

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Aspectos produtivos, qualitativos e fisiológicos do pimentão
submetido à aplicação foliar de extrato de *Ascophyllum nodosum* e
suplementação luminosa**

Alessandro Sabino da Silva

Dissertação apresentada para a obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2020**

Alessandro Sabino da Silva
Engenheiro Agrônomo

**Aspectos produtivos, qualitativos e fisiológicos do pimentão submetido à
aplicação foliar de extrato de *Ascophyllum nodosum* e suplementação
luminosa**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **SIMONE DA COSTA MELLO**

Dissertação apresentada para a obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Alessandro Sabino da

Aspectos produtivos, qualitativos e fisiológicos do pimentão submetido a aplicação foliar de extrato de *Ascophyllum nodosum* e suplementação luminosa / Alessandro Sabino da Silva. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2020.

49 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Olericultura 2. Estresse abiótico 3. LEDs 4. Bioestimulante I. Título

À minha mãe Nilvani Silva de Souza, ao meu pai Vanderlei Sabino da Silva, meu irmão Ricardo Gabriel e a minha avó Maria Silva de Souza (*in memoriam*), pelo apoio constante, incentivo e doação para que eu pudesse trilhar essa caminhada.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À professora Simone da Costa Mello, pela confiança, paciência, amizade e conhecimentos repassados.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsa de estudo (Processo: 134517/2017-2).

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas e Departamento de Ciências Exatas pelos conhecimentos transmitidos.

Ao professor Ricardo Antunes Azevedo e a equipe de laboratório de genética e bioquímica de plantas em especial a técnica de laboratório Salete Gaziola pela disponibilidade e auxílio nas análises deste experimento.

À professora Sonia Maria de Stefano Piedade pelo auxílio na estatística desse trabalho.

À Universidade de São Paulo (USP), pelos recursos físicos e humanos disponibilizados.

Aos meus amigos de graduação e vida Felipe Franco de Oliveira, Vanessa Takeshita e Vagner Ovani pelos momentos compartilhados na saga da Pós Graduação.

Aos meus companheiros de experimento e amigos Fernando Ferraz Silveira e Lívia Barreto pelo o auxílio e amizade imprescindíveis para a realização deste trabalho.

À empresa Sakata Seeds, em especial ao Dr. Renato Braga pela doação das sementes.

Aos companheiros de Pós Graduação Antônio Pereira, Isabela Freitas, Fernando Silveira, Rafael Gómez, Walleska Torsian, Márcia Kobori, Gustavo Quesada e Rachel Tonhati pelo companheirismo e auxílios nessa caminhada.

Ao GEPOL (Grupo de Estudos e Práticas em Olericultura), Caíque (1/2 Vórta), Mateus (P-pa πg), Paulo (Riqmã), Yugi (Oh!), Maria (Libertada), Gabriel (Itaipu), Paulo (Sãxo), Victor (Uber) pelo auxílio na condução do experimento.

Aos bolsistas Rafael Yugi (Greice), Renato Oliveira (Das-côuv) e Giulia Ribeiro (Kba-festa) pela ajuda na condução e avaliação do experimento.

Aos meus amig@s mato-grossenses, que sempre me incentivaram nesta caminhada Beatriz Teodoro, Guilherme Amorim, João Pedro, Andrielle Gomes, Andressa Gomes, Ana Paula Antonioli, Maria Eduarda Gallo, Willian Martins, Daniele Teixeira, Janiele Polacinski, José Vitor Spies.

Ao meu irmão Ricardo Gabriel pelo carinho, apoio e chamadas de vídeo durante as noites.

À minha família que sempre me apoiou e incentivou a busca dos meus objetivos, e serviu de base nas horas de dificuldade.

E a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. A cultura do pimentão	14
2.2. Extrato da Alga <i>Ascophyllum nodosum</i>	15
2.3. Uso de LEDs na olericultura	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização e características da área experimental	20
3.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	20
3.3. Aspectos e manejo da cultura.....	21
3.3.1. Características da cultivar.....	21
3.3.2. Produção de mudas e sistema de condução	21
3.3.3. Sistema de irrigação e manejo da nutrição.....	22
3.3.4. Monitoramento meteorológico	22
3.4. Características e manejo da suplementação luminosa.....	23
3.5. Características produtivas	24
3.6. Características qualitativas	24
3.7. Parâmetros fotossintéticos.....	25
3.8. Análises bioquímicas	25
3.8.1. Extração e quantificação das proteínas solúveis	26
3.8.2. Conteúdo de peróxido de hidrogênio	26
3.8.3. Catalase - CAT (EC 1.11.1.6)	26
3.8.4. Superóxido dismutase - SOD (EC 1.15.1.1).....	27
3.8.5. Glutathiona redutase – GR (EC 1.6.4.2).....	27
3.9. Análise estatística.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Parâmetros meteorológicos no interior da casa de vegetação	29
4.2. Produtividade.....	32
4.3. Características qualitativas	33
4.4. Análises bioquímicas	35
4.5. Parâmetros fotossintéticos.....	37

5. CONCLUSÕES39
REFERÊNCIAS41

RESUMO

Aspectos produtivos, qualitativos e fisiológicos do pimentão submetido à aplicação foliar de extrato de *Ascophyllum nodosum* e suplementação luminosa

O emprego da iluminação artificial em sistemas hortícolas é uma prática recorrente, principalmente em locais onde não se obtêm quantidades de luz adequadas devido a fatores como auto sombreamento das plantas, clima inadequado, que limitam a expressão máxima de produção das plantas. No entanto, pesquisas relacionadas a suplementação luminosa em regiões do trópico são escassas. Lâmpadas LED (Light Emiting Diode) são as mais eficientes para tal fim, devido a características como robustez, baixa emissão de calor, alta eficiência energética e principalmente pela sua capacidade de gerar espectros específicos de luz que coincidem com os picos de absorção luminosa das plantas. Além da luz, fatores como estresses por temperaturas inadequadas influenciam no rendimento das plantas. Os bioestimulantes atuam no alívio de estresses, como o estresse térmico, comum em regiões tropicais e subtropicais. O extrato da alga *A. nodosum* se enquadra nessa categoria, atuando tanto no estresse por altas e baixas temperaturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da iluminação artificial e da aplicação foliar de *A. nodosum* na produção de pimentão cultivado em ambiente protegido. Conduziram-se dois experimentos em casa de vegetação em Piracicaba (SP) usando plantas de pimentão cultivar Taurus; com suplementação luminosa por LEDs e cinco doses de extrato de alga, e outro sem suplementação luminosa com cinco doses de extrato de alga, correspondendo a essas doses 0,1, 2, 3 e 4 ml L⁻¹ de extrato de alga. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados onde cada experimento possuiu quatro blocos, cada bloco continha quatro plantas, totalizando oitenta plantas por experimento. O uso da suplementação luminosa em conjunto com a aplicação de extrato de alga em plantas de pimentão resulta em frutos mais compridos, menos largos, com maiores teores de sólidos solúveis e ácido ascórbico quando comparados ao controle. A aplicação de extrato de alga em conjunto da suplementação luminosa aumenta a atividade das enzimas GR (glutathione reductase) e SOD (superóxido desmutase), reduz o conteúdo de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio) e reduz a transpiração em plantas de pimentão quando comparados ao controle.

Palavras-chave: Olericultura, Estresse abiótico, LEDs, Bioestimulante

ABSTRACT

Productive, qualitative and physiological aspects of sweet pepper submitted to foliar application of *Ascophyllum nodosum* extract and light supplementation.

The use of artificial lighting in horticultural systems is a recurring practice, especially in places where adequate amounts of light are not obtained due to factors such as self-shading, inadequate climate, limiting the maximum production capacity of plants. However, research related to light supplementation in tropic regions is scarce. LEDs are the most efficient lamps for this purpose, due to characteristics such as robustness, low heat emission, high energy efficiency and, the most important, for their ability to generate specific light spectra that coincide with the light absorption peaks of plants. In addition to light, factors such as stresses due to inadequate temperature influence plant yield. Biostimulants act to relieve stress, such as heat stress, common in tropical and subtropical regions. *A. nodosum* seaweed extract falls into this category, acting both in stress for high and low temperatures. The objective of this work was to evaluate the effect of artificial lighting and foliar application of *A. nodosum* on the production of sweet pepper cultivated in protected environment. They were conducted in a greenhouse in Piracicaba (SP) using pepper plants to cultivate Taurus two experiments; with light supplementation by LEDs and five doses of seaweed extract, and another without light supplementation with five doses of seaweed extract, corresponding to these doses 0.1, 2, 3 and 4 ml L⁻¹ of seaweed extract. The design used was in randomized blocks where each experiment had four blocks, each block contained four plants, totaling eighty plants per experiment. The use of light supplementation in conjunction with the application of seaweed extract on pepper plants results in longer, less wide fruits, with higher levels of soluble solids and ascorbic acid when compared to the control. The application of seaweed extract together with light supplementation increases the activity of the enzymes GR (glutathione reductase) and SOD (superoxide desmutase), reduces the content of H₂O₂ (hydrogen peroxide) and reduces the transpiration in pepper plants when compared to the control.

Keywords: Olericulture, Abiotic stress, LEDs, Biostimulant

1. INTRODUÇÃO

A cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) mantém-se entre as dez culturas de maior importância econômica no mercado brasileiro de hortaliças, com as maiores áreas de produção localizadas no Sudeste (OLIVEIRA FILHO, 2018). No mais recente censo agropecuário realizado o Brasil possuía 32.507 estabelecimentos agropecuários produtores de pimentão e produção próxima a 224 mil toneladas de frutos. (IBGE, 2017). Dentre os fatores ambientais que afetam o crescimento e a produtividade das plantas, a luz é um dos mais importantes (NAOYA et al., 2008).

Em ambiente protegido, ocorre redução da radiação solar incidente em relação ao meio externo, que pode chegar a valores de 20 a 30% em função da composição dos filmes plásticos, deposição de poeiras, danos mecânicos provocados por chuvas de granizos e ângulo de incidência da radiação solar (NICK; BORÉM, 2016). Além disso, no sistema de cultivo vertical com alta densidade de plantas, a maior parte da luz é interceptada pela parte superior da copa, ocorrendo o auto sombreamento das partes inferiores do dossel (DUECK et al., 2006), sendo que essa concorrência por luz resulta em baixa taxa fotossintética líquida e conseqüentemente queda de produtividade (LARCHER, 1995). Uma técnica que pode oferecer uma solução para esse problema é a suplementação luminosa entre o dossel (interlighting) com lâmpadas LED (Light Emiting Diode) para iluminar a parte média ou inferior das plantas (GUO et al., 2016). O espectro que a fotossíntese da planta necessita está em uma faixa de cerca de 400-720 nm, na qual os comprimentos de onda de 400-520 nm (azul) e de 610-720 nm (vermelho) são os principais responsáveis pelo processo fotossintético (CHEN, 2017), sendo esses comprimentos fielmente reproduzidos pelas lâmpadas LED. Nesse contexto, a iluminação artificial está ganhando relevância na horticultura, uma vez que permite a intensificação da produção e melhoria na qualidade dos órgãos vegetais colhidos. Estudos com tomateiro mostram aumento de biomassa (METERA et al., 2014), maior absorção de N, P e K (ALMANSA et al., 2017), aumento de produtividade e qualidade dos frutos (XU et al., 2012).

Além da luminosidade, o manejo da nutrição é outro fator de destaque no crescimento e desenvolvimento das culturas. Em ambiente protegido, a aplicação de

fertilizantes tem sido realizada via irrigação através de fertilizantes solúveis e via foliar no cultivo de hortaliças.

Novas tecnologias têm sido empregadas no manejo da nutrição, com o desenvolvimento de bioestimulantes. A participação dos bioestimulantes no mercado de agroquímicos foi considerável nos últimos anos e deve continuar a aumentar, principalmente devido a uma maior demanda por produtividade, qualidade e proteção das culturas contra uma infinidade de tensões bióticas e abióticas (FLEMING et al., 2019).

Os extratos de algas marinhas são classificados como bioestimulantes porque contêm substâncias bioativas, que apresentam propriedades estimulantes do crescimento (KHAN et al., 2009), também atuando como biofertilizantes (CRAIGIE, 2011; MOHANTY et al., 2013). Trabalhos na literatura demonstram que bioestimulantes à base de *A. nodosum* apresentam importantes funções ao nível dos processos fisiológicos e bioquímicos, das quais se destacam: estimulação da divisão celular, controle e promoção do crescimento apical, melhoramento da elasticidade e plasticidade celular, e maior capacidade de resistência a diversos fatores abióticos como estresses salino e térmico (FERNANDES et al., 2011). Esta alga é uma das espécies de algas mais interessantes, dada a sua ampla aplicação e potencial na agricultura (KHAN et al., 2009). Com passar dos anos e a evolução das tecnologias na agricultura são preparados extratos aquosos dessa alga, utilizados em sistemas de agricultura e horticultura com aplicações foliares, no solo ou uma combinação de ambos (MACKINNON et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo foi avaliar o efeito da suplementação luminosa e da aplicação foliar de *A. nodosum* no metabolismo, na fisiologia, produtividade e qualidade do pimentão cultivado em substrato sob ambiente protegido; tendo como hipótese que o extrato de alga e/ou a suplementação luminosa possam incrementar a produção, melhorar atributos qualitativos, aumentar a atividade das enzimas antioxidantes e atuar positivamente nos parâmetros fotossintéticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*) é pertencente à família Solanaceae, originário das regiões tropicais da América (SANTOS, 2019). No Brasil o pimentão é uma das mais importantes hortaliças tanto em produção como em comercialização, sendo valorizado principalmente por possuir cor atrativa, sabor marcante e suas propriedades sensoriais, além de ser fonte de compostos bioativos, como os carotenoides, responsáveis pela cor vermelha (GOMES, 2012). É uma cultura muito explorada, principalmente por pequenos e médios horticultores, devido ao rápido retorno dos investimentos, consequência do curto período para início da produção (MARCUSI; VILLAS BÔAS, 2003).

No que se refere às características, trata-se de uma solanácea arbustiva, perene, porém cultivada como cultura anual, podendo atingir mais de 1 m de altura, com crescimento indeterminado (BANNWART, 2015). As folhas são ovaladas, possuem a cor verde brilhante dispostas alternadamente na haste uma por nó, com lâminas de formatos ovais ou elípticas, as flores são da cor branca e aparecem solitárias nos nós das hastes, nas axilas das folhas (FONTES et al., 2005a). As flores são pequenas, isoladas, hermafroditas e autógamias, característica marcante do gênero *Capsicum*, apresentando uma taxa de polinização cruzada que pode atingir 36%, principalmente na presença de insetos polinizadores, sendo seu fruto uma baga oca de formato cônico, cilíndrico ou cúbico (REIFSCHNEIDER, 2000; FILGUEIRA, 2008). Segundo Flores (2014), a produção de frutos por planta pode atingir entre 12 a 15 frutos, com massa fresca variando entre 120 a 200 g, diâmetro entre 70 a 80 mm e comprimento entre 110 a 140 mm. Variando em relação a cultivar e o clima, o início da colheita compreendesse entre 80 a 100 dias após o transplante (GOTO; TIVELLI, 1998).

A cultura apresenta extensa diversidade, expressa em diferentes formas, uma grande variedade de cores, constitui uma planta de clima tropical exigente em água e calor, sensível às baixas temperaturas e intolerante às geadas, devendo assim ser cultivada em ambiente que favoreça a germinação, seu desenvolvimento e a frutificação, para desse modo obter um produto de alto valor comercial com menor custo de produção (ARAÚJO, 2013). Em ambiente protegido, é possível produzir o pimentão durante o ano todo (FONTES et al., 2005b). Desse

modo seu cultivo vem aumentando, fato que permite a extensão do tempo de colheita e melhores safras em períodos ambientais adversos (ANDRADE, 2015).

Gomes (2012) cita que os frutos do pimentão vermelho são utilizados como fonte de pigmentos para adicionar ou modificar a coloração dos produtos alimentícios desde os tempos antigos. Além do consumo *in natura*, o pimentão é bastante utilizado no processamento de condimentos, temperos, conservas, molhos, corantes, pastas, sopas de preparo instantâneo e embutidos. Sua ingestão é de suma importância devido à presença de vitaminas C, A, B1 e B2, minerais como ferro e fósforo, (PINTO et al., 2007; NEPA, 2011) e de pigmentos naturais chamados carotenoides (COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005), importantes na prevenção de alguns tipos de câncer (NISHINO et al., 2009).

2.2. Extrato da Alga *Ascophyllum nodosum*

O *A. nodosum*, vulgarmente conhecido como Kelp Norueguês, é uma alga marrom (classe Phaeophyceae) da família Fucaceae, sendo a única espécie pertencente ao gênero *Ascophyllum* (GUIRY et al., 2014). Historicamente, os agricultores de regiões costeiras do Canadá e da Europa usavam algas como a *A. nodosum* em plantações para melhorar o crescimento das culturas (SHARMA et al., 2012). Como um fertilizante orgânico, a alga era decomposta por microrganismos, que liberavam pequenos fragmentos de carboidratos, proteínas, hormônios e vários minerais das algas no solo (KOH, 2016). Devido ao custo de transporte, o uso de algas na agricultura ficou limitado as regiões costeiras, porém avanços nos processos de extração e moagem a seco permitiram o transporte e aplicação mais eficientes e rentáveis, permitindo o uso na agricultura em uma escala maior (JANNIN et al., 2013).

O mercado de bioestimulantes em 2018 atingiu o valor aproximado de US\$ 2 trilhões, com previsão de crescimento até US\$ 3.6 trilhões em 2025 (VALUE MARKET RESEARCH, 2018). Regionalmente o mercado está distribuído em União Europeia com 41,7%, América do Norte com 21,5%, região Asiática e Oceania com 20% e América Latina com 12,9%, sendo os principais mercados latinos americanos Brasil e Argentina (YAKHIN et al., 2017).

Também contém elevados teores em hidratos de carbono e outras substâncias como aminoácidos, alginatos, minerais, oligoelementos,

polissacarídeos, compostos fenólicos (AUDIBERT et al., 2010), fito hormônios como citocininas (TARAKHOVSKAYA et al. 2007), auxinas, ácido abscísico (KHAN et al., 2009), giberelinas (CRAIGIE, 2011) e nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg), zinco (Zn), sódio (Na) e enxofre (S) (RAYORATH et al., 2009), que lhe conferem propriedades bioestimulantes, e portanto, atuam nos processos metabólicos das plantas, promovendo o fortalecimento das estruturas vegetais (PLANTYTEC, 2014).

Os extratos de algas marinhas possuem seus efeitos promotores de crescimento relatados em muitas espécies, porém pouco se sabe sobre os mecanismos responsáveis por esses efeitos, pois os mesmos possuem uma complexa e variável natureza e esse fator dificulta a determinação exata de quais substâncias estão sendo fundamentais nos processos benéficos às plantas (BATTACHARYYA, 2015). Os métodos de extração desses extratos estão ligados às características do produto, portanto uma caracterização dos componentes dos extratos seria um caminho eficiente para descrever uma relação de causa, efeito e mecanismos de ação (VAN OOSTEN, 2017).

Tomateiros (*Solanum lycopersicum*) pulverizados com o extrato de alga exibiram tamanho e massa seca maior, crescimento rápido das raízes quando comparados à testemunha (RAYORATH et al., 2008). O crescimento das plantas de tomate tratadas com extrato de *A. nodosum* foi comparado com um controle tratado com água e com uma amostra tratada com fungicida, sendo que as duas produziram frutos significativamente menores quando comparados aos tratamentos com extrato (ALI et al., 2015). Estudos também foram realizados para examinar como o crescimento de soja (*Glycine max*) com a concentrações diferente de extrato. 0,5% de extrato resultaram em grãos significativamente maiores e mais pesados do que quando se usou 0,2% ou quando não se aplicou nada (RATHORE et al., 2009).

Plantas tratadas com extrato dessa alga são mais resistentes a ambientes excessivamente frios, salinos ou secos (NAIR et al., 2012). Plantas de *Arabidopsis thaliana* tratadas com extrato apresentaram uma taxa de mortalidade reduzida sob temperaturas abaixo das adequadas e recuperaram-se rapidamente depois que as condições de frio diminuíram, as plantas tratadas com extrato de *A. nodosum* mostraram não ser tão propensas a amarelar quanto as plantas do controle (RAYORATH et al., 2009). Da mesma forma, os efeitos negativos da salinidade excessiva não foram tão graves para as plantas de *Amaranthus tricolor*

tratadas com o extrato, as plantas apresentaram hastes e raízes mais longas e mais espessas, maior concentração de N, K e P em folhas, raízes e hastes e maior número de flores do que plantas de controle (ABDEL-AZIZ et al., 2014). Plantas de *Agrostis palustris* tratadas com o extrato também apresentam uma maior tolerância à seca; observou-se que essas plantas apresentaram maior concentração de citoquinina, o que aumenta a biomassa das raízes, sendo as plantas tratadas encontradas em um estado mais saudável do que as do controle (ZHANG et al., 2003). Esses estudos mostram o potencial do extrato como aliado no alívio de estresses abióticos, além de outros efeitos interessantes para o cultivo de plantas.

2.3. Uso de LEDs na olericultura

O LED (Light Emitting Diode) é um tipo único de diodo semicondutor, que consiste em um chip de material semicondutor que cria uma junção p-n. A corrente flui facilmente do lado p (ânodo), para o lado n (cátodo), mas não na direção inversa. Os elétrons e as lacunas flutuam na junção de eletrodos com diferentes tensões, quando um elétron encontra uma lacuna, ele cai em um nível de energia mais baixo e libera energia na forma de fóton (YEH; CHUNG, 2009). As lâmpadas LED foram usadas pela primeira vez nos anos 1960 em dispositivos comerciais como indicadores de luz on-off (SCHUBERT, 2005). Desde então, a velocidade do desenvolvimento do LED aumentou constantemente e tornou-se uma fonte de luz promissora utilizada na pesquisa de fisiologia vegetal e, posteriormente, na produção de plantas em instalações fechadas (OIDA, 2002). Várias espécies de plantas, como pimenta (SCHUERGER et al., 1997), mudas de tomate (BRAZAITYTE et al., 2009) e alface (OUZOUNIS et al., 2015) já foram testados com LEDs como fonte de luz e obtiveram promissores resultados.

O comprimento de onda de emissão da lâmpada LED pode ser feito para coincidir com o pico de absorção pela clorofila da planta, sendo vantajoso para a fotossíntese e operado a baixa tensão (KIM, 2010). Os LEDs permitem que os pesquisadores eliminem outros comprimentos de onda encontrados dentro da luz branca, reduzindo a quantidade de energia necessária para alimentar as lâmpadas durante o crescimento das plantas (YEH; CHUNG, 2009). As lâmpadas LED são particularmente adequadas para a aplicação de pesquisa e produção comercial como resultado de suas capacidades únicas, como seu tamanho pequeno,

durabilidade e vida operacional longa até 30.000 h (ROBERT, 2008), os LEDs ainda oferecem uma gama quase infinita de opções de cores, UV, infravermelho e uma variedade de opções de brilho (PATTISON, 2016).

A combinação de LEDs vermelhos com LEDs azuis forma um pico de absorção espectral adequado para a fotossíntese da planta e morfogênese (QI-CHANG, 2008). As luzes vermelhas e azuis têm o maior impacto no crescimento das plantas, porque são as principais fontes de energia absorvidas para a assimilação fotossintética de CO₂ nas plantas (LIN, 2013), sendo essa capacidade de controle de composição espectral proporcionada pelos LEDs a superioridade mais destacada e evolutiva para uso hortícola (CHEN, 2016). Como uma parte crucial do espectro de luz para o crescimento normal das plantas, o vermelho afeta a morfogênese das plantas ao induzir transformações no fitocromo e também é crucial para o desenvolvimento do aparelho fotossintético e também para a regulação da síntese de fitoquímicos como fenólicos e oxalatos, além de influenciar no florescimento e crescimento dos frutos, já a faixa azul do espectro é importante para desenvolvimento de cloroplastos, abertura estomática, bem como para a regulação da biossíntese de clorofila e antocianina e também atua no crescimento de folhas e caule (TROUWBORST et al., 2016, CHEN, 2017).

As lâmpadas de LED emitem baixa irradiação térmica, operam com baixa tensão de operação e possuem robustez física superior às demais tipos de lâmpadas, o que as tornam adequadas para serem utilizadas como suplementação luminosa intra dossel em hortaliças (Interlighting), podendo ser posicionadas próximas às plantas sem sobreaquecer ou prejudicar o desenvolvimento das mesmas (MASSA et al., 2008). Os LEDs diminuíram os custos da suplementação luminosa para menos de 25% do custo da iluminação tradicional como resultado da eficiência de conversão elétrica de 75% maior (GÓMEZ et al., 2013).

Um dos primeiros experimentos LED relacionados às plantas foi conduzido por Bula et al. (1991), relatando que os LEDs vermelhos aumentavam o peso e tamanho da alface. Kumar et al. (2016) em sua pesquisa com mini pepinos e suplementação luminosa com LEDs relatou uma produção de frutos 30,8% maior quando comparada a testemunha que não possuía suplementação, além disso observou-se uma melhor qualidade visual dos frutos. Já em testes usando LEDs em pimentão a produção foi aumentada em 16%, aumento esse atribuído ao maior número de frutos, além disso os frutos apresentaram maior qualidade influenciando

em aspectos como quantidade maior de carotenoides, antioxidantes quando comparados ao tratamento com uso de lâmpadas de alta pressão de sódio (HPS) (GUO et al., 2016). Em um estudo utilizando tomateiros Wu et al. (2015) observaram que as parcelas que receberam suplementação luminosa com LEDs tiveram altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, peso seco e fresco maiores que a testemunha que não tinha suplementação, além disso a suplementação ainda influenciou em uma maior quantidade e qualidade dos frutos, e também reduziu os dias para a colheita.

Tais resultados comprovam a eficiência e potencialidade do uso de LEDs como suplementação luminosa de plantas, e servem como parâmetros para o desenvolvimento de novas pesquisas afim de indicar novas funções para a tecnologia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido de 07 de abril de 2018 a 08 de janeiro de 2019 (227 dias), em casa de vegetação localizada na área experimental do Departamento de Produção Vegetal, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, no município de Piracicaba (SP). A casa de vegetação é de estrutura metálica do tipo arco, apresentando 28 m de comprimento, 12,80 m de largura e 3,4 m de altura de pé direito, coberta com filme difusor de polietileno aditivado (anti-UV) com 150 µm de espessura, e laterais fechadas com duplo filme de polietileno aditivado (bolha). A casa de vegetação possui um sistema de controle da temperatura por meio de sistema de resfriamento evaporativo (Pad-Fan), para manter a temperatura dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento do pimentão.

Segundo a classificação climática proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, ou seja, subtropical úmido com três meses mais secos (junho, julho e agosto), chuvas de verão, seca no inverno, temperatura do mês mais quente superior a 22 °C e a do mês mais frio inferior a 18 °C.

3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Dois experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos compostos por doses de extrato de *A. nodosum* (0, 1, 2, 3 e 4 ml L⁻¹); sendo essas doses baseadas em uma recomendação geral do fabricante do extrato para hortaliças; com quatro repetições. Cada parcela foi composta por oito plantas, sendo às quatro plantas centrais foram utilizadas para as avaliações durante o ciclo de desenvolvimento delas. Os experimentos foram conduzidos ao mesmo tempo na casa de vegetação.

O extrato de *A. nodosum* foi aplicado logo após o transplante das mudas e posteriormente a cada 15 dias até o final do ciclo de cultivo. Para garantir a uniformidade de aplicação, o produto foi aplicado com pulverizador costal de CO₂ à pressão constante. O bico pulverizador usado foi o Jacto JD-12 de cone oco operando a 200 K Pa com um ângulo de 80 graus. As aplicações foram sempre

feitas ao fim de tarde afim de garantir um clima propício para a absorção do produto. Para garantir a uniformidade das aplicações eram realizados teste a cada aplicação, em um primeiro momento era realizado a aplicação até o ponto de escoamento em uma determinada planta, cronometrando o tempo necessário; esse tempo de aplicação era repetido em todas as outras parcelas dos experimentos.

3.3. Aspectos e manejo da cultura

3.3.1. Características do cultivar

Foi utilizado o cultivar de pimentão Taurus, da empresa Sakata Seeds, que possui médio vigor de planta, alto pegamento de frutos, peso médio de frutos de 280g, frutos com coloração vermelha e intensa, frutos com paredes grossas e elevado período pós-colheita, moderado nível de resistência ao fungo *Leveillula taurica*, e alto nível de resistência aos vírus TSWV (Tomato Spotted Wilt Vírus), PVY (Potato virus Y) estirpe P0, P1 e P1,2 (SAKATA SEED SUDAMERICA, 2018). Na figura 1 mostra-se o cultivo de pimentão Taurus aos 111 dias (A) e 229 dias (B) após o transplante das mudas.



Figura 1. Plantas de pimentão em dois estágios produtivos sob cultivo protegido na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

3.3.2. Produção de mudas e sistema de condução

A produção das mudas foi feita pelo viveiro IBS Mudas, localizado em Piracicaba – SP. As mudas foram produzidas em bandejas de 128 células preenchidas com substrato à base de fibra de coco de textura mista coberto com

vermiculita. Para o transplante, as mudas foram padronizadas quanto ao tamanho, garantindo a uniformidade do estande. Elas foram transplantadas com 30 dias após a semeadura para vasos plásticos de 10 L preenchidos com substrato de fibra de coco. O espaçamento entre plantas foi de 0,4 m e 0,8 m entre linhas, com 1,4 m entre linhas duplas.

As plantas foram conduzidas no sistema de condução vertical através de fitilhos plásticos, com remoção de brotações e manutenção de quatro hastes. Quando as plantas atingiram 2,5 m de altura, foi feito o corte da gema apical (capação). Durante o período reprodutivo, foi retirada a flor da primeira bifurcação para elevar a produtividade, conforme recomendado por Nick; Borém (2016).

3.3.3. Sistema de irrigação e manejo da nutrição

O sistema de irrigação foi composto por painel de controle, motobombas de 0,5 cv, filtros de tela, regulador de pressão, sistema de gotejamento e dez reservatórios de 250 L. O sistema de gotejo utilizado foi composto por gotejadores do tipo autocompensante com vazão de 8 L h^{-1} , inseridos em tubos de polietileno de 16 mm, com espaçamento de 0,4 m. A solução nutritiva foi aplicada diariamente através do sistema de irrigação. A solução nutritiva utilizada durante as irrigações foi adaptada da solução proposta por Goto; Rossi (1997) para fertirrigação em pimentão sob cultivo protegido. No período vegetativo, compreendido entre o primeiro dia após o transplante (DAT) até os 50 DAT, a solução nutritiva utilizada em mg L^{-1} foi de: 180 N, 43,5 P, 230 K, 123 Ca, 27 Mg, 32,5 S, 2,02 Fe, 3,69 B, 0,46 Cu, 0,46 Mn, 0,09 Mo, 0,09 Ni, 0,18 Zn. A partir do 51 DAT até o fim da produção (277 DAT) correspondente ao período reprodutivo da cultura, foi utilizada a solução nutritiva contendo 176 N, 54 P, 197 K, 142 Ca, 54 Mg, 78 S, 3,22 Fe, 2,67 B, 0,46 Cu, 0,46 Mn, 0,09 Mo, 0,09 Ni, 0,18 Zn.

3.3.4. Monitoramento meteorológico

Realizou-se o registro a cada trinta minutos dos dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior da estufa através de uma miniestação meteorológica (Watchdog 2475 Plant Grow Station) posicionada no centro da estufa a 1,5 m de altura. Os valores registrados de

temperatura e umidade relativa do ar máxima, mínima e umidade relativa constam na figura 1. Os dados de radiação fotossinteticamente ativa foram expressos pela intensidade luminosa diária, em $\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1}$.

3.4. Características e manejo da suplementação luminosa

A suplementação luminosa foi proporcionada por lâmpadas LED (Philips GreenPower LED, Philips Lighting Holding B.V., Amsterdã, Holanda). As dimensões da lâmpada são de 250 cm de comprimento, 4,2 cm de largura e 7 cm de altura. Elas foram colocadas horizontalmente a 1,5 m de altura (Figura 2) entre as linhas duplas de pimentão. As cores emitidas foram vermelho e azul em uma proporção de 80% de luz vermelha (662 nm) e 20% de luz azul (452 nm). A intensidade de luz emitida é de $220 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. O fotoperíodo empregado no experimento foi de 16 horas, sendo das 6:00 às 22:00, onde o início da suplementação começou após as plantas ultrapassarem a altura barra de Led. Tal período de suplementação luminosa foi embasado em trabalhos que apresentaram resultados de aumento de produção como os de Bagdonavičienė et al. (2015) que utilizou fotoperíodo de 17 horas por dia em pimentão; Guo et al. (2016) também apresentou dados de incremento de produção em pimentão com um fotoperíodo de 18 horas. Levando em consideração as características tropicais do local de realização do experimento contrárias aos citados acima que foram realizados em na Lituânia e Canadá que possuem clima temperado, optou-se por reduzir em uma e duas horas respectivamente o fotoperíodo em decorrência das diferenças climáticas.

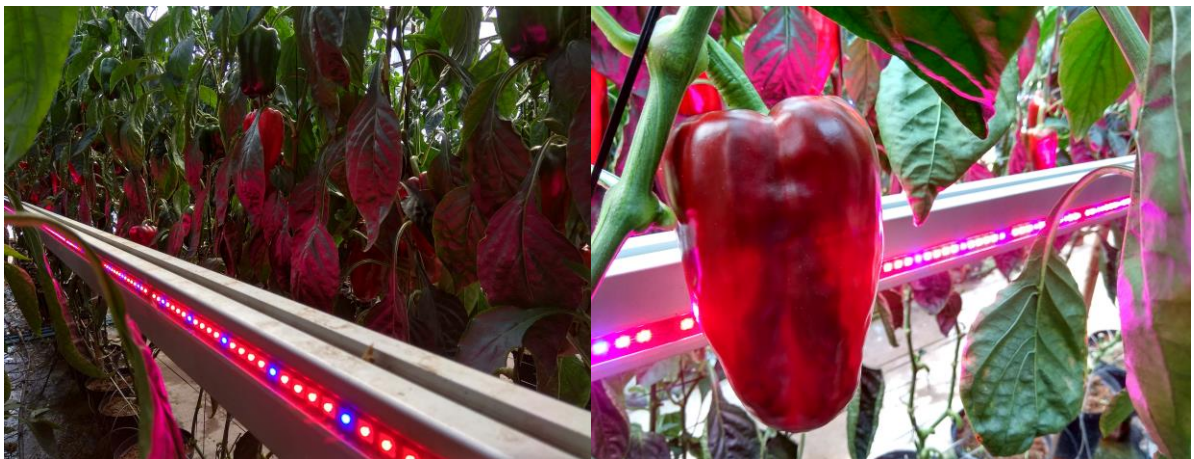


Figura 2. Barra de LEDs entre duas linhas de cultivo de pimentão sob cultivo protegido na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

3.5. Características produtivas

Os frutos foram colhidos quando apresentavam 80% da sua superfície vermelha. O comprimento e a largura equatorial foram medidos, e posteriormente os frutos foram pesados para a determinação da produção total, produção comercial e peso médio de frutos. A produção comercial foi calculada pela diferença entre a produção total e a produção não comercial, composta por frutos que apresentaram deformações (fig.3 A e B), podridão apical (fig.3 C) e frutos com peso não comercial.



Figura 3. Representação de frutos não comerciais.

3.6. Características qualitativas

Aos 260 DAT foram coletados quatro frutos por parcela (Figura 4), triturados e homogeneizados para a realização das análises de teor de sólidos solúveis (°Brix), acidez total titulável (ATT), ácido ascórbico e pH. Os sólidos solúveis (°Brix) foram determinados por leitura direta na polpa homogeneizada com um refratômetro (marca Atago, modelo PR-32 α). Para a determinação do ácido ascórbico, 10 g da polpa homogeneizada foi diluída em 90 ml de ácido oxálico a 1%. A titulação foi feita com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (CARVALHO et al., 1990). Determinou-se a acidez titulável (% de ácido cítrico) usando-se 10 g da polpa homogeneizada diluídos em 90 ml de água destilada. A titulação foi feita com hidróxido de sódio 0,05 N até a solução atingir pH igual a 8,1, sendo aferida através de um pHmetro digital (Tec-3MP) (CARVALHO et al., 1990). A aferição do pH foi realizada com o uso de

um pHmetro digital (Tec-3MP), através do contato direto do sensor com a polpa homogeneizada.



Figura 4. Frutos utilizados nas análises qualitativas realizadas em Laboratório na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

3.7. Parâmetros fotossintéticos

Através do medidor portátil de trocas gasosas (IRGA, modelo LI 6400XT) da Li-Cor aos 244 DAT (produção plena), realizaram-se as medições estimadas da concentração interna de carbono ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), condutância estomática ($G_s - \text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($E - \text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida ($A - \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Para as medições foi utilizada a 3ª folha totalmente expandida a partir do ápice (em plena atividade fotossintética), no total de três folhas por repetição.

3.8. Análises bioquímicas

Aos 245 DAT para a realização das análises bioquímicas foram coletadas as terceiras folhas expandidas do ápice, sendo uma folha por planta útil da repetição afim de garantir homogeneidade na amostra; as folhas foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos, e colocadas em nitrogênio líquido afim de garantir a preservação das características apresentadas. Após o fim da coleta as amostras foram armazenadas em freezer – 80°C para posterior uso nas análises. As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica de Plantas do departamento de genética da ESALQ sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Antunes Azevedo e supervisão da Dra. Salete Gaziola.

3.8.1. Extração e quantificação das proteínas solúveis

A extração foi realizada segundo a metodologia de Azevedo et al. (1998), adicionando 1 g do tecido vegetal macerado em 4% de PVPP (Polivinilpolipirrolidona) e 3 ml de tampão fosfato 100 mM (pH 7,5), contendo 1 mM de EDTA e 3 mM de DTT. Após essa etapa, as amostras foram centrifugadas a 10000 rpm, por 30 minutos a 4 °C e o sobrenadante pipetado e dividido em alíquotas para posterior medição de quantidade de proteínas solúveis e atividades das enzimas antioxidantes SOD, GR, CAT.

A quantificação de proteínas foi realizada seguindo a metodologia de Bradford (1976). Foi tomada a alíquota de 20 µL do conteúdo da extração, que recebeu 2 ml do reagente de Bradford. Posteriormente a mistura foi agitada e mantida em repouso por 2 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 595 nm, onde os resultados foram expressos em mg/ml.

3.8.2. Conteúdo de peróxido de hidrogênio

A determinação do conteúdo de peróxido de hidrogênio foi realizada segundo a metodologia de Alexieva et al. (2001), em que 0,2 g do material vegetal fresco foi macerado em 2 ml de ácido tricloroacético (TCA, 0,1%), contendo aproximadamente 20% de PVPP. Após a homogeneização, a mistura foi centrifugada a 10000 rpm por 10 min a 4 °C. Feita a centrifugação, 0,2 ml do sobrenadante foi pipetado e adicionado em 0,2 ml do tampão fosfato de potássio (100 mM, pH 7,5) e 0,8 ml de iodeto de potássio 1M, sendo incubado por 1 hora na ausência da luz. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 390 nm e o resultado expresso em mmol/g de matéria fresca.

3.8.3. Catalase - CAT (EC 1.11.1.6)

A determinação de catalase (CAT) seguiu a metodologia proposta por Kraus; Mckersie; Fletcher (1995), com algumas adaptações conforme Azevedo et al. (1998). Determinou-se com a adição de 25 µL de extrato vegetal em 10 ml de uma solução de tampão fosfato 100 mM (pH 7,5) contendo 2,5 µL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂, 30%), sendo a leitura realizada em espectrofotômetro por 1 minuto a 240 nm e o resultado expresso em µmol/min/mg de proteína.

3.8.4. Superóxido dismutase - SOD (EC 1.15.1.1)

A atividade dessa enzima foi determinada seguindo a metodologia proposta por Giannopolitis; Ries (1977), com modificações propostas por Cembrowska-Lech et al. (2015), usando espectrofotometria. A reação foi conduzida em câmara de reação sob iluminação de lâmpada fluorescente a 25 °C. Foi feita a determinação pela adição de tampão de fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,8), 1,3 µM de riboflavina, 13 mM de metionina, 63 µM de NBT e 0,1 mM de EDTA, em 100 µL do extrato proteico, ficando 5 minutos sob iluminação e a leitura realizada a 560 nm. Seus resultados foram expressados em U SOD/mg de proteína.

3.8.5. Glutathione redutase – GR (EC 1.6.4.2)

A atividade foi determinada seguindo a metodologia proposta por Gomes-Junior et al. (2006) e com modificações segundo Azevedo et al. (1998). A solução de reação (3 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM pH 7,5; 1,5 mL de ácido 2-nitrobenzoico, NBT; 1 mM de glutathione oxidada e 0,1 mM NADPH) foram adicionados 50 µL de extrato. A atividade da GR foi estimada pela redução da glutathione oxidada. A atividade foi determinada em espectrofotômetro a 412 nm, sendo os resultados expressos em µmol/min/mg de proteína.

3.9. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA ($p < 0.05$) no esquema grupo de experimentos. Quando significativos, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Os procedimentos estatísticos foram realizados no programa computacional Statistical Analysis System – SAS v.9.3 (SAS Inc., Cary, USA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros meteorológicos no interior da casa de vegetação

A faixa ideal para o desenvolvimento das plantas de pimentão está entre 16 e 28 °C, além disso essa espécie se beneficia por uma diferença entre a temperatura diurna e noturna entre 5–10 °C, onde durante o dia é preferível temperaturas de 25-28 °C e 16-20 °C durante a noite (NICK; BORÉM, 2016). As temperaturas registradas durante a condução dos experimentos variaram de 4 a 34 °C. Durante 173 dias de cultivo foram registradas temperaturas máximas superiores a 28 °C, e durante 111 dias temperaturas mínimas inferiores a 16 °C (Figura 5).

A umidade relativa adequada para plantas de pimentão se situa entre 50 e 70% (LORENZONI et al., 2015). Entretanto, registrou-se umidade maior que 70% em 70 dias de cultivo, sendo que nos dias restantes os valores estavam na faixa considerada ideal. Portanto, é possível concluir que houve estresse abiótico provocado principalmente por temperaturas elevadas e baixa luminosidade em determinados períodos do cultivo do pimentão (Figura 6).

Para a luminosidade, foram registrados valores de 2,02 mol m⁻² dia⁻¹ a 32,66 mol m⁻²dia⁻¹. Durante 83 dias do ciclo da cultura foram registrados valores menores que 15 mol m⁻² dia⁻¹. Em plantas de pimentão Kim et al. (2016) demonstraram que a fotossíntese máxima foi alcançada com 1000 μmol m⁻² s⁻¹, ou seja, com 28,8 mol m⁻² dia⁻¹, considerando 8 horas de luz por dia (Figura 6).

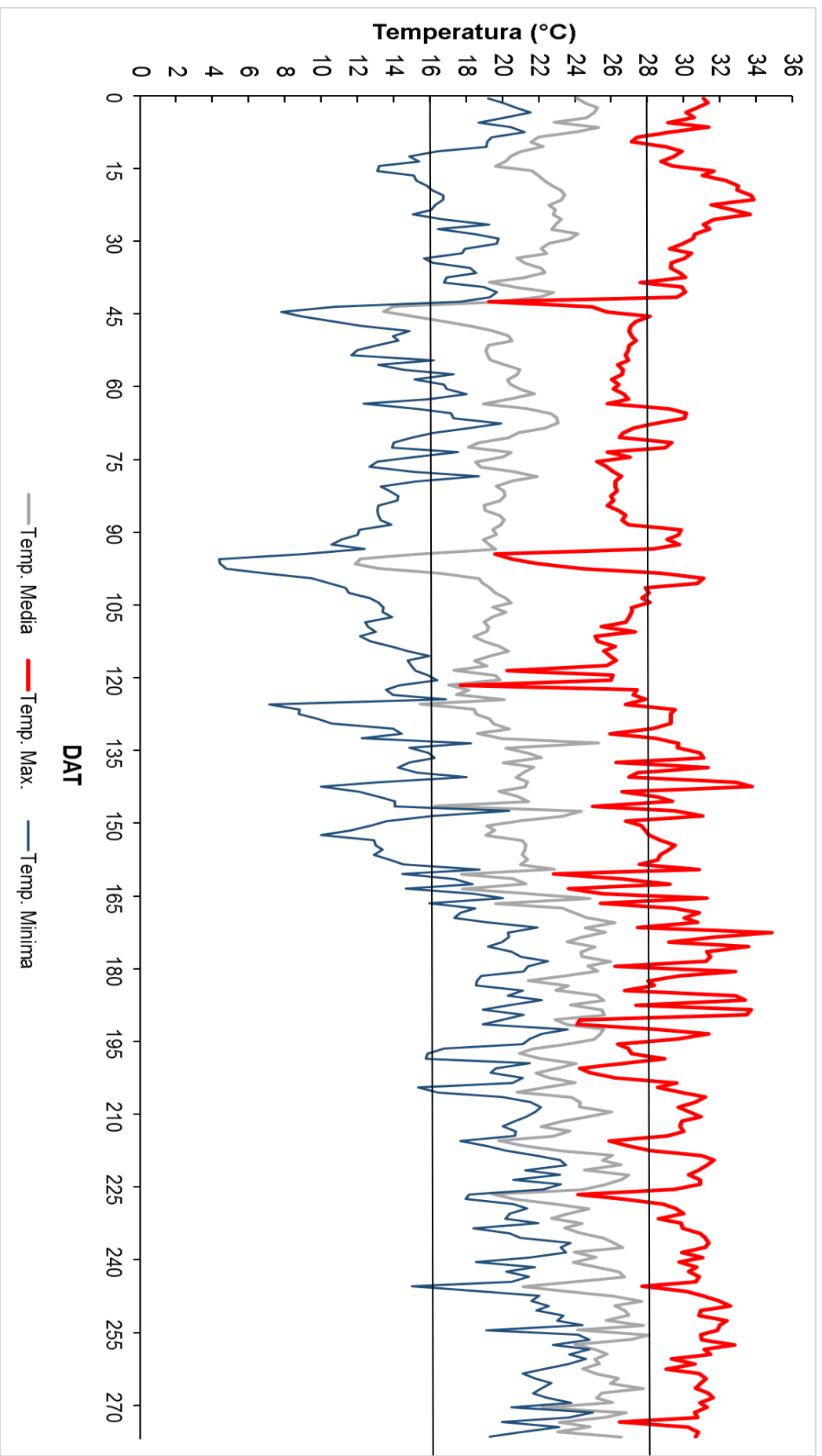


Figura 15. Temperaturas máximas, média e mínima (°C) registradas no interior da casa de vegetação durante o ciclo de cultivo de pimentão.

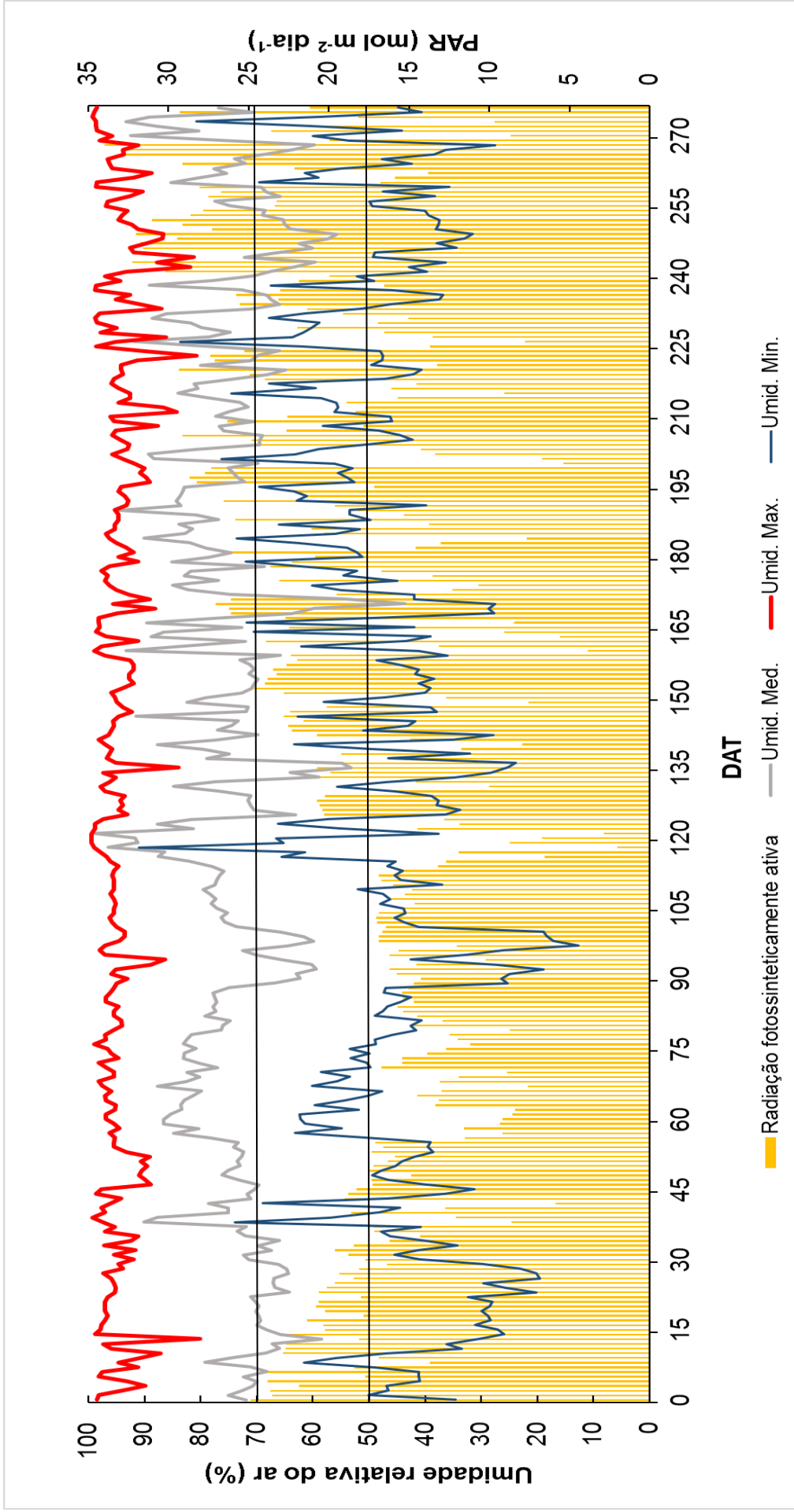


Figura 6. Umidade relativa do ar mínima, média e máxima (%) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR mol m⁻² dia⁻¹) registrados no interior da casa de vegetação durante o ciclo de cultivo do pimentão.

4.2. Produtividade

O comprimento médio dos frutos (CM) aumentou com o uso da iluminação artificial na dose de 2 ml L⁻¹ de *A. nodosum* em relação a área sem LED. Nas demais doses de bioestimulante, a suplementação luminosa não resultou em frutos maiores. Quanto à largura média dos frutos (LM), na área sob iluminação artificial, as aplicações de 1, 2 e 4 ml L⁻¹ de *A. nodosum* reduziram o valor dessa variável em relação ao controle, embora essa redução tenha sido pequena, em média de 3%. Na área sem LED a aplicação do bioestimulante não alterou a LM. O peso médio de frutos (PM) também não foi alterado tanto pela iluminação artificial como pela aplicação de *A. nodosum* (Tabela 1). Dessa forma, o aumento da produtividade em números absolutos ocorreu principalmente devido ao aumento do número de frutos.

A produção total por planta (PP), produção total (PT) e produção comercial (PC) por hectare não apresentaram diferença significativa entre as doses de bioestimulante e as condições de iluminação artificial (com e sem luz artificial).

Os extratos de alga como o de *A. nodosum* exibem atividades estimulantes de crescimento, pois possuem componentes como nutrientes, aminoácidos, vitaminas, citocininas, auxinas e ácido abscísico que afetam o metabolismo celular em plantas tratadas levando o aumento de crescimento e da produtividade. O grupo de hormônios promotores de crescimento possui papel fundamental nas respostas de crescimento das plantas. As algas marinhas são reportadas como ricas em hormônios sendo que o extrato de *A. nodosum* tem até 50 mg de ácido indol acético (KINGMAN; MOORE, 1982). Nesse mesmo extrato da alga *A. nodosum* foram identificadas e quantificadas diversas fontes de citocininas, (TAY et al., 1985; SANDERSON et al., 1987). A citocinina de maior ocorrência é a zeatina, sendo que os níveis endógenos de citocininas livres nos tecidos vegetais em *A. nodosum* estão entre 1 e 100 mg g⁻¹ da massa seca (SRIVASTAVA, 2002). O uso de bioestimulante a base de citocinina aumenta a largura de frutos de pimentão (PALANGANA et al., 2012).

Tabela 1. Comprimento médio (CM), Largura Média (LM), Peso Médio (PM) dos frutos sob influência da iluminação artificial e aplicação de *A. nodosum* em plantas de pimentão.

Doses de <i>A. nodosum</i> (ml L ⁻¹)	Variáveis Quantitativas					
	CM (cm)		LM (cm)		PM (g)	
	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED
0	13.50 Aa	13.32 Aa	8.24 Aa	7.97 Ba	235.13 Aa	228.20 Aa
1	13.47 Aa	13.55 Aa	7.85 Bb	8.12 Aa	225.55 Aa	235.85 Aa
2	13.75 Aa	12.95 Ba	8.10 Ab	8.16 Aa	236.45 Aa	225.88 Aa
3	13.35 Aa	13.52 Aa	8.21 Aa	8.14 Aa	235.53 Aa	231.60 Aa
4	13.42 Aa	13.35 Aa	8.04 Ab	8.13 Aa	231.88 Aa	229.12 Aa
CV (%)	2.46		1.75		3.92	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si.

Tabela 2. Produção por Planta (PP), Produção Total (PT) e Produção Comercial (PC) sob influência da iluminação artificial e aplicação de *A. nodosum* em plantas de pimentão.

Doses de <i>A. nodosum</i> (ml L ⁻¹)	Variáveis Quantitativas					
	PP (kg/planta)		PT (t/ha)		PC (t/ha)	
	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED
0	5,26 Aa	5,21 Aa	109,60 Aa	108,63 Aa	106,22 Aa	106,09 Aa
1	5,76 Aa	5,18 Aa	118,87 Aa	108,02 Aa	111,88 Aa	107,03 Aa
2	5,76 Aa	5,73 Aa	119,99 Aa	119,51 Aa	117,42 Aa	115,72 Aa
3	5,89 Aa	5,71 Aa	122,76 Aa	119,01 Aa	119,94 Aa	117,87 Aa
4	6,01 Aa	5,60 Aa	125,25 Aa	118,30 Aa	122,57 Aa	114,57 Aa
CV (%)	9,74		9,28		9,49	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si.

4.3. Características qualitativas

A acidez total titulável não foi influenciada pela aplicação de *A. nodosum* e pela iluminação artificial. O pH por sua vez foi reduzido com a aplicação de *A. nodosum* sob iluminação artificial. Entretanto essa redução variou de 0,02 a 0,1, valores muito baixos, que não são perceptíveis ao paladar. O teor de sólidos solúveis totais (SST) e ácido ascórbico (AA) não foram influenciados pela aplicação de *A. nodosum*, tanto na presença quanto na ausência de iluminação artificial. Porém quando foi aplicado 1 ml L⁻¹ e 4 ml L⁻¹ de extrato o uso da iluminação artificial resultou em aumento do teor de sólidos solúveis. O mesmo fato ocorreu para o teor

de ácido ascórbico na presença de 1 ml L⁻¹ de *A. nodosum* com o uso da iluminação artificial (Tabela 3).

A intensidade luminosa é um fator fundamental para a translocação de foto assimilados nas plantas (WANG et al., 2014). Durante a fotossíntese, a planta utiliza a energia luminosa para oxidar a água, liberando conseqüentemente oxigênio e reduzindo o dióxido de carbono, com produção de carboidratos, sobretudo açúcares (TAIZ; ZEIGER, 2016). Os principais produtos finais do metabolismo dos carboidratos fotossintéticos são o amido e a sacarose (ALLA et al., 2001). Assim com a suplementação luminosa a qualidade dos frutos é diretamente afetada. De acordo com Detoni et al. (2009), as características dos frutos são influenciadas por vários fatores ambientais e de cultivo, dentre eles a incidência de luz. Entre os índices de qualidade dos frutos que são influenciados pela luz, destacam-se o tamanho, a firmeza, concentração de sólidos solúveis, acidez, e o teor de vitamina C. Tal afirmação corrobora com os resultados encontrados neste estudo.

Ohashi-kaneko et al. (2007) demonstraram que a suplementação luminosa em alface aumentou os teores maiores de AA em relação ao controle. Kowalczyk et al. (2012) também observaram aumento no teor de açúcares totais em tomate cultivado com *interlighting*. Em estudo utilizando extrato de *A. nodosum* foliar em videiras, Sabir et al. (2014) relataram que o extrato não influenciou na acidez das uvas.

Tabela 3. Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST), Ácido ascórbico (AA) sob influência da iluminação artificial e aplicação de *A. nodosum* em plantas de pimentão.

Doses de A. <i>nodosum</i> (ml L ⁻¹)	Variáveis Qualitativas							
	ATT (% de ácido cítrico)		pH		SST (° BRIX)		AA (g/100g de polpa)	
	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED
0	3,24 Aa	3,18 Aa	5,03 Aa	5,03 Aa	6,77 Aa	6,92 Aa	8,37 Aa	8,37 Aa
1	3,49 Aa	3,35 Aa	5,01 Ab	5,05 Aa	7,05 Aa	6,50 Ba	8,50 Aa	7,67 Ba
2	3,42 Aa	3,21 Aa	4,96 Babc	5,04 Aa	7,02 Aa	6,77 Aa	8,40 Aa	8,12 Aa
3	3,53 Aa	3,32 Aa	4,93 Bc	5,04 Aa	6,82 Aa	6,80 Aa	8,00 Aa	8,12 Aa
4	3,44 Aa	3,17 Aa	4,93 Bc	4,99 Aa	7,07 Aa	6,57 Ba	8,07 Aa	7,70 Aa
CV (%)	8,30		0,76		4,47		5,37	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si.

4.4. Análises bioquímicas

Os resultados das enzimas antioxidantes catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e glutatona redutase (GR) estão descritos na tabela 4. As atividades da enzima CAT não foram afetadas tanto pela aplicação de *A. nodosum* quanto pela suplementação luminosa. A atividade da enzima SOD aumentou com a aplicação de 2 e 3 ml L⁻¹ de *A. nodosum* em relação ao controle e à menor dose do extrato de alga na área de cultivo sob suplementação luminosa. Porém, a atividade dessa enzima foi reduzida pela aplicação de *A. nodosum* quando comparada com o controle em cultivo sem suplementação luminosa. A atividade da enzima GR também aumentou com a aplicação de 2 ml L⁻¹ de *A. nodosum* em relação ao controle e as demais doses do extrato de alga quando as plantas de pimentão foram cultivadas sob luz artificial. Na ausência da suplementação luminosa, o extrato de alga não resultou em efeito positivo na atividade da GR. As concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foram reduzidas nas folhas das plantas cultivadas sob iluminação artificial e aplicação de 3 ml L⁻¹ de *A. nodosum*.

Segundo Battacharyya et al. (2015), compostos bioativos presentes no extrato de *A. nodosum* melhoram o desempenho das plantas sob estresse abiótico. Compostos como as betainas e prolina atuam aumentando a atividade das enzimas responsáveis pela eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROs).

As betainas são compostos constituintes do extrato de *A. nodosum* que podem atuar como osmólitos e/ou afetar a expressão gênica, atuando na melhoria a tolerância das plantas a estresses abióticos como temperaturas extremas, luminosidade, seca e salinidade (MASON; BLUNDEN, 1989; ENDO et al., 1999; HOLMSTRÖM et al., 2000; PARK et al., 2004; YANG et al., 2007). Segundo Mackinnon et al. (2010) a quantidade de betaínas presentes na massa seca de *A. nodosum* varia de 0% a 2% por massa seca de algas. Seu principal papel é o de proteção das células vegetais por meio da preservação do balanço osmótico; estabilização da estrutura de proteínas como a da rubisco; proteção do aparato fotossintético e de sua atuação como eliminadora de EROs (CHA-UM et al., 2006).

O extrato de alga ainda possui aproximadamente 0,07% de prolina em sua composição (CARVALHO, 2013). A prolina protege as proteínas da desnaturação, estabiliza as membranas celulares por interações com fosfolipídios, combate radicais hidroxilas e pode ser usada como fonte de energia e de N (CLAUSSEN, 2005), e

também protege as enzimas e as moléculas da oxidação por EROs (FAROOQ et al., 2009). Gupta; Sahoo (2015) relataram maior atividade da enzima SOD em plantas de *Curculigo orchioides* tratadas com LED azul (470 nm). Resultados parecidos também foram encontrados por Wu et al. (2007) em mudas de ervilha submetidas à iluminação artificial. No entanto somente a exposição à luz não foi suficiente para elevar a atividade da enzima SOD como mostram os resultados. Liang et al. 2013 relataram que a exposição à luz aumentou a expressão da enzima P5CS, precursora da biossíntese da L-prolina, estimulando a produção da mesma. Assim sendo, o aumento na biossíntese de L-prolina evita danos aos aparatos fotossintéticos durante o estresse, além de estabilizar enzimas antioxidantes como a SOD (SZABADOS; SAVOURÉ, 2010). Também verificou-se que a *A. nodosum* melhorava biossíntese de prolina em *P. vulgaris* cultivada sob estresse hídrico (CARVALHO et al., 2018). A aplicação de L-prolina também promove a produção endógena de L-prolina e maior atividade da enzima P5CS (NOUNJAN; NGHIA; THEERAKULPISUT, 2012), juntamente com o aumento da atividade de SOD e outras enzimas antioxidantes (OSMAN, 2015). Portanto, o extrato de *A. nodosum* que contém certa quantidade de L-prolina em efeito sinérgico com a suplementação luminosa pode ter aumentado a produção de L-prolina, justificando a maior atividade da enzima SOD.

Estudos como os de Zhang; Ervin (2008) mostraram que o extrato de *A. nodosum* aumentou a atividade das enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase, glutathione redutase e catalase, que beneficiam o crescimento e a resistência contra estresses. Em plantas de espinafre, a atividade da enzima GR aumentou com a aplicação de 0,1 g L⁻¹ de *A. nodosum* (FAN et al., 2013). Avaliando o efeito do extrato de *A. nodosum* contra estresse salino em pimenteiras, Yildiztekin et al. (2018) relataram que houve uma significativa melhoria da atividade de enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), evidenciando o efeito benéfico do extrato de *A. nodosum* na atividade enzimática. O nível menor de H₂O₂ com à aplicação de 3 ml L⁻¹ e iluminação artificial está relacionado ao aumento da atividade da enzima CAT em valores absolutos, pois esse incremento não foi estatisticamente significativo.

Tabela 4. Catalase (CAT), superóxido desmutase (SOD), glutatona redutase (GR) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) sob influência da iluminação artificial e aplicação de *A. nodosum* em plantas de pimentão.

Doses de <i>A. nodosum</i> (ml L ⁻¹)	Variáveis Enzimáticas							
	CAT (μmol/min/mg/de proteína)		SOD (U SOD/mg de proteína)		GR (μmol/min/mg de proteína)		H ₂ O ₂ (mol/g de matéria fresca)	
	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED
0	41,1 Aa	41,1 Aa	7,75 Ab	7,57 Ba	0,24 Ab	0,52 Aa	2820,5 Aa	2902,3 Aa
1	40,2 Aa	34,3 Aa	7,70 Ab	6,63 Bd	0,40 Ab	0,53 Aa	2971,7 Aa	2946,3 Aa
2	52,2 Aa	44,6 Aa	7,96 Aa	6,63 Bd	0,80 Aa	0,66 Aa	2680,4 Aa	2852,2 Aa
3	53,2 Aa	45,0 Aa	7,88 Aa	7,05 Bb	0,72 Ab	0,71 Aa	2766,0 Ba	3309,5 Aa
4	38,0 Aa	46,3 Aa	6,98 Ac	6,87 Bc	0,56 Ab	0,76 Aa	2979,7 Aa	2815,9 Aa
CV (%)	19,46		0,57		41,76		11,16	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si.

4.5. Parâmetros fotossintéticos

Os parâmetros fotossintéticos, taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração intracelular de CO₂ não sofreram influência entre as áreas com e sem iluminação artificial e aplicação de *A. nodosum*. A transpiração (E) por sua vez foi reduzida em plantas tratadas com 2 ml L⁻¹ de *A. nodosum* sem o uso da iluminação artificial.

A transpiração foliar é o principal mecanismo regulador da temperatura foliar, sendo elevada ou suprimida pela abertura e o fechamento dos estômatos (SILVA et al., 2015). Com o uso da suplementação luminosa, a eficiência fotossintética das folhas que não seriam atingidas pela luz solar devido ao sistema de condução vertical é aumentada, tornando os fotoassimilados disponíveis para serem alocados para o crescimento dos frutos. Embora várias pesquisas tenham mostrado resultados positivos em plantas hortícolas como tomate, pimentão e pepino, nesse estudo o aumento da transpiração ocorreu não somente com o uso da suplementação luminosa, e sim com o consórcio dessas duas tecnologias na dose 2 ml L⁻¹.

A suplementação luminosa e outros fatores como a aplicação de bioestimulantes podem afetar a transpiração das plantas. A luz é percebida pelos sistemas fotorreceptores celulares, estimulando duas vias fotossensitivas distintas, sendo uma a transdução da radiação fotossinteticamente ativa por reações

fotossintéticas nos cloroplastos das células da guarda, e a outra é induzida pela luz (TAIZ; ZEIGER, 2016). Os estômatos se abrem efetivamente em resposta à luz azul, especialmente quando está sendo usada em conjunto com luz vermelha (SHIMAZAKI et al., 2007; MARTEN et al., 2007). Os compostos bioativos presentes no extrato de *A. nodosum* quando aplicado em plantas reduziram os efeitos deletérios do estresse regulando uma série de sequências moleculares, celulares e respostas fisiológicas, resultando dentre outros fatores em uma troca gasosa aprimorada através da regulação estomática (SHUKLA et al., 2019). O tratamento de plantas com *A. nodosum* afeta a regulação da expressão de AtMYB60, que está intimamente envolvido na regulação do movimento estomático, influenciando diretamente a transpiração (SANTANIELLO et al., 2017). Logo presume-se que o efeito sinérgico da suplementação luminosa com o extrato de *A. nodosum* pode ter causado o aumento da transpiração registrado neste experimento.

Leonardos et al. (2019) relataram maior taxa de transpiração em plantas de crisântemos submetidas à iluminação artificial com lâmpadas azuis e vermelhas, fato também constatado por Ouzounis et al., (2016) que relataram um aumento na transpiração de tomateiros submetidos à iluminação artificial. O extrato *A. nodosum* demonstrou ajudar as plantas de soja a suportar condições severas de seca regulando a temperatura das folhas através do aumento da transpiração (MARTYNENKO et al., 2016).

Tabela 5. Taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração intracelular de CO₂ (Ci) e transpiração (E) sob influência da iluminação artificial e aplicação de *A. nodosum* em plantas de pimentão.

Doses de <i>A.</i> <i>nodosum</i> (ml L ⁻¹)	Variáveis Fotossintéticas							
	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)		Gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)		Ci (μmol CO ₂ mol ⁻¹)		E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	
	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED	C/LED	S/LED
0	13,78 Aa	8,54 Aa	0,07 Aa	0,08 Aa	258,6 Aa	229,9 Aa	1.68 Aa	1.52 Aa
1	17,77 Aa	17,81 Aa	0,26 Aa	0,34 Aa	300,4 Aa	288,5 Aa	4.04 Aa	4.70 Aa
2	21,58 Aa	15,94 Aa	0,41 Aa	0,18 Aa	279,8 Aa	280,4 Aa	6.95 Aa	2.78 Ba
3	15,11 Aa	15,11 Aa	0,23 Aa	0,23 Aa	267,2 Aa	253,8 Aa	3.25 Aa	3.25 Aa
4	15,87 Aa	11,49 Aa	0,18 Aa	0,10 Aa	231,6 Aa	200,3 Aa	3.70 Aa	1.64 Aa
CV (%)	29,51		65,47		26,54		41.64	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si

5. CONCLUSÕES

O uso da suplementação luminosa em conjunto com a aplicação de extrato de alga em plantas de pimentão resulta em frutos mais compridos, menos largos, com maiores teores de sólidos solúveis e ácido ascórbico quando comparados ao controle.

A aplicação de extrato de alga em conjunto da suplementação luminosa aumenta a atividade das enzimas glutathione redutase (GR) e superóxido desmutase (SOD), reduz o conteúdo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e reduz a transpiração em plantas de pimentão quando comparados a testemunha.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-AZIZ, M. S., SHAHEEN, M. S., EL-NEKEETY, A. A., ABDEL-WAHHAB, M. A. Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles biosynthesized using *Chenopodium murale* leaf extract. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 18, n. 4, p. 356-363, 2014.
- ALEXIEVA, V., SERGIEV, I., MAPELLI, S., KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 2001.
- ALI N., FARRELL A., RAMSUBHAG A., JAYARAMAN J. The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. **Journal of applied phycology**, v. 28, n. 2, p. 1353-1362, 2015.
- ALLA, M. M. N., YOUNIS, M. E., EL-SHIHABY, O. A., EL-BASTAWISY, Z. M. Effect of kinetin on Photosynthetic activity and carbohydrate content in waterlogged or seawater treated *Vigna sinensis* and *Zea mays*. **Journal of Biological Sciences**. v.1, n.10, p.918-924, 2001.
- ALMANSA, E. M., ESPÍN, A., CHICA, R. M., LAO, M. T. Nutritional response of seedling tomato plants under different lighting treatments. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 4, p. 467-475, 2017.
- ANDRADE, A. C. **Indução de resistência em plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) utilizando acibenzolar-S-metil no controle da antracnose**. 2015. 59 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola) - Universidade Federal de Pernambuco, Garanhuns, 2015.
- ARAÚJO, Cecília Miranda Magno de. **Análise genética em variedades crioulas de pimenta murupi (*capsicum chinense jacq.*) da Amazônia**, 60 f.. Dissertação (Agricultura no Trópico Úmido (ATU)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2013.
- AUDIBERT, L., FAUCHON, M., BLANC, N., HAUCHARD, D., AR GALL, E. Phenolic compounds in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*: distribution and radical-scavenging activities. **Phytochemical Analysis**, v. 21, n. 5, p. 399-405, 2010.
- AZEVEDO, R. A., ALAS, R. M., SMITH, R. J., LEA, P. J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280–292, 1998.
- BAGDONAVIČIENĖ, A., BRAZAITYTĖ, A., VIRŠILĖ, A., SAMUOLIENĖ, G., JANKAUSKIENĖ, J., SIRTAUTAS, R., SAKALAIUSKIENĖ S., MILIAUSKIENĖ J., MAROČKIENĖ N., DUCHOVSKIS, P. Cultivation of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) transplants under high pressure sodium lamps supplemented by light-emitting diodes of various wavelengths. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 14, p. 3-14, 2015.
- BANNWART, M. G. **Efeito de fosfito de potássio no desenvolvimento inicial de pimentão, tomate, feijão e soja**. 2015. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015
- BATTACHARYYA, D., BABGOHARI, M. Z., RATHOR, P., PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39-48, 2015.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976.

- BRAZAITYTĖ, A., DUCHOVSKIS, P., URBONAVIČIŪTĖ, A., SAMUOLIENĖ, G., JANKAUSKIENĖ, J., KASIULEVIČIŪTĖ-BONAKĖRĖ, ŽUKAUSKAS, A. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 96, n. 3, p. 102-118, 2009.
- BULA, R. J., MORROW, R. C., TIBBITTS, T. W., BARTA, D. J., IGNATIUS, R. W., MARTIN, T. S. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 2, p. 203-205, 1991.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos: manual técnico**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1990. 121 p.
- CARVALHO, M. E. A., DE CAMARGO, P. R., GAZIOLA, S. A., AZEVEDO, R. A. Is seaweed extract an elicitor compound? Changing proline content in drought-stressed bean plants. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 2, p. 292-297, 2018.
- CARVALHO, Marcia Eugenia Amaral de. **Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CEMBROWSKA-LECH, D., KOPROWSKI, M., KĘPCZYŃSKI, J. Germination induction of dormant *Avena fatua* caryopses by KAR1 and GA3 involving the control of reactive oxygen species (H₂O₂ and O₂) and enzymatic antioxidants (superoxide dismutase and catalase) both in the embryo and the aleurone layers. **Journal of plant physiology**, v. 176, p. 169-179, 2015.
- CHA-UM, S.; SUPAIBULWATANA, K.; KIRDMANEE, C. Water relation, photosynthetic ability, and growth of Thai Jasmine rice (*Oryza sativa* L. ssp. indica cv. KDML105) to salt stress by application of exogenous glycinebetaine and choline. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.192, n.1, p.25-36, 2006.
- CHEN, X. L., XUE, X. Z., GUO, W. Z., WANG, L. C., QIAO, X. J. Growth and nutritional properties of lettuce affected by mixed irradiation of white and supplemental light provided by light-emitting diode. **Scientia horticulturae**, Amsterdam, v. 200, p. 111-118, 2016.
- CHEN, X. L., YANG, Q. C., SONG, W. P., WANG, L. C., GUO, W. Z., XUE, X. Z. Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 223, p. 44-52, 2017.
- CLAUSSEN, W. Proline as a measure of stress in tomato plants. **Plant Science**, v. 168, n. 1, p. 241–248, 2005.
- COLLERA-ZÚÑIGA, O., JIMÉNEZ, F. G., & GORDILLO, R. M. (2005). Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annum* L. **Food Chemistry**, 90, 109–114.
- CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 3, p. 371-393, 2011.
- DETONI, A. M., HERZOG, N. F. M., OHLAND, T., KOTZ, T., CLEMENTE, E. Influência do sol nas características físicas e químicas da tangerina Ponkan cultivada no Oeste do Paraná. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, 2009.
- DUECK, T. A., GRASHOFF, C., BROEKHUIJSEN, G., MARCELIS, L. F. M. Efficiency of light energy used by leaves situated in different levels of a sweet pepper canopy. In: **V International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture 711**. 2006. p. 201-206.

- ENDO, T., SHIKANAI, T., TAKABAYASHI, A., ASADA, K., SATO, F. The role of chloroplastic NAD (P) H dehydrogenase in photoprotection. **Febs Letters**, v. 457, n. 1, p. 5-8, 1999.
- FAN, D., HODGES, D. M., CRITCHLEY, A. T., PRITHIVIRAJ, B. A commercial extract of brown macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 44, n. 12, p. 1873-1884, 2013.
- FAROOQ, M., WAHID, A., KOBAYASHI, N., FUJITA, D., BASRA, S. M. A. Plant drought stress : effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, v. 29, n. 1, p. 185–212, 2009.
- FERNANDES, A. L.; SILVA, R. O. Avaliação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro irrigado por gotejamento e cultivado em condições de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 147-157, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 242 p.
- FLEMING, T. R., FLEMING, C. C., LEVY, C. C., REPISO, C., HENNEQUART, F., NOLASCO, J. B., LIU, F. Biostimulants enhance growth and drought tolerance in *Arabidopsis thaliana* and exhibit chemical priming action. **Annals of Applied Biology**, v. 174, n. 2, p. 153-165, 2019.
- FLORES, D. S. **Manejo da irrigação sobre as características morfológicas e produtividade do pimentão em ambiente protegido**. 2014.71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, 2014.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.b.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p.275-280, 2005.a.
- GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1977.
- GOMES, L. M. M. **Inclusão de carotenoides de pimentão vermelho em ciclodextrinas e avaliação da sua estabilidade, visando Aplicação em alimentos**. 108p. 2012. Dissertações (Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde), Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói-RJ, 2012.
- GOMES-JUNIOR, R. A., MOLDES, C. A., DELITE, F. S., POMPEU, G. B., GRATÃO, P. L., MAZZAFERA, P., AZEVEDO, R. A. Antioxidant metabolism of coffee cell suspension cultures in response to cadmium. **Chemosphere**, v. 65, n. 8, p. 1330–1337, 2006.
- GÓMEZ, C., MORROW, R. C., BOURGET, C. M., MASSA, G. D., MITCHELL, C. A. Comparison of intracanopy light-emitting diode towers and overhead high-pressure sodium lamps for supplemental lighting of greenhouse-grown tomatoes. **HortTechnology**, v. 23, n. 1, p. 93-98, 2013.
- GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de pimentão em estufa**. Viçosa: CPT, 1997. 66p.
- GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. 317 p.

- GUIRY, M. 2014 **Seaweed Site** – Disponível em: <http://www.seaweed.ie/descriptions/ascophyllum_nodosum.php>, consultado entre Março de 2018.
- GUO, X., HAO, X., KHOSLA, S., KUMAR, K. G. S., CAO, R., BENNETT, N. Effect of LED interlighting combined with overhead HPS light on fruit yield and quality of year-round sweet pepper in commercial greenhouse. In: **VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134**. 2016. p. 71-78.
- GUPTA, S. D; SAHOO, T. K. Light emitting diode (LED)-induced alteration of oxidative events during in vitro shoot organogenesis of *Curculigoorchioides* Gaertn. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 11, p. 233, 2015.
- HOLMSTRÖM, K. O., SOMERSALO, S., MANDAL, A., PALVA, T. E., WELIN, B. Improved tolerance to salinity and low temperature in transgenic tobacco producing glycine betaine. **Journal of experimental botany**, v. 51, n. 343, p. 177-185, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2017. Resultado do Censo Agropecuário – 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954#resultado>> Acesso em: 31. Mar. 2020.
- JANNIN, L., ARKOUN, M., ETIENNE, P., LAÎNÉ, P., GOUX, D., GARNICA, M., HOUDUSSE, F. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 1, p. 31-52, 2013.
- KHAN, W., RAYIRATH, U. P., SUBRAMANIAN, S., JITHESH, M. N., RAYORATH, P., HODGES, D. M., PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009.
- KHAN, W., RAYIRATH, U. P., SUBRAMANIAN, S., JITHESH, M. N., RAYORATH, P., HODGES, D. M., PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009.
- KIM J.W. Trend and direction for plan factory system. **Journal of Plant Biotechnology**, v. 37, p. 442-455. 2010.
- KIM, J. H., LEE, J. W., AHN, T. I., SHIN, J. H., PARK, K. S., SON, J. E. Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) canopy photosynthesis modeling using 3D plant architecture and light ray-tracing. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1321, 2016.
- KINGMAN, A. R.; MOORE, J. Isolation, purification and quantitation of several growth regulating substances in *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyta). **Botanica marina**, v. 25, n. 4, p. 149-154, 1982.
- KOH, Y. **The effect of oligosaccharides in an extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on plant growth and plant immune responses in soybean (*Glycine max* L.) and duckweed (*Lemna minor*)**. Dissertações (Mestrado em Agricultura), Saint Mary's University, Canada, 2016.
- KOWALCZYK, K., GAJC-WOLSKA, J., METERA, A., MAZUR, K., RADZANOWSKA, J., SZATKOWSKI, M. Effect of supplementary lighting on the quality of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.) in autumn-winter cultivation. In: **VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956**. p. 395-401. 2012.
- KRAUS, T.E.; MCKERSIE, B.D.; FLETCHER, R.A. Paclobutrazol-induced Tolerance of Wheat Leaves to Paraquat May Involve Increased Antioxidant Enzyme Activity. **Journal of Plant Physiology**, v. 145, n. 4, p. 570–576, 1995.

- KUMAR, K. G. S., HAO, X., KHOSLA, S., GUO, X., BENNETT, N. Comparison of HPS lighting and hybrid lighting with top HPS and intra-canopy LED lighting for high-wire mini-cucumber production. In: **VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134**. 2016. p. 111-118.
- LARCHER W. 1995. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer. 448p.
- LEONARDOS, E. D., MA, X., LANOUE, J., GRODZINSKI, B. Leaf and whole plant gas exchange and water-use-efficiency of chrysanthemums under HPS and LEDs during vegetative and flower-induction stages. **Canadian Journal of Plant Science**, n. ja, 2019.
- LIANG, X.; ZHANG, L.; NATARAJAN, S. K.; BECKER, D. F. Proline mechanisms of stress survival. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 19, n. 9, p. 998–1011. 2013.
- LIN, K. H., HUANG, M. Y., HUANG, W. D., HSU, M. H., YANG, Z. W., YANG, C. M. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 150, p. 86-91, 2013.
- LORENZONI, M. Z.; SOUZA, A. H. C.; SERON, C. C.; REZENDE, R.; HERNANDES, P. E. P.; ANDRÉAN, B. A. Produção de pimentão fertirrigado sob diferentes níveis de nitrogênio e potássio em ambiente protegido. In: IX Encontro Internacional de produção científica - EPCC, 2015, Maringá. **Anais... Maringá: UniCesumar**, 2015. n. 9, p.4-8.
- MACKINNON, S. L., HILTZ, D., UGARTE, R., CRAFT, C. A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, n. 4, p. 489-494, 2010.
- MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de micronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.
- MARTEN, H; HEDRICH, R; ROELFSEMA, M. R. G. Blue light inhibits guard cell plasma membrane anion channels in a phototropin-dependent manner. **The Plant Journal**, v. 50, n. 1, p. 29-39, 2007.
- MARTYNENKO, A., SHOTTON, K., ASTATKIE, T., PETRASH, G., FOWLER, C., NEILY, W., CRITCHLEY, A. T. Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **Springerplus**, v. 5, n. 1, p. 1393, 2016.
- MASON, T. G.; BLUNDEN, G. Quaternary ammonium and tertiary sulphonium compounds of algal origin as alleviators of osmotic stress. **Botanica Marina**, v. 32, n. 4, p. 313-316, 1989.
- MASSA, G.D; KIM, H.H; WHEELER, R.M.; MITCHELL, C.A. Plant productivity in response to LED lighting. **HortScience**, Alexandria, v. 43, p. 1951–1956, 2008.
- METERA, A., WTULICH, J., GAJC-WOLSKA, J., BUJALSKI, D., KOWALCZYK, K. Evaluation of developmental parameters of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*) due to various LED light quality. In: **VI Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes**. p. 383-388. 2014.
- MOHANTY D., ADHIKARY S.P., CHATTOPADHYAY N. Seaweed liquid fertiliser (SLF) and its role in agricultural productivity. **Ecosan**, v. 3 p. 147–155, 2013.
- NAIR P., KANDASAMY S., ZHANG J., JI Z., KIRBY C., BENKEL B., HODGES MD., CRITCHLEY AT., HILTZ D., PRITHIVIRAJ B. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC genomics**, v. 13, n. 1, p. 643, 2012.
- NAOYA, F.; MITSUKO, F.; YOSHITAKA, O.; SADANORI, S.; SHIGEO, N.; HIROSHI, E. Directional blue light irradiation triggers epidermal cell elongation of abaxial side resulting in

inhibition of leaf epinasty in geranium under red light condition. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, p. 176-182, 2008.

NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** (TACO). <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. (2011) Acesso em Abril de 2014.

NICK, C.; BORÉM, A. Pimentão: Do plantio a colheita. UFV, Viçosa, 2016, 204 p.

NISHINO, H., MURAKOSHI, M., TOKUDA, H., SATOMI, Y. Cancer prevention by carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 483, n. 2, p. 165-168, 2009.

NOUNJAN, N.; NGHIA, P. T.; THEERAKULPISUT, P. Exogenous proline and trehalose promote recovery of rice seedlings from salt-stress and differentially modulate antioxidant enzymes and expression of related genes. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 6, p. 596–604. 2012.

OHASHI-KANEKO, K., TAKASE, M., KON, N., FUJIWARA, K., KURATA, K. Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. **Environmental Control in Biology**, v. 45, n. 3, p. 189-198, 2007.

OIDA, 2002, **Light emitting diodes (LEDs) for general illumination: An OIDA technology roadmap update 2002**.< http://lighting.sandia.gov/lightngdocs/OIDA_SSL_LED_Roadmap_Full.pdf> Acesso em 17 nov 2018.

OLIVEIRA FILHO, P., JUNIOR, M. V., DE ALMEIDA, C. L., LIMA, J. S., NASCIMENTO COSTA, J., DA ROCHA, J. P. A. Crescimento de cultivares de pimentão em função da adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 12, n. 4, p. 2814–2822, 2018.

OSMAN, H. S. Enhancing antioxidant–yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 60, n. 2, p. 389–402. 2015.

OUZOUNIS, T., HEUVELINK, E., JI, Y., SCHOUTEN, H. J., VISSER, R. G. F., MARCELIS, L. F. M. Blue and red LED lighting effects on plant biomass, stomatal conductance, and metabolite content in nine tomato genotypes. In: **VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134**. p. 251-258. 2016.

OUZOUNIS, T., RAZI PARJIKOLAEI, B., FRETTE, X., ROSENQVIST, E., OTTOSEN, C. O. Predawn and high intensity application of supplemental blue light decreases the quantum yield of PSII and enhances the amount of phenolic acids, flavonoids, and pigments in *Lactuca sativa*. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, 2015.

PALANGANA, F. C., SILVA, E. S., GOTO, R., ONO, E. O. Ação conjunta de citocinina, giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 751-755, 2012.

PARK, E. J., JEKNIĆ, Z., SAKAMOTO, A., DENOMA, J., YUWANSIRI, R., MURATA, N., CHEN, T. H. Genetic engineering of glycinebetaine synthesis in tomato protects seeds, plants, and flowers from chilling damage. **The Plant Journal**, v. 40, n. 4, p. 474-487, 2004.

PATTISON, P. M.; TSAO, J. Y.; KRAMES, MICHAEL, R. Light-emitting diode technology status and directions: opportunities for horticultural lighting. In: **VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134**. p. 413-426. 2016.

PINTO, C. M. F., MOREIRA, G. R., CALIMAN, F. R. B., VENZON, M., PICANÇO, M. C., PAULA JÚNIOR, T. J. (2007). **Pimentão (*Capsicum annum* L.)**. In 101 Culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas; Paula Júnior, T. J., & Venzon, M., eds.; Belo Horizonte: EPAMIG

PLANTYTEC, 2014. Disponível em:

<http://www.plantytec.com.br/noticiasinterna.php?id=4494>, consultado em março de 2018.

QI-CHANG, Y. A. N. G. Application and Prospect of Light-Emitting Diode (LED) in Agriculture and Bio-industry. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 6, p. 42-47, 2008.

RATHORE, S.S., CHAUDHARY, D.R., BORICHA, G.N., GHOSH, A., BHATT, B.P., ZODAPE, S.T., PATOLIA, J.S. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 2, p. 351-355, 2009.

RAYORATH P., JITHESH, M.N., FARID A., KHAN, W., PALANISAMY, R., HANKINS, S.D., CRITCHLEY, A.T., PRITHIVIRAJ, B. Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. **Journal of Applied Phycology**, v. 20, n. 4, p. 423-429, 2008.

RAYORATH, P., BENKEL, B., HODGES, D.M., ALLAN-WOJTAS, P., MACKINNON S., CRITCHLEY, A.T., PRITHIVIRAJ, B. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, v. 230, n. 1, p. 135-147, 2009.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). **Capsicum, pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2000. 113 p.

ROBERT, C.M. LED lighting in horticulture, Orbital Technologies Corporation. **HortScience**, Alexandria, v.43, p. 1947–1950, 2008.

SABIR, A., YAZAR, K., SABIR, F., KARA, Z., YAZICI, M. A., GOKSU, N. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. **Scientia Horticulturae**, v. 175, p. 1-8, 2014.

SAKATA SEED SUDAMERICA. **Catálogo de produtos, solanáceas, pimentão**. Disponível em < <http://www.sakata.com.br/produtos/hortalicas/solanaceas/pimentao> > Acesso em 15 de março de 2018.

SANDERSON, K.J, JAMESON P.E., ZABKIEWICZ, J.A. Auxin in a seaweed extract: identification and quantification of Indol-3-acetic acid by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Plant Physiology**, v.129, p. 363-67, 1987.

SANTANIELLO, A., SCARTAZZA, A., GRESTA, F., LORETI, E., BIASONE, A., DI TOMMASO, D., PERATA, P. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract alleviates drought stress in *Arabidopsis* by affecting photosynthetic performance and related gene expression. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1362, 2017.

SANTOS, H.C. A. **Nutrição nitrogenada na cultura do pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo**. 96 f. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

SCHUBERT, E. F.; GESSMANN, T.; KIM, J. K. **Light emitting diodes**. John Wiley & Sons, Inc., 2005.

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

SHARMA, S. H. S., LYONS, G., MCROBERTS, C., MCCALL, D., CARMICHAEL, E., ANDREWS, F., MELLON, R. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung

- bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.). **Journal of applied phycology**, v. 24, n. 5, p. 1081-1091, 2012.
- SHIMAZAKI, K. I., DOI, M., ASSMANN, S. M., KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 58, p. 219-247, 2007.
- SHUKLA, P. S., MANTIN, E. G., ADIL, M., BAJPAI, S., CRITCHLEY, A. T., PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. **Frontiers in plant science**, v. 10, 2019.
- SILVA, F. G., DUTRA, W. F., DUTRA, A. F., OLIVEIRA, I. M., FILGUEIRAS, L., MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946–952, 2015.
- SRIVASTAVA, L.M. Cytokinins In: SRIVASTAVA, L.M. (Ed.) Plant growth and development: **Hormones and environment**. Academic Press, p.191-204, 2002.
- SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in plant science**, v. 15, n. 2, p. 89–97. 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 888 p.
- TARAKHOVSKAYA, E. R.; MASLOV, Y. I.; SHISHOVA, M. F. Phytohormones in algae. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 54, n. 2, p. 163-170, 2007.
- TAY, S.A.B., MACLEOD, J.K., PALNI, L.M.S., LETHAN, D.S. Detection of Cytokinins in a Seaweed Extract. **Phytochemistry**, v. 24, p.2611-6, 1985.
- TROUWBORST, G., HOGEWONING, S. W., VAN KOOTEN, O., HARBINSON, J., & VAN IEPEREN, W. Plasticity of photosynthesis after the 'red light syndrome' in cucumber. **Environmental and Experimental Botany**, v. 121, p. 75-82, 2016.
- VALUE MARKET RESEARCH. **Global Biostimulant Market Report By Active Ingredient (Acid Base, Seaweed Extract, Microbial And Others), By Crop Type (Row Crops And Cereals, Fruits And Vegetables, Turfs And Ornaments And Others) By Application (Foliar, Seed And Soil) And By Regions - Industry Trends, Size, Share, Growth, Estimation And Forecast, 2018-2025**, 2018.
- VAN OOSTEN, M. J., PEPE, O., DE PASCALE, S., SILLETTI, S., MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 5, 2017.
- WANG, L.N.; YANG, X.Y.; REN, Z.H.; WANG, X.F. Regulation of Photoassimilate Distribution between Source and Sink Organs of Crops through Light Environment Control in Greenhouses. **Agricultural Sciences**, Toronto, v. 5, p. 250-256, 2014.
- WU, M. C., HOU, C. Y., JIANG, C. M., WANG, Y. T., WANG, C. Y., CHEN, H. H., CHANG, H. M.. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1753-1758, 2007.
- WU, C. C.; CHANG, M. Y.; LIANG, F. J. **Effects of supplemental light quality on growth and fruit quality of tomato'Harvest II'**. 2015.
- XU, H. L., XU, Q., LI, F., FENG, Y., QIN, F., FANG, W. Applications of xerophytophysiology in plant production—LED blue light as a stimulus improved the tomato crop. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 190-196, 2012.
- YAKHIN, O. I., LUBYANOV, A. A., YAKHIN, I. A., BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 2049, 2017.

YANG, X., WEN, X., GONG, H., LU, Q., YANG, Z., TANG, Y., LU, C. GENETIC engineering of the biosynthesis of glycinebetaine enhances thermotolerance of photosystem II in tobacco plants. **Planta**, v. 225, n. 3, p. 719-733, 2007.

YEH, N.; CHUNG, J. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 8, p. 2175-2180, 2009.

YILDIZTEKIN, M.; TUNA, A.L.; KAYA, C. Physiological effects of the brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*) and humic substances on plant growth, enzyme activities of certain pepper plants grown under salt stress. **Acta Biologica Hungarica**, v. 69, n. 3, p. 325-335, 2018.

ZHANG, X.; ERVIN, E. H. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. **Crop Science**, v. 48, n. 1, p. 364-370, 2008.

ZHANG, X.; ERVIN, E. H.; SCHMIDT, R. E. Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. **Crop Science**, v. 43, n. 3, p. 952-956, 2003.