.

As médias, obtidas em cada tratamento e em cada repetição, em cm de zona aérea, zona radicular e números de folhas estão apresentadas no Gráfico 1, mostrando que as luzes influenciam o crescimento das mudas de alface. Segundo Lazzarini (2017) a cor azul se sobrepõe sobre as expectativas podendo converter maior energia em fotossíntese e apresenta melhor desenvolvimento que as demais cores de luzes.

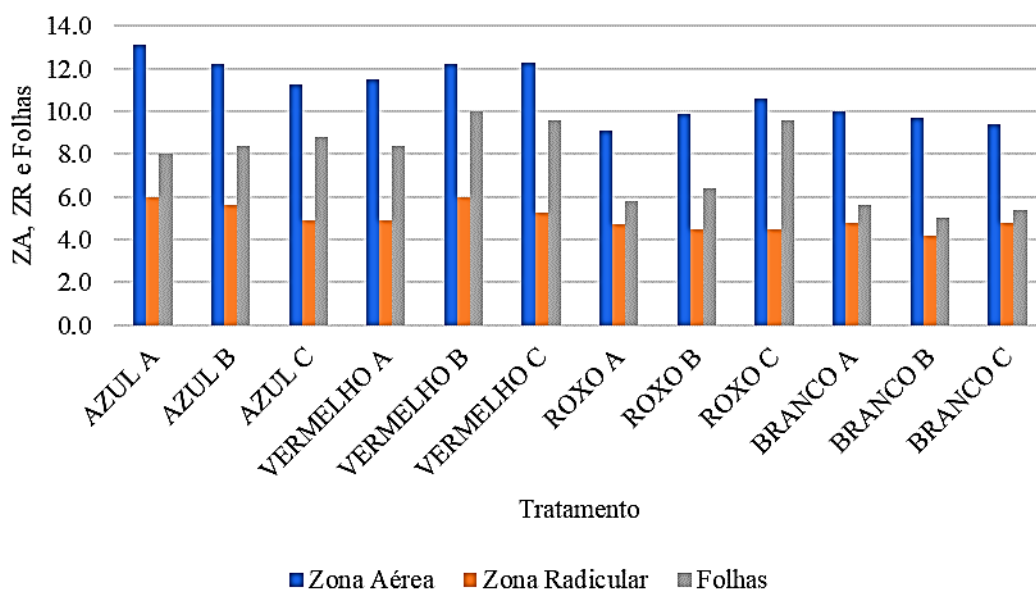


Gráfico 1 - Médias de dados coletados pós experimento, contando todos os dados de todos os tratamentos.

Fonte: Próprio autor

Apesar das alfaces sob iluminação azul apresentar maiores desenvolvimento da parte aérea, ocorreu o estiolamento superior como mostra a Figura 7. Essa alteração é uma característica morfológica negativa, pois a nervura central se desenvolve instantaneamente deixando a folha menos desenvolvida, característica ruim para o mercado. O mesmo aconteceu em experimentos realizados por Guimarães (2017).



Figura 7- Mudanças de alface pós experimento do tratamento de LED azul, com a) diagnóstico de estiolamento e b) má formação na sua estrutura morfológica.

Fonte: Próprio autor.

A absorção da luz azul pelas clorofilas promove um estado energético maior do que em relação à luz vermelha devido à maior energia existente na luz azul. Os tratamentos com LEDs vermelhos têm um grande potencial como fonte luminosa para conduzir a fotossíntese, as plantas são adaptadas a utilizar um amplo espectro de luz para controlar as respostas fotomorfogênicas.

Guimarães (2017), conduz a proposta de que os horticultores escolhem equilibrar a proporção de luz vermelha para azul, dependendo das espécies específicas de plantas cultivadas, do seu estágio de crescimento, e do objetivo da cultura, frutificação, inflorescências ou biomassa, e na maioria destes, a luz vermelha domina o espectro. Esta combinação é a razão do porquê muitas luzes de crescimento aparecem na cor roxa, ou seja, a indução das cores azul e vermelha juntas formam a cor roxa e podem complementar uma a outra, dando uma morfologia e fisiologia da muda mais estruturada que as demais.

A Figura 9 apresenta uma estrutura morfológica da área foliar mais desenvolvida, porém nas características analisadas, estatisticamente encontramos pouca viabilidade na influência do LED roxo em relação as demais cores testadas como revela a Tabela 1, pois conforme Guimarães (2017) o resultado positivo desta cor depende da espécie a ser cultivada e adaptação da planta.



Figura 9 - Mudanças de alface pós experimento, que consta pouco desenvolvimento nas características analisadas.

Fonte: Próprio autor

O LED de cor branca pode elevar as características agronômicas analisadas, de maneira a se obter mudas de qualidade, afirmou Maluf (2012), porém os resultados obtidos foram opostos, apresentando desenvolvimento foliar inferior da parte aérea, do sistema radicular e do número de folhas (Figura 10).



Figura 10- Mudanças de alface pós experimento da Testemunha (LED BRANCA)

Fonte: Próprio autor

5. CONCLUSÃO

A iluminação artificial com lâmpadas de LED pode influenciar o desenvolvimento morfológico e fisiológico da alface. A cor de LED que mais obteve resultados, estatisticamente em relação ao desenvolvimento, foi a luz azul, porém houve o estiolamento, então a cor de LED, indicada para o desenvolvimento de toda a morfologia da planta seria a Roxa, pois ela teve um resultado um pouco mais lento, porém sua morfologia ficou mais completa, sem o estiolamento e com o desenvolvimento da folha.

6. REFERÊNCIAS

- ABCSEM. **Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2018.** Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM).
- BLEY, Francis Bergmann. **LEDs versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca.** Curitiba: Especialize, 2012.
- BERGAMASCHI, H. **O clima como fator determinante da fenologia das plantas.** Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, p. 291-310, 2007.
- CELESTRINO, R. B., DE ALMEIDA, J. A., DA SILVA, J. P. T., DOS SANTOS LUPPI, V. A., & VIEIRA, S. C. **Novos olhares para a produção sustentável na Agricultura Familiar: avaliação da alface americana cultivada com diferentes tipos de adubações orgânicas.** *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 3(1), 66-87. (2017).
- BRAGA, Franciane Tavares et al. **Qualidade de luz no cultivo in vitro de Dendranthema grandiflorum cv. Rage: características morfofisiológicas.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 2, p. 502-508, 2009.
- CARVALHO, F. I. F. **Absorção de cálcio e magnésio por cultivares de aveia submetidas a níveis de toxidez por alumínio.** *Semina: Ciências Agrárias*, 34, 3563-3576. (2013).
- CARVALHO, R. S., & REIS, L. O. **Produção de alface em função de diferentes formas de adubação orgânica.** *Cadernos de Agroecologia*, 13(1). (2018).
- CASSARES, N. C.; PETRELLA, Y. L. M. M. **Influência da radiação de luz sobre acervos museológicos.** *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, v. 8, n. 1, p. 177-192, 2001.
- CARON, B. O., SCHMIDT, D., MANFRON, P. A., BEHLING, A., ELOY, E., & BUSANELLO, C. **Eficiência do uso da radiação solar por plantas Ilex paraguariensis A. ST. HIL. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol.** *Ciência Florestal*, 24(2), 257-265. (2014).
- DA ROCHA, P. S. G.; COFFY, T. F. S.; HENRIQUE, S. **Diferentes intensidades de fluxo de fótons com lâmpadas led's no cultivo hidropônico de cebolinha.** XI ENCONTRO BRASILEIRO DE HIDROPONIA III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, p. 87, 2016.

DA ROCHA, P. S. G., TONELLO, M., DO AMARAL, A. S., MOSELE, S. H., & LUSSANI, M. A. **Uso de diferentes intensidades luminosas com leds no cultivo hidropônico de salsa.** (2013)

DA SILVA MARTINS, M., MARQUES, T. A., SANTOS, D. C., & SANTOS, R. C. **Estudo de como a água magnetizada pode auxiliar na produção de muda de alface.** *Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171)*, 8(2). (2018).

DAVID, EDUARDO, AND LUIZ A. ROSSI. **"Diferentes tecnologias de iluminação para produção de mudas de crisântemo."** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (2010).

DE SALLES, R. A., OLIVEIRA, F. A., HUBNER, M. R., LUCINDO, M. N. C., SILVA, L. G. F., & DA SILVA BERILLI, S. **Influência da alteração do fotoperíodo no desempenho de alface hidropônica.** *SEAGRO: anais da semana acadêmica do curso de agronomia do ccae/ufes*, 1(1). (2017).

DE OLIVEIRA, R. P., DA ROCHA, P. S. G., & SCIVITTARO, W. **Estruturação de sistema de LEDs em laboratório de cultura de tecidos.** *Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E)*. (2011).

DIDOLANVI, O. D., FRANÇA, K. D. S., RODRIGUES, R. M. P., OLIVEIRA, R. L., MALUF, G. E. G. M., PAULA, A. C. C. F. F., LEITE, P. C., ALVARENGA, A. A., & MALUF, H. J. G. M. **Efeito da iluminação noturna complementar a 18 cm de altura no crescimento de mudas de alface (Lactuca sativa L.).** *64 Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG Jornada Científica*. (2011).

DOS SANTOS, T. S., BATISTA, M. C., POZZA, S. A., & ROSSI, L. S. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais.** *Eng Sanit Ambient*, 20(4), 595-602. (2015).

FERREIRA, J. Z. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED.** 2014.

GUIMARÃES, I. A. B. **Análise e Dimensionamento de Sistema de Iluminação Artificial com LEDs para Suplementação Luminosa no Cultivo de Humulus lupulus.** 2017

HASAN, M. D. **Uma visão geral dos efeitos dos LEDs na produção de compostos bioativos e na qualidade das culturas.** *Moléculas*, v. 22, n. 9, p. 1420, 2017.

HENZ, G. P., & SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil.** *Embrapa Hortaliças- Comunicado Técnico (INFOTECA)*. (2009).

KOBORI, M. M. R. G. **Uso de luz LED na produção das flores.** Sd.

KOKSAL, N.; INCESU, M.; TEKE, A. **Supplemental LED lighting increases pansy growth.** *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 4, p. 428-433, 2015.

LAZZARINI, L. E. S., PACHECO, F. V., SILVA, S. T., & DUARTE, A. **Uso de diodos emissores de luz (led) na fisiologia de plantas cultivadas–revisão.** 2017

MARTIN, K. T. **Concepção e desenvolvimento de um sistema eletrônico baseado em diodos emissores de luz para simulação de espectro.** 2017

NUNES, T. V. F.; DE ILUMINAÇÃO, Curso de Especialização; DE INTERIORES, Design. **Luz para plantas.** *Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia*, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2013.

SILVA, J. A. G., REIS, C. E. S., CRESTANI, M., SOUSA, R. O., OLIVEIRA, A. C., & DE PINHEIRO, R. R. **Malhas de sombreamento fotoseletivas no crescimento e produção de alface hidropônico.** 2013.

PADILHA, M., JUNG, F., RODRIGUES, E., & DE CONTROLE, E. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes e LED aplicado no IFC–Campus Luzerna.** (2015)

PAIXÃO, A. C. D. C. **Efeito da luz transmitida através de coberturas coloridas transparentes sobre a mancha-alvo do tomateiro.** (2014).

PESTANA, F., SEMEDO, J. N., SCOTTI-CAMPOS, P., OLIVEIRA, C. M., & PALHA, M. G. **Influência da iluminação LED no desempenho fotossintético e na produtividade de *Fragaria x ananassa* em substrato.** *Actas Portuguesas de Horticultura*, nº 29, p. 272-279. (2017).

QUEIROZ, A. A., CRUVINEL. B. V., FIGUEIREDO, E. M. K. **Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral.** 2017

REZENDE, B. L. A., CECÍLIO FILHO, A. B., FÁBIO, C., & MARTINS, M. I. E. **Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso.** *Horticultura Brasileira*, 853-858. (2005).

RODRIGUES, O., DIDONET, A. D., LHAMBY, J. C. B., BERTAGNOLLI, P. F., & DA LUZ, J. S. **Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(3), 431-437. (2001).

SOUZA, S. C. D., & ALMEIDA, M. J. P. M. D. **A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos.** *Ciência & Educação (Bauru)*, 8(1), 97-111. (2002).

SAMUOLIENĖ, G., BRAZAITYTĖ, A., SIRTAUTAS, R., VIRŠILĖ, A., SAKALAUSKAITĖ, J., SAKALAUSKIENĖ, S., & DUCHOVSKIS, P. **LED illumination**

affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (2013)

SILVA, E.; FERREIRA, E. A.; FERREIRA, M. R. **Desempenho da alface americana sob a aplicação de adubos químico e orgânico.** *Ciência ET Praxis*, v. 9, n. 18, p. 21-24, 2017.

SCHUSTER, M. Z., KAWAKAMI, J., BROETTO, D., SZYMCZAK, L. S., & DE OLIVEIRA RAMALHO, K. R. **Influência do fotoperíodo e da intensidade de radiação solar no crescimento e produção de tubérculos de rabanete.** *Applied Research & Agrotechnology*, 5(2), 73-86. (2012)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

YURI, J. E., SOUZA, R. D., FREITAS, S. D., RODRIGUES JÚNIOR, J. C., & MOTA, J. H. **Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança.** *Horticultura Brasileira*, 20(2), 229-232. (2002).