



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS DE CERRO LARGO  
CURSO DE AGRONOMIA**

**JEFERSON TONIN**

**FORNECIMENTO DE RADIAÇÃO ARTIFICIAL COMPLEMENTAR E SEUS  
EFEITOS NO CULTIVO SEM SOLO DO MORANGUEIRO**

**CERRO LARGO – RS**

**2015**

**JEFERSON TONIN**

**FORNECIMENTO DE RADIAÇÃO ARTIFICIAL COMPLEMENTAR E SEUS  
EFEITOS NO CULTIVO SEM SOLO DO MORANGUEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Leitzke Betemps  
Co-orientador: Dr. Gerson Kleinick Vignolo

**CERRO LARGO**

**2015**

## DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Tonin, Jeferson

Fornecimento de radiação artificial complementar e seus efeitos no cultivo sem solo do morangueiro/  
Jeferson Tonin. -- 2015.

39 f.:il.

Orientadora: Débora Leitzke Betemps.

Co-orientador: Gerson Kleinick Vignolo.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia , Cerro Largo, RS, 2015.

1. Produção de morangueiro sem solo. 2. Radiação Artificial Complementar. I. Betemps, Débora Leitzke, orient. II. Vignolo, Gerson Kleinick, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA - BACHARELADO

### DECLARAÇÃO

Ministério da Educação Universidade  
Federal da Fronteira Sul

Campus Cerro Largo  
Rua Major Antônio Cardoso, 590  
Cerro Largo/RS CEP 97920-000

(51) 3352 3050  
www.ufff.edu.br

A Coordenação do Curso de Agronomia - Bacharelado – do *Campus* Cerro Largo declara, para os devidos fins, que os Professores, **Débora Leitzke Betemps (Orientadora)**, **Gerson Kleinick Vignolo (Coorientador)**, **Evandro Pedro Schneider** participaram da banca de apresentação de relatório de estágio e trabalho de conclusão de curso (TCC) do estudante JEFERSON TONIN, realizada no dia 27 de novembro de 2015 nas dependências do Bloco A da referida Universidade.

Cerro Largo, 27 de novembro de 2015.

  
SIMONE ZWICK RADONS  
Síntese: 1789863  
Coordenador do Curso de Agronomia  
Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS  
Campus Cerro Largo-RS

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Alcindo Tonin e Rosane Ferraz Tonin e de mesma forma ao meu irmão Alisson Tonin pelo amor e pelo apoio incondicional. Não tenho dúvidas que sem vocês este caminho seria bem mais complicado. Meus sinceros agradecimentos.

À minha amiga e namorada Bruna Rohrig pelo amor e companheirismo, por compreender momentos de tensão e ansiedade. Sou muito grato pelo suporte inacabável concedido dia após dia. Obrigado, meu amor.

Aos meus mais do que colegas, meus amigos Adrik Francis Richter, Felipe Staziaki, José Tobias Marks Machado, Jorge Atílio Benati, Kaliton Prestes e Jordana Baratieri, com os quais pude dividir, além do apartamento, momentos de descontração e aflição. Agradecimento que se estende a Paola Daiane Welter, Lisiane Sobucki e a Carol Becker, amigas com as quais invariavelmente pude contar na realização deste trabalho.

À meus orientadores Prof. Dr. Evandro Pedro Schneider e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Leitzke Betemps, assim como ao co-orientador Dr. Gerson Kleinick Vignolo por todas conversas e orientações, mas principalmente pela amizade construída e pela confiança que cada um depositou em mim. Muito Obrigado.

Ao meu parceiro diário nas infindáveis atividades José Tobias Marks Machado pela amizade e por todos debates e atividades que realizamos juntos, incluindo o desenvolvimento deste trabalho. À Bruna Rohrig e à Lisiane Sobucki que, em nossa ausência, contribuíram diariamente e incansavelmente para que este trabalho fosse finalizado.

Ao MSc. Odair José Schmitt por todo suporte técnico disponibilizado durante a realização deste experimento. Agradecimento que se estende ao Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser, ao Eng. Agrônomo Robson Giacomeli e ao Eng. Florestal Matheus Velhos dos Santos por todo apoio e contribuição na área experimental da UFFS CL.

À Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Cerro Largo pela oportunidade de construir minha formação acadêmica e pessoal, assim como à todo corpo docente que tornou possível minha iniciação científica e também de várias formas foram essenciais no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, à todos aqueles que contribuíram e que fizeram-se presentes para a conclusão deste trabalho ofereço meus sinceros agradecimentos. Muito Obrigado.

## RESUMO

A radiação solar incidente apresenta-se bastante variável no decorrer do dia e constitui-se em uma parábola na qual o pico de radiação solar é obtido próximo ao meio-dia. No entanto, na aurora e no ocaso a intensidade luminosa que incide sobre as plantas é consideravelmente baixa, diminuindo a taxa fotossintética. Além deste fator, os meses que permeiam o período de inverno possuem fotoperíodo reduzido em função da posição da Terra em relação ao Sol. A partir destas condições, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento vegetativo e reprodutivo do morangueiro cultivar "Camarosa" cultivado sem solo sob diferentes intensidades de radiação artificial complementar. Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado com 5 tratamentos e 6 repetições por tratamento, de forma que estes serão constituídos de diferentes intensidades luminosas (100, 200, 300 e 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), as quais serão fornecidas durante a manhã entre 06:00 e 09:00 h e a tarde entre 16:00 e 18:00 h, totalizando 5 horas diárias. Os dados avaliados foram os seguintes: clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, área do folíolo, área foliar total, número de folíolos, início da floração e floração plena e os respectivos números de flores, altura da planta, altura do pecíolo, produção por planta e número de frutas por planta. Os dados avaliados foram submetidos a análise de variância e posteriormente efetuou-se curvas de regressão para cada fator. Nas condições estudadas neste trabalho, maiores níveis de intensidade luminosa proporcionam maior teor de pigmentos fotossintéticos, número de folíolos e produção por planta.

**Palavras-Chave:** Radiação Fotossinteticamente Ativa. *Fragaria X ananassa*. Fotoperíodo.

## ABSTRACT

The incident solar radiation presents quite variable throughout the day and is in a parable in which the peak solar radiation is obtained close to noon. However, at dawn and at dusk the light intensity falling on the plants is considerably low, reducing the photosynthetic rate. Apart from this factor, the months that permeate the winter period have reduced photoperiod in Earth's position of function in relation to the sun. From these conditions, the aim of this study was to evaluate the vegetative growth of strawberry cultivar "Camarosa" grown without soil under different intensities supplementary artificial radiation. The completely randomized design with five treatments and 6 replicates per treatment, so that these are made of different luminous intensities will be used (100, 200, 300 and 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), which will be supplied during the morning between 06:00 and 09:00 h afternoon between 16:00 and 18:00, totaling 5 hours daily. The data included the following: chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll, leaflet area, total leaf area, number of leaflets, the bloom, full bloom and the respective numbers of flowers, plant height, stalk height, production per plant and number of fruits per plant. The evaluated data were submitted to analysis of variance and subsequently made up regression curves for each factor. Under the conditions studied in this work, the higher light intensity levels provide greater content of photosynthetic pigments, number of leaflets and yield per plant.

**Keywords:** Photosynthetic Active Radiation. *Fragaria X ananassa*. Photoperiod.

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$	micromol por metro quadrado por segundo
$\mu\text{mol m}^2$	micromol por metro quadrado
ha	hectare
PAR	Radiação Fotossinteticamente Ativa
nm	nanômetro
$\mu\text{m}$	micrômetro
m	metro
W	Watts



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	9
1.1	HIPÓTESE	11
1.2	OBJETIVO	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	12
2.1	HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ESPÉCIE	12
2.2	CULTIVO DE MORANGUEIRO SEM SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO	12
2.3	CULTIVARES	15
2.3.1	<b>Cultivar Camarosa</b>	15
2.4	FISIOLOGIA DO MORANGUEIRO	15
2.4.1	<b>Fotossíntese</b>	15
2.4.2	<b>Intensidade Luminosa</b>	17
2.4.3	<b>Fotoperiodismo</b>	20
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	22
3.1	LOCAL DO EXPERIMENTO	22
3.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	22
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	23
3.4	TRATAMENTOS	23
3.5	AVALIAÇÕES	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	26
4.1	CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS	26
4.2	ÁREA DE FOLÍOLO	29
4.3	NÚMERO DE FOLÍOLOS, NÚMERO DE FOLHA E TAMANHO DE PECÍOLO	30
4.4	INÍCIO DA FLORAÇÃO E FLORAÇÃO PLENA	31
4.5	PRODUÇÃO DE FRUTAS	32
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	35
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	36

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Antunes e Hoffman (2012), a produção de morangos no Brasil vem se expandindo a cada ano, de forma que o país é responsável, atualmente, por 40 % de toda área produzida na América do Sul. Os autores citam que, considerando o grupo das pequenas frutas produzidas no Brasil, o morangueiro destaca-se como a mais explorada com cerca de 3.500 ha cultivados. Neste contexto, 90% desta produção concentra-se no sul de Minas Gerais. No estado gaúcho a produção concentra-se principalmente em três regiões específicas: Vale do Caí, Serra Gaúcha e região de Pelotas (SPECHT e BLUME, 2011).

A inserção da cadeia de morango possui uma grande importância social e econômica, devido ao fato de possuir alto valor agregado e mobilizar produtores com escalas produtivas bem variadas, que abrangem mercados dos globais aos locais (BRACKMANN et al., 2001; SPECHT e BLUME, 2009; HENZ, 2010). O morangueiro é uma cultura que apresenta uma gama muito variada de alternativas de agroindustrialização (JOÃO et al., 2002), aumentando o potencial gerador de renda intrínseco à cultura.

Embora grande parte de toda produção nacional da fruta é realizada no solo (SANTOS E MEDEIROS, 2003), no Brasil o morangueiro é cultivado de várias formas: no solo, com ou sem cobertura plástica, em túneis baixos ou em estufas, ou no sistema hidropônico, com ou sem substrato, de forma que o sistema hidropônico cultivado em substrato é conhecido no país como semi-hidropônico (SANHUEZA, 2007).

Nos sistemas de produção convencionais, ou seja, no solo, há uma grande problemática centrada em questões sanitárias e ergonômicas, uma vez que a contaminação dos solos por patógenos causadores de doenças é bastante frequente e a questão ergonômica evidencia-se pela elevada frequência das colheitas rentes ao solo, aumentando os custos com mão-de-obra para essa cultura (GIMÉNEZ et al., 2008). A produção de morangos no sistema convencional é bastante suscetível ao ataque de fungos de solo, principalmente *Colletotrichum fragariae*, que é responsável por uma das principais causas de perdas para a espécie (FURLANI; FERNANDES JUNIOR, 2004). A rotação de culturas tem sido

importante nessa situação, no entanto acaba por se tornar um problema, principalmente em pequenas unidades de produção (FERNANDES-JÚNIOR et al., 2002).

Nesse sentido, técnicas de produção sem solo sobressaem-se devido a uma série de vantagens que apresentam em relação ao cultivo tradicional a campo e mesmo ao cultivo protegido no solo: uso de pequenas áreas, obtenção de elevadas produtividades, permite o cultivo durante todo o ano, reduz a demanda de defensivos e dispensa a rotação de culturas em função da troca de substrato (FAQUIN; FURLANI, 1999). O autor cita desvantagens, como custo inicial de implantação, acompanhamento permanente do sistema, dependência de energia elétrica ou de sistema alternativo e fácil disseminação de patógenos pelo sistema através da solução nutritiva.

Vários fatores influenciam nos resultados produtivos de uma cultura, os fatores ambientais, por exemplo, provocam alterações bioquímicas importantes nas plantas, como indução floral ou respostas produtivas (KIRSCHBAUM, 1998). Dentre os fatores que condicionam estas respostas, sobressai-se a intensidade da radiação (COSTA, 2009), principalmente em ambientes com alta tecnologia inserida, como é o caso de cultivos protegidos sem solo.

Segundo dados de Sá e Reghin (2007), a intensidade de radiação solar que atinge a superfície terrestre é bastante heterogênea, de forma que no início e no final do dia a intensidade que é interceptada pela planta é consideravelmente baixa, em função da curva de evolução natural da radiação diária.

Dados coletados da estação meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Cerro Largo evidenciam que em dias com alta radiação solar são necessários pelo menos 3 horas a partir do início do dia para que a radiação interceptada pela superfície terrestre chegue à  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , por exemplo. Pelo menos 2 horas, no entanto, antes do final do dia os valores novamente encontram-se abaixo de  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Ou seja, a intensidade luminosa é consideravelmente baixa nestes períodos do dia e, portanto, o fornecimento de radiação complementar pode alterar significativamente aspectos relacionados à indução floral. Em dias com baixa intensidade luminosa, segundo Sá e Reghin (2007) os valores podem não chegar à  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  durante o dia. Nos dados

coletados da estação local em um dia com baixa intensidade luminosa verificou-se valores abaixo de  $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , no entanto  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  foram observados apenas próximo ao meio-dia.

A maioria da literatura tem observado indução floral precoce e incremento de produtividade em morangueiro a partir deste processo. Contudo, uma importante parcela desta bibliografia é internacional (CHABOT, 1978; CEULEMANS et al., 1986; KIRSCHBAUM, 1998) e, portanto, adaptada aos sistemas de cultivo do Hemisfério Norte, onde condições climáticas são bastante distintas em termos de temperatura e fotoperíodo. Devido ao exposto, objetivou-se com este trabalho compreender o efeito do fornecimento de radiação complementar nos parâmetros vegetativos e produtivos do morangueiro.

## 1.1 HIPÓTESE

O fornecimento de radiação artificial em períodos críticos do dia altera os aspectos relacionados ao crescimento vegetativo e produtivos do morangueiro e, conseqüentemente, torna mais eficiente o processo fotossintético.

## 1.2 OBJETIVO

Avaliar crescimento vegetativo e características produtivas do morangueiro cultivar "Camarosa" cultivado sem solo sob diferentes intensidades de radiação artificial complementar.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ESPÉCIE

O morangueiro cultivado atualmente, *Fragaria x ananassa* Duch. (família Rosaceae, subfamília Rosoideae, tribo Potentilleae), foi originado do cruzamento entre as espécies silvestres *F. chiloensis* e *F. virginiana*, ocorrido, casualmente, nas proximidades de Brest, na França, possivelmente por volta de 1750 (CASTRO, 2004).

Segundo Oliveira e Santos (2003), a partir do século XIX, instituições oficiais de pesquisa deram início a programas de melhoramento genético da espécie, que acarretaram grande avanço com a produção de cultivares superiores. Assim, segundo estes autores, a cultura do morangueiro passou a despertar interesse comercial, inicialmente na América do Norte e, depois, na Europa, Ásia, América do Sul e África.

A década de 60 é considerada o marco histórico da cultura no Brasil, com a introdução de novas técnicas de cultivo, como a cobertura do solo, irrigação, mudas oriundas de matrizes indexadas e principalmente pela disponibilização de cultivares mais adaptadas e produtivas, como 'IAC-Campinas 2712' e 'Guarani', as quais são caracterizadas pela sua baixa exigência em frio, de forma que a partir daí a cultura se expandiu, sendo hoje cultivada nas mais diferentes condições ecológicas (DUARTE FILHO et al., 2004).

A evolução dos sistemas de produção tem proporcionado um aumento da produção em casas de vegetação, ou melhor, em ambiente protegido. Nestes casos o cultivo tem sido realizado fora do solo sobre bancada, o qual possui algumas vantagens quando comparado com o cultivo tradicional no solo.

### 2.2 CULTIVO DE MORANGUEIRO SEM SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Segundo Goto (1997), a utilização do plástico na agricultura teve início na década de 70, quando utilizava-se estes materiais como "*mulching*" na cultura do

morangueiro. No entanto, o autor cita que no contexto de coberturas das estruturas de produção, a técnica vem sendo empregada no Brasil desde a década de 80.

O sistema de plantio em ambientes protegidos no Brasil iniciou-se de uma forma bastante empírica, uma vez que na sua concepção inicial se restringia ao armazenamento de energia no interior desses ambientes em países de clima temperado e na proteção das plantas contra as adversidades climáticas, atuando como efeito “guarda-chuva”, atualmente vários avanços vêm sendo observados, principalmente no sentido de atender outros aspectos, como redução da umidade foliar, por exemplo (GOTO; DA HORA, 2007).

Grande parte da produção de morango brasileira é oriunda de sistemas convencionais a campo (FURLANI; FERNANDES JUNIOR, 2004), contudo, a necessidade da rotação de culturas em plantios sucessivos, aliada à maior conscientização do produtor de morangos quanto aos riscos do uso indiscriminado de agrotóxicos, têm motivado a busca por novas maneiras de cultivo para dar continuidade às suas atividades, como a produção de morangos em ambiente protegido, onde é reduzida a incidência de pragas e doenças de parte aérea (HOFFMAN; BERNARDI, 2006). Segundo Furlani e Fernandes Júnior (2004) o cultivo em ambientes protegidos têm apresentado alta produtividade mesmo em regiões com altas precipitações durante o ciclo reprodutivo. Antunes e Duarte Filho (2005) apontam algumas vantagens do cultivo protegido: redução da umidade foliar, com reflexos positivos na diminuição da ocorrência de doenças que atacam a parte aérea, proteção contra geadas e maior controle de temperatura e radiação em condições não ideais.

Para Ueno (2004), o cultivo protegido em túnel ou estufa tem reduzido o tempo de molhamento foliar das plantas, criando uma condição desfavorável para o desenvolvimento das doenças que dependem de alta umidade, entretanto doenças como oídio tem ganhado importância, pois prefere condições de baixa umidade. Segundo este autor, se a estufa ou túnel for mal manejada, quanto a sua abertura ou fechamento do ambiente interno, poderá agravar o problema de doenças como o mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e também de outras doenças, além de afetar diretamente a polinização das flores, resultando em baixo pegamento de frutas e frutas mal-formadas.

Alves (2006), afirma que a semi-hidroponia, também conhecida como cultivo em substrato, é uma tecnologia derivada da hidroponia, mais precisamente uma forma passiva desta, onde as raízes são colocadas em um substrato inerte que tem a função de dar suporte para as raízes e a planta.

Neste sistema, segundo o autor, diversos materiais podem ser utilizados, para constituição do substrato, sendo de origem orgânica ou mineral, dentre eles se destaca a casca de arroz carbonizada, a turfa, vermiculita e perlita. A casca de arroz carbonizada tem sido a mais utilizada como substrato em sistema semi-hidropônico, em função de sua estabilidade, tanto física quanto química, e baixo custo, além de ser resistente à decomposição. Hoffman e Bernardi (2006) afirmam que a semi-hidroponia é de grande importância para os produtores, pois assegura a rentabilidade da atividade e reduz a demanda de agrotóxicos na cultura. Isso se deve ao fato de que a produção é realizada em ambiente protegido, com redução de molhamento foliar e conseqüentemente diminuição do índice de doenças da parte aérea. O cultivo em substrato também auxilia na redução de incidência de fungos de solo, como relatado anteriormente.

Segundo Sanhueza (2007) a otimização da área de produção em função do plantio das mudas em prateleiras em diferentes níveis, a facilidade de manejo diário (ergonomia) e a não necessidade de rotação da área de cultivo são alguns dos pontos positivos do sistema de produção sem solo do morangueiro. Outros pontos importantes a serem mencionados é possibilidade de comercialização fora de época, uma vez que a produção sem solo possibilita disponibilizar fruto no mercado durante todo o ano utilizando cultivares de dia neutro. Ou seja, uma muda pode ser utilizada por até 3 anos, não necessitando nova implantação da área.

Esta técnica de produção está bem difundida principalmente na Europa, onde teve início em 1970, contudo, atualmente predominam os sistemas abertos, com drenagem de solução nutritiva e plantas colocadas em sacolas ou vasos contendo diferentes tipos de substratos (GIMÉNEZ et al., 2008).

Além das características relacionadas ao sistema de produção, a escolha da cultivar a ser utilizada é um aspecto que deve ser considerado, uma vez que as cultivares respondem diferentemente às condições que lhe são proporcionadas.

## 2.3 CULTIVARES

Dentre as principais cultivares utilizadas no sistema convencional no Brasil destaca-se a Camarosa, Benícia, Oso Grande, Albion e San Andreas. As 3 primeiras são consideradas cultivares de dias curtos, uma vez que são sensíveis ao fotoperíodo e estimuladas a entrar em período reprodutivo com diminuição do comprimento do dia. Albion e San Andreas, por sua vez, são insensíveis ao fotoperíodo e não respondem por esta variável (DIAS et al., 2014).

### 2.3.1 Cultivar Camarosa

Lançada em 1992 na Universidade da Califórnia, a cultivar Camarosa é considerada uma cultivar bastante vigorosa, demandando bastante atenção na adubação nitrogenada, além de ser produtiva e produzir frutas grandes e firmes, de aroma e sabor agradáveis e coloração avermelhada muito intensa (DIAS et al., 2014). Segundo os autores, esta cultivar se adapta bem ao clima do Rio Grande do Sul.

É considerada bastante suscetível à *Mycosphaella fragariae*, *Colletotricum acutatum* e *Botrytis cinera* (SANTOS, 2003). O autor relata que a cultivar tem por característica uma produção precoce, além de possuir folhas grandes e de coloração verde-escura.

Além do material genético a ser utilizado, a compreensão do processo fotossintético é de fundamental importância para a elucidação dos efeitos que a radiação pode estimular nas células vegetais.

## 2.4 FISIOLOGIA DO MORANGUEIRO

### 2.4.1 Fotossíntese

Realizada nos cloroplastos, a fotossíntese é responsável pela conversão de energia luminosa em energia química, principalmente através de duas unidades funcionais básicas: Fotossistema I e Fotossistema II, de forma que a energia



interceptada pela folha é utilizada para impulsionar a transferência de elétrons por uma série de compostos que atuam como doadores e aceptores desses elétrons (TAIZ; ZEIGER, 2005).

A capacidade de um indivíduo obter sucesso para desenvolver-se sob alta ou baixa intensidade de radiação podem ser baseadas na rapidez e na eficiência dos padrões de alocação e comportamento fisiológico, os quais são ajustados a fim de maximizar a aquisição de recursos ambientais (DIAS-FILHO, 1997). Ashton e Berlyn (1997) afirmam que o processo de fotossíntese requer basicamente três fatores: radiação fotossinteticamente ativa (RFA), água e dióxido de carbono, ou seja, para que uma planta consiga ser eficiente neste processo a sua condição ambiental deve proporcionar minimamente estes três aspectos.

De maneira simplificada, a radiação fotossinteticamente ativa é considerada a densidade de fluxo de energia compreendida na faixa espectral do visível (OLIVEIRA, 2010). Segundo Taiz e Zeiger (2005), os organismos vegetais possuem capacidade de absorver fortemente radiações com comprimento de onda de 430 e 660 nm, na faixa do azul e do vermelho, respectivamente, no entanto, na faixa do verde, em torno de 550 nm, a eficiência de absorção é consideravelmente baixa. Os autores afirmam que a energia da radiação é primeiramente absorvida pelos pigmentos da planta encontrados nos cloroplastos, sendo os principais: clorofila *a*, clorofila *b*.

A clorofila *a* está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica e é o pigmento utilizado para realizar a fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de radiação e na transferência da energia radiante para os centros de reação (TAIZ E ZEIGER, 2005).

A clorofila *b*, por sua vez, é caracterizada principalmente por ser um pigmento acessório, transferindo a energia absorvida para a clorofila *a* (TANAKA et al., 1998). Os autores ainda afirmam que muitos estudos têm sido realizados para elucidar a biossíntese da clorofila *b*, mas as rotas para sua formação ou das proteínas envolvidas ainda não foram elucidadas.

As clorofilas cumprem papel fundamental na absorção e transferência de radiação solar, podendo ser quantificadas para melhor compreensão dos efeitos que

variações ambientais provocam nas plantas, uma vez que, como descrito anteriormente, a clorofila *b* atua no sentido de transferência de energia para a clorofila *a*, responsável pelo primeiro estágio do processo fotossintético.

#### 2.4.2 Intensidade Luminosa

A radiação é um dos mais importantes fatores ambientais que afetam a sobrevivência da planta, bem como crescimento, reprodução e distribuição, no entanto, a intensidade na qual está sendo incidida exerce papel fundamental no crescimento e desenvolvimento, principalmente por afetar a fotossíntese e que, por sua vez, está relacionada com a acumulação de matéria orgânica e biomassa (DEVKOTA e JHA, 2010).

Segundo Taiz e Zeiger (2005), as respostas do fitocromo podem ser distinguidas pela quantidade de radiação requerida para induzi-las, conceitualmente chamada de "*fluência*" ( $\mu\text{mol m}^{-2}$ ), no entanto algumas respostas também podem ser sensíveis à *taxa de "fluência"* ou irradiância, conhecida como intensidade luminosa, a qual é medida também no tempo, ou seja, é uma quantidade de fótons que atinge uma determinada área em um determinado tempo, tendo como unidade padrão o " $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ".

Segundo Gliessman (2009), níveis de intensidade baixos podem levar uma planta ao ponto de compensação de radiação, ou seja, o nível de intensidade luminosa em que a quantidade de fotossintato produzida é igual a necessária para a respiração. Desse modo, o autor afirma que o nível de intensidade, quando não atende a demanda necessária para a espécie, pode ocasionar diferentes danos nos tecidos da planta.

Plantas sob baixa luminosidade tendem a expandir a lâmina foliar e serem mais delgadas permitindo maior interceptação da radiação e maiores intensidades proporcionam folhas com menor área e maior espessura, consequência do reforço mecânico desenvolvido para evitar a perda de água e proteger o aparelho fotossintético (EVANS e POORTER, 2001). No entanto, este padrão é visualizado quando compara-se, por exemplo, situações à pleno sol com outras sob alguma taxa de sombreamento (40 % da radiação solar efetiva, por exemplo, ou  $700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

<sup>1</sup>), fazendo que sejam fotooxidadas moléculas de clorofila quando em intensidade à pleno sol. Em contrapartida, intensidades baixas (geralmente menores que 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) não costumam ser suficientes para oxidar pigmentos (TAIZ e ZEIGER, 2005), evidenciando um possível aumento destes teores com aumentos progressivos de intensidade luminosa, desde que esta não ultrapasse o ponto a partir do qual é possível observar o processo fotooxidativo.

Saber como as espécies vegetais respondem morfológica e fisiologicamente em diferentes condições de radiação pode ser fundamental para ajudar a prever os seus padrões de ocorrência e abundância sob condições ambientais específicas (DIAS-FILHO, 1997).

Em experimento realizado na Argentina, Peri et al. (2009) testaram diferentes intensidades luminosas em duas espécies do gênero *Nothofagus* e avaliaram, dentre outros fatores, a Taxa Líquida de Fotossíntese (TLF), concluindo que com o acréscimo de intensidade luminosa há aumento na TLF, no entanto a partir de determinado ponto, esta taxa começa a estabilizar-se, ou seja, chegando ao pico de absorção.

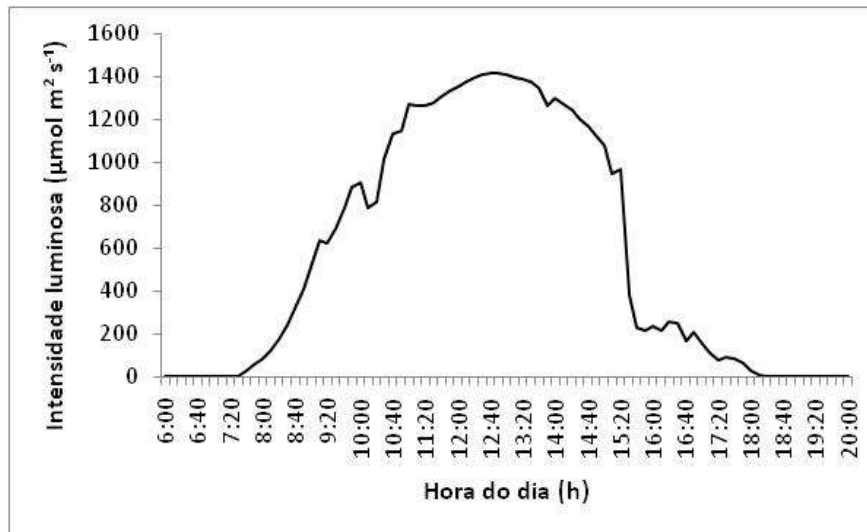
Dias-Filho (1997), por sua vez, avaliou intensidades de radiação em *Solanum crinitum* na região Amazônica e também observou, com incremento de intensidade de radiação, aumento inicial da taxa fotossintética e posterior estabilização desta taxa a partir de 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , evidenciando a importância do complemento adequado de radiação quando em situações de baixa intensidade, uma vez que o aumento da intensidade proporciona aumento exponencial da taxa fotossintética.

Kirschbaum (1998), ao avaliar o fornecimento de radiação artificial complementar, concluiu que a produção de flores e de frutas de morangueiro, com aumento de intensidade luminosa na faixa de 400 e 450  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , pode ser melhorada no sentido de antecipar a indução foliar, uma vez que o acúmulo de reservas será realizado de forma mais eficiente em função da ampliação do período de fornecimento e da qualidade desta radiação em termos de intensidade luminosa.

Os dados locais referentes à intensidade luminosa evidenciam os baixos valores obtidos no início e no final do dia, ressaltando a importância do complemento de radiação fotossinteticamente ativa. Nas figuras são apresentados dados de intensidade luminosa em dias ensolarados (Figura 1) e com pouca radiação (Figura

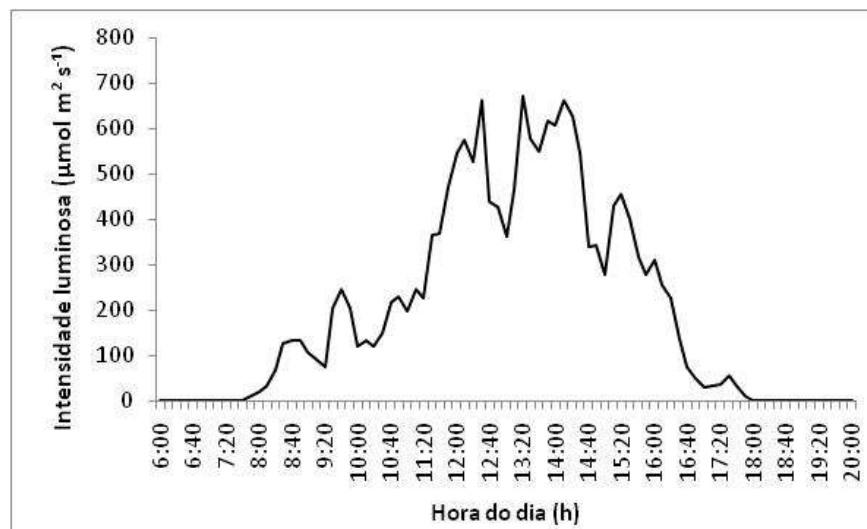
2). Nota-se que em dias com baixa intensidade luminosa os valores podem não ultrapassar  $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , além de alcançar  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  apenas próximo ao meio-dia.

**Figura 1** - Valores diários de intensidade luminosa em dia ensolarado (Cerro Largo/RS, 19/07/2015).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Figura 2** - Valores diários de intensidade luminosa em dia com baixa radiação (Cerro Largo/RS - 21/07/2015).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

### 2.4.3 Fotoperiodismo

A capacidade de um organismo em detectar a duração do dia possibilita que um evento ocorra em um determinado ciclo do ano, evidenciando uma resposta sazonal como reflexo à percepção dos ciclos circadianos pelas plantas, principalmente em relação a ciclos de luz e escuridão (TAIZ E ZEIGER, 2005).

Pela correlação das horas de luz ou escuridão com outros fatores climáticos, especialmente temperatura, as plantas desenvolveram respostas adaptativas aos regimes de luz/escuridão, como florescimento, germinação de sementes e mudança de pigmentação, por exemplo, processos pelos quais o fitocromo é o principal agente fotorreceptivo, responsável por regular estas respostas (GLIESSMAN, 2009), como também cita Pedroso et al. (2007) ao afirmar que o fitocromo é o fotorreceptor mais conhecido e está associado ao controle e desenvolvimento em quase todos os estágios do ciclo de vida de uma planta.

Há várias expressões de fitocromos, no entanto duas delas desempenham papel importante no fotoperiodismo, em função de seus picos de absorções diferenciados: um absorve radiação na faixa espectral de 600 nm (vermelho) e outro em 730 nm (vermelho distante), de forma que durante o dia a forma de radiação vermelha (biologicamente ativa e responsável pelas respostas básicas das plantas ao número de horas de luz ou de escuridão) é convertida rapidamente para a radiação vermelha distante (portanto, dominante), e no escuro a forma vermelha distante vagarosamente converte-se de volta para forma vermelha (GLIESSMAN, 2009), ou seja, noites relativamente curtas não são suficientes para que o vermelho seja dominante.

O fim da dominância contínua do fitocromo vermelho distante (em função de noites maiores e conseqüente início da dominância pelo fitocromo vermelho) deflagra o crescimento de gemas florais, ou seja, períodos noturnos maiores, desencadeiam o início do florescimento no morangueiro (GLIESSMAN, 2009). Plantas que se adaptam à esta descrição são classificadas como de "dias curtos", como é o caso da cultivar Camarosa utilizada neste trabalho.

Cada espécie possui uma quantidade exata de horas radiação (nível crítico) abaixo da qual inicia-se a mudança comportamental das plantas, passando à

emissão de gemas florais (GARDE, 2013). Kirschbaum (1998) afirma que genótipos de dias curtos iniciam o florescimento quando ocorrem de 9 à 16 ciclos de 8 à 14 horas de radiação, no entanto, mudanças de temperatura também influenciam consideravelmente na mudança do período de crescimento vegetativo para o reprodutivo. Para Santos e Medeiros (2003), quando em fotoperíodo constante, as plantas de dia curto respondem preferencialmente à temperatura. Em fotoperíodos superiores à 14 horas, por sua vez, também é possível visualizar florescimento desde a temperatura esteja abaixo de 15 °C, ou seja, a entrada em florescimento é produto da relação entre fotoperíodo e temperatura.

Na região das missões o período de desenvolvimento das mudas inicia com o plantio de abril a junho, de forma que o período de crescimento vegetativo avança até julho e agosto, onde, neste período do ano, o ciclo diário possui em média 10 horas em função da posição da Terra em relação ao Sol. A hipótese a ser testada neste experimento é se o uso da radiação complementar até o período de florescimento poderia potencializar o crescimento das plantas quantitativamente, pelo maior fotoperíodo fornecido, e qualitativamente, pela intensidade adequada durante este período, proporcionando armazenamento de reservas para o período produtivo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, localizada em Cerro Largo, região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O município está situado na latitude aproximada de 28° 08' sul e longitude 54° 44' oeste, e encontra-se a 230 metros acima do nível do mar. O clima do local pode ser caracterizado como Cfa, segundo classificação de Köppen.

#### 3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

As plantas foram cultivadas em semi-hidroponia com sistema aberto, na qual o excedente da irrigação/fertirrigação é lixiviado. Foram utilizados "slabs" dispostos longitudinalmente sobre bancada, a qual foi posicionada à 0,9 m de altura em relação ao solo e protegida por túnel baixo com polietileno transparente de 150 µm de espessura. Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento através de fitas gotejadoras instaladas internamente aos "slabs". O plantio foi realizado no dia 02 de junho de 2015 com mudas vernalizadas importadas do Chile.

O substrato utilizado é proveniente da empresa Agrinobre e possui 60% de Capacidade de Retenção de Água e Condutividade Elétrica de 1,5. A nutrição da cultura ocorreu por meio de fertirrigações utilizando como referência a solução nutritiva empregada por Schmitt (2013), com algumas modificações. As fontes de macronutrientes foram o nitrato de potássio, nitrato de cálcio Calcinit®, sulfato de magnésio e fosfato monoamônico, cujas proporções foram ajustadas para atingir a concentração em mmol L<sup>-1</sup> de: 10,49 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 4,36 de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 4 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 6 de K<sup>+</sup>; 2,0 de Ca<sup>+2</sup>; 1 de Mg<sup>+2</sup>; 1 de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>; e os micronutrientes foram fornecidos através de uma solução estoque nas concentrações, em mg L<sup>-1</sup>, de: 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,22 de Zn; 0,06 de Cu e 0,50 de Mn e separadamente 1 de Fe na forma quelatizada. Foi realizado Manejo Integrado de Pragas e Doenças conforme necessidade.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para condução deste experimento utilizou-se a cultivar Camarosa. O delineamento experimental foi o Delineamento Inteiramente Casualizado com 5 tratamentos e 6 repetições por tratamento. Cada repetição foi constituída por uma planta de morangueiro, portanto totalizando 30 unidades experimentais. Cada "slab" acondicionou 01 tratamento e possui comprimento unitário de 01 m. As mudas foram plantadas com 30 cm de espaçamento entre linhas e entre plantas. Os "slabs" foram dispostos de forma a ficarem distanciados entre si 0,3 m.

### 3.4 TRATAMENTOS

Os tratamentos constituíram-se de diferentes intensidades luminosas (100, 200, 300 e 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), as quais foram fornecidas em momentos com baixa intensidade luminosa proveniente da radiação solar no período que compreende entre 06:00 a 09:00 h e 16:00 a 18:00 h, totalizando 5 horas diárias. A planta ficou exposta a um fotoperíodo de 12 horas em função de sua característica genética de planta de "dia curto". Para operacionalização das lâmpadas instalou-se um temporizador na fonte de energia elétrica.

Para fornecimento das diferentes intensidades luminosas propostas neste trabalho foram utilizadas as seguintes condições: no tratamento de 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  utilizou-se lâmpadas de 13 W posicionadas uniformemente acima das plantas, para o fornecimento de 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  as lâmpadas tinham potência de 20 W; para o tratamento com 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  foram necessárias lâmpadas com 32 W e, para obtenção de 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , foram instaladas lâmpadas com 45 W. Para ambos os tratamentos foram utilizadas lâmpadas fluorescente de cor branca da marca Taschibra, de forma que as alturas destas em relação às plantas foram determinadas com a utilização de um luxímetro (Sunche<sup>®</sup> - Light meter HS1010) posicionado na altura central do dossel. Semanalmente foi realizada nova aferição e adequação da altura das lâmpadas.



### 3.5 AVALIAÇÕES

As avaliações foram realizadas a partir do período de estabelecimento das plantas (emissão da primeira folha trifoliolada) e se estenderam até o final do mês de agosto. Os dados avaliados foram os seguintes: clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, área do folíolo, área foliar total, número de folíolos, início da floração e floração plena e os respectivos números de flores, altura da planta, altura do pecíolo, produção por planta e número de frutas por planta.

Os dados referentes a clorofila *a*, *b* e total foram coletados aos 15, 35 e 51 dias pelo método proposto por Telles et al. (1977) e posterior leitura das amostras em espectrofotômetro (Shimadzu® UV-1601 PC) na faixa espectral de 645 e 663 nm, correspondente a valores de absorbância da clorofila. O método de extração é composto pela utilização de 0,1 g de folha para cada amostra e posterior maceração com 1 mL de acetona 80%. Após isso, adicionava-se 9 mL desta acetona às amostras e as mesmas eram submetidas à centrifugação à 1200 rpm durante 5 minutos. A partir deste procedimento, eram realizadas as leituras no espectrofotômetro com o sobrenadante, sendo gerados dados referentes à clorofila *a* e *b*, os quais, através da fórmula proposta por Arnon (1949), foram transformados para  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Essa avaliação ocorreu em 03 momentos, englobando o período inicial, intermediário e final do ciclo de crescimento vegetativo. Estes dados foram obtidos a partir da utilização da segunda folha trifoliolada desenvolvida no momento da avaliação (ANDRIOLO et al., 2014).

Os aspectos relacionados ao número de folhas e folíolos foram avaliados no final do ciclo de crescimento vegetativo, de forma que foram realizados através de contagem manual. Nesta mesma frequência, fez-se uma medição de altura das plantas e altura de pecíolo, além de índice de área foliar total e área do pecíolo. Estas medições foram efetuadas com a utilização de um paquímetro digital.

Para determinação das características referentes à floração, considerou-se o seguinte: quando 50% das plantas do tratamento estiveram com a primeira flor aberta caracterizou-se como início da floração. Quando todas as plantas possuíam a primeira flor aberta, considerou-se que o tratamento estava em plena floração. O início e plena floração foram determinados pela soma térmica, expressa em graus-

dia. Contabilizou-se também o número de flores total de cada tratamento em ambas avaliações.

No que se refere às características produtivas, avaliou-se a produção desde a primeira fruta até o final do mês de agosto, uma vez que não seria possível estender estas avaliações em função do calendário letivo. A massa produzida por planta foi mensurada em balança digital enquanto o número foi determinado por contagem direta.

Os dados avaliados foram submetidos a análise de variância e curvas de regressão com nível de significância de 5%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

As três (03) avaliações de clorofila realizadas possibilitaram a observação de resultados importantes do ponto de vista da resposta da cv. Camarosa submetida à radiação complementar. A primeira avaliação resultou em dados não significativos com variação de 1492,12  $\mu\text{g g}^{-1}$  (testemunha) até 1546,02  $\mu\text{g g}^{-1}$  (tratamento com 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de clorofila *a*. A partir da segunda avaliação os dados referentes à quantificação da clorofila *a* (Clor. *a*), clorofila *b* (Clor. *b*) e clorofila total (clor. total) nos tecidos foliares resultaram em efeitos lineares em relação aos níveis de radiação luminosa.

Na segunda avaliação (Figura 3), que foi realizada no período intermediário entre o início e o final do ciclo de crescimento vegetativo, observou-se que clor. *a*, clor. *b* e clor. total aumentam suas concentrações quando em níveis crescentes de radiação artificial complementar. As retas se ajustaram com  $R^2 = 0,82, 0,74$  e  $0,83$ , respectivamente.

A terceira avaliação (Figura 4), por sua vez, evidenciou uma inclinação mais acentuada para clor. *a*, sugerindo maior acúmulo deste pigmento em situações com maior intensidade luminosa, mesmo considerando a evolução natural do teor de clorofila na folha, de forma que em todas as condições, o tratamento que não recebeu radiação complementar obteve menor quantidade de clorofila *a*, clorofila *b* e total ( $R^2 = 0,84, 0,70$  e  $0,89$ , respectivamente). Observou-se 23% a mais de clorofila *a* no tratamento com maior intensidade luminosa quando comparado ao testemunha.

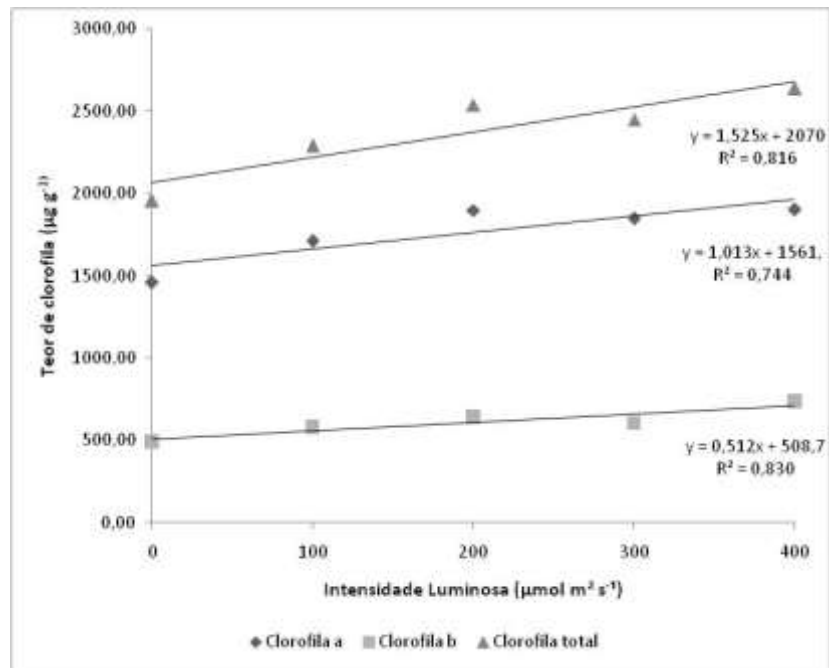
Os resultados observados são coerentes do ponto de vista fisiológico, uma vez que o teor de clor. *a* é o pigmento responsável por realizar o primeiro estágio do processo fotossintético, enquanto a clor. *b* atua principalmente na absorção de radiação e na transferência da energia radiante para a clorofila *a* (TAIZ e ZEIGER, 2005). A adaptação das plantas a uma determinada condição de irradiância está associada à quantidade de clorofilas, já que a radiação é considerada como um dos principais fatores associados ao metabolismo clorofiliano (LIMA JÚNIOR, et al., 2005). Desta forma, quantidades maiores de radiação fotossinteticamente ativa

tendem a proporcionar maiores concentrações destes pigmentos, cada qual com sua função, como destacado anteriormente.

Essa relação ocorre até o ponto em que a radiação passa a ser prejudicial para a clorofila, uma vez que intensidades luminosas muito elevadas tendem a estimular o processo oxidativo, que se dá através da excitação prolongada da clorofila *a*, por exemplo, que nesse caso pode reagir com o O<sub>2</sub> e formar radicais livres, o qual é destrutivo para os pigmentos (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979; TAIZ e ZEIGER, 2005). Experimentos comparando os teores destes pigmentos têm sido amplamente relatados na literatura para diversas culturas (LIMA JÚNIOR et al., 2005; REGO e POSSAMAI, 2006; ALVARENGA et al., 2003), de forma que geralmente plantas expostas a pleno sol possuem menor teor de clorofila total do que aquelas cultivadas com telas de sombreamento, em função do processo oxidativo, ou seja, nestes casos maiores intensidades refletem em menor teor de clorofila. Chabot (1977) ao trabalhar com *Fragaria vesca* observou maior taxa fotossintética e concentração de pigmentos fotossintéticos com o aumento progressivo da intensidade luminosa fornecida.

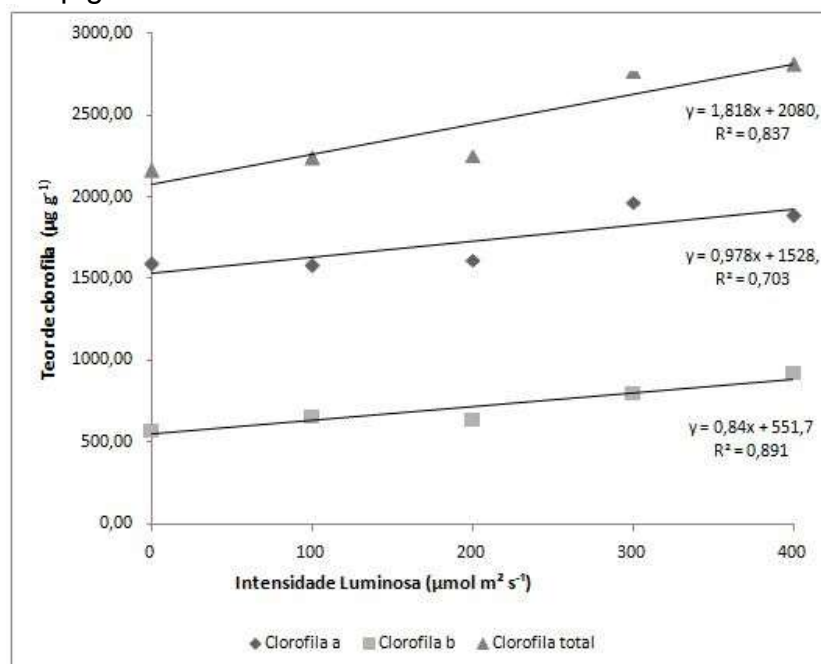
No entanto, este trabalho evidenciou o contrário: maior intensidade proporcionou maior teor de pigmentos fotossintéticos, e isso se deve ao fato de que as intensidades aqui avaliadas não chegam ao ponto capaz de fotooxidar as moléculas de clorofila, o qual varia entre as espécies, mas geralmente situa-se acima de 1000  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , conforme Taiz e Zeiger (2005).

**Figura 3** - Valores médios de concentração de clorofila a, clorofila b e clorofila total na segunda avaliação sobre teor de pigmentos fotossintéticos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Figura 4** - Valores médios de concentração de clorofila a, clorofila b e clorofila total na terceira avaliação sobre teor de pigmentos fotossintéticos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 4.2 ÁREA DE FOLÍOLO

Plantas que foram expostas a incremento de fotoperíodo, independente da intensidade luminosa fornecida, obtiveram tamanho foliar reduzido quando comparado à testemunha (figura 5).

Dentre as quatro intensidades luminosas testadas observou-se que a medida em que esta é aumentada a planta tende a produzir folíolos, e por consequência também folhas, maiores. Nesta situação, ajustou-se uma função de 2º grau, com  $R^2 = 0,79$ .

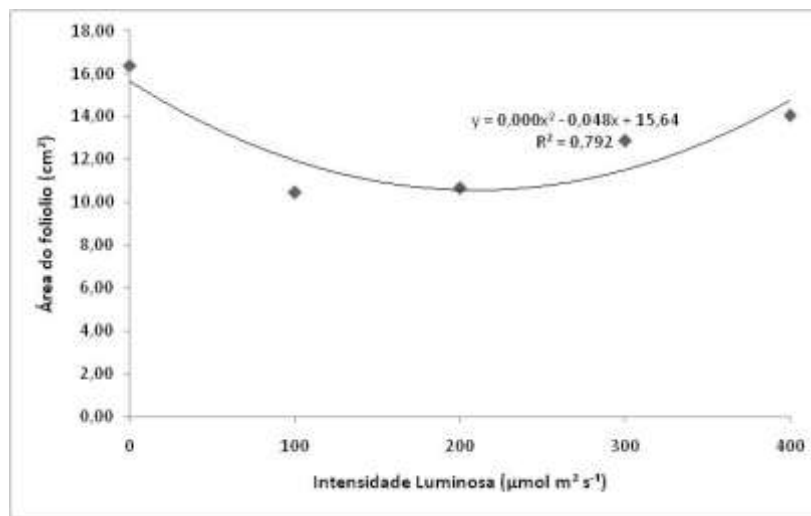
Vários fatores podem ter colaborado para que este resultado fosse encontrado, além da intensidade luminosa, dentro os principais destaca-se o fotoperíodo, o qual é reduzido no tratamento testemunha (sem radiação complementar) e tende a proporcionar maior tamanho de folhas, principalmente como uma estratégia de adaptação para maior captação de radiação solar. Dados similares são observados na literatura por Colares et al. (2007), que afirmam que a espécie *Potamogeton pectinatus* L., quando submetida à condição de fotoperíodo reduzido (10 horas), o comprimento da folha das plantas aumentou em relação àquelas produzidas em fotoperíodo maior (14 horas).

Fornecendo fotoperíodo padrão superior ao natural as plantas tendem a responder a intensidade luminosa que é proporcionada com alteração na morfologia da folha. Ou melhor, a planta pode variar o seu comportamento quando a intensidade artificial proporcionada é  $0 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  em um momento com ausência de radiação solar. Significa dizer que nesse caso, além de anular a intensidade luminosa complementar, diminui-se também o fotoperíodo, interferindo em outra característica de resposta característica da planta: relação entre horas de luz e horas de escuro. Para esta variável em específico a resposta para o fornecimento de 0 (testemunha), 100, 200, 300 e  $400 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  não pode ser linear, pois na primeira opção, além da intensidade, está variando também o fotoperíodo.

O aumento de tamanho foliar evidenciado com o aumento de intensidade luminosa pode ser explicado em função de uma resposta natural da planta a aumentos progressivos de intensidade, desde que estes valores não ultrapassem o ponto a partir do qual a quantidade de radiação seja excessivo. Neste caso, a

tendência das folhas, segundo Evans e Poorter (2001), é diminuir seu tamanho para proteger-se de uma situação de estresse por excesso de radiação. Os dados observados neste trabalho também foram verificados por Salgado et al. (2012) ao testar níveis de intensidade luminosa em tomilho. Os dados referentes à área foliar total não foram significativos e variaram de 192,9 cm<sup>2</sup> para a testemunha e 264,9 cm<sup>2</sup> para o tratamento de maior intensidade.

**Figura 5** - Área do folíolo avaliada sob diferentes intensidades luminosas.

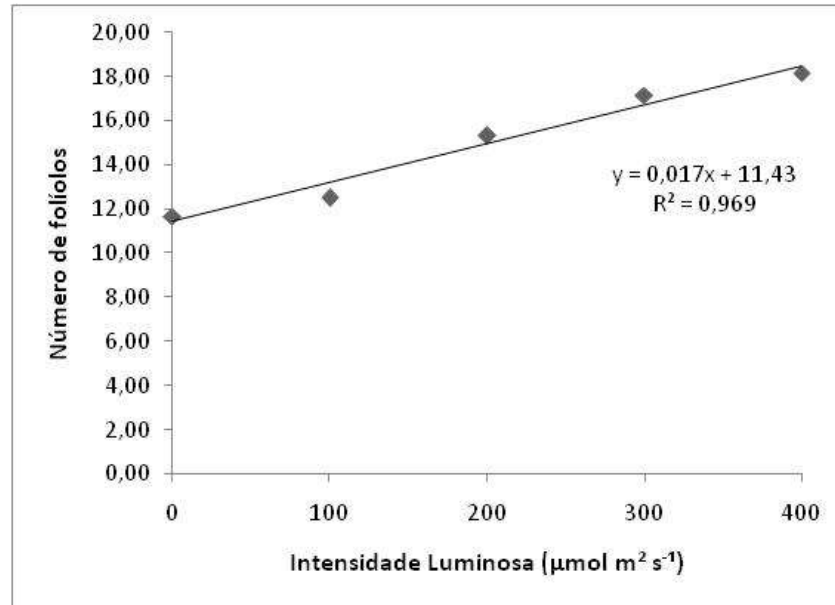


**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2015.

#### 4.3 NÚMERO DE FOLÍOLOS, NÚMERO DE FOLHA E TAMANHO DE PECÍOLO

O número de folíolos observado ajustou-se uma função linear positiva com  $R^2 = 0,97$ , como mostra a figura 6. O tratamento que obteve maior número de folhas foi com 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , de forma que os menores valores visualizados foram obtidos no tratamento testemunha, ou seja, incrementos de radiação artificial complementar tendem a proporcionar maior número de folhas. Estes dados são coerentes com grande parte da literatura encontrada (FERNANDES, 2012; DECKER et al., 2011; MATOS et al., 2011). Os dados observados para número de folhas não foram significativos, no entanto evidenciaram o menor valor no tratamento testemunha e o maior em 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para o tamanho do pecíolo os dados também não foram significativos, variando de 5,2 até 6,1 cm.

**Figura 6** - Número de folíolos avaliados sob diferentes intensidades luminosas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

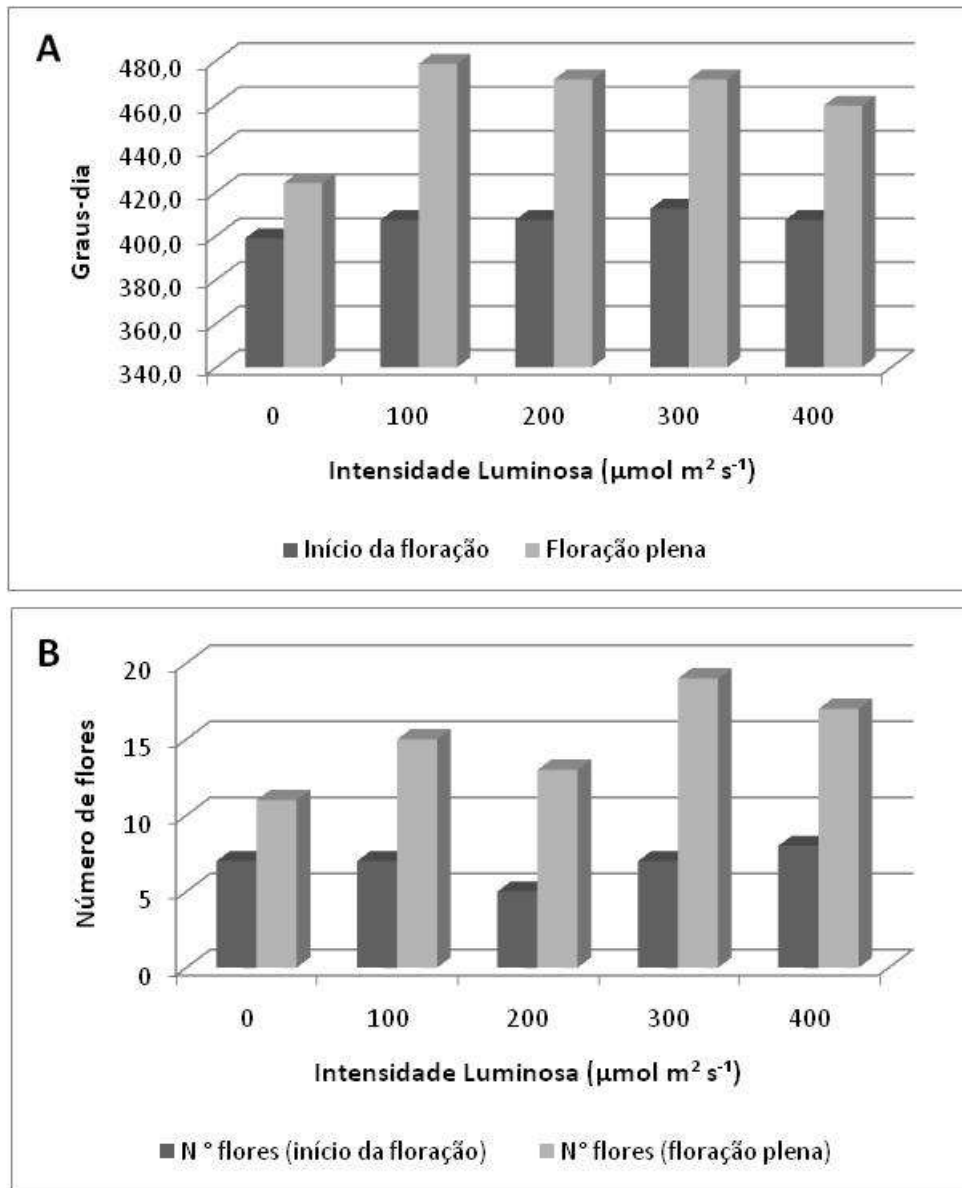
#### 4.4 INÍCIO DA FLORAÇÃO E FLORAÇÃO PLENA

As variáveis referentes ao final do ciclo de crescimento vegetativo, ou seja, a entrada da planta em período de floração, através da contabilização em graus-dia, podem ser observados na figura 7a e revelam que a intensidade luminosa não apresentou efeito significativo para antecipação da entrada em floração (50% das plantas do tratamento com a primeira flor).

Para a floração plena (100% das plantas com a primeira flor) observou-se uma tendência de o tratamento testemunha alcançar a plena floração antes dos demais, no entanto, quando observado o número de flores encontrado em cada tratamento (Figura 7b), observou-se maior quantidade destas quando em maiores intensidades luminosas. O número de flores total no momento de início da floração também parece não ser afetado pelos tratamentos.



**Figura 7** - Graus-dia necessários para início da floração e floração plena (A) e número de flores em cada uma das situações (B).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

#### 4.5 PRODUÇÃO DE FRUTAS

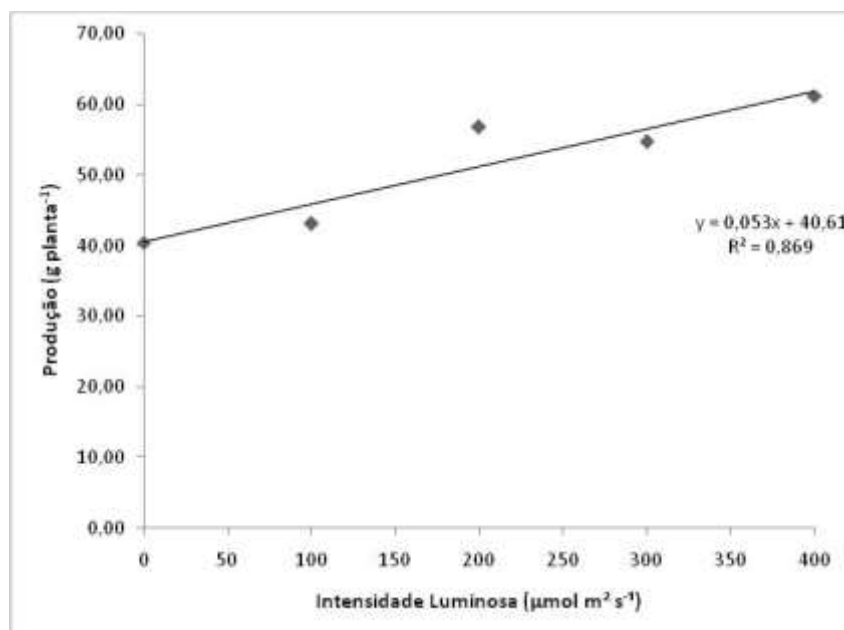
Os dados referentes ao número e massa de frutas produzidas por plantas (figura 8). Foram considerados os valores coletados no mês de agosto. O tratamento que recebeu maior intensidade luminosa produziu a maior massa de frutas por planta (61,25 gramas) e estes valores diminuem a medida em que é fornecido

intensidade luminosa menor. Os dados se ajustam a uma função linear com  $R^2 = 0,87$  (figura 8).

A mesma tendência foi observada quanto ao número de frutas por planta (Figura 9), onde maiores intensidades luminosas proporcionaram maior quantidade de frutas ( $R^2 = 0,84$ ). Esta relação pode ser explicada em função principalmente dos aspectos relacionados à quantidade de clorofila presente nas folhas, que pode levar à maiores taxas fotossintéticas, como já evidenciado anteriormente. Valores referentes à massa média das frutas não foram significativos e tiveram média variando entre 10,2 e 10,7 gramas.

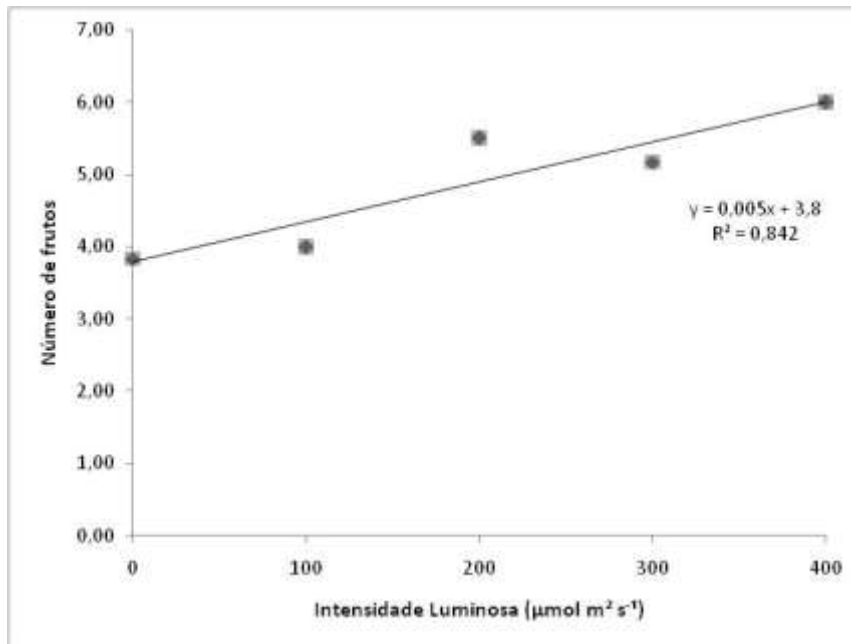
De forma geral, é possível afirmar que o aumento de intensidade luminosa em plantas de morangueiro tem efeito significativo sobre aspectos morfológicos e fisiológicos (KIRSCHBAUM, 1998; CEULEMANS et al., 1986). Estes autores ainda afirmam que os efeitos destas variações pode refletir diretamente nas características produtivas das plantas de morangueiro, como encontrado neste trabalho. Os dados de produção são importante ao ponto que justificam e também são resultado de diversos fatores avaliados neste trabalho, como teor de clorofila e número de folíolos e flores, por exemplo.

**Figura 8** - Produção por planta de morangueiro cultivado sob diferentes intensidades luminosas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

**Figura 9** - Número de frutas por planta de morangueiro cultivado sob diferentes intensidades luminosas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de diferentes níveis de intensidade luminosa proporciona diferenças significativas em aspectos morfológicos, fisiológicos e produtivos da cultura do morangueiro cv. Camarosa.

Nas condições estudadas neste trabalho, maiores níveis de intensidade luminosa proporcionam aumento no teor de pigmentos fotossintéticos, número de folíolos e produção por planta.

Radiação artificial complementar não evidenciou antecipação da indução floral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVES, M. O. **Produção de Morangos Ecológicos: Estudos Preliminares da Semi-hidroponia**. 2006. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Administração), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- [2] ANDRIOLO J. L.; JANISCH D. I.; DAL PICIO M.; SCHMITT O. J.; LERNER M. A. Nitrogen accumulation and monitoring by strawberry stock plants for runner tips production, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p.273-279, 2014.
- [3] ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. **Sistema de Produção do Morango**, 5. Embrapa Clima Temperado. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemProducaoMorango/>>. Acesso em: 21 mai. 2005.
- [4] ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. **Pequenas Frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2012.
- [5] ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, United Kingdom, Maryland, v. 24, p. 1-15, 1949.
- [6] ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade, **New Phytologist**, Oak Ridge, v. 121, p. 587-596, 1992.
- [7] BRACMANN, A.; HUNSCHE, M.; WACLAWOVSKY, A. J.; DONAZZOLO, J. Armazenamento de morangos cv. Oso grande (fragaria ananassa l.) Sob elevadas pressões parciais de co2. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p.10-14, 2001.
- [8] CAMARGO, L. K. P. **Produtividade e Qualidade de cultivares de morangueiro em sistemas orgânico e convencional na região de guarapuava-PR**. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2008.
- [9] CASTRO, R. L. de. Melhoramento Genético do Morangueiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., 2004, Pelotas, **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.
- [10] CEULEMANS, R.; BAETS, W.; VANDERBRUGGEN, M., Impens I. Effects of supplemental irradiation with HID lamps, and NFT gutter size on gas exchange, plant morphology and yield of strawberry plants, **Scientia Horticulture**, Amsterdam v. 28, p. 71-83, 1986.

- [11] CHABOT, B. Environmental influences on photosynthesis and growth in *Fragaria vesca*, **New Phytologist**, Oak Ridge, v. 80, p. 87-98, 1978.
- [12] CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. dos. **Fruticultura em Ambiente Protegido**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012.
- [13] DA COSTA, R. C. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambiente protegido**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.
- [14] DAROLT, M. R. Morango orgânico: opção sustentável para o setor. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 2, n. 34, p. 58-61, 2008.
- [15] DAVKOTA, A.; JHA, P. K. Effects of different light levels on the growth traits and yield of *Centella asiatica*, **Middle-East Journal of Scientific Research**, Dubai, v. 5, n. 4, p. 226-230, 2010.
- [16] DIAS, M. S. C.; PÁDUA, J. G.; SILVA, A. F.; LONDE, L. N.; REIS, J. B. R. S.; JESUS, A. M. de. Cultivares (Morango: tecnologias de produção ambientalmente corretas). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, p. 39-47, 2014.
- [17] DIAS-FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* lam. to contrasting light environments, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 789-796, 1997.
- [18] DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. de . Introdução e avaliação de cultivares de morangueiros no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2004, Recife, **Anais...**, Botucatu: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2004.
- [19] EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain, **Plant, Cell and Environment**, Malden, v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.
- [20] FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido, **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.
- [21] FERNANDES JÚNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido, **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, 2002.
- [22] FURLANI, P. R.; FERNANDES JÚNIOR, F. Cultivo Hidropônico de Morango em Ambiente Protegido. In: Simpósio NACIONAL DO MORANGO, 2., 2004, Pelotas, **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.

- [23] GARDE, G. P. **Suplementação de radiação intermitente emitida por led sobre as características fitotécnicas e anatômicas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev)**. 2013. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2013.
- [24] GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo de morangueiro, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 273-279, jan./fev. 2008.
- [25] Gliessman, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. ed. 3. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- [26] GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 163-165, 1997.
- [27] GOTO, R.; DA HORA, R. C. Avanços na área de cultivos protegidos para pequenas frutas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 4., 2007, Vacaria, **Anais...**, Vacaria: Embrapa Uva e Vinho, 2007.
- [28] HENZ, G. P. Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, jul./set. 2010.
- [29] HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. **Produção de Morangos no Sistema Semi-Hidropônico**. Embrapa Uva e Vinho. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/introducao.htm>> Acesso em: 25 mai. 2015.
- [30] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores Agropecuários**, 2012.
- [31] JOÃO, P. L.; DA ROSA, J. I.; FERRI, V. C.; MARTINELLO, M. D. **Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/Ascar, 2002.
- [32] KIRSCHBAUM, D. S. **Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Dissertação (Mestre em Ciência). University of florida, Gainesville, 1998.
- [33] OLIVEIRA, F. C. **Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa para as Bacias dos Rios Doce, São Mateus e Jequitinhonha**. 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- [34] OLIVEIRA, M. A. C.; SANTOS A. M. dos. Classificação botânica, origem e evolução, **Morango Produção** (Frutas do Brasil, 40), Brasília, 2003.
- [35] PEDROSO, L.; SILVA, L. da.; PEREIRA, M. Influência do fotoperíodo no florescimento da neve-da-montanha (*Euphorbia leucocephala*), **Nucleus**, Ituverava, v. 4, n. 1-2, set. 2007.

- [36] PERI, P. L.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M. V. Photosynthetic response to different light intensities and water status of two main *Nothofagus* species of southern Patagonian forest, Argentina, **Journal of Forest Science, Slezská** ed. 55, n. 3, p. 101-111, 2009.
- [37] SÁ, G. D. de; REGHIN, M. Y. Desempenho de duas cultivares de chicória em três ambientes de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 378-384, mar./abr. 2008.
- [38] SANHUEZA, R. M. V. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 4., 2007, Vacaria, **Anais...** Vacaria: Embrapa, p. 61 - 64, 2007.
- [39] SANTOS A. M. dos. Cultivares, **Morango Produção** (Frutas do Brasil, 40), Brasília, 2003.
- [40] SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. **Morango: produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003.
- [41] SCHMITT, O. J. **Concentração da solução nutritiva em sistema fechado com substrato na produção de pontas de estolões de morangueiro e maços de salsa e cebolinha**. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- [42] SPECHT, S.; BLUME, R. Competitividade e segmento de mercado à cadeia do morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 21., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009.
- [43] SPECHT, S.; BLUME, R. A Competitividade da Cadeia do Morango no Rio Grande do Sul, **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v.3, n.1, 2011.
- [44] TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. ed. 5. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- [45] TANAKA, A.; ITO, H.; TANAKA, R.; TANAKA, N. K.; YOSHIDA, K.; OKADA, K. Chlorophyll *a* oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll *b* formation from chlorophyll *a*, **Plant Biology**, Balden, v. 95, n. 21, p. 12719-12723, 1998.
- [46] TELLES, F. F. F.; BARBOSA, F. F.; PINHEIRO, P. A. P. A simple technique for industrial analysis of total chlorophyll. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 24, p. 338-340, 1977.
- [47] UENO, B. Manejo Integrado de Doenças do Morango. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., 2004, Pelotas, **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.