

GABRIEL PRADO GARDE

**SUPLEMENTAÇÃO DE LUZ INTERMITENTE EMITIDA POR LED SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FITOTÉCNICAS E ANATÔMICAS DE CRISANTEMO**
(Dendranthema grandiflora Tzevelev)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G218s
2013

Garde, Gabriel Prado, 1984-

Suplementação de luz intermitente emitida por LED sobre as características fitotécnicas e anatômicas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) / Gabriel Prado Garde. – Viçosa, MG, 2013.
vii, 40 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: José Antonio Saraiva Grossi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 32-35.

1. Crisântemo. 2. Diodos emissores de luz. 3. Crisântemo - Crescimento. 4. Plantas - Anatomia. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.93355

GABRIEL PRADO GARDE

**SUPLEMENTAÇÃO DE LUZ INTERMITENTE EMITIDA POR LED SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FITOTÉCNICAS E ANATÔMICAS DE CRISÂNTEMO**
(Dendranthema grandiflora Tzevelev)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de Março de 2013.

Ernesto José Resende Rodrigues
(Co-orientador)

Edgard Augusto de Toledo Picoli
(Co-orientador)

Moisés Alves Muniz

José Antonio Saraiva Grossi
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, sabedoria e força, possibilitando esta conquista.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Programa de Pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Antonio Saraiva Grossi, pela orientação, amizade e incentivo

Ao professor Ernesto José Resende Rodrigues pela coorientação e sugestões na pesquisa.

Ao professor Edgard Augusto de Toledo Picoli pela coorientação, grande apoio, receptividade e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Luiz Alexandre Peternelli pela coorientação, auxílio nas análises estatísticas e ensinamentos.

Ao Moisés Alves Muniz e Rogério Gomes Pêgo, pela amizade, incentivo, ajuda e paciência.

Aos funcionários e amigos do setor de Floricultura pela amizade, disposição e ajuda na condução dos experimentos.

À Valdinéia e ao laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa pelo apoio nas etapas histológicas.

À empresa BrasilFlor pelo fornecimento das estacas de crisântemo.

À minha família, em especial minha mãe, avó e madrinha sempre presentes em minha vida.

À família Rocha Araújo, em especial José Fabio de Araújo e Silvana Rocha de Araújo que sempre me acolheram como um filho.

À Marta Rocha Araujo pelo companheirismo, amor e carinho.

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

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1- INTRODUÇÃO.....	1
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1- Agronegócio – Floricultura.....	5
2.2- Controle do florescimento.....	6
2.3- Uso do LED na agricultura.....	6
3- MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1- Condução do experimento.....	11
3.2- Análise anatômica.....	15
4- RESULTADO E DISCUSSÃO.....	17
4.1- Caracterização do ambiente de cultivo.....	17
4.2- Avaliações dos parâmetros fitotécnicos.....	18
4.2.1- Comprimento do 3º entrenó, número de hastes por vaso, massa seca de inflorescências e parte aérea.....	18
4.2.2- Altura de plantas.....	18
4.2.3- Diâmetro médio da planta no vaso.....	19
4.2.4- Número de nós por haste.....	20
4.2.5- Número e diâmetro médio de inflorescências.....	21
4.2.6- Massa seca de folha e caule.....	22
4.3- Avaliações dos parâmetros anatômicos.....	24
4.3.1- Comprimento transversal 1 e 2.....	26
4.3.2- Altura e número de células com citoplasma denso do ápice meristemático caulinar.....	26
4.3.3- Largura e número de células transversais do meristema medular.....	28
5- CONCLUSÕES.....	31
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
7- ANEXOS.....	36

LISTA DE FIGURAS

1- Inflorescências de crisântemo variedade “Eliot”	11
2- Vista das bancadas cobertas dentro da casa de vegetação.....	12
3- Lâmpadas LED de 1 e 3 Watts de potência.....	13
4- Espectro luminoso das lâmpadas de LED de 1 e 3 Watts de potência.....	14
5- Vista dos vasos no ponto das avaliações fitotécnicas.....	15
6- Esquema das mensurações feitas no meristema apical de crisântemo.....	16
7- Variação da temperatura ao longo do ciclo de cultivo.....	17
8- Variação da umidade relativa do ar ao longo do ciclo de cultivo.....	17
9- Altura média de plantas.....	18
10- Diâmetro médio da planta no vaso.....	19
11- Número de nós na haste.....	20
12- Número de inflorescências por vaso.....	21
13- Diâmetro médio de inflorescências.....	22
14- Massa seca de folhas.....	23
15- Massa seca de caule.....	24
16- Meristemas apicais caulinares.....	25
17- Comprimento transversal 1.....	26
18- Altura do meristema apical caulinar.....	27
19- Número de células com citoplasma denso do meristema apical caulinar.....	28
20- Largura do meristema medular.....	29
21- Número de células transversais do meristema medular.....	29

LISTA DE TABELAS

- 1- Características físicas e químicas do substrato comercial utilizado.....11
- 2- Composição da solução nutritiva utilizada no experimento.....12

RESUMO

GARDE, Gabriel Prado, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Março de 2013. **Suplementação de luz intermitente emitida por LED sobre as características fitotécnicas e anatômicas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev).** Orientador: José Antonio Saraiva Grossi. Coorientadores: Ernesto José Resende Rodrigues, Edgard Augusto de Toledo Picoli e Luiz Alexandre Peternelli.

A presente pesquisa trata sobre o controle do florescimento de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*), variedade “Eliot” em casa de vegetação, pela técnica chamada “noite interrompida” com iluminação artificial utilizando lâmpada incandescente de 100 Watts, lâmpada LED de 3 Watts e 1 Watt de potência com diferentes ciclos de iluminação em crisântemo de vaso. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com os seguintes tratamentos: lâmpada incandescente nos ciclos de iluminação 10 minutos de luz para cada 20 minutos de escuro, 20 minutos de luz para cada 10 minutos de escuro e iluminação contínua no período das 22 às 02 horas. Lâmpada LED 3 Watts nos ciclos de iluminação 10 minutos de luz para cada 20 minutos de escuro, 20 minutos de luz para cada 10 minutos de escuro e iluminação contínua no período das 22 às 02 horas. Lâmpada LED 1 Watt nos ciclos de iluminação 10 minutos de luz para cada 20 minutos de escuro, 20 minutos de luz para cada 10 minutos de escuro e iluminação contínua no período das 22 às 02 horas. E por fim sem iluminação artificial, totalizando 10 tratamentos, sendo cada parcela constituída por 3 vasos. Ao final do experimento do controle do florescimento foram coletados os meristemas apicais das hastes e analisadas através de cortes anatômicos longitudinais as características, comprimento transversal 1 e 2, altura do meristema, largura e número de células transversais do meristema medular e número de células com citoplasma denso do ápice meristemático. No auge do florescimento analisou-se altura de planta, diâmetro médio da planta no vaso, número de hastes por vaso, número de nós por haste, comprimento do 3º entrenó, número de inflorescências, massas seca de caule, folha, inflorescência e massa seca da parte aérea. Os resultados obtidos mostraram que a iluminação LED se equipara as características da iluminação incandescente obtendo plantas de qualidade e dentro dos padrões de comercialização, mas com redução no consumo de energia elétrica e maior durabilidade reduzindo assim os custos de produção.

ABSTRACT

GARDE, Gabriel Prado, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2013. **Supplementation of flashing light emitted by LED on Developmental and anatomical characteristics of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev)**. Adviser: José Antonio Saraiva Grossi. Co-advisers: Ernesto José Resende Rodrigues, Edgard Augusto de Toledo Picoli and Luiz Alexandre Peternelli.

The present research is about flowering control of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*), variety "Eliot" in the greenhouse, by the technique called "night break" with artificial lighting using light bulb incandescent 100 Watt, LED 3 and 1 Watt power with different lighting cycles in pot chrysanthemum. The experimental design was randomized blocks with the following treatments: incandescent light cycles in 10 minutes of light for every 20 minutes of dark, light for 20 minutes every 10 minutes of dark and continuous illumination in the period from 22 to 02 hours. 3 Watt LED light cycles in 10 minutes of light to dark every 20 minutes, 20 minutes of light for every 10 minutes of dark and continuous illumination in the period from 22 to 02 hours. 1 Watt LED light cycles in 10 minutes of light to dark every 20 minutes, 20 minutes of light for every 10 minutes of dark and continuous illumination in the period from 22 to 02 hours. Finally no artificial lighting, totaling 10 treatments, each plot consisting of 3 pots. At the end of treatment the shoot apical meristem were collected and analyzed by anatomical longitudinal cuts measuring the following features: first and second transversal length, meristem height, width and number of cells across the pith meristem and the number of cells with dense cytoplasm in the meristematic apex. At the peak of bloom the pots were analyzed and measured, plant height, average diameter of the plant in the pot, number of stems per pot, number of nodes per stem, length of the 3rd internode, number of inflorescences, dry mass of stem, leaf, flower and matter air. The results showed that the LED lighting keeps the characteristics of incandescent lighting getting quality plants and within the standards of marketing, but with reduced power consumption and improved durability reducing production costs.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio, floricultura, é um mercado promissor no Brasil, viável como forma de ascensão econômica, alternativa de renda e absorção de mão de obra, principalmente para a agricultura familiar, conferindo-lhe relevância quanto a responsabilidade social, há mais de 30 anos. Desde a década de 1990, com a implementação de novas tecnologias, nos vários elos da cadeia produtiva, vem apresentando crescimento de cerca de 20% ao ano, segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2002).

O mercado de flores e plantas ornamentais no país ainda apresenta muitas dificuldades tais como: baixo consumo (baixo número de consumidores), o consumo per capita do Brasil era 25% do consumo da Argentina e menos de 8% do consumo da Holanda em 2002 (IBRAFLOR, 2002); produção concentrada em variedades tradicionais, falta de intercâmbio entre os diversos segmentos, desde ensino, pesquisa e produção até a desorganização da cadeia de comercialização para produtores independentes em algumas localidades.

No mercado de flores brasileiro, o crisântemo se destaca pela beleza e durabilidade de suas inflorescências, possui grande valor comercial e por isso é uma das culturas ornamentais de maior aceitação no mercado. Originário da China, pertence ao gênero *Dendranthema*, família Asteraceae, sendo conhecido há mais de 2000 anos. A maioria das cultivares comerciais é derivada da espécie *Dendranthema grandiflora* Tzevelev que ocupa o 2º lugar dentre as espécies cultivadas para corte de flor no Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor. A produção ocorre basicamente para abastecimento do mercado interno, embora haja exportação para Argentina (flores) e Holanda (mudas) (Barbosa et al., 2005). Em 2002 a estimativa da área cultivada para flor de corte, era em torno de 234,5 ha e com flor de vaso 101,1 ha, para a cultura do crisântemo, segundo dados do Instituto Brasileiro de Floricultura.

O principal centro de comercialização de flores e plantas do Brasil é o Veiling Holambra que possui cerca de 400 funcionários e 45% do mercado nacional (Veiling Holambra, 2012a).

O cultivo de crisântemo em vaso utiliza de 3 a 6 mudas, de acordo com o tamanho do vaso. O estágio vegetativo é caracterizado por um crescimento vigoroso, diferenciação contínua de novas folhas, nós e entrenós, caules e raízes. Na fase reprodutiva, ocorre diferenciação das gemas apicais, órgãos florais, sépalas, pétalas, anteras e carpelos.

A planta tem capacidade para perceber o comprimento do dia e a hora em que determinado evento esteja ocorrendo, ou seja, tem propriedade de responder a ciclos de luz/escuro (Barbosa et al., 2003). Segundo Taiz e Zeiger (2009), o comprimento do dia pode ser fator determinante do florescimento. Em plantas de dias curtos (PDC) o florescimento é promovido em fotoperíodo menor que o fotoperíodo crítico (Leyser e Day, 2003).

Nível crítico é o exato comprimento do dia capaz de alterar o comportamento da planta, mudando a seqüência da formação de folhas para a formação de gemas florais. O fator decisivo para a alteração desse comportamento é justamente o período de ausência de luz, ou seja, de escuridão. Sendo assim, uma PDC é uma planta que reage a noites longas; e uma PDL, por conseguinte, será aquela que necessita de noites curtas para florescer (Kampf, 2005).

O crisântemo é uma planta de dia curto (PDC), com fotoperíodo crítico de 13 horas; assim, para que ocorra crescimento vegetativo, é necessário comprimento do dia maior que 13 horas; sob comprimento do dia abaixo de 13 horas, haverá indução ao florescimento (Barbosa et al., 2003).

A inibição do florescimento em plantas de dias curtos por quebra da noite foi um dos primeiros processos fisiológicos que mostraram estar sob controle do fitocromo (Taiz e Zeiger, 2009).

O fitocromo é um complexo pigmento/proteína que absorve a luz na faixa do vermelho e vermelho distante, correspondendo aos comprimentos de onda entre 660 e 730 nanômetros (nm), respectivamente. O pigmento P660 ou Pv constitui a forma de proteína que absorve a radiação 660 nm de comprimento de onda, na região do vermelho, enquanto a forma P730 ou Pvd absorve a radiação de 730 nm de comprimento de onda, região do vermelho distante (Barbosa et al., 2003).

A folha constitui o local de percepção do fotoperíodo e de síntese de hormônios envolvidos no florescimento. Inibidores do florescimento também são produzidos nas folhas quando as condições de fotoperíodo são desfavoráveis. A floração pode ser controlada pelo balanço entre inibidores e promotores do florescimento (Barbosa et al., 2003).

A transição para o florescimento envolve grandes alterações no padrão de morfogênese e diferenciação celular no meristema apical do caule. Em última análise, este processo leva à produção de órgãos florais. No caso do fotoperiodismo, sinais transmissíveis das folhas, chamados coletivamente de estímulo foral, são transferidos

para o meristema apical do caule. As interações de tais fatores endógenos e externos capacitam a planta a sincronizar seu desenvolvimento reprodutivo com o ambiente (Taiz e Zeiger, 2009).

Em muitas PDCs, a interrupção da noite torna-se efetiva somente quando a dose de luz aplicada for suficiente para saturar a foto conversão do Pv (fitocromo que absorve a luz vermelha) e do Pvd (fitocromo que absorve a luz vermelho-distante) (Taiz e Zeiger, 2009).

Portanto a qualidade da luz aplicada é importante para o controle artificial do florescimento, tem que ser feito com fontes luminosas com eficiência na região de 660 e 730 nm, o que pode ser obtido pelo uso de lâmpadas incandescentes, de grande eficiência nessa região do espectro, mesmo com baixa eficiência na conversão de energia elétrica em luminosa (Barbosa et al., 2005).

A suplementação luminosa pode ser fornecida de forma contínua ou intermitente. De forma contínua são fornecidas 4 horas de luz, durante à noite (exemplo: 22 horas às 2 horas) no inverno, e, no verão, 3 horas (22 horas à 1 hora).

A suplementação luminosa intermitente também é efetiva, propondo-se períodos de iluminação cíclica noturna de luz/escuro, 6/24; 7,5/22,5; 10/20 minutos respectivamente, das 22 às 24 horas e 2 às 4 horas. A intensidade luminosa sugerida é 7 e 10 footcandle, que corresponde a 77 – 110 lux ou 0,30 – 0,43 W/m² de radiação fotossintética ativa (PAR). Para maior segurança, os produtores trabalham com intensidade luminosa entre 100 e 300 lux (Barbosa et al., 2005).

A lâmpada incandescente apresenta vida útil média de apenas 1000 horas aliada a baixa eficiência de 15,6 lumens/Watt (Kampf, 2005). Visando melhorar estes parâmetros, tem-se buscado outras fontes de iluminação, dentre as quais destaca-se o LED (Light Emitting Diode), que é um diodo emissor de luz que possui um princípio diferente de funcionamento em relação às lâmpadas incandescentes. Trata-se de um dispositivo semicondutor que com a passagem de corrente elétrica emite luz visível através de um processo denominado de eletroluminescência. Diferente das lâmpadas incandescentes existentes, os LEDs podem produzir luz com específico comprimento de onda, intensidade e distribuição. Com estas fontes reduz-se o consumo de energia, do lixo e poluição ambiental.

Com o desenvolvimento e produção de LEDs incrementa-se a iluminação e sinalização graças às seguintes vantagens: alta eficiência, longa durabilidade, impacto ambiental praticamente nulo, baixo custo, flexibilidade de cores e iluminação, redução

do consumo de potência elétrica, circuitos eletrônicos mais simples e mais confiáveis, ausência de geração de calor e dimensões reduzidas (Carvalho, 2007).

Através de cortes do meristema apical pode-se inferir que a iluminação artificial é eficiente para o controle do florescimento através de modificações anatômicas e morfológicas do mesmo. A luz interfere diretamente no balanço hormonal, afetando várias partes do meristema apical acelerando a divisão celular e modificando o tamanho, largura e número das células do meristema (Francis, 1992; Bermier, 1997).

A iniciação dos órgãos florais requer estimulação ou inibição do crescimento em regiões específicas do meristema. Para iniciar a formação do meristema floral as células nesta área são estimuladas a crescer e se dividir a diferentes taxas (Laufs et al., 1998).

A possibilidade de controlar o florescimento, escalonar a produção e minimizar custos, determina a relevância técnica e social deste estudo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características fitotécnicas de crisântemo em vaso e anatômicas dos ápices caulinares resultantes do controle do florescimento por diferentes tipos de lâmpadas e ciclos de iluminação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Agronegócio – Floricultura

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), em artigo publicado em revista própria, a floricultura no Brasil se enquadra no agronegócio, “alternativa viável de ascensão econômica e social para melhora de brasileiros” (Revista SEBRAE, nº1, out, 2005).

Esta atividade obedece a uma cronologia com pelo menos nove datas marcantes:

1893 – Nesta data os alemães Dierberger, em São Paulo, produzem espécies florais, como Dálias e montam um empório para vender frutas e flores.

1933 – Roselândia, Cotia (SP), os alemães Boettcher são pioneiros em estratégia de marketing para comercializar flores (rosas).

1968 – O italiano Ançaro Loshi funda a Uniflor, em Barbacena (MG), pólo produtor de rosas, composta de 96 produtores do município. A associação sobrevive até 1977.

1972 – Surge a primeira cooperativa, no que viria a ser o futuro município de Holambra (SP), com a família de emigrantes holandeses Schoenmaker.

1991 – Produtores de Holambra fundam a Veiling, empresa que abre novos mercados.

1994 – Criação da IBRAFLOR.

1999 – O SEBRAE começa a atuar no setor com projetos em Alagoas e no Rio Grande do Sul.

2003 – É criada no Ministério da Agricultura a Câmara Setorial de Floricultura para expandir a atividade.

2005 – Exportação de plantas ornamentais bate recorde histórico US\$20,5 milhões só no 1º trimestre. O SEBRAE e parceiros aprovam investimentos de R\$23 milhões até 2007 (Revista SEBRAE, nº1, out, 2005).

Nesta época (2005), o Brasil possuía 5200 hectares plantados com floricultura em 304 municípios, 120.000 trabalhadores empregados (58.000 na produção – 52.000 no comércio varejista), 20.000 pontos de venda no país e R\$2 bilhões movimentados por ano (Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) 2005).

Em 2007 as vendas externas do segmento, flores e plantas ornamentais atingiram US\$36 milhões, resultado 9,18% superior ao obtido em 2006 (Junqueira e PEETZ, 2008 c).

O IBRAFLOR tem mantido um relatório anual da produção de flores e plantas ornamentais no país, levando em conta a cadeia produtiva e de mercado. A produção brasileira tem o estado de São Paulo como maior pólo produtor, mas está se expandido por todo país, principalmente nos estados como Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Ceará, nos estados do Norte está havendo aumento da área de cultivo (IBRAFLOR, 2002).

2.2. Controle do Florescimento

De forma geral o florescimento depende de uma “complexa organização de estruturas especializadas” (Barbosa et al., 2003) e de fatores endógenos e exógenos. Os estudiosos do tema baseiam-se em Taiz e Zeiger (2009), para afirmar que a planta responde à luz (amanhecer e anoitecer) para as cultivadas em campo, ou a um sistema de iluminação artificialmente organizado. Os fatores endógenos (hormônios, idade da planta, carboidratos, conteúdos nutricionais e ritmos circadianos) são sensíveis, ou têm a habilidade de responder a ciclos de luz/escuro. Em plantas de dias curtos (PDC), como o crisântemo, a quantidade e qualidade da luz influencia o fitocromo, pigmento/proteína que absorve luz na faixa do vermelho e vermelho distante; o controle artificial do florescimento tem que ser feito com fontes luminosas com eficiência na região 660 e 730 nm (Barbosa et al., 2003).

O fotoperíodo crítico é o exato comprimento do dia capaz de alterar o comportamento da planta, mudando a sequência da formação de folhas para a formação de gemas florais (Kampf, 2005). Na cultura do crisântemo, a “quebra de noite” só é efetiva para florescimento, sob comprimento do dia abaixo de 13 horas, pois 13 horas é o fotoperíodo crítico do crisântemo (Barbosa et al., 2003) percebido pela folha, que faz a síntese de hormônios inibidores e promotores do florescimento, que atuam nos meristemas apicais.

2.3. Uso do LED na Agricultura

O crescimento econômico, associado às crescentes inovações tecnológicas dos últimos anos, vem causando aumento substancial na demanda de energia elétrica (Teixeira, 2005). A iluminação artificial representa cerca de 20% da energia elétrica

consumida mundialmente em todas as aplicações (Seidel, 2003). Uma das aplicações onde se recorre à iluminação artificial com alto consumo de energia elétrica é a produção agrícola, mais especificamente o ramo da horticultura.

O ramo da horticultura, devido as suas características de porte e nível tecnológico no processo produtivo, pode chegar à sofisticação de um ambiente agrícola totalmente controlado, onde todos os fatores ambientais são monitorados, como temperatura, umidade relativa do ar, concentração de CO₂ e iluminação, sendo este último fator o responsável pelo maior gasto de energia elétrica. A iluminação é feita basicamente com três finalidades: fotossintéticas, fotomorfológicas e fotoperiódicas. As lâmpadas normalmente empregadas são as incandescentes, fluorescentes e as lâmpadas de alta descarga. Cada tipo de lâmpada possui sua característica intrínseca com vantagens e desvantagens. 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.

A iluminação com LED é aplicada nas mais diversas áreas como: microeletrônica, iluminação de ambientes, comunicação visual com letreiros, placas, semáforos, em instrumentos, aparelhos e até brinquedos. LED é uma sigla em inglês para a palavra Light-Emitting Diode, que, traduzindo para o português significa Diodo Emissor de Luz. Consta de um dispositivo semicondutor composto basicamente por silício, que produz uma luz de estreito espectro quando energizado (Bourget, 2008). A luz não é monocromática semelhante ao laser, mas se consegue bandas estreitas de luz que são produzidas através de interações energéticas do elétron com o material que compõe o dispositivo. Ao se variar a composição do material do LED se obtém os diferentes espectros de luz (Wikipédia, 2011). Os LEDs emitem comprimentos de onda desde o ultravioleta (250 nm) até o infravermelho (1000 nm). Possuem diversos tamanhos e formas, dependendo de sua finalidade, e sua potência pode variar desde poucos miliwatts até mais de 10 W.

O LED é um componente eletrônico, muito mais semelhante a um microchip de computador do que uma lâmpada e possui diferentes tamanhos e potências, emitindo luz quando energizado. A cor da luz emitida varia conforme a composição do componente. Foi inventado pelo cientista russo Oleg Vladimirovich Losev em 1920, mas o 1º LED a emitir ondas no comprimento da faixa do visível foi feito no início de 1960 (Zheludev, 2007). Inicialmente o LED tinha luz de cor vermelha e baixíssima

intensidade, mas com o passar dos anos e avanços tecnológicos temos atualmente LEDs nas mais diversas formas e cores funcionando em altas potências.

Os estudos em que se utilizaram LEDs na produção vegetal progrediram concomitantemente com o avanço na produção do dispositivo. Os primeiros testes visavam avaliar o potencial da iluminação com LED em sistemas de cultivo tiveram início no final da década de 1980 e início de 1990 (Barta et al., 1991; Bula et al., 1991; Morrow et al., 1989). Inicialmente foram conduzidos ensaios com batata, espinafre, alface e trigo em que o objetivo era encontrar um sistema de iluminação mais eficiente a ser utilizado em câmaras de cultivo em bases espaciais (Barta et al., 1992; Emmerich et al., 2004; Morrow et al., 1995). Atualmente diversos pesquisadores afiliados a NASA e ao Kenedy Space Center conduzem experimentos que investigam os efeitos da iluminação com LED na produtividade e fisiologia de diversas culturas visando desenvolver um sistema de produção vegetal a integrar as futuras bases espaciais na Lua e em Marte (Morrow, 2008). Mas não só em bases espaciais que esta tecnologia é usada, o sistema de iluminação com LEDs pode desempenhar um grande número de funções não só no ramo da horticultura, mas também na cultura de tecidos.

Diante dessas informações, pode-se inferir que o uso do LED na agricultura, sobretudo na horticultura, pode apresentar vantagens de utilização quando comparada com as formas artificiais tradicionalmente utilizadas. A seguir são discutidas múltiplas vantagens do uso do LED baseada em sua eficiência e durabilidade.

A vida útil de um LED é subjetiva, pois os LEDs não queimam como as tradicionais lâmpadas, os mesmos perdem gradativamente sua intensidade luminosa. Na realização de testes para verificar a vida útil do LED é aceitável uma redução de até 30% na intensidade luminosa inicial. A maioria dos LEDs de alta potência tem uma vida útil de aproximadamente 50 mil horas, isso significa 2 a 3 vezes mais que as lâmpadas fluorescentes e de alta descarga e chega a ser 50 vezes mais que as tradicionais incandescentes (Philips Lumileds Lighting Company, 2011; U.S. Dept. of Energy, 2011).

Os LEDs são componentes resistentes e robustos, não possuem bulbos de vidro, que são facilmente quebráveis e, livres de mercúrio ou outros metais pesados. Ascendem e apagam instantaneamente sem haver a necessidade de um período de aquecimento para o funcionamento e ciclos repetidos de liga/desliga não diminuem sua vida-útil como acontece nas lâmpadas tradicionais.

Devido ao seu pequeno tamanho, pode ser usado em conjunto, tomando infinitas formas e designs de sistemas de iluminação. É um sistema dinâmico, onde se pode movimentá-lo com facilidade ou integrando com outros sensores. Pode-se controlar onde será iluminado ou iluminando somente áreas onde possuem folhas capazes de absorver a radiação emitida. Pode ser usado como ponto luminoso semelhante às lâmpadas disponíveis atualmente, mas a grande vantagem é ter a flexibilidade de trabalhar em painéis, em linhas horizontais e verticais e até mesmo dentro do próprio dossel da cultura maximizando a iluminação em todo o perfil da planta (Massa et al., 2008).

Não necessita de refletores e nem grandes reatores, no entanto, necessita de uma fonte de alimentação chamada de driver. A maioria dos LEDs opera em nível de tensão que varia entre 1,6 a 3,3 volts em corrente contínua, bem diferente dos 127/220 volts em corrente alternada que se conhece. Portanto o driver é a interface entre o LED e o sistema de alimentação, é projetado especificamente para cada sistema de iluminação e depende de vários fatores como número de LEDs, potência de cada dispositivo, etc.

O LED não irradia calor diretamente, a produção de calor gerada pelos LEDs é consumida através de dissipadores instalados no componente. Isto permite que o sistema trabalhe muito próximo as folhas sem queimá-las obtendo assim altíssimos ganhos em intensidade luminosa.

Em relação à qualidade da luz, esse sistema é capaz de emitir somente as bandas espectrais específicas dos fotorreceptores, isso otimiza o processo não desperdiçando energia em comprimentos de onda de luz não produtivas (Dougherand Bugbee, 2001; Sager et al., 1982). Não emite radiação Ultra Violeta e Infra Vermelho (a menos que se coloque LEDs específicos para este fim). Possui habilidade dinâmica de controle espectral sendo possível acoplar este sistema a controles digitais permitindo o mais complexo controle da iluminação podendo fazer ensaios que simulam até o nascer e pôr do sol.

Este sistema também possibilita o controle do fluxo luminoso com precisão, os mais novos LEDs de alta potência podem ir desde baixos fluxos até altos, semelhantes ao do sol se desejado.

E por fim, uma das características mais importantes é a alta eficiência na transformação da energia elétrica em luz. Essa eficácia é muito superior às lâmpadas

fluorescentes e incandescentes sendo próximas às lâmpadas de alta descarga, mas irradia muito menos calor (Bourget, 2008).

Os LEDs possuem muitas vantagens como sistema de iluminação, mas existem algumas dificuldades que atrasam seu uso na horticultura. O principal fator é o custo de implantação, devido ao porte e função empregada pelo sistema de iluminação e os altos preços dos componentes deste sistema o custo se torna um fator altamente limitante. É um sistema complexo que requer uma série de LEDs de alta potência e a integração deles juntamente com um centro de controle necessitando de mão de obra especializada na sua operação/manutenção. Outro grande impedimento é a ausência de componentes de alta potência em certas bandas espectrais de interesse dos horticultores (Morrow, 2008).

A iluminação com LED ainda possui desvantagens, mas o próprio histórico do dispositivo mostra que surgirão melhores componentes, mais efetivos e mais acessíveis. Pesquisas direcionadas a melhorar o funcionamento de drivers e dissipadores também contribuem para o avanço do sistema.

A superioridade da iluminação com LED sobre as lâmpadas atuais estão claras, seu controle de intensidade e espectro de luz, sua baixa ou nenhuma emissão de calor, sua durabilidade e eficiência luminosa permitem otimizar e tornar a produção vegetal muito mais sustentável reduzindo o consumo de energia e consequentemente os custos de produção. Zanutelli (2009), trabalhando com iluminação LED e incandescente pôde verificar esta superioridade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Condução do experimento

O cultivo foi conduzido em casa de vegetação no Setor de Floricultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil (latitude 20° 45'S, longitude 42° 52'O e altitude 690 m), no período de 17 de março a 27 de junho de 2011.

A espécie utilizada neste estudo foi a *Dendranthema grandiflora* Tzvelev variedade “Eliot” (Figura 1), cujo material propagativo (estacas apicais) foi gentilmente doados pela empresa BrasilFlor. Esta variedade possui inflorescências do tipo margarida de coloração vermelha, com tempo de reação de 8 semanas e indicada para cultivo em vaso. Considera-se como “tempo de reação” o período entre o início do estímulo nos vasos ao “dia curto” até o ponto de comercialização.



Figura 1: Inflorescências de crisântemo variedade “Eliot”.

Foram plantadas seis estacas de crisântemo em vaso número 15 (1,4 litro) preenchido com substrato comercial, composto por casca de pinus, turfa e vermiculita, cujas características físicas e químicas informadas pelo fabricante estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato comercial utilizado.

Umidade*	CRA*	Densidade*	pH (em água)	CE (mS/cm)
(% p/p)	(% p/p)	Kg/m ³	1:5	1:5
60	130	200	5,8(±)0,5	0,5(±)0,3

CRA = Capacidade de retenção de água; CE = Condutividade elétrica. *Métodos estabelecidos pela IN 17/07 (MAPA).

Após estaqueamento os vasos foram mantidos sobre bancada em casa de vegetação com sistema de nebulização com frequência de irrigação de 6 segundos a cada 20 minutos nos primeiros 14 dias. Neste mesmo período de 14 dias, foi instalada tela sombreadora de 50% sobre o teto da casa de vegetação para reduzir a temperatura do ambiente visando otimizar o processo de enraizamento das estacas.

A partir do 15º dia de cultivo retirou-se a tela sombreadora e a irrigação foi realizada de forma localizada através de gotejadores que forneceram 80 ml por vaso 3 vezes ao dia, totalizando 240 ml/vaso/dia, enquanto a fertirrigação foi realizada de forma manual fornecendo 100 ml por vaso de solução nutritiva proposta por (Muniz et al., 2009), 3 vezes por semana (Tabela 2).

Tabela 2. Composição da solução nutritiva utilizada no experimento.

Macro nutriente	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P-H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S-SO ₄ ²⁻
Concentração (mmol/L)	7,20	7,20	1,95	8,00	1,50	1,00	3,00
Micro nutriente	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo	
Concentração (µmol/L)	30	5	50	40	2	0,1	

Os vasos ficaram expostos ao sol durante um período de 10 horas diariamente, através de controle por cortinas plásticas a fim de simular o “dia curto”, desde o início ao término do cultivo. As plantas eram descobertas as 7:00 horas e cobertas as 17:00 horas (Figura 2).



Figura 2: Vista das bancadas cobertas dentro da casa de vegetação.

O delineamento experimental escolhido foi em blocos casualizados com 3 repetições e cada parcela composta por 3 vasos. Os tratamentos utilizados para o controle do florescimento foram realizados através da técnica chamada “noite interrompida”, com 3 diferentes lâmpadas e 3 diferentes ciclos de iluminação entre as 22 às 2 horas. Os tratamentos foram: Iluminação por lâmpada incandescente de 100 Watts e ciclo de 10 minutos de luz com intervalo de 20 minutos de escuro, iluminação por lâmpada incandescente de 100 Watts e ciclo de 20 minutos de luz com intervalo de 10 minutos de escuro, iluminação por lâmpada incandescente de 100 Watts e ciclo contínuo sem intervalo de escuro, iluminação por lâmpada LED de 3 Watts e ciclo de 10 minutos de luz com intervalo de 20 minutos de escuro, iluminação por lâmpada LED de 3 Watts e ciclo de 20 minutos de luz com intervalo de 10 minutos de escuro, iluminação por lâmpada LED de 3 Watts e ciclo contínuo sem intervalo de escuro, iluminação por lâmpada LED de 1 Watt e ciclo de 10 minutos de luz com intervalo de 20 minutos de escuro, iluminação por lâmpada LED de 1 Watt e ciclo de 20 minutos de luz com intervalo de 10 minutos de escuro, iluminação por lâmpada LED de 1 Watt e ciclo contínuo sem intervalo de escuro. Foi incluído o tratamento onde não ocorreu a “noite interrompida” (sem iluminação artificial) contabilizando um total de 10 tratamentos.

As lâmpadas LED de 1 e 3 Watts (Figura 3) foram construídas com LED de alta potência, ângulo de abertura de iluminação de 120° e espectro luminoso com pico de intensidade na faixa dos 660 nanômetros (Figura 4).



Figura 3: Lâmpadas LED de 1 e 3 Watts de potência.

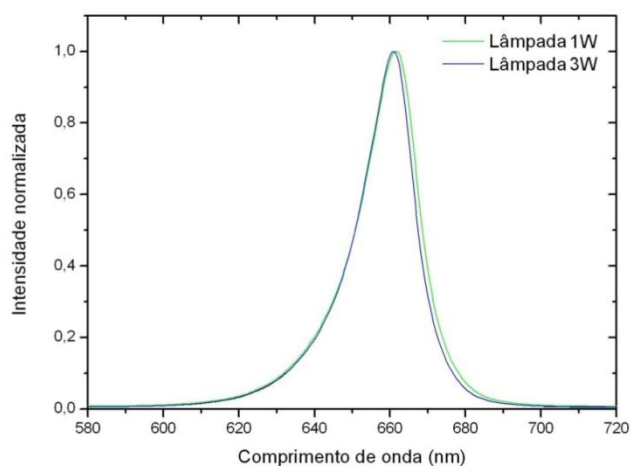


Figura 4: Espectro luminoso das lâmpadas de LED de 1 e 3 Watts de potência mensurados com espectrorradiômetro modelo USB2000+RAD.

O controle artificial do florescimento foi realizado do estaqueamento até o 18º dia após estaqueamento. As fontes luminosas foram localizadas a 1 metro de altura da bancada. Foi mensurado, com luxímetro digital modelo LD-550, a intensidade luminosa na altura das bancadas com média de 63, 3,5 e 3 lux para as lâmpadas incandescente, LED 3 e 1 Watt, respectivamente.

No 19º dia após o estaqueamento realizou-se o desponte apical de todas as hastes deixando-as com 3 a 4 folhas/haste e os vasos continuaram mantidos sob “dias curtos” até o término do cultivo.

Os ápices caulinares removidos das hastes foram coletados e identificados individualmente de acordo do tratamento e fixados usando FAA para posterior análise anatômica.

Durante o ciclo de cultivo as temperaturas máximas, mínimas e a umidade relativa foram registradas com auxílio de dataLogger modelo HT500. O controle fitossanitário foi efetuado toda vez que se fez necessário.

As plantas tiveram suas características fitotécnicas analisadas quando os vasos apresentavam mais de 90% das inflorescências abertas (Figura 5), (considerando-se inflorescência aberta quando a 1ª fileira de lígulas da inflorescência apresentava-se perpendicular à haste floral), analisando as seguintes variáveis:

- Altura de planta (cm),
- Diâmetro médio da planta no vaso (cm),
- Número de hastes por vaso,

Número de nós por haste (uma haste/vaso),
Comprimento do 3º entrenó (uma haste/vaso) (cm),
Número de inflorescências por vaso,
Diâmetro médio de inflorescências (3 inflorescências/vaso) (cm),
Massa seca de caule, folha, inflorescência e parte aérea (g).

Estas variáveis foram analisadas com auxílio de régua graduada e as massas obtidas após secagem em estufa de circulação de ar forçada à 70°C até massa constante e então pesadas em balança com precisão de 0,0001gramas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias analisadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.



Figura 5: Vista dos vasos de plantas de crisântemo variedade “Eliot” no ponto das avaliações fitotécnicas.

3.2. Análise anatômica

Concomitantemente com o processo de desponte apical das hastes realizou-se a identificação e fixação em solução FAA e etanol 70% de cinco ápices por parcela. Posteriormente os ápices foram levados para o laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa onde foram desidratados em série alcoólica crescente e incluído um meristema por parcela em resina de metacrilato (Leica), o qual foi submetido a cortes com cinco micrômetros de espessura e montadas 10 lâminas com 15 cortes cada. Posteriormente esses cortes foram corados com azul de Toluidina. Dessas 10 lâminas foram selecionadas as três

mais próximas ao eixo radial do meristema apical e 10 cortes foram fotografados com microscópio ótico Olympus. Nas 3 fotografias mais representativas de cada ápice avaliou-se as seguintes características (Figura 6):

Comprimento transversal 1 (mensurado na altura da axila superior do 1º primórdio foliar),

Comprimento transversal 2 (mensurado na altura da axila superior do 2º primórdio foliar),

Altura do meristema (mensurado da superfície do ápice meristemático até o eixo na altura da axila superior do 1º primórdio foliar - dome),

Largura do meristema medular,

Número de células transversais do meristema medular,

Número de células com citoplasma denso no ápice meristemático – dome.

Todas essas características foram mensuradas usando o software Image-Pro Plus. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias analisadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

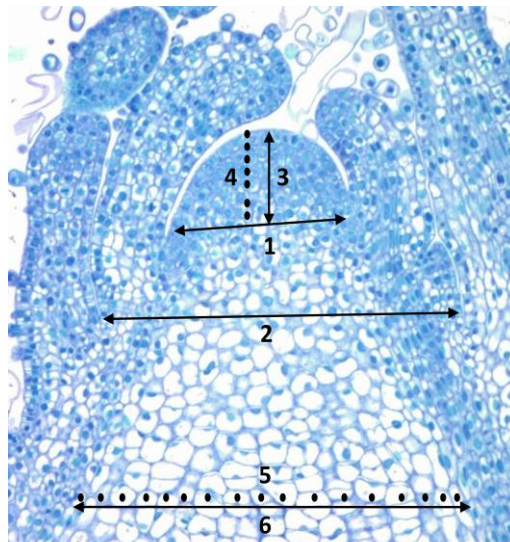


Figura 6: Esquema das mensurações realizadas no meristema apical caulinar de crisântemo. 1: comprimento transversal 1; 2: comprimento transversal 2; 3: altura do meristema; 4: número de células com citoplasma denso no ápice meristemático; 5: número células transversais do meristema medular; 6: largura do meristema medular.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do ambiente de cultivo

A temperatura no interior do ambiente protegido alcançou valor médio diurno e noturno de 23,5°C e 15,6°C, respectivamente, enquanto que a umidade relativa do ar foi, em média, 71% e 86% para o período diurno e noturno, respectivamente (Figura 7 e 8). Segundo Barbosa (2003), o cultivo comercial de crisântemo deve ser realizado em locais onde a temperatura diurna seja de 23 a 25°C e a noturna em torno de 18°C. Streck (2004) trabalhando com a resposta do crisântemo em função da temperatura observou que temperaturas entre 22°C a 35°C são razoáveis para o desenvolvimento das plantas. Comparando a temperatura e umidade observada no experimento com as faixas descritas observa-se que estas variáveis climáticas estavam adequadas ao crescimento e desenvolvimento da cultura.

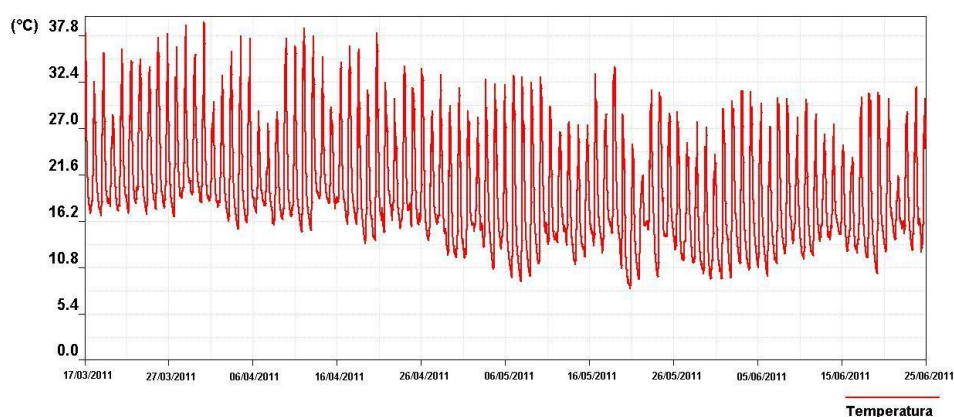


Figura 7: Variação da temperatura no interior da casa de vegetação ao longo do ciclo de cultivo de crisântemo. Viçosa, MG.

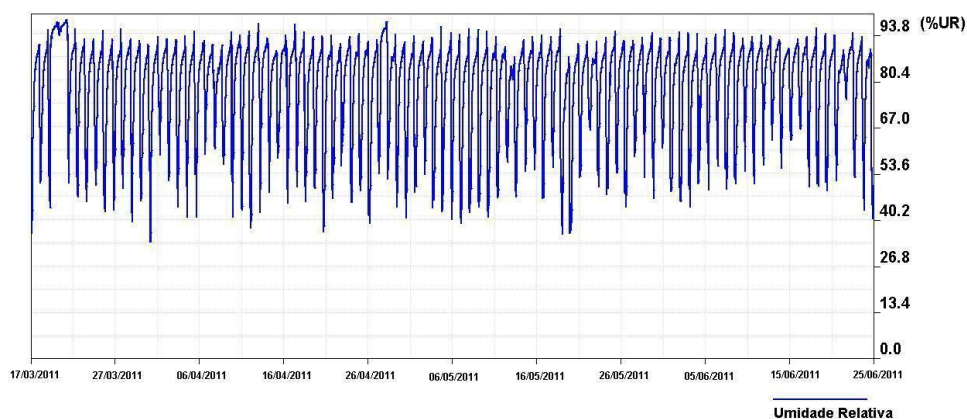


Figura 8: Variação da umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação ao longo do ciclo de cultivo de crisântemo. Viçosa, MG.

4.2. Avaliações dos parâmetros fitotécnicos

4.2.1. Comprimento do 3º entrenó, número de hastes por vaso, massa seca de inflorescências e massa seca da parte aérea

Para as características fitotécnicas comprimento do 3º entrenó, número de hastes por vaso, massa seca de inflorescência e massa seca da parte aérea não houve diferença significativa entre os tratamentos e as suas médias foram 3,79 cm, 19,66, 10,11 g e 21,44 g, respectivamente.

4.2.2. Altura de plantas

Os diferentes tipos de lâmpadas e ciclos de iluminação não proporcionaram diferença significativa para altura de plantas com média de 23,81 centímetros entre si sendo superiores ao tratamento sem iluminação artificial com 18,22 centímetros (Figura 9).

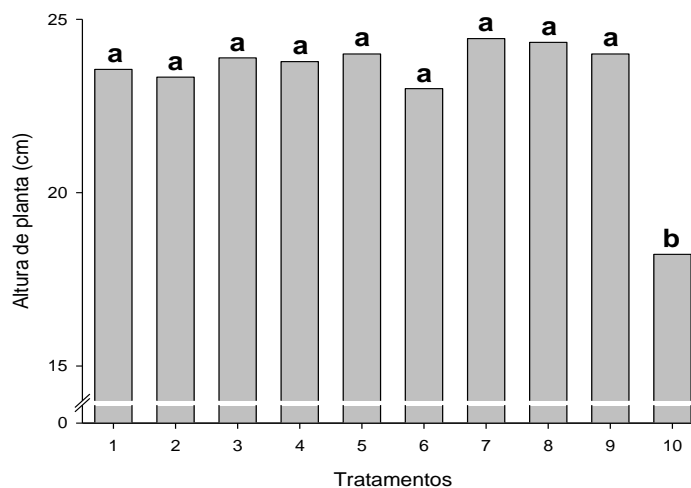


Figura 9: Altura média de plantas de crisântemo variedade 'Eliot'. Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10'luz/20'escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10'luz/20'escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10'luz/20'escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20'luz/10'escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20'luz/10'escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20'luz/10'escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Muniz (2009) trabalhando com crisântemo de vaso com inflorescências do tipo decorativo observou altura de plantas entre 20 a 30 centímetros. A altura da planta é uma das principais características avaliadas no controle de qualidade para comercialização de crisântemo de vaso e neste experimento as plantas não iluminadas não poderiam ser comercializadas no principal centro de comercialização de flores e

plantas do Brasil ou se fizer, por um preço muito abaixo do mercado, pois não atenderiam a altura requerida mínima de 23 centímetros para serem classificadas como qualidade A1 (Veiling Holambra, 2012b). A melhor remuneração se dá em vasos cujas proporções da altura da planta fiquem em torno de 1,5 a 2 vezes a altura do vaso.

Na produção de crisântemo é necessário manipular o fotoperíodo para controle do estado vegetativo e reprodutivo visando produção ao longo do ano. A seqüência fotoperiódica usual consiste de “dias longos” para crescimento vegetativo seguido por “dias curto” para a floração. O período e a intensidade de exposição das plantas ao dia longo determinam sua altura e a qualidade do vaso (Wieland, 1998; Furuta, 2004). No controle do florescimento em crisântemo, a aplicação de dias longos promove o crescimento vegetativo. Quanto maior o número de dias longos, maior a altura da planta (Barbosa et al., 2005).

4.2.3. Diâmetro médio da planta no vaso

Outra característica importante é o diâmetro médio da planta no vaso. Os tratamentos iluminados não proporcionaram diferença significativa entre si e obtiveram média de 33,33 centímetros, enquanto o tratamento não iluminado propiciou o menor valor com 28,33 centímetros (Figura 10).

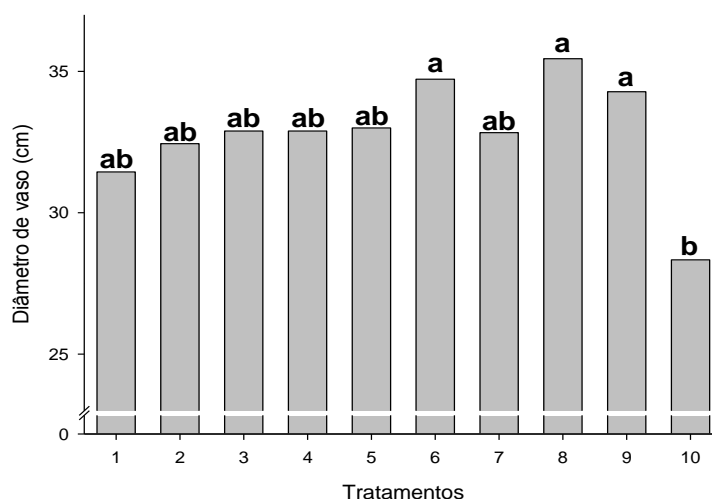


Figura 10: Diâmetro médio da planta no vaso de plantas de crisântemo variedade ‘Eliot’. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Apesar do menor diâmetro médio da planta no vaso obtido pelas plantas sem iluminação, os valores observados não limitam a comercialização dos vasos, pois atendem aos critérios de classificação e comercialização de crisântemo adotado pelo mercado de flores no Brasil (Veiling Holambra, 2012b).

4.2.4. Número de nós por haste

O número de nós por haste foi maior em todos os tratamentos iluminados com média de 8,83 nós, porém não havendo diferença significativa entre si, já as plantas não iluminadas obtiveram o menor valor de 4,28 nós sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos (Figura 11).

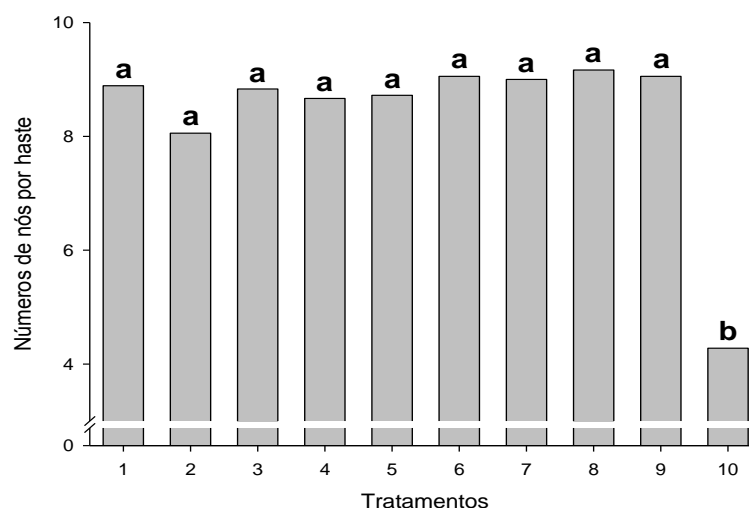


Figura 11: Número médio de nós na haste de plantas de crisântemo variedade ‘Eliot’. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Como não houve diferença significativa para comprimento do 3º entrenó, a maior altura de plantas pelos tratamentos iluminados pode ser justificado pelo maior número de nós na haste.

Bellé et al. (2007), trabalhando com crisântemo de corte cultivar ‘Gompier Chá’ também atribuiu o incremento em altura de hastes ao aumento significativo do número de nós por planta. Segundo Barbosa (2003), o estágio vegetativo é caracterizado por crescimento vigoroso, diferenciação contínua de folhas, nós e

entrenós, caules e raízes. O que sugere que, neste experimento, houve o favorecimento ao crescimento vegetativo, pelo atraso na indução floral em todos os tratamentos iluminados, independente do tipo e do ciclo de iluminação. Enquanto, no tratamento não iluminado, com estas características estatisticamente inferiores, houve estímulo ao florescimento precoce e produção de matéria “verde” insuficientes para atingir os padrões de comercialização.

4.2.5. Número e diâmetro médio de inflorescências

O maior número de inflorescências por vaso foi obtido no tratamento iluminado por lâmpada LED de um Watt de potência e ciclo contínuo de iluminação, obtendo-se 97,8 inflorescências por vaso. Não houve diferença entre os tratamentos iluminados. O tratamento não iluminado obteve apenas 71,5 inflorescências por vaso (Figura 12).

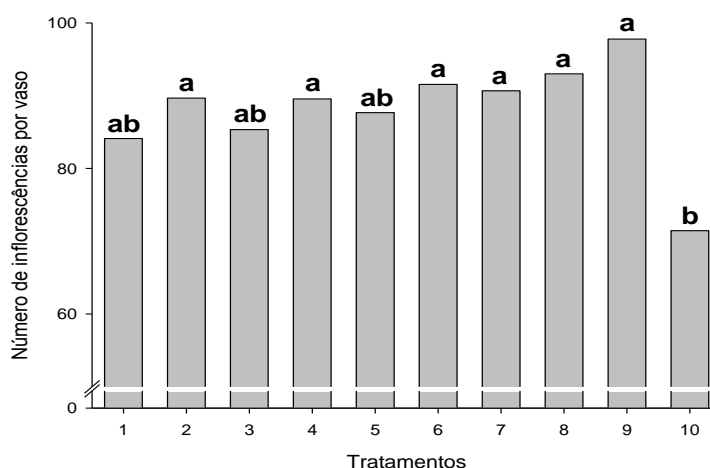


Figura 12: Número médio de inflorescências por vaso de plantas de crisântemo variedade “Eliot”. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Petry et al. (1999), estudando características fenológicas de crisântemo em vaso, constataram nas variedades com tipo de inflorescência decorativo, ‘Red Delano’, ‘White Diamond’ e ‘Amarelo São Paulo’, média de 84, 66 e 54 inflorescências por vaso, respectivamente. De forma semelhante, Ferreira (2009), trabalhando com

diferentes datas de desponte apical observou que as cultivares ‘Durban’ e ‘Eugene Yellow’ com inflorescências do tipo margarida apresentaram em média 141,6 e 99 inflorescências por vaso, respectivamente, valores estes, próximos aos observados neste trabalho.

O número e tamanho de inflorescências por vaso também são parâmetros importantes para a comercialização, pois influenciam na conformação do vaso. Maior número e tamanho de inflorescências por vaso proporcionam melhor formação do buquê e conseqüentemente melhor qualidade final do vaso.

Também quanto ao diâmetro de inflorescências, os tratamentos iluminados foram superiores em relação ao tratamento não iluminado, porém não diferindo entre si, com média de 6,52 centímetros. No tratamento não iluminado as plantas obtiveram as menores inflorescências sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos com média de 5,81 centímetros de diâmetro (Figura 13).

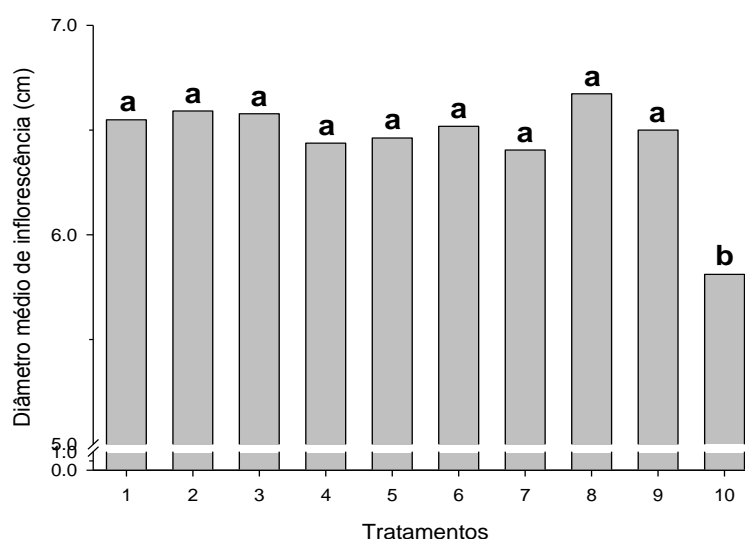


Figura 13: Diâmetro médio de inflorescências de plantas de crisântemo variedade “Eliot”. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

4.2.6. Massa seca de folhas e caule

A massa seca de folhas e caule foram superiores nos tratamentos iluminados em relação ao não iluminado, porém os diferentes ciclos de iluminação não

propiciaram diferença estatística entre si para as características avaliadas com médias de 5,78 e 5,93 gramas respectivamente. O tratamento não iluminado foi significativamente inferior que os tratamentos iluminados 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e os tratamentos 3, 4, 5, 7, 8, 9 para massa seca de folha e de caule e apresentou massas de 3,76 e 3,81 gramas respectivamente (Figuras 14 e 15). Segundo Nxumalo & Wahome, 2010, dias longos são usados para manter o crescimento vegetativo das plantas em matrizeiros e estacas de crisântemo. Quanto maior o número de dias longos, maior é o crescimento vegetativo e conseqüentemente maior são as massas secas de folhas e caule, como pode ser verificado neste experimento.

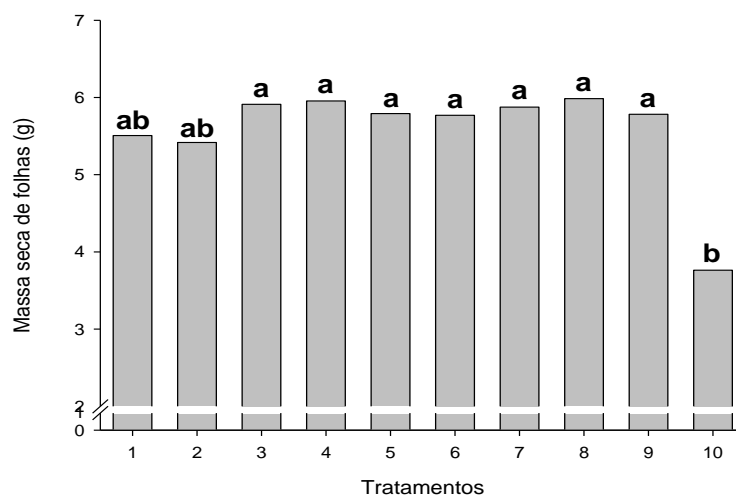


Figura 14: Massa seca média de folha de plantas de crisântemo variedade “Eliot”. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

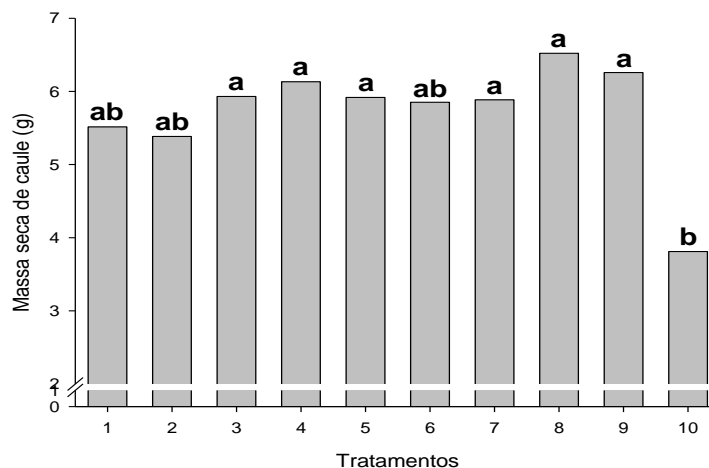


Figura 15: Massa seca média de caule de plantas de crisântemo variedade “Eliot”. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Com as análises dos parâmetros fitotécnicos, pode-se comprovar que a técnica de iluminação artificial com os diferentes tipos de lâmpada e os ciclos de iluminação foram suficientes para adequar os vasos aos padrões de comercialização exigidos pelo mercado, mas não é conclusivo quanto sua eficácia sobre a indução floral. Para isso foram feitas lâminas destes meristemas apicais logo após o término dos tratamentos para verificar de maneira direta as modificações ocorridas neste meristema entre os tratamentos iluminados e não iluminado, a manutenção do estágio vegetativo e a modificação deste meristema que recebeu o estímulo ao florescimento. Estímulo da divisão e mudanças no tamanho e formato celular do ápice meristemático são eventos comuns na transição para o estágio reprodutivo em muitas se não em todas as espécies de plantas (Lyndon and Francis, 1984; Lyndon and Battey, 1985; Bernier, 1988; Francis, 1992; Francis and Herbert, 1993).

4.3. Avaliações dos parâmetros anatômicos

A Figura 16 mostra uma fotografia representativa do meristema apical caulinar de cada tratamento evidenciando as modificações anatômicas e morfológicas dos mesmos, aos 18 dias após início dos tratamentos.

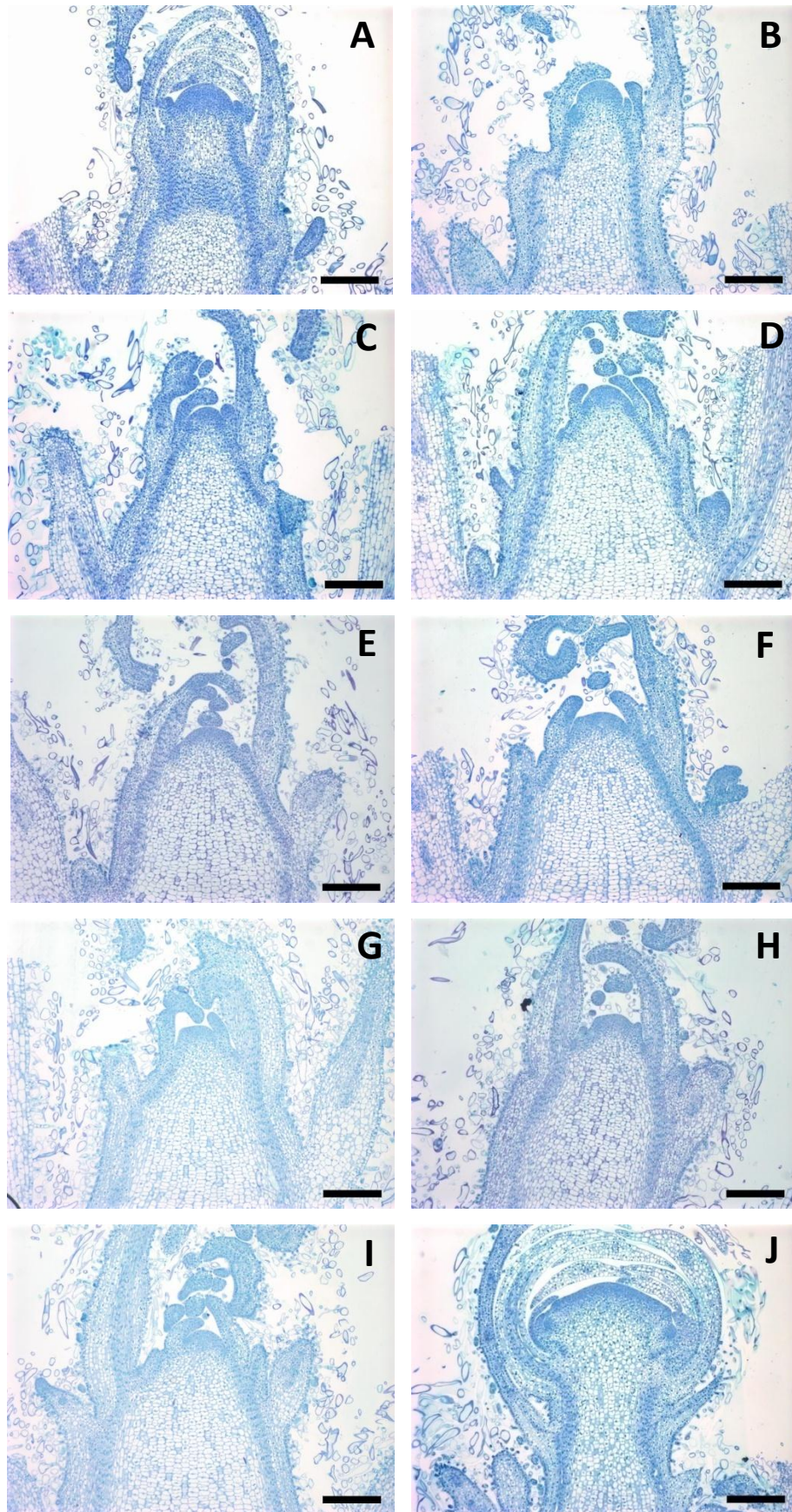


Figura 16: Meristemas apicais caulinares de plantas de crisântemo variedade “Eliot” submetidas a diferentes tratamentos. A: T1; B: T2; C: T3; D: T4; E: T5; F: T6; G: T7; H: T8; I: T9; J: T10. Barra: 300µm.

4.3.1. Comprimento transversal 1 e 2

O comprimento transversal 1 foi significativamente maior no tratamento não iluminado, com média de 575,15 micrômetros de comprimento (Figura 17). Nos tratamentos iluminados, o comprimento transversal 1 não diferiram estatisticamente entre si, com média de 250,83 micrômetros de comprimento. Já para o comprimento transversal 2 não houve diferença estatística entre os tratamentos cuja média foi de 455,39 micrômetros de comprimento.

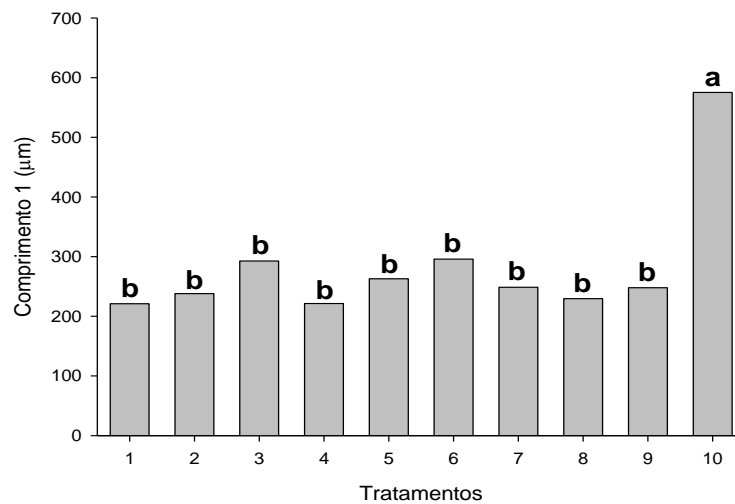


Figura 17: Comprimento médio transversal 1 do meristema apical caulinar de plantas crisântemo variedade ‘Eliot’. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

4.3.2. Altura e número de células com citoplasma denso no ápice meristemático caulinar

Houve diferença significativa para a altura do dome do meristema apical, o tratamento não iluminado, com média de 286,65 micrômetros, foi superior aos tratamentos iluminados (Figura 18).

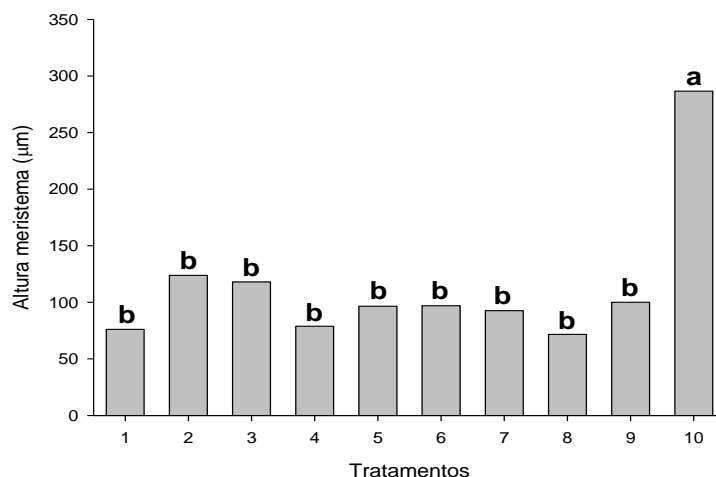


Figura 18: Altura média do meristema apical caulinar de plantas de crisântemo variedade ‘Eliot’. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Os tratamentos iluminados não apresentaram diferença entre si na altura do meristema com média de 94,96 micrômetros. Jacquard et al., (2003) estudando a divisão celular e mudanças morfológicas em meristema apical de *Arabidopsis* durante a transição floral, constataram como resultado da indução floral dos ápices meristemáticos ocorreu aumento, tanto na largura quanto na altura dos mesmos. Observaram ainda que além das maiores dimensões, o formato de “dome” era mais evidenciado nos ápices induzidos ao florescimento.

As informações acima citadas pelos referidos autores também podem ser verificadas claramente neste trabalho indicando que, no meristema apical do tratamento não iluminado, ocorreu uma indução precoce ao florescimento em relação aos demais tratamentos (Figura 16J). Laufs et al. (1998) também verificaram o formato de “dome” evidenciado nos ápices como uma das primeiras características de indução ao florescimento.

O maior número de células com citoplasma denso no ápice meristemático foi observado no tratamento não iluminado, com média de 12,44 células. O menor valor ocorreu no tratamento com lâmpada incandescente e ciclo contínuo de iluminação com 7,33 células. Lyndon (1998) mostra que as taxas de divisão celular aumentaram na transição floral nos meristemas apicais e reporta também este acontecimento em várias

outras espécies, o que consequentemente resulta em maior número de células neste ápice (Figura 19).

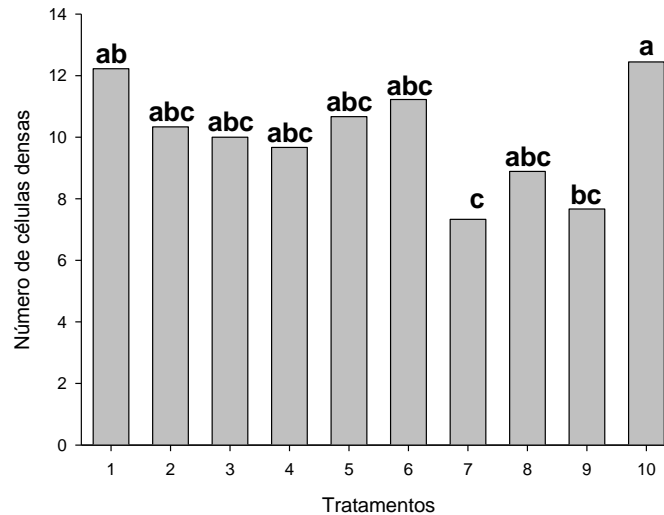


Figura 19: Número médio de células com citoplasma denso do meristema apical caulinar de plantas de crisântemo variedade 'Eliot'. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10' luz/20' escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10' luz/20' escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10' luz/20' escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20' luz/10' escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20' luz/10' escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20' luz/10' escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

4.3.3. Largura e número de células transversais do meristema medular

Para largura transversal do meristema medular do meristema apical (Figura 20), constata-se que o menor valor foi encontrado no tratamento não iluminado com 281,55 micrômetros. Já o maior valor foi obtido no tratamento com lâmpada LED de 1 Watt e ciclo intermitente de 10' luz/20' escuro de iluminação com 694,17 micrômetros para a mesma variável .

Para número de células transversais (Figura 21) o tratamento não iluminado resultou no menor valor com 12,44 células, enquanto o maior valor foi obtido no tratamento com lâmpada incandescente e ciclo intermitente de 10' luz/20' escuro de iluminação com 32 células.

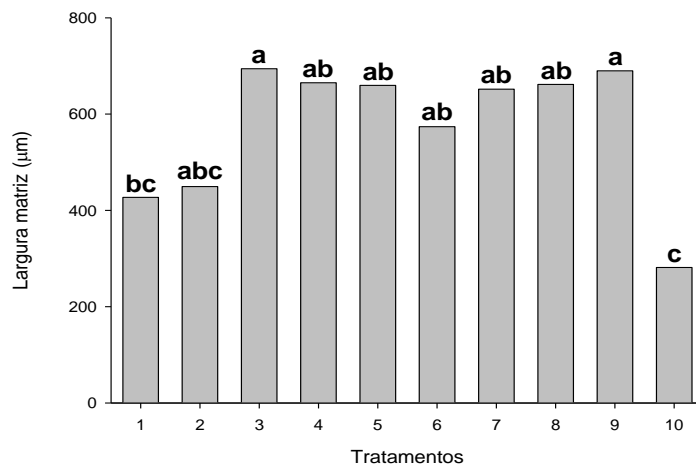


Figura 20: Largura média do meristema medular do meristema apical caulinar de plantas de crisântemo variedade “Eliot”. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

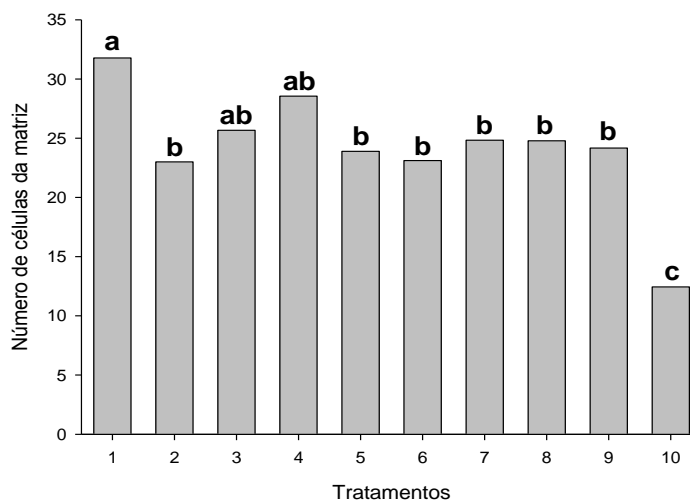


Figura 21: Número médio de células transversais do meristema medular do meristema apical caulinar de plantas de crisântemo variedade “Eliot”. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. T1: lâmpada incandescente ciclo 10’luz/20’escuro; T2: lâmpada LED 3W ciclo 10’luz/20’escuro; T3: lâmpada LED 1W ciclo 10’luz/20’escuro; T4: lâmpada incandescente ciclo 20’luz/10’escuro; T5: lâmpada LED 3W ciclo 20’luz/10’escuro; T6: lâmpada LED 1W ciclo 20’luz/10’escuro; T7: lâmpada incandescente ciclo contínuo; T8: lâmpada LED 3W ciclo contínuo; T9: lâmpada LED 1W ciclo contínuo; T10: sem iluminação artificial.

Diante das informações demonstradas acima se pode comprovar a eficiência do controle do florescimento utilizando a lâmpada LED e a intermitência luminosa, sendo esta semelhante à lâmpada incandescente, mas com vantagens na redução do consumo de energia elétrica e maior durabilidade comparado com o sistema de iluminação tradicional utilizado na agricultura.

5. CONCLUSÕES

- Há a necessidade da iluminação artificial através da técnica “noite interrompida” para que as plantas em vaso atinjam os padrões de comercialização (Veiling Holambra).

- No controle artificial de iluminação temos 2 fatores: tipos de lâmpadas e ciclos de iluminação. Nas características avaliadas; altura de planta, diâmetro médio da planta no vaso, comprimento do 3º entrenó, número de nós na haste, diâmetro de inflorescências, número de hastes no vaso, número de inflorescências no vaso, massa seca de inflorescência, de folha, caule e parte aérea; não houve diferença nestas variáveis entre os tratamentos com iluminação pela técnica referida.

- Não houve diferença entre os tipos de lâmpada, porém a lâmpada LED de 1 watt demonstrou ser mais eficiente no processo, devido a menor potência e consequentemente menor consumo de energia elétrica.

- Através dos cortes anatômicos dos meristemas apicais foi possível comprovar quantitativamente, que até o término do tratamento de iluminação artificial, as plantas iluminadas se mantiveram em estágio vegetativo, o que não ocorreu nas plantas não iluminadas.

- É vantajoso usar LED no controle do florescimento de crisântemo “Eliot” que devido a sua especificidade de ação, alta durabilidade e baixo consumo de energia elétrica torna-se mais eficiente que os tradicionais dispositivos de iluminação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, J. G. Crisântemos: produção de mudas – cultivo para corte e flor – cultivo hidropônico. Viçosa, MG: aprenda Fácil, 2003. 234p.

Barbosa, J. G.; Grossi, J. A. S.; Barbosa, M. S.; Backes, F. A. L. Cultivo de crisântemo em vasos. Informe agropecuário, v.26 n.227, BH, p. 44-49, abr. 2005.

Barta, D. J.; Tennessen, D. J.; Bula R. J.; Tibbitts, T. W. Wheat growth under a light source with and without blue photon supplementation. American Society for Gravitational and Space Biology. 5:51 1991.

Barta, D. J.; Tibbitts, T.W.; Bula, R. J.; Morrow, R. C. Evaluation of light emitting diode characteristics for a space-based plant irradiation source. Advances in Space Research v.12, p.141-149. 1992.

Bernier, G. Growth changes in the shoot apex of *Sinapis Alba* during transition to flowering. Journal of Experimental Botany, v.48, p.1071-1077, 1997.

Bernier, G. The control of floral evocation and morphogenesis. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v.39, 1988.

Bourget, C. M. 2008. An introduction to light-emitting diodes. HortScience, v.43, p.1944-1946.

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, v.26, p203-205. 1991.

Carvalho, Henrique de. Diodos de luz de Alto Brilho e Alta Potência. Diectliggt[®] Indústria e Comércio de Produtos Eletrônicos Ltda. SP. Mar 2007. 2p.

Dougher, T.; Bugbee, B. Differences in the response of wheat, soybean and lettuce to reduced blue radiation. Photochemistry and Photobiology. v.73, p.199-207. 2001.

Emmerich, J. C.; Morrow, R. C.; Clavette, T. J.; Sirios, L. J. Plant Research Unit lighting system development. SAE Technical Paper Series. Paper No. 2004-01-2454. 2004.

Francis, D. The cell cycle in plant development. *New Phytologist*, v.122, p. 1-20, 1992.

Francis, D., Herbert, R. J. Regulation of cell division in the shoot apex. In: Ormod, J. C., Francis, D., eds. *Molecular and cell biology of the plant cell cycle*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.201-210, 1993.

Fukuda, N.; Nishimura S. Effects of localized light quality from light emitting diodes on geranium peduncle elongation. *Proceedings of The Fourth International ISHS Symposium on Artificial Lighting. Acta Horticulturae*, v. 580, p. 151-156, 2002.

Heo, J. W.; Lee, C. W.; Murthy, H. N.; Paek, K. Y. Influence of light quality and photoperiod on flowering of *Cyclamen persicum* Mill. cv. 'Dixie White'. *Plant Growth Regulation* 40: p. 7-10, 2003.

Ibraflor. Relatório Setorial Integrado da Produção de Flores e Plantas Ornamentais brasileira. *Flora Brasiliensis*. SP. 2002. 45p.

Jacqumard, A., Gadiisseur, I., Bernier, G. Cell division and morphological changes in the shoot apex of *Arabidopsis thaliana* during floral transition. *Annals of Botany*, v.91, p.571-576, 2003.

Junqueira, A. H.; Peetz, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 14, n. 1, p. 37-52, 2008.

Kampf, Atelene Normann. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba, RS Agrolivros, 2005. 256 p.

Landgraf, P.R.C; Paiva, P.D.O. *Floricultura: produção e comercialização no estado de Minas Gerais*. Lavras: UFLA, 2008. 101p.

Laufs, P., Grandjean, O., Jonak, C., Kiêu, K., Traas, J. Cellular parameters of the shoot apical meristem in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, v.10, p.1375-1389, 1998.

Leyser, O.; Day s. *Mechanisms in Plant Development*. Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company .2003, 241p.

Lyndon, R. F. The shoot apical meristem. Its growth and development. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

Lyndon, R. F., Battey, N. H. The growth of the shoot apical meristem during flower initiation. *Biologia Plantarum*, v.27, p.339-349, 1985.

Lyndon, R. F., Francis, D. The response of the shoot apex to light-generated signal from the leaves. In: Vince-Prue, D., Thomas, B., Cockshull, K. E., eds. Light and the flowering process. London: Academic Press, p.171-189, 1984.

Massa, G. D.; Kim, H. H.; Wheeler, R. M.; Mitchell, C. A. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, v.43, p. 1951-1956. 2008.

Morrow, R. C. LED lighting in horticulture. *HortScience*, v.43, p.1947-1950. 2008.

Morrow, R. C.; Duffie, N. A.; Tibbitts, T. W.; Bula, R. J.; Barta, D. J.; Ming, D. W.; Wheeler, R. M.; Porterfield, D. M. Plant response in the ASTROCULTURE flight experiment unit. SAE Technical Paper Series Paper No. 951624. 1995.

Morrow, R.C.; Bula, R. J.; Tibbitts, T. W.. Light emitting diodes as a photosynthetic irradiance source for plants. *American Society for Gravitational and Space Biology*. 3:60. 1989.

Muniz, M.A; Barbosa, J.G; Grossi, J.A.S; Orbes, M.Y; Sá, PG..Produção e qualidade de crisântemo de vaso fertirrigados com diferentes relações de nitrato/amônio, *Bioscience Journal*, v.25: p. 75-82, 2009.

Philips Lumileds Lighting Company. Acessado em 20/08/2011 <http://www.philipslumileds.com/lighting-solutions>

Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. Campinas, SP v.4 n° 1/2, 1998.

Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. Campinas, SP v.8 n° 1/2, 2002.

Revista Sebrae Agronegócio, outubro, n° 1, 2005.

Sager, J.; Edwards, J.; Klein, W. Light energy utilization efficiency for photosynthesis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v.25, p.1737-1746. 1982.

Seidel, A. R.; Bisogno, F. E.; Pinheiro, H.; Prado, R. N. Reator eletrônico auto-oscilante com controle de intensidade luminosa. *Sba Controle & Automação*, v.14, n.2, p.78-81, 2003.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. Trad. Eliane Romanato Antarém [et al.]. – 3ªed. – Porto Alegre, RS: Artmed, 2004. 719p.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4ªed.- Porto Alegre, RS: Artmed, 2009. 819p.

Teixeira, C. A.; Oliveira Filho, D.; Lacerda Filho, A. F. Management of motive power use in animal feed industry. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.2, p.330-340, 2005.

U.S. Dept. of Energy. Acessado em 20/08/2011
http://www.energysavers.gov/your_home/lighting_daylighting/index.cfm/mytopic=120

Veiling Holambra. Acessado em 20/11/2012. <http://www.veiling.com.br/>

Veiling Holambra. Acessado em 20/11/2012.
<http://www.veiling.com.br/qualidade.swf?fileName=Crisantemo%20Vaso%20PT%2015%20e%20VB.swf>

Verdonck, O., Vleeschauer, D., Boodt, M. D. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Horticulturae*, v.126, 1981.

Wikipédia. LED. Acessado em 27/08/2011.
http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz

Zanotelli, M. F., Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

Zheludev, N. The life and times of the LED—A 100-year history. *Nature Photonics*, v.1, p.189-192, 2007.

7. ANEXOS

Anexo 1: Resumo da ANOVA da característica altura de plantas.

F.V.	ALTURA DE PLANTAS			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	89.55926	9.951029	7.733*
BLOCO	2	2.096296	1.048148	0.815 ^{ns}
RESÍDUO	18	23.16296	1.286831	
CV (%)				4.878

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 2: Resumo da ANOVA da característica diâmetro médio da planta no vaso.

F.V.	DIÂMETRO MÉDIO DA PLANTA NO VASO			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	104.5083	11.61204	3.736*
BLOCO	2	5.512963	2.756481	0.887 ^{ns}
RESÍDUO	18	55.95000	3.108333	
CV (%)				5.371

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 3: Resumo da ANOVA da característica comprimento do 3º entrenó.

F.V.	COMPRIMENTO 3º ENTRENÓ			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	0.4625926	0.5139918	0.680 ^{ns}
BLOCO	2	0.9890741	0.4945370	0.654 ^{ns}
RESÍDUO	18	1.360352	0.7557510	
CV (%)				7.256

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 4: Resumo da ANOVA da característica número de nós na haste.

F.V.	NÚMERO DE NÓS NA HASTE			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	58.53796	6.504218	23.015*
BLOCO	2	0.1907407	0.9537037	0.337 ^{ns}
RESÍDUO	18	5.087037	0.2826132	
CV (%)				6.350

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 5: Resumo da ANOVA da característica número de hastes por vaso.

F.V.	NÚMERO DE HASTES POR VASO			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	13.21852	1.468724	2.111 ^{ns}
BLOCO	2	1.251852	0.6259259	0.899 ^{ns}
RESÍDUO	18	12.52593	0.6958848	
CV (%)				4.244

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 6: Resumo da ANOVA da característica número de inflorescências por vaso.

F.V.	NÚMERO DE INFLORESCÊNCIAS POR VASO			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	1325.781	147.3091	3.884*
BLOCO	2	92.54074	46.27037	1.220 ^{ns}
RESÍDUO	18	682.7185	37.92881	
CV (%)				6.992

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 7: Resumo da ANOVA da característica diâmetro médio de inflorescências.

F.V.	DIÂMETRO MÉDIO DE INFLORESCÊNCIAS			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	1.540450	0.1711612	13.814*
BLOCO	2	0.2032296	0.1016148	0.820 ^{ns}
RESÍDUO	18	0.2230252	0.1239029	
CV (%)				1.725

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 8: Resumo da ANOVA da característica massa seca de folhas.

F.V.	MASSA SECA DAS FOLHAS			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	11.86211	1.318013	3.036*
BLOCO	2	0.2698785	0.1349393	0.311 ^{ns}
RESÍDUO	18	7.814796	0.4341553	
CV (%)				11.818

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 9: Resumo da ANOVA da característica massa seca do caule.

F.V.	MASSA SECA DO CAULE			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	15.07854	1.675393	3.365*
BLOCO	2	0.9994400	0.4997200	1.004 ^{ns}
RESÍDUO	18	8.963116	0.4979509	
CV (%)				12.336

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 10: Resumo da ANOVA da característica massa seca de inflorescências.

F.V.	MASSA SECA DAS INFLORESCÊNCIAS			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	13.63081	1.514534	1.181 ^{ns}
BLOCO	2	7.363362	3.681681	2.872 ^{ns}
RESÍDUO	18	23.07486	1.281937	
CV (%)				11.165

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 11: Resumo da ANOVA da característica massa seca da parte aérea.

F.V.	MASSA SECA DA PARTE AÉREA			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	113.1500	12.57222	2.338 ^{ns}
BLOCO	2	10.69810	5.349051	0.995 ^{ns}
RESÍDUO	18	96.80122	5.377845	
CV (%)				10.818

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 12: Resumo da ANOVA da característica comprimento transversal 1.

F.V.	COMPRIMENTO TRANSVERSAL 1			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	302961.0	33662.34	5.408*
BLOCO	2	265.0910	132.5455	0.021 ^{ns}
RESÍDUO	18	112044.4	6224.688	
CV (%)				27.852

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 13: Resumo da ANOVA da característica comprimento transversal 2.

F.V.	COMPRIMENTO TRANSVERSAL 2			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	229666.8	25518.53	1.481 ^{ns}
BLOCO	2	2289.569	1144.784	0.066 ^{ns}
RESÍDUO	18	310068.3	17226.02	
CV (%)				28.821

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 14: Resumo da ANOVA da característica altura do meristema apical.

F.V.	ALTURA DO MERISTEMA APICAL			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	106876.7	11875.19	6.810*
BLOCO	2	1361.674	680.8370	0.390 ^{ns}
RESÍDUO	18	31386.47	1743.693	
CV (%)				36.589

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 15: Resumo da ANOVA da característica número de células com citoplasma denso do meristema apical.

F.V.	Nº DE CÉLULAS C/ CITOPLASMA DENSO DO M. APICAL			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	80.53333	8.948148	3.360*
BLOCO	2	6.585185	3.292593	1.236 ^{ns}
RESÍDUO	18	47.93333	2.662963	
CV (%)				16.246

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 16: Resumo da ANOVA da característica largura do meristema medular.

F.V.	LARGURA DO MERISTEMA MEDULAR			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	539444.0	59938.23	7.866*
BLOCO	2	129.1104	64.55520	0.008 ^{ns}
RESÍDUO	18	137162.1	7620.115	
CV (%)				15.170

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade

Anexo 17: Resumo da ANOVA da característica número de células transversais do meristema medular

F.V.	NÚMERO DE CÉLULAS TRANSVERSAIS DO MERISTEMA MEDULAR			
	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTO	9	660.5741	73.39712	13.747*
BLOCO	2	7.118519	3.559259	0.667 ^{ns}
RESÍDUO	18	96.10370	5.339095	
CV (%)				9.539

ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade

* Teste F significativo em nível de 5% de probabilidade