

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MODIFICAÇÕES NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
ARTIFICIAL NO CULTIVO DE MUDAS DE
CRISÂNTEMOS E BEGÔNIAS EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

Eduardo David

**CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2011**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MODIFICAÇÕES NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
ARTIFICIAL NO CULTIVO DE MUDAS DE
CRISÂNTEMOS E BEGÔNIAS EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

Tese de Doutorado,
submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Doutor
na área de concentração de
Construções Rurais e Ambiente.

EDUARDO DAVID

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANTONIO ROSSI

**CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2011**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA -
BAE - UNICAMP

David, Eduardo

D28m Modificações no sistema de iluminação artificial no cultivo de mudas de crisântemos e begônias em ambiente protegido / Eduardo David. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Luiz Antonio Rossi.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Construções rurais. 2. Begoneaceas. 3. Energia elétrica. 4. Iluminação. 5. Crisântemos - Iluminação. I. Rossi, Luiz Antonio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Modifications in artificial lighting system of chrysanthemum and begonia cultivation in greenhouse

Palavras-chave em Inglês: Rural buildings, Begoneaceas, Electric energy, Lighting, Chrysanthemum - Lighting

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Odivaldo José Seraphim, Celso Eduardo Lins de Oliveira, Odail Pagliardi, Antonio Bliska Junior

Data da defesa: 24/02/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Eduardo David**, aprovada pela Comissão Julgadora em 24 de fevereiro de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



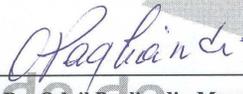
Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



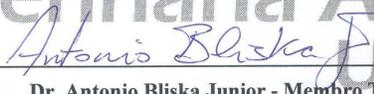
Prof. Dr. Odivaldo José Seraphim - Membro Titular
FCA/Unesp



Prof. Dr. Celso Eduardo Lins de Oliveira - Membro Titular
FZEA/USP



Prof. Dr. Odail Pagliardi - Membro Titular
FMPFM



Dr. Antonio Bliska Junior - Membro Titular
Feagri/Unicamp



DEDICATÓRIA.

Este trabalho é dedicado a todos que amo...

A Deus por fazer tudo na minha vida possível.

Aos meus pais, Alcindo (*in memoriam*) e Araci...

À minha esposa Marli por toda a paciência e compreensão...

Às minhas sobrinhas Alexandra e Carolina pelo apoio e incentivo...

AGRADECIMENTOS.

Aos meus pais, por tudo que me proporcionaram na vida.

Ao meu orientador, Luiz Antonio Rossi, pela oportunidade, pela compreensão e por todos os ensinamentos.

Ao técnico Edson Roberto Caíres por todo o suporte técnico a este trabalho.

Aos amigos, Juliana Sarubbi, Rafael Augustus, Ianglio Travassos, Rodrigo Amaral, Evandro Gomes Laranjeira, Regiane Barros, Roberto Perillo e pelo apoio e colaboração.

Aos Engenheiros Jean François Hardouin e Marcelo Bonaroti pela ajuda inestimável para a realização do experimento.

Ao professor Odail Pagliardi pela amizade e apoio na realização deste trabalho.

Aos professores Zigomar Menezes de Souza, Kil Jin Park, Inácio Maria Dal Fabbro e Sylvio Luis Honório pela colaboração e ensinamentos.

À equipe da Comissão de Pós-Graduação da FEAGRI: Célia Regina de Carvalho, Rosangela Gomes, Marta Vechi, Sidney Trombeta e demais funcionários que tanto colaboraram para o meu crescimento acadêmico.

Aos funcionários Edgar Aparecido Lombardi, André Aparecido Nogueira, Antonio Bliska Junior, Suzely Francisco, Reinaldo A. Q. Benedito e Fabio C. Zuccolatto pela amizade e colaboração.

A FAEPEX, à CAPES e a CPG pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

À empresa Terra Viva, por disponibilizar suas instalações para a realização do experimento.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTOS.	V
SUMÁRIO.....	VI
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XV
RESUMO.....	XVI
ABSTRACT	XVII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Floricultura	3
2.2 Iluminação artificial - Radiação Fotossinteticamente Ativa	5
2.3 Fotoperíodo em Crisântemos e Begônias	8
2.4 Fitocromo e controle de desenvolvimento das plantas pela luz.....	11
2.5 Controle fotoperiódico.....	12
2.6 Fatores de desempenho em vegetais	17
2.7 Energia elétrica e racionamento no cultivo de flores	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 Material	19

3.1.1	Local	19
3.1.2	Cultura de Begônias	19
3.1.2.1	Características técnicas da instalação dos tratamentos.....	20
3.1.2.2	Regime de acionamento	23
3.1.2.3	Variedade cultivada.....	24
3.1.3	Cultura de crisântemos.....	25
3.1.3.1	Características técnicas da instalação dos tratamentos	25
3.1.3.2	Regime de acionamento	29
3.1.3.3	Vegetal	29
3.1.4	Características técnicas das tecnologias de iluminação dos tratamentos.....	30
3.1.4.1	Lâmpada Incandescente de 100 W	30
3.1.4.2	Lâmpada Fluorescente Tubular 32 W	30
3.1.4.3	Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 20 W	31
3.1.5	Equipamentos de medição.....	31
3.1.5.1	Curvas Espectrais	31
3.1.5.2	Iluminamento	31
3.1.5.3	Energia Elétrica	31
3.1.5.4	Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA).....	33
3.2	Métodos.....	33
3.2.1	Cálculo Luminotécnico	33
3.2.1.1	Número de luminárias	34
3.2.1.2	Fluxo Luminoso Total (Φ)	34
3.2.1.3	Iluminância (E).....	34
3.2.1.4	Fator de Depreciação (d).....	35
3.2.1.5	Fator de Utilização da Luminária (η)	35
3.2.1.6	Fator do local (K)	36
3.2.1.7	Índices de reflexão	36
3.2.1.8	Cálculo do número de luminárias dos tratamentos.....	37
3.2.2	Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) medida das lâmpadas.....	38
3.2.3	Análises Estatísticas	39
3.2.4	Análise da Viabilidade Econômica	39
3.2.4.1	Valor Presente Líquido (VPL).....	40
3.2.4.2	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	40
3.2.4.3	Período de Retorno de Investimento: <i>PayBack</i> descontado	41
3.2.5	CrITÉrios de Análises de Desempenho do Vegetal	42
3.2.5.1	Cultura de Begônias	42
3.2.5.2	Cultura de Crisântemos	42
3.2.6	Iluminamento	43
3.2.7	Curvas Espectrais Medidas das Lâmpadas Utilizadas.....	43

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1	Parâmetros Elétricos	45
4.1.1	Cultura de Begônias	46
4.1.1.1	Cálculo de Demanda	46
4.1.1.2	Cálculo de Consumo	47
4.1.1.3	Fator de Potência	48
4.1.2	Cultura de Crisântemos	50
4.1.2.1	Cálculo de Demanda	50
4.1.2.2	Cálculo de Consumo	51
4.1.2.3	Fator de Potência	53
4.1.3	Análise estatística das variáveis de energia.....	54
4.1.3.1	Cultura de Begônias	54
4.1.3.2	Cultura de Crisântemos	54
4.2	Parâmetro de produção.....	56
4.2.1	Cultura de Begônias	56
4.2.2	Cultura de Crisântemos	56
4.3	Fluxo luminoso	57
4.3.1	Cultura de Begônias	57
4.3.2	Cultura de Crisântemos	58
4.4	Viabilidade econômica.....	59
4.5	Curvas Espectrais Medidas das Lâmpadas Utilizadas	62
4.6	Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) medida das lâmpadas.....	63
4.7	Estimativa de redução de custos com o consumo de energia elétrica.....	64
4.7.1	Cultura de Begônias	64
4.7.2	Cultura de Crisântemos	65
5	CONCLUSÕES.....	68
5.1	Técnica	68
5.2	Econômica	68
6	AGRADECIMENTOS	69
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

8	ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS LÂMPADAS UTILIZADAS.....	82
8.1	A – Testemunha 100 W.....	82
8.2	B – Fluorescente Tubular de 32 W.....	83
8.3	C - Fluorescente Compacta Integrada de 20 W Amarela.....	85
9	ANEXO 2 - CARACTERÍSTICAS DAS LUMINÁRIAS UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.....	87
9.1	A – Refletor aberto em alumínio polido.....	87
9.2	B – Luminária Tipo RGE.....	87
9.3	C - Tabela 20 – Fatores de utilização luminária HDK 451.....	88
9.4	D - Tabela 21 - Fatores de utilização luminária RGE.....	89
9.5	E - Coeficiente de Reflexão de Alguns Materiais e Cores.....	90
9.6	F – Descrição do equipamento de verificação de presença de botão floral.....	90
9.7	G – Tabela comparativa da presença de botão floral.....	92
9.8	H – Declaração do produtor atestando a ausência de botão floral durante o período de experimento com begônias.....	93
9.9	I – Tabela ANOVA – Presença de botão floral.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista do interior da estufa de begônias.....	19
Figura 2 - Vista do vão cedido pela empresa.	20
Figura 3 – Desenho da altura de instalação do sistema de iluminação.....	20
Figura 4 - Distribuição das linhas de iluminamento por sobre a cultura de begônias. ...	21
Figura 5 - Vista da instalação das lonas azuis que separam os tratamentos no experimento com begônias.	21
Figura 6 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W na cultura de begônias.	22
Figura 7 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W na cultura de begônias.....	22
Figura 8 - Desenho esquemático da instalação do experimento com begônias no vão cedido pela empresa.	23
Figura 9 - Variedades utilizadas no experimento de begônias.....	24
Figura 10 - Vista do interior da estufa de crisântemos.	25
Figura 11 - Vista do vão cedido pela empresa.	25
Figura 12 – Desenho da altura de instalação do sistema de iluminação artificial na cultura de Crisântemos.....	26
Figura 13 - Distribuição das linhas de iluminamento por sobre a cultura de crisântemos.	26
Figura 14 - Vista da instalação das lonas azuis que separam os tratamentos no experimento com crisântemos.	27
Figura 15 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W na cultura de crisântemos.	27
Figura 16 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W na cultura de crisântemos.....	28
Figura 17 - Desenho esquemático da instalação do experimento com crisântemo.	28
Figura 18 - Variedades utilizadas no experimento com crisântemos.	29
Figura 19 - Detalhe do painel de comando e controle.	33
Figura 20 - Valores de fator de depreciação.....	35
Figura 21 - Detalhe dos pontos de coleta de Radiação Fotossinteticamente Ativa.....	39
Figura 22 – Posição relativa dos pontos de coleta de fluxo luminoso.....	43
Figura 23 - Detalhe dos pontos de coleta da curva espectral das lâmpadas.....	44

Figura 24 - Demanda máxima nos dois regimes de acionamento para a cultura de begônias.....	46
Figura 25 - Comportamento do consumo nos dois regimes de acionamento para a cultura de begônias.....	47
Figura 26 - Fator de potência médio nos dois regimes de acionamento para a cultura de begônias.....	49
Figura 27 - Demanda máxima das três tecnologias de iluminação nos três regimes de acionamento para a cultura de crisântemos.....	50
Figura 28 - Consumo de energia elétrica por regime de acionamento pra a cultura de crisântemos.....	51
Figura 29 - Fator de potência médio dos dois regimes de acionamento para a cultura de crisântemos.....	53
Figura 30 - Dados de iluminamento médio para a cultura de begônias.....	58
Figura 31 - Dados de iluminamento médio para a cultura de crisântemos.....	59
Figura 32 - Curva espectral da lâmpada Incandescente de 100 W.....	62
Figura 33 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente tubular de 32 W.....	62
Figura 34 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta de 20 W.....	63
Figura 35 - Lâmpada de filamento Incandescente de 100 W modelo Standard da marca Philips.....	82
Figura 36 - Lâmpada de filamento Incandescente de 100 W modelo.....	83
Figura 37 - Curva espectral da lâmpada Incandescente de 100 W da marca Philips.....	83
Figura 38 - Lâmpada Fluorescente de 32 W da marca Philips.....	83
Figura 39 - Características técnicas da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W.....	84
Figura 40 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W da marca Philips.....	84
Figura 41 - Características técnicas do reator para Fluorescente Tubular de 32 W.....	85
Figura 42 - Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W da marca Philips.....	85
Figura 43 - Características técnicas das lâmpadas Fluorescentes Integradas de 20 W (luz amarela).....	86
Figura 44 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W Warm White da marca Philips.....	86
Figura 45 - Foto do refletor tipo prato aberto em alumínio polido.....	87
Figura 46 - Foto da luminária tipo calha em aço inox.....	87
Figura 47 - Refletor aberto tipo prato sem colarinho.....	88

Figura 48 - Características técnicas do refletor aberto tipo prato sem colarinho.	89
Figura 49 - Luminária tipo calha modelo RGE.....	89
Figura 50 - Foto ilustrativa do equipamento utilizado na verificação da presença de botão floral.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de fluxo luminoso.	38
Tabela 2 – Número de luminárias calculado e potência instalada para as culturas de begônias e crisântemos.	38
Tabela 3 – Variáveis consideradas e valores dos custos correspondentes.	41
Tabela 4 – Tempo de acionamento diário dos diferentes sistemas de iluminação artificial para cada cultura.	45
Tabela 5 – Redução percentual (%) do consumo de energia elétrica das lâmpadas de descarga em relação à testemunha para a cultura de begônias.	48
Tabela 6 – Consumo de energia elétrica nos regimes de acionamento para a cultura de begônias e a redução percentual.	48
Tabela 7 – Redução percentual (%) do consumo de energia elétrica em relação à testemunha para a cultura de crisântemos.	52
Tabela 8 – Redução percentual (%) do consumo de energia elétrica, entre regimes de acionamento, em relação ao regime de acionamento de 10 min x 20 min, para a cultura de crisântemos.	52
Tabela 9 – Resultados das análises estatísticas de Consumo, Demanda e Fator de Potência para a cultura de begônias.	54
Tabela 10 – Resultados das análises estatísticas de Consumo, Demanda e Fator de Potência para a cultura de crisântemos, em relação aos regimes de acionamento.	55
Tabela 11 – Resultados das análises estatísticas de Consumo, Demanda e Fator de Potência para a cultura de crisântemos, em relação às tecnologias, no regime de acionamento de 10 min por 30 min.	56
Tabela 12 – Resultados das análises estatísticas das médias de presença de botão floral da cultura de crisântemos.	57
Tabela 13 – Vida útil das lâmpadas utilizadas no experimento.	60
Tabela 14 – Critérios de avaliação das substituições de tecnologias.	61
Tabela 15 – Valores de consumo mensal de energia por lâmpada para a cultura de begônias.	64
Tabela 16 – Custo por lâmpada para a cultura de begônias.	65
Tabela 17 – Valores de consumo de energia por lâmpada para a cultura de crisântemos.	66
Tabela 18 – Custo por lâmpada para a cultura de crisântemos.	66

Tabela 19 – Redução estimada de custos com energia elétrica para cultura de crisântemos.....	67
9.3 C - Tabela 20 – Fatores de utilização luminária HDK 451.....	88
9.4 D - Tabela 21 - Fatores de utilização luminária RGE.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS

IBRAFLO	Instituto Brasileiro de Floricultura
AFLORD	Associação dos Floricultores da Região da Dutra
AFLOVAR	Associação dos Produtores de Flores, Plantas e Mudas Ornamentais e Frutíferas do Vale do Ribeira
RFA	Radiação Fotossinteticamente Ativa
LFR	Low Fulence Response
HPS	High Pressure Sodium
TLD	Lâmpadas Fluorescentes Tubulares
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ELEKTRO	Elektro Eletricidade e Serviços S.A
QMC	Quadro de Medição e Controle
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido
PBD	Período de Payback Descontado
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
R	Red
FR	Far Red
FAPEX	Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e Extensão

RESUMO

O tipo de iluminação artificial utilizada para indução do efeito de fotoperíodo na produção de mudas de crisântemos e begônias em ambiente protegido tem fundamental importância no crescimento e desenvolvimento destas plantas refletindo diretamente no consumo de energia elétrica utilizada neste processo de produção. As lâmpadas de filamento são o tipo de iluminação artificial mais utilizado pelos produtores na produção destas variedades de ornamentais, e que conhecidamente possui baixa eficiência. Estudos preliminares recentes, utilizando diferentes tipos de lâmpadas do tipo descarga na produção de mudas de crisântemos, indicam uma redução significativa no consumo de energia elétrica utilizada no processo, sem prejuízos para o desenvolvimento do vegetal. O objetivo deste trabalho de pesquisa foi a aplicação de tecnologias de iluminação de descarga (lâmpadas Fluorescentes Tubulares e lâmpadas Fluorescentes Compacta Integradas) e diferentes regimes de acionamento deste sistema de iluminação no cultivo de crisântemos e begônias em ambiente protegido. O trabalho foi efetuado em casa de vegetação comercial com três variedades de *Begônias elatior* (Borias, Barkos e Baladin) e quatro variedades de *Chrysanthemum sp* (Abba, Rage, Sahara Time e Omega Time Golde) durante um ciclo de produção. O parâmetro produtivo utilizado para comparação entre as variedades cultivadas foi a indução floral. As variáveis elétricas (consumo, demanda e fator de potência) foram os parâmetros de avaliação entre as diferentes tecnologias de iluminação e tipos de lâmpadas analisadas. Para as culturas de begônias e crisântemos, não houve alterações no critério de presença de botão floral com a mudança do regime de acionamento e do tipo de lâmpada. Os resultados das análises indicam que a lâmpada de descarga Fluorescente Tubular de 32 W foi a que apresentou a menor demanda máxima e uma redução média de consumo de 85,01% de energia para a cultura de begônias e de 85,32% para a cultura de crisântemos, em relação à tecnologia de maior consumo, a lâmpada de filamento Incandescente de 100 W, que é atualmente utilizada pelo produtor.

Palavras-chave: construções rurais, crisântemos, begônia, energia elétrica, iluminação artificial.

ABSTRACT

The type of artificial illumination used for induction of photoperiod effect in the production of chrysanthemums and begonias seedlings in protected environment, has fundamental importance in the growth and development of these plants reflecting directly in the consumption of electric energy used in this process of production. The bulb filament are the type of artificial illumination more used by the producers in the production of these ornamental varieties, and that is known by its low efficiency. Recent preliminary studies, using different types of discharge-type lamps in the production of chrysanthemum seedlings indicate a significant reduction in the consumption of electric energy used in the process, without interfering in the development of the plant. The objective of this research was the application of lighting discharge technologies (fluorescent lamps and compact fluorescent lamps) and different regimes drive of this lighting system in the cultivation of chrysanthemums and begonias in protected environment. This work was done at a green house with three commercial varieties of *Begonias elatior* (*Borias*, *Barker* and *Baladin*) and four varieties of *Chrysanthemum sp* (*Abba Rage*, *Sahara Teams* and *Omega Golde Teams*) during a production cycle. The parameter used for comparison between the cultivated varieties was the presence of floral bud. The electrical variables (consumption, demand and power factor) were the parameters of evaluating of the different technologies of lighting and lamp types analyzed. For the culture of begonias and chrysanthemum, it did not have alterations in the criterion of presence of floral bud with the change of the regime and the lamp type. The results of the analyses indicates that the Fluorescent Tubular discharge lamp of 32 W was the one with the lower peak demand and lower average consumption of energy of 85,01% for the culture of begonias and 85,32% for the culture of chrysanthemum, in relation to the technology of bigger consumption, the Incandescent lamp filament of 100W, that is currently used by the producer.

Keywords: rural buildings, chrysanthemum, begonia, electric energy, artificial illumination.

1 INTRODUÇÃO

As begônias já eram conhecidas desde o século XVII pelos chineses. Atualmente, existem catalogadas mais de 800 espécies e milhares de híbridos. As begônias cultivadas são provenientes de cruzamentos iniciados no século XIX, surgindo cultivares com diversas características, como florescimento contínuo, maior resistência a baixa e alta temperaturas e inúmeros formatos e cores de flores (Propagação da Begônia, 2008).

O crisântemo apresenta flores com grande aceitação de mercado sendo, por isso, considerada uma das plantas ornamentais de maior valor comercial. O crisântemo é uma das flores mais populares do mundo e, juntamente com as rosas, os cravos e mais recentemente as gérberas, faz parte do elenco básico de todas as lojas de flores (GRUSZYNSKI, 2002).

Entretanto, o crisântemo caracteriza-se por ser muito sensível a qualquer manejo inadequado em seu cultivo. Seu cultivo em vaso ocupa o primeiro lugar no mercado nacional, respondendo por aproximadamente 80% da produção total. O segundo lugar é ocupado pelo cultivo chamado de corte (FARIA et al., 2004).

Atualmente buscam-se formas de conservação de energia através de práticas conservacionistas, como o uso racional de energia elétrica e utilização de novas tecnologias de iluminação artificial, em substituição às atuais, que possam contribuir para que os produtores de plantas ornamentais mudem para alternativas economicamente viáveis. São poucos os estudos destinados a estabelecer qual tecnologia de iluminação artificial do tipo descarga e qual regime de acionamento destes sistemas de iluminação artificial que garantam o crescimento e desenvolvimento de mudas de crisântemos e begônias em ambiente protegido com o menor consumo de energia elétrica.

Estudos anteriores comprovam a eficácia do uso de lâmpadas de descarga em substituição às de filamento Incandescente nesses processos produtivos.

No âmbito dos interesses público, científicos e comercial, pretendeu-se através deste trabalho de pesquisa alcançar a eficiência energética através da modificação dos sistemas de iluminação artificial e regimes de acionamento, objetivando a economia de energia elétrica despendida nesse processo.

O trabalho foi realizado dentro de ambiente protegido, com a cultura de crisântemos e de begônias, durante um ciclo de produção do crisântemo e um de

begônias, comparando-se a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 20 W e a lâmpada Fluorescente Tubular 32 W, ambas do tipo descarga de cor amarela (temperatura de cor em torno de 2700 K) com a lâmpada de filamento Incandescente 100W que possui a mesma temperatura de cor, juntamente com a alteração do regime de acionamento do sistema de iluminação artificial, utilizando-se para isso não só equipamentos de medição elétrica e estudos estatísticos e econômicos, mas também a verificação de indução floral, que é o desempenho produtivo ligado diretamente ao controle fotoperiódico.

O uso de tecnologias de iluminação do tipo descarga, diferente do tipo filamento, e de diferentes regimes de acionamento deste sistema no cultivo de mudas de begônias e crisântemos em ambiente protegido, reduziu o consumo de energia elétrica e não provocou indução floral, contribuindo para a racionalização do uso de energia elétrica na produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Floricultura

A Floricultura está presente em todo o mundo e engloba o cultivo de flores de corte, plantas de vaso, plantas para jardins, árvores e arbustos, bulbos, gramas entre outros, desde as espécies tropicais até as de clima temperado. Este ramo de atividade econômica movimentava simultaneamente os setores primário secundário e terciário da economia. Podemos citar a produção de mudas e sementes, o setor de grandes indústrias de insumos agrícolas, tais como indústrias de máquinas e implementos agrícolas e equipamentos de análises e automação, indústria de adubos e corretivos para o solo, a indústria do plástico, desde a produção de telas e filmes plásticos utilizados nas estufas até embalagens para transporte e comercialização, a indústria do papelão, utilizado em embalagens entre outras, além de uma série de serviços paralelos como a comercialização, assistência técnica, indústria de seguros e outros. A aceitação das flores tropicais nos mercados nacional e internacional se deve principalmente pela beleza, formas e cores diferenciadas e elevada durabilidade dos botões florais (AGRONEGÓCIOS, 2007).

A produção e a comercialização de flores e plantas ornamentais no Brasil começou em escala comercial na década de 30, quando imigrantes japoneses se estabeleceram na região de São Paulo. Na década de 70, entraram no mercado os imigrantes holandeses que deram um impulso maior à comercialização, implantando um sistema de distribuição pelo país inteiro. Até 1988, o mercado teve um crescimento vegetativo e uma atuação comercial baseada em centros regionais de comercialização tais como os CEASAS e empresas de distribuição que atendiam todo país. A partir de 1989, surge o leilão Veiling Holambra que representou uma transformação substancial no mercado e acabou influenciando o comportamento e as práticas do setor (MOTOS, 2000).

JUNQUEIRA e PEETZ, (2007) indicam que a exportação de flores e plantas ornamentais do Brasil em 2006 foi da ordem de US\$ 29,63 milhões com um crescimento de 15,06% em relação a 2005. De 2000 para cá, houve um crescimento nas exportações de 515%. Segundo IBRAFLOR (2010), o mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais deve crescer 15% atingindo R\$ 3,5 bilhões. O ritmo de crescimento deve-se, principalmente, ao maior leque de opções de variedades, à maior eficiência na

cadeia produtiva e ao aumento da durabilidade das flores. Outro impulso para o setor deve ser a maior demanda por projetos de jardinagem, que também favorece o bom momento do mercado. Os principais tipos de produto exportados são as mudas de plantas ornamentais.

A floricultura brasileira vem adquirindo notável desenvolvimento nos últimos anos, caracterizando-se como um dos mais promissores segmentos da horticultura intensiva no campo dos agronegócios nacionais (JUNQUEIRA & PEETZ, 2008). Nos últimos anos, a atividade no Brasil agregou 5.152 produtores, os quais cultivam uma área de 8.423 hectares. A sustentação econômica essencial da atividade é garantida pelo vigor do mercado interno de flores e plantas ornamentais que atingiu em 2007, a movimentação anual de US\$ 1,3 bilhão, conquistando um novo recorde nas exportações de flores e plantas ornamentais com um valor de US\$ 35 milhões, resultado 9,18% superior ao obtido no ano de 2006.

Apesar da pequena participação no mercado mundial, o Brasil é o maior fornecedor de mudas da Holanda que é o principal produtor e exportador mundial de flores e plantas ornamentais, seguida pela Colômbia e Itália (MOTA et al., 2007). O principal estado produtor é São Paulo, que é responsável por mais de 70% da produção nacional de flores. No mercado produtor brasileiro, anualmente, o setor chega a movimentar US\$ 380 milhões (R\$ 700 milhões), no atacado US\$ 595 milhões (R\$ 1,1 bilhão) e no varejista US\$ 1,41 bilhões (R\$ 2,6 bilhões). Ele é responsável pela geração de aproximadamente 194 mil empregos diretos, distribuídos entre 96 mil para a produção, seis mil para a distribuição, 77 mil no varejo e 15 mil em funções de apoio (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2009).

Observa-se, em todo o Brasil, um movimento marcado por fortes índices de crescimento da base produtiva e inclusão de novos pólos geográficos regionais na produção de flores e plantas ornamentais.

O crisântemo e algumas espécies de cactos e outras mudas de ornamentais equivalem a 34% do que é exportado. As plantas tropicais vêm ocupando uma parcela crescente no setor da floricultura, tanto no mercado nacional como no internacional, por apresentarem formas exuberantes e coloridas. Essas plantas constituem uma das maiores riquezas da nossa flora e são apreciadas no mercado externo por sua durabilidade e capacidade de gerar belas composições (CASTRO, 1998).

A produção brasileira de flores e plantas ornamentais em termos de área cultivada está distribuída principalmente nos Estados de São Paulo (6.480 ha

estimados), Rio Grande do Sul (810 ha aproximadamente) e Santa Catarina (450 ha aproximadamente), totalizando junto aos outros estados uma área de aproximadamente 9.000 ha. Em São Paulo a floricultura evoluiu consideravelmente nas últimas décadas, passando a ser reconhecida como uma atividade de importância econômica. A atividade tem caráter intensivo predominando, conforme a região de produção, o cooperativismo ou o associativismo.

As associações e cooperativas presentes são Veiling Holambra, Cooperativa Agrícola Flores de São Paulo (SP Flores), Associação dos Floricultores da Região da Dutra (AFLORD), Associação dos Produtores de Flores, Plantas e Mudanças Ornamentais e Frutíferas do Vale do Ribeira (AFLOVAR), Sincomflores e Próflor (CASTRO, 1998).

A produção de São Paulo está concentrada em 20 municípios, reunidos em seis pólos produtores. O pólo de Holambra concentra a produção de quatro cidades, o pólo de Atibaia de outras quatro, o de Campinas reúne cinco municípios, o de Dutra três, o de Paranapanema um e o do Vale do Ribeira congrega outros três. Juntos esses pólos são responsáveis por cerca de 60% da produção do país, segundo IBRAFLORES (2006).

A Cooperativa Agropecuária de Holambra foi criada por holandeses no fim dos anos 40 e o Veiling, principal centro de comercialização de flores e plantas ornamentais do Brasil foi criado nos anos 80. O Veiling Holambra é responsável por cerca de 35% da comercialização desse produto no mercado nacional, atendendo a 260 fornecedores da macroregião de Holambra e demais regiões produtoras, que o distribui para todo território nacional e países do Mercosul (LANDGRAF & PAIVA, 2005).

2.2 Iluminação artificial - Radiação Fotossinteticamente Ativa

O espectro radiante do sol pode ser dividido em três faixas distintas de comprimento de onda, representadas por radiação ultravioleta, de 0,3 a 0,4 nm, pela banda visível, ou radiação fotossinteticamente ativa (RFA), de 0,4 a 0,7 nm, e pelo infravermelho próximo, de 0,7 a 2,8 nm (MONTEITH & UNSWORTH, 1990). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é a faixa espectral que mais ativa as moléculas de clorofila das plantas, já que a radiação ultravioleta também contribui com a ocorrência do processo de fotossíntese, só que de forma pouco significativa (McCREE, 1972; McCREE, 1973).

A determinação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) disponível acima do dossel das plantas é essencial em diversas aplicações. A radiação entre 0,4 e 0,7 nm é

um dos mais importantes recursos para as plantas devido ao seu papel na fotossíntese e em outros processos das plantas.

Os primeiros estudos referentes a esta componente da radiação solar foram realizados por SZEICZ, (1966); MAcCREE, (1972) e MAcCREE, (1973). Para caracterizar esta quantidade de luz, comumente utiliza-se a densidade de fluxo de fótons fotossintético nesta correspondente banda de comprimento de onda. Medidas de RFA são usadas para caracterizar o crescimento e a morfologia das plantas (CARTER & KLINKA, 1992; ACKERLY & BAZZAZ, 1995), para estimar competição entre plantas (CANNEL & GRACE, 1993), bem como para avaliar interações entre elas. Além disso, medidas de RFA são também úteis para o cálculo de área foliar a partir da transmissão de luz do dossel (PIERCE & RUNNING, 1988; MARTENS et al., 1993).

De acordo com ALADOS & ALADOS-ARBOLEDAS (1999), o termo radiação fotossinteticamente ativa engloba não apenas o conceito de fótons fotossintéticos, mas também o de energia. Para fins fisiológicos, as unidades de RFA são expressas em termos de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$); já para aplicações meteorológicas, a RFA é normalmente expressa em termos de densidade de fluxo de energia radiante (MJ m^{-2} ou W m^{-2}).

A Comissão Holandesa de Irrigação Vegetal (1953) (citado por MOTA, 1979) estabeleceu os efeitos específicos causados por determinadas faixas do espectro solar, estabelecendo oito divisões, com características próprias, que são:

1^a faixa: Radiação com comprimento de onda maior que 1,0 nanômetros (nm): Não causa danos às plantas e é absorvida. O aproveitamento é sob a forma de calor, sem que haja interferência com os processos biológicos.

2^a faixa: Radiação entre 1,0 nm e 0,72nm: Esta é a região que exerce efeito sobre o crescimento das plantas. O trecho mais próximo a 1,0 nm é importante para o fotoperiodismo, germinação de sementes, controle de floração e coloração do fruto.

3^a faixa: Radiação entre 0,72 nm e 0,61 nm: Esta região espectral é fortemente absorvida pela clorofila. Gera forte atividade fotossintética, apresentando em vários casos, também, forte atividade fotoperiódica.

4^a faixa: Radiação entre 0,61 nm e 0,51 nm: É uma região espectral de baixo efeito fotossintético e de fraca ação sobre a formação da planta. Corresponde à região verde do espectro.

5^a faixa: Radiação entre 0,51 nm e 0,4 nm: Esta é essencialmente a região mais fortemente absorvida pelos pigmentos amarelos e pela clorofila. Corresponde a parte do

azul e parte do violeta do espectro de radiação solar, e é também, região de grande atividade fotossintética, exercendo ainda vigorosa ação na formação da planta.

6^a faixa: Radiação entre 0,4 nm e 0,32 nm: Esta faixa exerce efeitos nocivos na formação do vegetal. As plantas tornam-se mais baixas e as folhas mais grossas.

7^a faixa: Radiação entre 0,32 nm e 0,28 nm: É prejudicial à maioria das plantas.

8^a faixa: Radiação com comprimento de onda menor do que 0,28 nm: Mata rapidamente as plantas submetidas a esta faixa de radiação solar.

Segundo FELIPPE (1986) as casas de vegetação são instrumento de proteção ambiental para produção de plantas, como hortaliças e flores, onde o ambiente interno é controlado. Em locais onde a radiação solar precisa ser complementada por outra fonte de energia e considerando que em alguns lugares o número de horas de brilho solar é pequeno, lâmpadas incandescentes são usadas para a geração de radiação na faixa do espectro correspondente ao vermelho e ao amarelo e, algumas vezes, na faixa do infravermelho próximo e pequenas quantidades na faixa do azul e do violeta.

A produção de biomassa sob boas condições de fornecimento de água e nutrientes tem alta correlação à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa disponível para as plantas, a fração interceptada e a eficiência com a qual as mesmas a utilizam (CASELLA & CEULEMANS, 2002). Segundo SIVAKUMAR & VIRMANI, (1984) COSTA et al., (1996), a relação existente entre a produção de matéria seca e a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada ou absorvida tem sido amplamente utilizada para definir a eficiência de uso da radiação pelas culturas.

Mecanismos chaves controlam o desempenho das plantas em diferentes ambientes de luz envolvendo aclimatação e resultando em um aumento da capacidade de captura de luz e sua utilização. As respostas à aclimatação incluem uma maior capacidade de enraizamento e um aumento da área foliar por unidade de matéria seca (ALLARD et al., 1991; EVANS & POOTER, 2001; MARENCO et al., 2001). Considera-se ainda que, em plantas saudáveis e adequadamente supridas de água e nutrientes, a fotossíntese líquida e a produção de fitomassa sejam proporcionais à quantidade de RFA absorvida pelo dossel (MONTEITH, 1977).

GALLO et al. (1993) mostraram que a eficiência de uso da radiação pode variar, dependendo apenas de como a matéria seca (aérea ou total) e a radiação solar (incidente, interceptada ou absorvida) são definidas e medidas. Entretanto, cuidados são necessários quando se compara a produtividade da cultura em diferentes níveis de radiação (RUSSELL et al., 1989), pois a taxa fotossintética e a densidade de fluxo de

radiação não têm relação linear dentro do dossel, já que a maioria das folhas está exposta a baixos níveis de radiação.

Modelos numéricos que apresentam a relação entre o desenvolvimento floral pela incidência de luz e variação de temperatura podem ser encontrados para diversas culturas na literatura (NOTHNAGL et al., 2002).

No caso das mudas de Begônias, por exemplo, KESSLER et al., (1991), observou que a alta irradiação ou a sua exposição por períodos longos não interferem no florescimento ou tamanho final da planta. Já GISLEROD et. al., (1989), afirma que tanto o período quanto a intensidade da luz afetam a massa seca da planta, sendo um máximo valor obtido para 24 horas de luz com uma alta intensidade ($70 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). O autor ainda afirma que houve ganho de massa seca significativo no aumento da intensidade de luz em todas as variações de períodos de luz (16, 20 e 24 horas). Em relação ao florescimento, o autor descreve que o número de botões e flores foi maior nos experimentos de maior intensidade de luz e para os períodos de 20 e 24 horas de radiação.

Os valores de eficiência do uso da radiação em ambiente protegido têm sido maiores do que os encontrados no campo, por causa do aumento da radiação difusa (HAMMER & VANDERLIP, 1989; SINCLAIR et al., 1992).

2.3 Fotoperíodo em Crisântemos e Begônias

O comprimento de um dia é conhecido como fotoperíodo e as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas fotoperiodismo (CHANG, 1974). GARNER & ALLARD (1920), foram pioneiros na publicação de trabalhos envolvendo os efeitos do fotoperiodismo nas plantas. Em pesquisa com o cultivar de fumo *Maryland Narrowleaf*, os autores observaram que algumas plantas cresciam mais que outras produzindo um número extraordinário de folhas. Após selecioná-las, e criar uma nova variedade a *Maryland Mammoth*, de florescimento tardio, os mesmos desenvolveram técnicas de cultivo em casa-de-vegetação durante o inverno, onde observou-se que as plantas não floresciam se o dia fosse prolongado por luz artificial.

Posteriormente, outras espécies vegetais foram analisadas, estudando-se o efeito do fotoperiodismo sobre a formação de flores, frutos, sementes, o crescimento vegetativo, a formação de bulbos e tubérculos, o processo de ramificação, a forma das folhas, a abscisão e queda de folhas, a formação de pigmentos, pubescência,

desenvolvimento radicular, dormência e morte de plantas. Verificou-se ainda que o fluxo de luz necessário para provocar resposta fotoperiódica é tão baixo que mesmo o crepúsculo, antes do nascer-do-sol e depois do pôr-do-sol, é efetivo (CHANG, 1974).

Segundo TAIZ & ZIEGER (2006), a classificação das plantas de acordo com suas respostas fotoperiódicas está baseada no florescimento, sendo que as duas principais categorias de respostas fotoperiódicas são plantas de dias curtos e plantas de dias longos. A estimulação do florescimento em plantas de dias curtos requer um comprimento de dia menor do que o comprimento crítico do dia. Nesta categoria de plantas de dias curtos, a quebra da noite com um curto intervalo de luz induz a um fotoperíodo maior, interrompendo o processo de floração. O efeito de quebra da noite varia de acordo com a hora em que é aplicado, sendo mais eficaz quando aplicado próximo à metade de um período de escuro.

Ainda segundo o autor, a descoberta do efeito de quebra da noite e sua dependência do tempo teve várias conseqüências importantes. Ela estabeleceu o papel central do período de escuro e forneceu um meio de investigação valioso para o estudo do controle fotoperiódico. Pelo fato de pequenas quantidades de luz serem suficientes, tornou-se possível estudar a ação e a identidade do fotorreceptor sem a interferência dos efeitos da fotossíntese e outros fenômenos não fotoperiódicos. Esta descoberta levou também ao desenvolvimento de métodos comerciais para a regulação do momento de florescimento de espécies hortícolas, tais como *kalanchoe*, *Chrysanthemum* e poinsetia (*Euphorbia pulcherrima*). Importante que este sinal de luz seja aplicado durante a fase sensível do ritmo circadiano que é o período de aproximadamente um dia (24 horas) sobre o qual se baseia todo o ciclo biológico de qualquer ser vivo, influenciado pela luz solar (MC CLUNG, 2006), para inibir o florescimento. Este estímulo fotoperiódico é percebido pela folha que transmite um sinal que regula a transição para o florescimento no ápice da parte aérea, processo conhecido como “indução fotoperiódica”.

A floração é um evento no programa de desenvolvimento da planta marcado pela conversão do meristema caulinar vegetativo em estruturas reprodutivas, sendo controlada por múltiplos caminhos que respondem a diferentes sinais ambientais e fisiológicos (SIMPSON & DEAN, 2002; BOSS et al., 2004). Dentre os fatores externos conhecidos até o momento e que influenciam esse processo estão: o fotoperíodo (comprimento do dia), a qualidade da luz (composição do espectro), vernalização (exposição a longos períodos de frio), temperatura ambiental, quantidade de água e nutrientes.

O cultivo de crisântemo e begônias pode ser realizado durante o ano todo, proporcionando um fluxo de produção constante. Para isto, o cultivo deve ser realizado em casa de vegetação com seleção de cultivares e manejo adequado do fotoperíodo, da fertirrigação, da fitossanidade, dos desbrotes e dos reguladores de crescimento (SCHMIDT, 2003; BALL & HIGGINS, 1997).

De acordo com (GRUSZYNSKI, 2002) o crisântemo é classificado como uma planta de dia curto, sensível ao fotoperíodo, que tem o florescimento induzido naturalmente em períodos com dias de menos de 14 ½ horas de luz, existindo variações de acordo com a variedade e temperatura. A composição espectral da fonte de luz utilizada para indução do efeito de fotoperíodo tem influência direta no desenvolvimento dos crisântemos (REDDY et al., 1996), da mesma forma que diferentes intensidades de luz interferem no tamanho das flores (NOTHNAGL et al., 2002). Na verdade, o fator determinante é o número de horas de escuro (skotoperiodismo) presente em um período de 24 horas. Esse comportamento é determinado por um pigmento sensível à luz chamado fitocromo.

O mesmo autor afirma que no caso do crisântemo, quando se aplica luz na faixa do vermelho, ou seja, luminosidade natural do dia ou lâmpadas incandescentes ou fluorescentes, por um período e intensidade suficientes, o fitocromo converte-se imediatamente na forma ativa, não havendo a formação do botão floral. Quando se aplica luz infravermelha, ou, na ausência de luz por período suficiente, o fitocromo se converte na forma inativa, havendo a floração. No caso dos crisântemos, o florescimento normalmente é evitado com a aplicação de duas a quatro horas de luz no meio da noite.

No desenvolvimento da begônia o fotoperíodo tem sido amplamente estudado relacionando eventos como florescimento (HEIDE, 1962), determinação do sexo (HEIDE 1969), crescimento dos botões florais e raízes em locais de produção de mudas (HEIDE, 1964; HEIDE, 1965), havendo sempre interações com a variação na temperatura entre outros.

Segundo NEMALI & IERSEL (2004), o desenvolvimento da Wax Begônia tem bom desempenho sobre uma diferente gama de intensidades luminosas sendo que sobre diferentes radiações ($5 \text{ à } 20 \mu\text{mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$), a planta se aclimata de forma a maximizar seu ganho de carbono. No caso da redução da intensidade de luz, POWEL & BUNT (1985) e SIMMONDS & NELSON (1988), afirmam que ha diminuição na assimilação de CO_2 .

2.4 Fitocromo e controle de desenvolvimento das plantas pela luz.

Pigmento protéico azul fotorreversível (BUTLER & COLS., 1959) que absorve luz na faixa do vermelho e vermelho distante (BORTHWICK & COLS., 1952), o fitocromo tem papel importante no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo regulado pela luz. Está mais fortemente concentrado nas regiões onde ocorrem alterações drásticas de desenvolvimento como meristemas apicais do epicótilo e raiz (KENDRIK & FRANKLAND, 1983). Segundo TAIZ & ZIEGER (2006), as diferentes respostas do fitocromo podem ser classificadas de acordo com a quantidade e qualidade de luz exigida para produzir o efeito que podem se traduzir em eventos bioquímicos rápidos ou mudanças morfológicas lentas. As respostas morfológicas à fotoativação podem ser curtas ou rápidas dependendo do *lag time* (tempo entre o estímulo e uma resposta observada) e do *escape* (reversão apenas por um período limitado de tempo). Tanto a fluência, número de fótons atingindo uma unidade de área de superfície dada em moles de *quanta* por metro quadrado (mol m^{-2}), como a irradiância, ou *taxa de fluência* da luz, que são moles de quanta por metro quadrado por segundo ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), modificam as respostas do fitocromo. A magnitude da resposta é proporcional à fluência, tendo a maioria das respostas fotorreversíveis em fluência baixa, LFR (low-fuence response), que compreende a faixa de início do conjunto de respostas com fluência de $1,0 \text{ mol m}^{-2}$ e saturação das respostas quando a fluência atinge 1.000 mol m^{-2} . Os espectros LRF incluem um pico principal para a estimulação na região do vermelho (660 nm), e um pico principal para a inibição na região do vermelho distante (720 nm). Curtos pulsos de luz ativam as respostas em fluência baixa (BRIGGS, 1984).

A inibição do florescimento de plantas de dias curtos por interrupção do período de escuro (quebra da noite) foi um dos primeiros processos fisiológicos que mostraram estar sob o controle do fitocromo. Em muitas plantas de dias curtos, uma quebra da noite só se torna efetiva quando a dose de luz aplicada for suficiente para saturar a conversão do Phytochrome - Pr (fitocromo que absorve a luz vermelha) a Phytochrome Far Red - Pfr (fitocromo que absorve a luz vermelho-distante). Uma exposição subsequente com luz vermelho-distante, a qual fotoconverte o pigmento de volta para a forma fisiologicamente inativa Pr, restaura a resposta ao florescimento.

2.5 Controle Fotoperiódico

O fotoperíodo é comumente controlado na produção comercial de plantas ornamentais para induzir ou impedir o florescimento. Durante a produção de mudas em casas de vegetação, o fotoperíodo pode ser artificialmente prolongado ou truncado para induzir a floração ou para manter o crescimento vegetativo. A capacidade de manipular o fotoperíodo permite aos agricultores estabelecer de forma eficiente cronogramas para entregar as flores cultivadas aos mercados em datas previamente estabelecidas (VINCE-PRUE, 1975). Vários tipos de lâmpadas elétricas podem ser utilizadas no controle fotoperiódico para evitar o desenvolvimento reprodutivo em plantas de dias curtos, inclusive fluorescentes (CANHAM, 1966), de alta pressão de sódio (HPS) (KADMAN-ZAHAVI et al, 1987; BLACQUIE`RE, 2002), incandescentes (CATHEY & BORTHWICK, 1961; SMITH & LANGHANS, 1962), e lâmpadas de sódio de baixa pressão (CANHAM et al., 1977).

Segundo VINCE-PRUE (1975) e BLACQUIE`RE (2002), o período mais eficaz para a inibição do florescimento com a utilização de iluminação artificial no período noturno, é de 4 a 10 horas após o final do fotoperíodo. Muitos produtores utilizam o horário entre as 22 h 00 min e 2 h 00 min para interromper o período de escuro (RUNKLE & FISHER, 2004). CATHEY & BORTHWICK (1961), pesquisando com a espécie de Crisântemo *Morifolium Ramat*, verificaram que, mesmo sobre uma intensidade de $4,3 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA), algumas espécies necessitam de um determinado tempo de exposição a luz para inibir a indução floral enquanto outras necessitam de um período maior.

De acordo com CATHEY et al (1961) e CANHAM (1966), uma maneira de se reduzir o consumo de energia elétrica na ordem de 60-80% de economia, é o uso de períodos de iluminação seguidos de períodos sem iluminação em vez de iluminação contínua no período noturno. RUNKLE et al. (1998) verificaram que em várias espécies de plantas de jardim, o uso de iluminação cíclica em vez de contínua atrasou ou tornou incompleto a indução floral. Já CATHEY & BORTHWICK (1961), SMITH & LANGHANS (1962) e CATHEY E TAYLOR (1963) verificaram que em várias espécies o regime cíclico foi tão eficaz como o contínuo na prevenção da indução floral. Por exemplo, 4 horas de uso de lâmpadas incandescente de forma cíclica com um fluxo luminoso de $2,2$ a $4,3 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) apresentou-se tão eficaz como 4 horas

contínuas em retardar o florescimento em begônia (*Begonia socotrana* Hook.), amendoim e outras variedades de crisântemo (SMITH & LANGHANS, 1962).

CATHEY & BORTHWICK (1961) realizaram estudos com regime cíclico para quantificar a frequência mínima efetiva de operação da lâmpada e da influência da intensidade da luz. Relataram que a 4 horas de acionamento cíclico com o uso de lâmpadas incandescentes e fluxo luminoso de $1,1 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) foram suficientes para impedir o florescimento em crisântemo quando a duração do regime de acionamento foi de pelo menos 2 min ligado a cada 10 min desligado. A floração em amendoim foi impedida quando as plantas foram submetidas a uma interrupção do período noturno de 4 horas com $4,3 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) com o uso de lâmpadas incandescentes operando continuamente, 3 s a cada minuto, ou 90 s a cada 30 min, porém, a interrupção do período noturno não impediu o florescimento quando houve um intervalo de 60 min de escuridão entre os ciclos (CATHEY & TAYLOR, 1963). BLACQUIE'RE (2002) relatou que em um período cíclico de 7 horas utilizando lâmpadas incandescentes com regime de acionamento de 10 minutos de luz por 30 min de escuro e fornecendo $1,7 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) mostrou-se eficaz na inibição do florescimento de crisântemos. Segundo BICKFORD & DUNN, (1972), as lâmpadas incandescentes são mais comumente utilizadas para a iluminação cíclica porque o filamento requer pouco tempo para aquecer e vida útil da lâmpada não é afetado devido ao ciclo de liga-desliga.

Nas lâmpadas fluorescentes, este regime de operação diminui a vida útil (SPAARGAREN, 2001). Todavia, BLANCHARD, & RUNKLE (2009) verificaram a possibilidade de uso em regime contínuo de lâmpadas HPS de 400 W montadas em um refletor parabólico de alumínio oscilante desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos EUA Serviço Florestal e patenteado em 1992 (TINUS, 1995). O refletor gira 180° de modo a fornecer um feixe de luz intermitente sobre a cultura durante a noite. OMI & EGGLESTON (1993) relataram que uma lâmpada de 400 W HPS cíclica montada 2,5 m acima da cultura impediu o surgimento de gemas reprodutivas em um conjunto de sete espécies de coníferas, com distâncias laterais de 2,5 a 16,0 m da luz e sob uma irradiação de 10 a $30 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA). Em comparação com um sistema de iluminação cíclico com lâmpadas tradicionais (incandescentes), o uso da lâmpada HPS (*High Pressure Sodium*) obteve uma estimativa de redução nos custos de instalação e de consumo de energia elétrica de 35% e 85%, respectivamente (OMI & EGGLESTON, 1993).

BLANCHARD, & RUNKLE (2009) também atribuem a maior eficácia das lâmpadas HPS em relação às incandescentes no controle da inibição da indução floral em crisântemos, devido a distribuição espectral desta fonte de luz. A relação do vermelho (*Red*, 600-700 nm) para vermelho distante (*Far Red*, 700-800 nm) usando lâmpada HPS cíclica e Incandescente em regime contínuo e a uma altura de 7 metros da cultura, foi calculada em 4,7 e 0,6, respectivamente. O fitocromo pode existir em duas formas interconvertíveis: *Red* e *Far Red* (*Phytochrome Red* e *Phytochrome Far Red*, respectivamente). *Red* e *Far Red* são absorvidos pela família de fitocromo dos fotoreceptores, os quais regulam o florescimento em muitas espécies. Durante a escuridão, *Far Red* é convertido em *Red* e quando *Far Red* diminui abaixo de certo nível crítico, ocorre a indução floral (VINCE-PRUE, 1975). A interrupção da noite com iluminação artificial torna-se eficaz em prevenir ou retardar o florescimento, pois promove a fotoconversão de Pr para Pfr (VINCE-PRUE, 1975).

BORTHWICK & CATHEY (1962) também observaram diferenças entre fontes de luz na eficácia da prevenção da floração no cultivo de *Chrysanthemum honeysweet* em vaso. As plantas exigiram um mínimo de interrupção do período noturno de 48 min e irradiação de $8,6 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) com o uso de lâmpadas incandescentes (R: FR = 0,7) e de 12 min com irradiação de $5,8 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) para lâmpadas fluorescentes (R: FR = 8,8).

No caso das Begônias, HEIDE (1965) afirma que na utilização de luz fluorescente branca fria, a interrupção de 2 horas no período de 16 horas de escuro (estimulação de dia longo) resulta em efeitos inibitórios no caso da formação de botões florais no local das folhas retiradas. GLIAGLARAS, BAILLE & BAILLE (1994) utilizaram lâmpadas de Tungstênio (3 de 60 W Osram por bancada), dispostas a 1,5 metros sobre o nível das plantas ao longo do eixo médio de cada bancada assegurando um fotoperíodo de 16 horas durante o estágio vegetativo das plantas de Begônia de forma a garantir junto ao controle de dióxido de carbono menor duração do período de cultivo e aumentar qualidade das plantas.

Já autores como MYSTER et al., & MOE (1997), descrevem a utilização de lâmpadas HPS em dias longos e lâmpadas fluorescentes tubulares (TLD 33) como forma suplementar de irradiação em câmaras de crescimento de begônia. Os autores ainda utilizaram lâmpadas de filamento incandescente, para irradiação de 8 horas dentro de um fotoperíodo de 16 horas.

Na literatura ainda podem ser encontrados outros exemplos da utilização de lâmpadas incandescentes como em FRUSTORFER (1952) que descreve o experimento de begônias cultivadas em potes plásticos de 10 cm com compostos fertilizantes nos quais todas as plantas recebiam 8 horas de luz natural e aquelas destinadas a serem cultivadas em dia longo ainda recebiam um adicional de 16 horas de luz incandescente de aproximadamente $1,5\text{W m}^{-2}$ sobre temperatura e pressão de água controladas.

Para controle de fotoperíodo, outros regimes de acionamento de luz fluorescente branca fria (40 W), como 12 horas de luz e 12 horas de escuridão (com média de RFA de: $835\ \mu\text{mol s}^{-1}\ \text{m}^{-2}$ (RFA) a 3 cm sobre o bulbo e $636\ \mu\text{mol s}^{-1}\ \text{m}^{-2}$ (RFA) a 8 cm sobre o bulbo), também são aplicados como descrito em RIVERA & COZZA (2008).

Segundo ROIVAINEN (1987), em ensaio sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de Begônia *in vitro* utilizando diferentes lâmpadas como HPS (Airam SNaKd 330 W), lâmpadas de mercúrio de alta pressão (Airam HgLX 400 W), lâmpadas de vapor metálico de alta pressão (Philips HPI/T 735 W), e lâmpadas incandescentes de 100W para controle, observou um crescimento maior e em menor tempo nas plantas iluminadas pelas lâmpadas SNaKd ou HgLX sendo ainda que as plantas sobre iluminação incandescentes demoraram um maior tempo para atingir o estágio de venda além de possuírem menor tamanho.

DAVID, E. (2010) realizou experimentos com lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 40 W, lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 23 W, lâmpadas de Vapor de Mercúrio de 125 W e lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70 W para indução do efeito de fotoperíodo em crisântemos, com regime de acionamento de 10 min ligado por 20 min desligado, comprovando a viabilidade do uso destas lâmpadas de descarga neste processo produtivo. A análise técnico-econômica do uso destas tecnologias indicou a viabilidade do sistema com lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas, com retorno do investimento em aproximadamente nove meses e quinze dias e sem formação de botão floral, justificando plenamente sua implantação (ROSSI et al., 2010)

De acordo com GRUSZYNSKI (2002) o crescimento vegetativo nos crisântemos acontece naturalmente quando o número de horas de luz do dia é maior que $14\ \frac{1}{2}$ horas. Nesta fase, a planta cresce vegetativamente não formando inflorescências. Quanto maior o tempo decorrido nesta fase, maior a altura potencial da planta. Na produção comercial, usualmente utiliza-se iluminação artificial durante a noite, das 22

às 2 horas, dividindo a noite longa em dois períodos menores. De acordo com o autor, esta intensidade luminosa não tem o objetivo de promover crescimento e fotossíntese, mas sim de atuar sobre o controle fotoperiódico da planta. Por essa razão, estas plantas são sempre despontadas para eliminar os brotos desenvolvidos, mesmo que esses não venham a ser utilizados para a propagação.

A iluminação noturna também é diferenciada, sendo constante ou intermitente por um período superior ao utilizado para a produção da flor (das 21 h 00 min às 5 h 00 min, por exemplo). No cultivo de crisântemos em vasos, na fase de crescimento vegetativo, usa-se a iluminação artificial durante a noite, em geral das 22 h 00 min às 2 h 00 min, em períodos alternados de no mínimo 6 minutos de luz para 24 minutos de escuro. Outra alternativa que se adapta aos controladores horários comuns existentes no mercado é a de alternância de 10 ou 15 minutos com luz para 10 ou 15 minutos de escuro. Nunca se deve deixar um período maior do que quatro horas sem iluminação. Nesta fase, normalmente, utiliza-se lâmpadas incandescentes de 100 W espaçadas de 2m x 2 m a uma altura de 2 metros a partir do topo das plantas, que suprirão a luminosidade mínima ao nível das plantas para que não haja indução da floração.

O regime de acionamento da iluminação artificial de modo intermitente para efeito de indução de fotoperíodo também pode ser de 10 min de luz a cada 30 min de escuro das 21 h 00 min às 5 h 00 min (TOMBOLATO, 2004) e de 10 min de luz para 20 min de escuro a partir das 20 h 45 min com duração total de 2 h (TOMBOLATO, et al.; 1998).

FERNANDES (2008), em experimento com crisântemos, relacionado à absorção de Fósforo, submeteu as plântulas durante os primeiros 25 dias à exposição de dias longos com iluminação artificial (das 22 h 00 min às 2 h 00 min), em períodos de quinze minutos de luz, seguidos de quinze minutos de escuro, recebendo quatro horas noturnas de iluminação. Usaram-se lâmpadas de 60 W, à altura de 1,20 m do solo, e espaçadas 1,37 m entre si.

VIANA (2004), pesquisando diferentes níveis de irrigação sobre o índice de área foliar, utilizou para aumentar o efeito da indução de fotoperíodo na cultura do crisântemo, 18 lâmpadas incandescentes de 100 W, instaladas a 1,8 m de altura e espaçadas de 1,6 m x 1,8 m. No enraizamento de estacas de crisântemos, CUQUEL (1994) utilizou durante todo o período de enraizamento iluminação artificial para adequação do fotoperíodo. A iluminação ocorreu das 20 h 45 min às 05 h 00 min, com lâmpadas incandescentes de 100 W, fornecendo uma intensidade 1000 lux. As lâmpadas

atuavam por 10 minutos a cada 30 minutos, com o objetivo de proporcionar a condição de dias longos, necessária durante este período. BRUM et al., (2007), no período de enraizamento de estacas de crisântemos, utilizou lâmpadas incandescentes de 100 W a uma altura de 1 metro sobre o dossel, obtendo uma luminosidade de 77 lux que foi suficiente para a indução do efeito de fotoperíodo. O regime de acionamento do sistema de iluminação foi de 15 min ligado por 30 min desligado das 20 h 00min às 5 h 00 min.

2.6 Fatores de desempenho em vegetais

O conceito de qualidade para o mercado, segundo NOORDEGRAAF (1994), está relacionado aos aspectos externos, que deve representar a verdade, porque os aspectos internos não podem ser mensurados durante o período de comercialização. Considera como aspectos externos da qualidade a estrutura (forma, comprimento), o número de flores e botões, a ausência de resíduos químicos, de pragas e doenças e de defeitos aparentes, e como internos, a longevidade em condições de interior, a resistência contra condições de estresse durante transporte e comercialização, a suscetibilidade ao resfriamento e ao etileno, ausência de defeitos escondidos e estabilidade da cor em condições de interior. Alguns destes aspectos podem ser mensurados por métodos objetivos, como número de flores abertas, comprimento de haste e tamanho da flor; outros devem ser estabelecidos subjetivamente, pela visualização, como forma (tipo), intensidade de cor e defeitos.

2.7 Energia elétrica e racionamento no cultivo de flores

A conservação de energia tanto no uso final como na oferta de energia, está fundamentada em dois aspectos: mudança de hábitos e eficiência energética. Hoje a eficiência energética está cada vez mais próxima do cidadão, que por sua vez está cada vez mais consciente de sua importância para a conservação do meio ambiente e para toda a sociedade. Ao economizar energia, estamos adiando a necessidade de construção de novas usinas geradoras e sistemas elétricos associados, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação da natureza (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2007).

Um dos fatores importantes ligados ao cultivo de flores em ambiente protegido diz respeito à iluminação artificial, que, segundo SEIDEL (2003), é responsável por

cerca de 20 % da energia elétrica consumida mundialmente em todas as aplicações. Contudo, a crescente necessidade do uso da energia elétrica na agricultura e a limitação em suprir as demandas exigidas fazem com que os produtores rurais atentem para o uso racional dessa energia. Para praticar eficiência energética em um sistema produtivo, é necessário realizar a auditoria energética (identificação das cargas), que possibilite a análise sistemática dos fluxos de energia em um sistema particular, visando discriminar as perdas e orientar um programa de uso racional de insumos energéticos (MARQUES et al., 2006).

O crescimento econômico, associado às crescentes inovações tecnológicas dos últimos anos, vêm causando aumento substancial na demanda de energia elétrica e que a falta de investimentos no setor energético, tanto na geração, quanto na transmissão e na distribuição, faz da racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio imprescindível ao crescimento do País (TEIXEIRA, 2005).

Visando a mobilização da sociedade para o uso responsável e eficiente da energia elétrica, o governo criou em 1985 o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), o qual realiza um importante papel de redução dos impactos ambientais no Brasil: as várias linhas de ação de cada um dos Projetos de Mudança de Hábitos e de Eficiência Energética do PROCEL permitem atender ao crescimento da demanda de energia elétrica sem que a oferta seja ampliada na mesma proporção. Uma parte da demanda por eletricidade passa a ser atendida pelo que se chama de energia virtual, obtida através de ações de conservação de energia. Isto porque estas ações permitem realizar mais atividades produtivas com a mesma quantidade de energia, aumentando a eficiência energética de lâmpadas, motores, eletrodomésticos e também reduzindo o consumo de energia elétrica de prédios públicos e residências. Após sucessivas crises nacionais e internacionais que afetaram o abastecimento, o PROCEL desenvolveu uma série de projetos dirigidos às classes de consumo industrial, residencial, comercial, iluminação pública, rural, e poder público, com ênfase em prédios públicos (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2007).

A conservação da energia elétrica leva à exploração racional dos recursos naturais. Isso significa que, conservar energia elétrica ou combater seu desperdício é a fonte de produção mais barata e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Desta forma, a energia conservada, por exemplo, na iluminação eficiente ou no motor bem dimensionado, pode ser utilizada para iluminar uma escola ou atender um hospital.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Local

Para realizar a racionalização do uso da energia elétrica no sistema de iluminação artificial na produção de mudas de crisântemos e begônias em ambiente protegido buscando a redução do consumo de energia elétrica sem modificar o desempenho do vegetal, testaram-se duas diferentes lâmpadas de descarga na iluminação artificial. Para as duas culturas, o local escolhido para a realização do experimento foi uma empresa produtora de mudas de plantas ornamentais para o mercado nacional e internacional situada no município de Artur Nogueira, localizada nas coordenadas latitude 22°34'23" Sul e longitude 47°10'21" Oeste, estando a uma altitude de 588 metros, com clima tropical de altitude, chuvas no verão, seca no inverno e temperatura média do mês mais quente superior a 24,1°C. A empresa está localizada na área de concessão da concessionária ELEKTRO - Elektro Eletricidade e Serviços S.A., com enquadramento no grupo alta tensão A4 e base tarifária Horó Sazonal Verde. A precipitação pluviométrica anual na região do município é de 1300 a 1600 mm (PEREIRA et al 2007).

3.1.2 Cultura de Begônias

O experimento foi realizado em uma estufa de 4.320 m² com pé direito de 5m. A figura 1 mostra o interior da estufa.



Figura 1 - Vista do interior da estufa de begônias.

A figura 2 mostra o espaço cedido pela empresa (vão) dentro da estufa, o qual possui 24 m de comprimento por 8 m de largura, totalizando 192 m².



Figura 2 - Vista do vão cedido pela empresa.

3.1.2.1 Características técnicas da instalação dos tratamentos.

Dentro desta área, ocupou-se 3 parcelas iguais de 32 m², localizadas próximas ao corredor. Em cada parcela foi instalada uma tecnologia de iluminação diferente sendo: Lâmpada Incandescente de 100 W, lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W e lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W, sendo as duas últimas amarelas.

A figura 3 mostra a altura de instalação do sistema de iluminação artificial por sobre a cultura de Begônias.

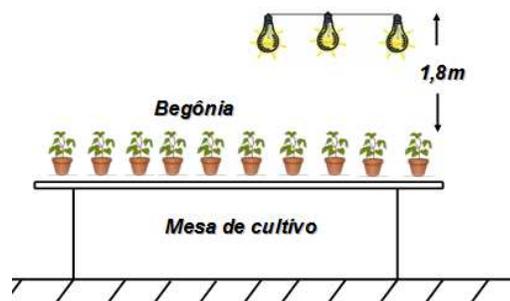


Figura 3 – Desenho da altura de instalação do sistema de iluminação

O produtor utiliza 37 lâmpadas de filamento Incandescente de 100 W neste vão. Estas são distribuídas em duas linhas laterais com 12 lâmpadas e uma linha central com 13 lâmpadas (figura 4).



Figura 4 - Distribuição das linhas de iluminação por sobre a cultura de begônias.

Manteve-se o mesmo número de lâmpadas de filamento Incandescente de 100 W na parcela para efeito de comparação entre a tecnologia de filamento Incandescente atualmente utilizada pelo produtor, que se caracteriza como a tecnologia testemunha do experimento, e a tecnologia de descarga. Com o objetivo de impedir a passagem de luz de um tratamento para o outro, foram usadas lonas plásticas de cor azul para a separação física entre as parcelas (figura 5).



Figura 5 - Vista da instalação das lonas azuis que separam os tratamentos no experimento com begônias.

A altura de instalação do sistema de iluminação foi mantida em 1,8m em relação à parte superior do dossel da cultura. Para a avaliação das diferentes tecnologias de descarga, foi mantida a mesma altura e disposição de distribuição de linhas da testemunha (figuras 6 e 7).



Figura 6 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W na cultura de begônias.



Figura 7 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W na cultura de begônias.

A figura 8 ilustra a localização do Quadro de Medição e Controle e do vão que foi utilizado no experimento dentro da estufa de begônia.

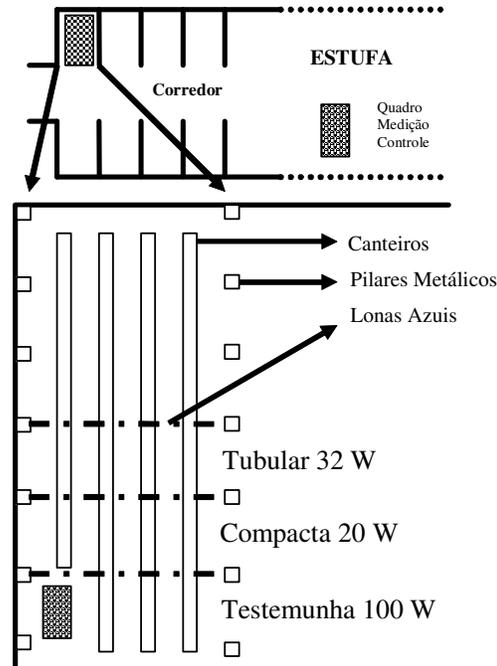


Figura 8 - Desenho esquemático da instalação do experimento com begônias no vão cedido pela empresa.

3.1.2.2 Regime de acionamento

Para a cultura de begônias, que possui ciclo produtivo de 2 anos, o regime de acionamento do sistema de iluminação artificial usado pelo produtor, para efeito de indução de fotoperíodo no período noturno, inicia-se às 0 h 00 min e termina às 6 h 00 min em ciclo contínuo. Assim, tem-se um total de 6 horas de acionamento diário com uso de um controlador horário. Para a avaliação dos tipos de lâmpadas de descarga, manteve-se o mesmo regime de acionamento durante o período de 07/11/2009 a 21/02/2010. Posteriormente, durante o período de 24/02/2010 a 10/06/2010, mudou-se o regime de acionamento do sistema de iluminação, iniciando-se às 0 h 00 min e terminando às 6 h 00 min com intervalos de 30 min ligado por 10 min desligado, totalizando 4 h 30 min de acionamento.

3.1.2.3 Variedade cultivada

Para a cultura de begônias, a prerrogativa da escolha das variedades ficou para o produtor que justificou a escolha baseando-se no volume de produção e maior suscetibilidade à emissão de botão floral. O estágio de desenvolvimento das plantas situou-se no ¼ final do ciclo de produção de 2 anos desta cultura.

Neste experimento foram utilizadas mudas de *Begônias elatior* de 3 (três) variedades: Borias, Barkos e Baladin. Todas são produzidas em canteiros com 1,0 m de largura e 23,5 m de comprimento com período de cultivo de aproximadamente 2 anos por sobre mesas de cultivo. As variedades utilizadas no experimento possuem respectivamente produtividades de 1,6, 1,4, e 1,1 mudas por planta por semana. A densidade de plantio é de 36 mudas por m². A figura número 9 ilustra as variedades utilizadas no experimento.



Figura 9 - Variedades utilizadas no experimento de begônias.

As plantas são similares, de mesma espécie, com a mesma idade de plantio e os tratamentos foram designados às parcelas de forma casual caracterizando assim um delineamento experimental em blocos ao acaso. De acordo com VIEIRA, 1999, desde que respondam da mesma forma em experimentação as unidades não precisam ser iguais. Os experimentos em blocos ao acaso surgiram na área agrícola. O termo bloco designava, originalmente, uma faixa de terra de mesma fertilidade, tendo hoje significado mais geral podendo ser uma ala da estufa, um período de tempo, uma ninhada, uma faixa de idade, etc.

3.1.3 Cultura de crisântemos

O experimento realizou-se em uma estufa de 5.517,5 m² com pé direito de 5m. A figura 10 mostra o interior da estufa.



Figura 10 - Vista do interior da estufa de crisântemos.

A figura 11 ilustra em detalhes o espaço cedido pela empresa (vão) dentro da estufa, o qual possui 28,8 m de comprimento por 6,4 m de largura, totalizando 184,33m².



Figura 11 - Vista do vão cedido pela empresa.

3.1.3.1 Características técnicas da instalação dos tratamentos

Ocupou-se 3 parcelas iguais de 23 m² localizadas próximas do corredor. Em cada parcela foi instalada uma tecnologia de iluminação diferente: Lâmpada

Incandescente de 100 W, lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W e lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W, sendo as duas últimas com temperatura de cor de 3000 °K e 2700 °K, respectivamente.

A figura 12 mostra o desenho da altura de instalação do sistema de iluminação artificial por sobre a cultura de crisântemos.

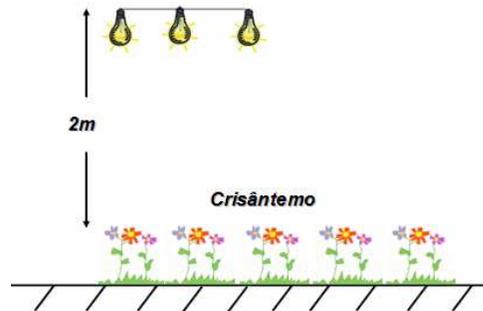


Figura 12 – Desenho da altura de instalação do sistema de iluminação artificial na cultura de Crisântemos

O produtor utiliza 49 lâmpadas de filamento Incandescente de 100 W neste vão. Estas são distribuídas em duas linhas laterais com 16 lâmpadas cada e uma linha central com 17 lâmpadas (figura 13).



Figura 13 - Distribuição das linhas de iluminamento por sobre a cultura de crisântemos.

Assim como no experimento com begônias, manteve-se o mesmo número de lâmpadas de filamento Incandescente de 100 W por parcela para efeito de comparação entre esta tecnologia, escolhida como testemunha, e a tecnologia de descarga. Também

utilizaram-se lonas plásticas de cor azul para a separação física entre as parcelas com o objetivo de impedir a passagem de luz de um tratamento para o outro (figura 14).



Figura 14 - Vista da instalação das lonas azuis que separam os tratamentos no experimento com crisântemos.

A altura de instalação do sistema de iluminação foi mantida em 2,0 m em relação à parte superior do dossel da cultura. Para a avaliação das diferentes tecnologias de descarga, foi mantida a mesma altura e disposição de distribuição de linhas da testemunha (figuras 15 e 16).



Figura 15 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W na cultura de crisântemos.



Figura 16 - Vista da altura de instalação da tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W na cultura de crisântemos.

A figura 17 ilustra a localização do QMC e do vão que foi utilizado no experimento dentro da estufa de crisântemos.

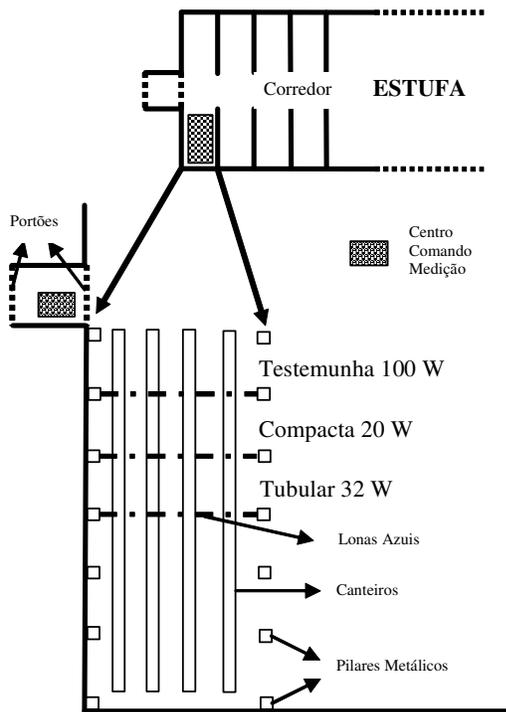


Figura 17 - Desenho esquemático da instalação do experimento com crisântemo.

3.1.3.2 Regime de acionamento

Para a cultura de crisântemos, que possui ciclo produtivo de 20 semanas, o regime de acionamento do sistema de iluminação artificial usado pelo produtor, para efeito de indução de fotoperíodo no período noturno, inicia-se às 20 h e 50 min e termina às 4 h 00 min da manhã seguinte com intervalos de acionamento de 10 min ligado por 20 min desligado, totalizando 2 h e 50 min de acionamento diário com o uso de um controlador horário. Para a avaliação dos tipos de lâmpadas de descarga, modificou-se o regime de acionamento no início da produção para 10min ligado e 30 min desligado até a 12^a semana. Da 12^a semana até a 16^a semana, o regime de acionamento foi alterado para 10 min ligado e 25 min desligado. Da 16^a semana até o final do ciclo de produção, o regime adotado foi o mesmo do utilizado pelo produtor que é de 10 min ligado por 20 min desligado.

3.1.3.3 Vegetal

Neste experimento foram utilizadas mudas de *Chrysanthemum sp* de 4 (quatro) variedades produzidas por sobre mesas de cultivo: Abba, Rage, Sahara Time e Omega Time Golde. As mudas são produzidas em canteiros de 1,20 m de largura por 29 m de comprimento, com densidade de plantio de 120 mudas por m². A figura 18 ilustra as variedades utilizadas no experimento.



Figura 18 - Variedades utilizadas no experimento com crisântemos.

Assim como o experimento com begônias, as plantas são similares, de mesma espécie, com a mesma idade de plantio e os tratamentos foram designados às parcelas

de forma casual caracterizando assim um delineamento experimental em blocos ao acaso.

3.1.4 Características técnicas das tecnologias de iluminação dos tratamentos

Tanto para a cultura de crisântemos como para a cultura de begônias, os tipos de lâmpadas de descarga escolhidas para o experimento foram a Fluorescente Tubular de 32 W e a Fluorescente Compacta Integrada de 20 W, ambas amarelas. Para as duas culturas, a tecnologia de iluminação utilizada para efeito de testemunha será a atualmente utilizada pela maioria dos produtores de crisântemos e begônias, que é a de lâmpadas de filamento Incandescente de 100 W.

Em ambas as culturas, usou-se reator de alto fator de potência para o acionamento das lâmpadas de descarga Fluorescente Tubular de 32 W. Já as lâmpadas de descarga Fluorescentes Compactas Integradas de potência 20 W amarela possuem como característica intrínseca de fabricação reatores integrados de baixo fator de potência, em torno de 0,56.

A lâmpada de filamento Incandescente de 100 W possui valor de fator de potência igual a 1 por serem praticamente resistivas. O valor de fator de potência das tecnologias de descarga encontra-se na descrição das lâmpadas, nos catálogos de reatores (Anexo 1).

3.1.4.1 Lâmpada Incandescente de 100 W

A lâmpada utilizada neste experimento foi a de filamento Incandescente de 100 W modelo Standard STD220VI00-N, da marca Philips (Anexo 1 - A). Manteve-se o mesmo número de lâmpadas que o produtor usa normalmente em seu processo produtivo para serem mantidas as características operacionais de produção. Neste caso, o número de lâmpadas de filamento foi 7, pois a parcela em que foi colocada a testemunha é a primeira junto ao corredor central.

3.1.4.2 Lâmpada Fluorescente Tubular 32 W

Nas duas culturas, instalaram-se 3 lâmpadas Fluorescentes Tubular de 32 W modelo TLDRS32W-S84-ECO (Anexo 1 - B) na mesma altura de instalação da

lâmpada de Filamento de 100W (testemunha), dispostas em três linhas com uma lâmpada cada.

Para este tipo de lâmpada de descarga foi empregado um reator de alto fator de potência da marca Philips, modelo ELI32A26 PS 220 V/1X40W (Anexo 1 - B).

3.1.4.3 Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 20 W

Para a cultura de begônias instalaram-se 9 lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 20 W, e para a cultura de crisântemos instalaram-se 6 lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 20 W, ambas de cor amarela modelo PLWTWIST20W220BL da marca Philips (Anexo 1 - C) na mesma altura de instalação da lâmpada de Filamento de 100 W (testemunha), dispostas em três linhas com duas lâmpadas cada.

3.1.5 Equipamentos de medição

3.1.5.1 Curvas Espectrais

Para a determinação das curvas espectrais das lâmpadas utilizadas no experimento utilizou-se um Espectroradiômetro LI-COR, Modelo LI-1800.

3.1.5.2 Iluminamento

Utilizou-se para efetuar as coletas semanais de iluminamento (lux) em cada tratamento, Luxímetro da marca Minipa, modelo 1010).

3.1.5.3 Energia Elétrica

Para a análise do consumo de energia elétrica, demanda máxima e fator de potência, utilizou-se os seguintes equipamentos de medição multivariáveis que mediram as grandezas elétricas envolvidas em cada tratamento e na testemunha e foram instalados em um quadro de distribuição de energia elétrica apropriado no interior da estufa onde foram desenvolvidos os testes:

- Medidores de Energia Elétrica, modelo SMART TRANS (transdutores elétricos) acoplados ao computador através de um conversor de sinal RS458/232;
- Dois Interruptores Horários da marca COEL com capacidade para 10 (dez) entradas e 10 (dez) saídas;
- Contatores magnéticos para acionamento eletromecânico dos circuitos de iluminação;
- Disjuntores de proteção.

O transdutor multigrandezas trifásico Smart-Trans, usado para medir as grandezas elétricas nos tratamentos, possui indicação para identificar a seqüência de fases e recepção dos dados. O analisador opera interligado em rede de equipamentos com protocolo MODBUS-RTU através de saída RS485. Utilizaram-se três destes equipamentos e foram instalados na central de distribuição de energia elétrica para o acionamento do sistema de iluminação da unidade de experimentação, coletando os dados das grandezas elétricas dos tratamentos.

O programa computacional Transcomplus efetuou a configuração e aquisição das medições. Desenvolvido para gerenciar o consumo de energia elétrica, o Trascomplus é compatível com o protocolo modbus RTU. Usando uma rede de transdutores de energia elétrica, o Trascomplus faz a leitura de cada equipamento que se encontra em seu banco de dados, guardando os valores medidos das grandezas elétricas a cada período de tempo programado.

O gerenciamento do banco de dados é feito através de tabelas compatíveis (tabela do Microsoft Excel). As medições dos valores de corrente e tensão são efetuadas através dos transdutores e as outras grandezas elétricas são calculadas pelo programa computacional Transcomplus. O intervalo de tempo de registro entre uma coleta de dados e outra foi programado para 15 min de acordo com a resolução 405 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para medição de demanda máxima. O fabricante fornece o Software de Gerenciamento TRANSCOM para parametrização do equipamento via microcomputador.

A figura 19 mostra o painel de comando com os equipamentos de controle, medição, comando e proteção.



Figura 19 - Detalhe do painel de comando e controle.

Todo o sistema foi alimentado através da rede elétrica disponível no local, juntamente com um sistema de emergência, composto por um *Nobreak* com um conjunto de baterias que proporciona autonomia de aproximadamente 2 horas.

3.1.5.4 Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)

Para a medição da Radiação fotossinteticamente Ativa das lâmpadas utilizadas no experimento, fez-se uso de um medidor de RFA, fabricado pela Apogee Instruments, modelo BQM, nº de série SUN 5564 (unidade de medição em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

3.2 Métodos

3.2.1 Cálculo Luminotécnico

Normalmente a iluminação de interiores é calculada para o plano de trabalho, no caso, o plano de trabalho definido foi o chão. Em função da altura do sistema de iluminação, a altura útil de trabalho considerada foi de 1,8m para a cultura de begônias e de 3m para a cultura de crisântemo.

O método utilizado para o cálculo do número de luminárias por tratamento foi o Método dos Lumens Médios ou Método da Iluminância Média Geral, função da necessidade da uniformização da intensidade luminosa ou iluminamento na área de produção de crisântemos e begônias.

3.2.1.1 Número de luminárias

A quantidade de luminárias necessárias para se obter o iluminamento desejado é determinada pela equação 1.

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_{lum}} \quad (1)$$

onde:

N = número de luminárias

Φ_T = fluxo total

$\Phi_{lum} = \Phi_{lamp} \times n$, fluxo da luminária

Φ_{lamp} = fluxo da lâmpada

n = número de lâmpadas

3.2.1.2 Fluxo Luminoso Total (Φ)

O fluxo total necessário é determinado pela equação 2.

$$\Phi = \frac{E \times A}{\eta \times d} \quad (2)$$

onde:

Φ = fluxo luminoso total necessário (lumens)

E = iluminância média (lux)

A = área total a ser iluminada (m²)

η = fator de utilização da luminária

d = fator de depreciação do ambiente

3.2.1.3 Iluminância (E)

O processo de cálculo inicia-se com a escolha do valor de iluminância média, E em lux, em função da necessidade de intensidade de fluxo luminoso para a cultura de mudas de crisântemos e begônias em ambiente protegido. Para os cálculos foi adotado o valor de 120 lux que é o iluminamento adotado pelo produtor tanto para crisântemos quanto para begônias (VERMEULEN, 2006).

3.2.1.4 Fator de Depreciação (d)

Este fator classifica o ambiente de acordo o tempo de manutenção e com as condições do ciclo de operação. Todo o sistema de iluminação tem, após sua instalação, uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Com o passar do tempo, os equipamentos de iluminação acumulam poeira, fazendo com que as lâmpadas forneçam menor quantidade de fluxo luminoso. No ambiente das estufas, o solo é constantemente revolvido pelas práticas de cultivo, tornando-o empoeirado. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo do número de luminárias. Este fator evita que o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado.

De acordo com a figura 20, adotou-se $d = 0,57$ como valor de fator de depreciação, pois o produtor não faz a devida manutenção nos aparelhos de iluminação, ou seja, adotou-se a pior situação.

Ambiente	Período de Manutenção		
	2.500 h	5.000 h	7.500 h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Figura 20 - Valores de fator de depreciação.

Fonte: Guia de iluminação Philips (COTRIM, 2003).

3.2.1.5 Fator de Utilização da Luminária (η)

Com base na definição dos índices de reflexão de teto, parede e piso e do fator do local, apresentados numa mesma tabela, é definido o valor do fator de utilização (η) da luminária para o ambiente em questão. Para o experimento, as tabelas utilizadas para a definição deste valor foram extraídas do site dos fabricantes de luminárias e projetores Philips e Guarilux (Anexo 2, C e D).

3.2.1.6 Fator do local (K)

O fator do local (K), que varia em função das dimensões do recinto, é usado como parâmetro necessário para a determinação do fator de utilização η , junto com a definição dos coeficientes de reflexão de teto, parede e piso. O fator do local é determinado pela equação 3.

$$K = \frac{L \times C}{H \cdot (L + C)} \quad (3)$$

onde:

L = largura do ambiente (m).

C = comprimento do ambiente (m).

H = altura útil de trabalho (distância entre a luminária e o plano trabalho), (m).

Na cultura de begônias, as parcelas possuem 8 m de comprimento e 4 m de largura, definindo assim um fator de local de valor $K = 1,48$. Para a cultura de crisântemos que possuem parcelas com 6,4 m de comprimento por 3,6 m de largura, o fator de local ficou definido pelo valor de $K = 1,15$.

3.2.1.7 Índices de reflexão

O índice de reflexão para teto, parede e piso, nesta ordem, é geralmente apresentado nas tabelas dos catálogos dos fabricantes de luminárias por três algarismos, que se baseiam nas cores e tipos de materiais utilizados nos revestimentos. Por exemplo: Fator de reflexão do teto = 0,7 (70%); Fator de reflexão da parede = 0,5 (50%); Fator de reflexão do piso = 0,3 (30%).

Para este experimento, os índices de reflexão determinados tanto para a cultura de begônias quanto para a de crisântemos foram de 0,7 (teto), 0,1 (parede) e 0,1 (piso) para a tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W e 0,5 (teto), 0,1 (parede) e 0,1 (piso) para a tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W (Anexo 2 - D).

Para a cultura de begônias, o fator local (K) calculado é de 1,48, com $\eta = 0,43$ para a tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W e $\eta = 0,38$ para a tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W. Para a cultura de crisântemos fator local (K) calculado é de 1,15, com $\eta = 0,38$ para a tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W e $\eta = 0,34$ para a tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 20 W.

Tanto para a cultura de begônias quanto para a cultura de crisântemos o modelo de luminária utilizada pelo produtor para as tecnologias Testemunha 100 W e Fluorescente Compacta Integrada de 20 W Amarela é um refletor aberto, tipo prato sem colarinho e confeccionado em alumínio polido (Anexo 2 - A). O modelo de luminária utilizada no experimento para a tecnologia Fluorescente Tubular de potência 32 W é a do tipo calha 1X40 confeccionada em chapa de aço (Anexo 2 – B).

De acordo com DAVID & ROSSI (2007), para o refletor do tipo prato não há tabela de coeficientes de utilização. Foram usados os valores dos coeficientes de utilização de uma luminária modelo HDK 451 fabricada pela Philips (Anexo 2 – C), que é a que mais se aproxima ao refletor do tipo prato utilizado pelo produtor (MACINTYRE, 1985), e para a luminária tipo calha, usaram-se os valores dos coeficientes de utilização de uma luminária modelo RGE fabricada pela Guarilux (Anexo 2 – D), de fecho aberto, conjunto óptico composto de refletor em alumínio especular, aplicação em ambientes onde se deseja iluminação homogênea e de baixa intensidade, ou ambiente com pouca altura que, assim como a tipo prato, é a que mais se aproxima da utilizada pelo produtor e no experimento.

3.2.1.8 Cálculo do número de luminárias dos tratamentos.

O método dos lumens médios ou da iluminância média é o mais indicado para o cálculo do número de luminárias na produção de mudas de begônias e crisântemos por oferecer boa uniformidade na distribuição do iluminamento por sobre a cultura (DAVID & ROSSI, 2007). Como as luminárias utilizadas pelos produtores são soluções economicamente mais viáveis, de mais baixo custo, devido a grande quantidade de pontos de luz e não provenientes da compra de fabricantes de renome, as mesmas não possuem tabelas de com o respectivo fator de utilização. Isso leva a necessidade de se procurar tabelas de fator de utilização de luminárias que mais se assemelhem com as utilizadas pelos produtores. Deste modo, o número de luminárias a que se chegam através deste método não é exato, sendo próximos e assim necessitando de um ajuste que é obtido com a verificação do fluxo luminoso com o uso de aparelhos de medição (luxímetro).

A tabela 1 mostra os valores de fluxo luminoso fornecidos pelo fabricante das lâmpadas utilizadas no experimento.

Tabela 1 – Valores de fluxo luminoso.

Tecnologias	Fluxo luminoso (lumens)
Fluorescente Tubular 32 W	2700
Fluorescente Compacta 20 W	1350
Incandescente 100 W	1350

Aplicando o método dos Lumens Médios, obteve-se o número de luminárias que satisfazem a necessidade de 120 lux por sobre as culturas de begônias e crisântemos para efeito de indução de fotoperíodo e os valores de potência instalada para as duas culturas, já consideradas as perdas dos reatores, conforme mostra a tabela 2. Considerou-se para efeito de cálculo de potencia instalada, tanto para a cultura de begônias quanto para a cultura de crisântemos, uma perda de 5 W nos reatores para as tecnologias Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescentes Compactas Integradas de 20 W amarela.

Tabela 2 – Número de luminárias calculado e potência instalada para as culturas de begônias e crisântemos.

Tecnologias	Número de luminárias		Potência Instalada (kVA)	
	Begônias	Crisântemos	Begônias	Crisântemos
Fluorescente Tubular 32 W	3	3	0,111	0,111
Fluorescente Compacta 20 W	9	6	0,225	0,150
Incandescente 100 W	7	7	0,700	0,700

3.2.2 Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) medida das lâmpadas

Efetuuou-se as medições no próprio local de produção das culturas de begônias e de crisântemos, na altura do dossel, distantes 2,0 m da fonte de luz no período noturno, em seis pontos de medição por tratamento. A figura 21 ilustra as posições relativas de coleta de RFA.

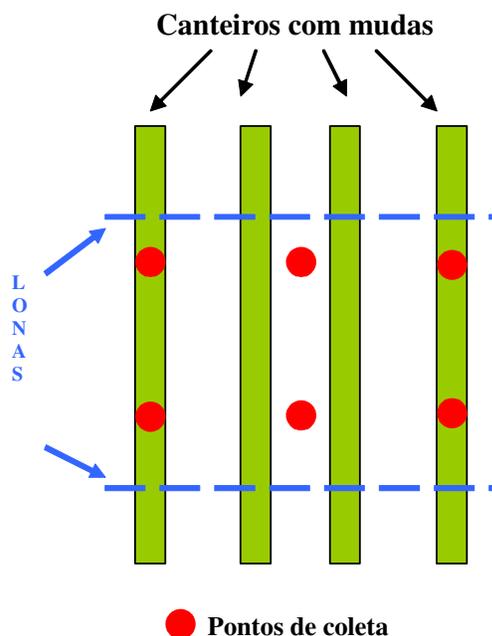


Figura 21 - Detalhe dos pontos de coleta de Radiação Fotossinteticamente Ativa.

3.2.3 Análises Estatísticas

O delineamento utilizado neste experimento foi em blocos casualizados, efetuando-se a comparação das médias mensais de consumo de energia elétrica e de demanda mensal para as duas culturas nos diferentes regimes de acionamento, através da realização da Análise de Variância e do Teste de Tukey.

3.2.4 Análise da Viabilidade Econômica

A análise de viabilidade econômica é necessária para apoiar, na tomada de decisões, os gestores na realização ou não de um determinado investimento. Para identificar qual o sistema de iluminação mais viável do ponto de vista econômico para substituir o sistema de lâmpadas incandescentes, usam-se os conceitos tradicionais de análise, que são o valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o período de retorno do capital (payback) (KOPTTKE & CASAROTTO FILHO, 2000; MAERQUES et al., 2006; HIRSCHFELD, 1992; BALARINE, 2004; MARINI & ROSSI, 2007).

3.2.4.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido é bastante interessante quando se deseja comparar alternativas mutuamente excludentes. Mostra a viabilidade de um projeto em termos monetários. Todos os custos e benefícios ocorridos ao longo do período estudado são trazidos ao valor presente. O VPL é um indicador de ciclo de vida, significando que considera o custo do capital descontando todas as receitas futuras. Um valor positivo para o VPL lhe diz quanto dinheiro o projeto vai gerar ao longo de sua vida útil, enquanto um VPL negativo diz a você quanto dinheiro você vai perder. A alternativa que oferecer o maior valor presente líquido será considerada, por esse critério, a mais atraente. Importante salientar que por estar comparando alternativas, somente fará parte do fluxo de caixa, as variáveis que diferenciam as alternativas, pois as variáveis comuns simplesmente se cancelam. Em se tratando de analisar alternativas com vidas úteis diferentes, lança-se mãos do conceito de reposição contínua, ou seja, as tecnologias serão repostas indefinidamente. Alguns autores denominam essa análise de valor anual líquido.

3.2.4.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Um dos critérios que goza de grande popularidade é a taxa interna de retorno (TIR) de um projeto. É a taxa necessária para igualar a receita obtida no investimento. Trata-se assim da taxa de desconto do fluxo de caixa que anula o valor líquido presente, ou anual, do empreendimento dentro de um período de tempo estipulado. É calculada como a hipotética taxa de desconto para a qual o VPL se iguala à zero.

Calculada essa taxa de desconto, TIR, do projeto, deve-se compará-la a uma taxa de juros de referência, que pode ser a taxa de atratividade do setor (no nosso caso, do mercado de plantas ornamentais, de 15% anuais) ou mesmo ser uma taxa de juros do mercado financeiro. Se a TIR, em questão, for maior que a taxa de atratividade, o projeto é atraente segundo esse critério de análise. Em princípio, qualquer projeto com uma TIR superior ao custo médio ponderado de capital da empresa é lucrativo (e terá um VPL positivo). A desvantagem desse método, TIR, em relação à análise do valor presente líquido é que, embora ofereça a taxa de retorno do empreendimento, nada garante que o retorno financeiro obtido em cada período, seja reinvestido à mesma taxa da TIR.

3.2.4.3 Período de Retorno de Investimento: *PayBack* descontado

Trata-se de um critério muito utilizado para estimar o tempo de retorno do capital investido, devido sua simplicidade de aplicação. Basta dividir o custo da implantação do empreendimento pelo benefício auferido para se ter o *payback* simples (não descontado). Neste caso, não se está considerando o custo de capital, ou seja, a taxa de atratividade do projeto. Ao considerar o *payback* descontado, observa-se o real valor do dinheiro no tempo e, assim, tem-se uma estimativa financeira mais realista, cuja desvantagem desse procedimento é a perda de parte do fluxo de caixa do projeto.

O Período de *Payback* Descontado é uma medida de risco, já que quantifica o período de recuperação do capital empregado, particularmente porque as estimativas de retorno diminuem seu grau de certeza à medida em que se distanciam da data inicial do projeto. Assim quanto maior o *payback*, maior o risco do projeto (e vice versa).

A tabela 3 mostra as variáveis consideradas e os valores dos custos (R\$) nos cálculos da Análise da viabilidade Econômica para a cultura de begônias.

Tabela 3 – Variáveis consideradas e valores dos custos correspondentes

Variáveis	Tecnologias		
	Custo (R\$)		
	Incandescente 100 W	Fluorescente Tubular 32 W	Fluorescente Compacta 20 W
Substituição das lâmpadas	—	20,00	—
Calha e soquete	—	18,48	—
Custo por lâmpada	1,88	5,21	10,79
Custo do reator	—	29,16	—
Custo do investimento inicial	13,16	218,55	97,11
Custo de reposição	13,16	15,63	97,11
Custo de energia	2.080,16	311,76	549,79

3.2.5 Critérios de Análises de Desempenho do Vegetal

Segundo (VERMEULEN, 2006), os indicadores produtivos das culturas de crisântemos e begônias são a produtividade de mudas por área cultivada, o peso médio de matéria fresca em gramas por parcela de 51 mudas e a ausência de botão floral. No presente trabalho de pesquisa, para a análise do efeito de indução de fotoperíodo, apenas a ausência de botão floral foi o parâmetro produtivo avaliado. Este mede a presença de botão floral nas mudas produzidas, o que não é desejável. A intenção do uso de iluminação artificial no período noturno, para efeito de indução de fotoperíodo, é a da ausência total de botão floral. O produtor utiliza o método usual de porcentagem, ou seja, o número de mudas que apresentaram botão floral em relação ao número de mudas plantadas por meio de amostragem.

3.2.5.1 Cultura de Begônias

No local de produção de mudas de begônias, a verificação da ausência de botão floral é feita de forma visual pelos funcionários que colhem as mudas. O treinamento destes funcionários é ministrado por profissional qualificado e disponibilizado pela própria empresa. Os cursos de capacitação são ministrados por Engenheiros Agrônomos responsáveis pela produção, colheita e comercialização.

3.2.5.2 Cultura de Crisântemos

Na produção de mudas de crisântemos em ambiente protegido, a verificação da presença de botão floral nas mudas produzidas para o mercado internacional é semanal e feita da seguinte forma: colhe-se 50 mudas de cada variedade por tratamento e descarta-se, aleatoriamente, 50% destas mudas coletadas. Das mudas restantes, retiram-se as folhas e deixa-se apenas a ponta verde. Com o auxílio de um microscópio (Anexo 2 – F), faz-se a comparação do atual estágio de surgimento de botão floral da muda com uma tabela contendo ilustrações de cinco estágios de desenvolvimento (Anexo 2 – G). Até o segundo estágio, a colheita é feita normalmente e, após o terceiro estágio, a colheita é suspensa até que seja averiguado o motivo da presença de botão floral.

3.2.6 Iluminamento

Efetuar-se coletas semanais de iluminamento (lux) em cada tratamento, utilizando-se o mesmo aparelho de medição nas duas culturas. A localização dos nove pontos de coleta efetuados na altura do dossel foi a mesma para todos os tratamentos. A figura 22 mostra esta disposição.

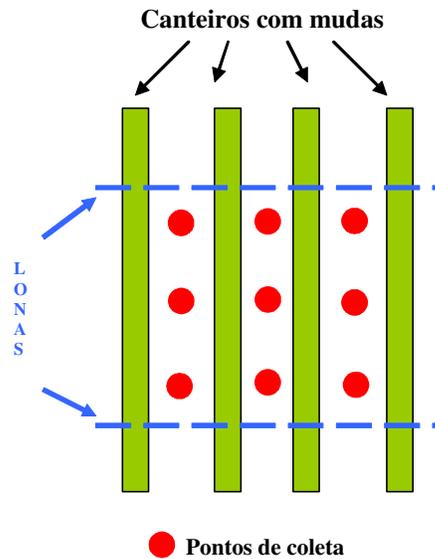


Figura 22 – Posição relativa dos pontos de coleta de fluxo luminoso.

3.2.7 Curvas Espectrais Medidas das Lâmpadas Utilizadas

A coleta dos dados de radiação foi efetuada no próprio local de produção, na altura do dossel das culturas de begônias e de crisântemos, a uma distância de 1,8 m da fonte de luz no período noturno sem interferência de iluminação externa no ambiente. Foram efetuadas quatro medições por tratamento, utilizando-se o mesmo aparelho de medição e posterior cálculo da média dos dados coletados. A localização dos quatro pontos de coleta foi a mesma para todos os tratamentos. A figura 23 mostra esta disposição.

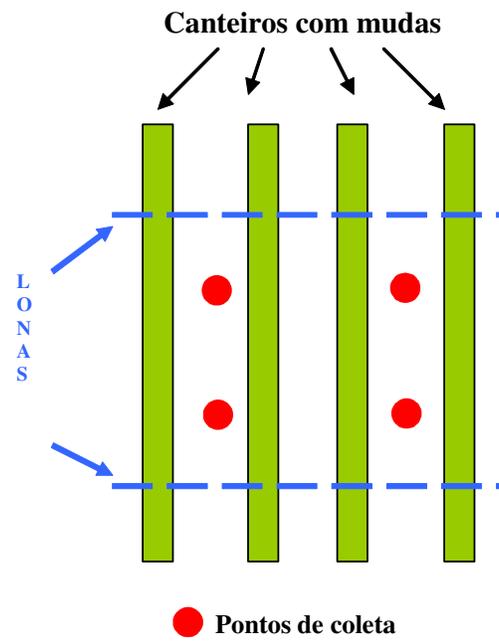


Figura 23 - Detalhe dos pontos de coleta da curva espectral das lâmpadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados foram baseados em critérios de desempenho produtivo do vegetal e parâmetros do uso de energia elétrica, obtidos através do experimento realizado com as culturas de crisântemos e begônias junto à empresa e por análises próprias.

4.1 Parâmetros Elétricos

Tanto para a cultura de begônias como para a cultura de crisântemos, os parâmetros elétricos avaliados foram a demanda (em kW), o consumo (em kWh), o fator de potência (adimensional) e o iluminamento médio (em lux). Para a cultura de begônias foram analisados os parâmetros elétricos para dois regimes de acionamento distintos. Para a cultura de crisântemos foram analisados os parâmetros elétricos para os três diferentes regimes de acionamento. A base de dados utilizada para registro destes parâmetros foi de 15 min em 15 min e o tempo total de acionamento por dia variou de acordo com o regime de acionamento. A tabela 4 mostra o tempo de acionamento diário dos diferentes sistemas de iluminação artificial para cada cultura.

Tabela 4 – Tempo de acionamento diário dos diferentes sistemas de iluminação artificial para cada cultura.

Culturas	Regimes de acionamento	Tempo de acionamento	
		Minutos	Horas
Begônias	Contínuo: 0 h 00 min às 6 h 00 min	360	6
	30 min ligado por 10 desligado	270	4,5
	10 min ligado por 20 min desligado	150	2,5
Crisântemos	10 min ligado por 25 min desligado	130	2,16
	10 min ligado por 30 min desligado	110	1,83

4.1.1 Cultura de Begônias

4.1.1.1 Cálculo de Demanda

A figura 24 mostra o valor máximo de demanda dos dois regimes de acionamento. Para todos os tratamentos, foram considerados os números de dias em que ocorreram registros.

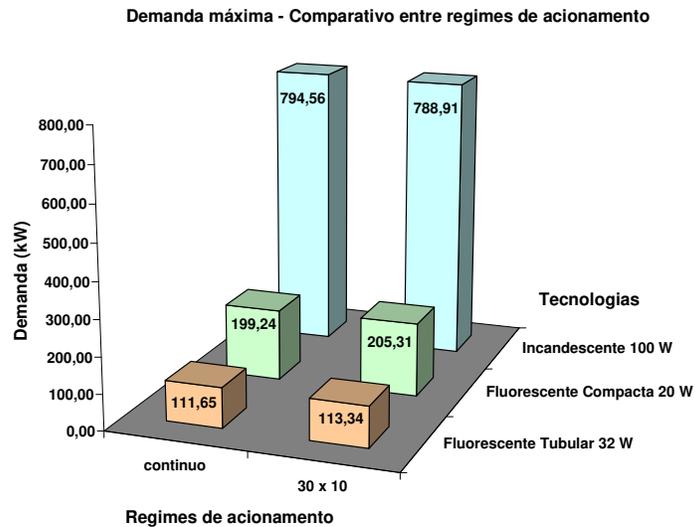


Figura 24 - Demanda máxima nos dois regimes de acionamento para a cultura de begônias.

Observa-se através da figura 24, diferença de demanda registrada nos dois períodos de cultivo entre as duas tecnologias de descarga, que possuem uma potência instalada menor, e a lâmpada de filamento (Incandescente de 100 W), atualmente utilizada pelo produtor.

A lâmpada de descarga instalada no experimento que registrou menor valor de demanda foi a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W.

4.1.1.2 Cálculo de Consumo

A figura 25 mostra o valor máximo de consumo dos dois regimes de acionamento. Para todos os tratamentos, foram considerados com dias de coleta de dados em que ocorreram registros nos dois regimes de acionamento.

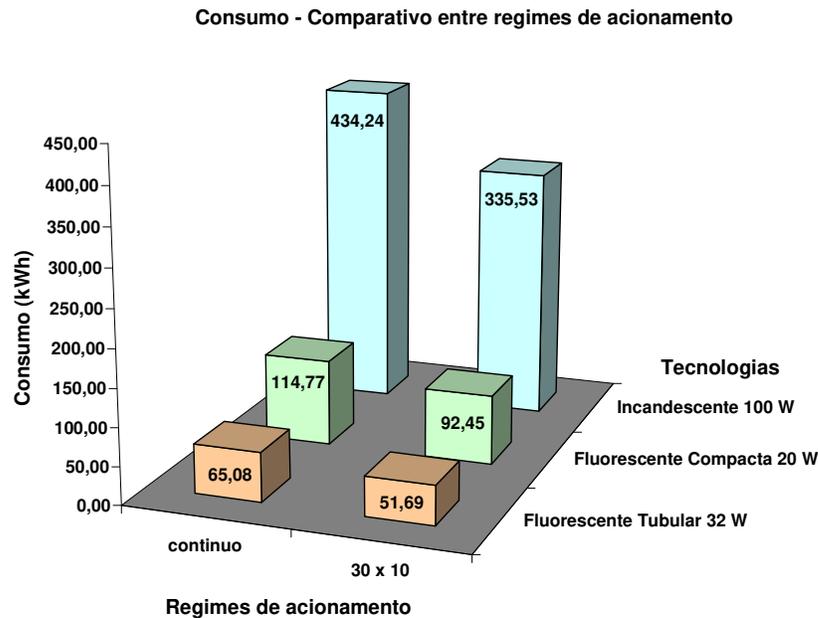


Figura 25 - Comportamento do consumo nos dois regimes de acionamento para a cultura de begônias.

A figura 25 mostra a diferença expressiva de consumo registrada nos dois regimes de acionamento entre as duas tecnologias de descarga e a lâmpada de filamento Incandescente atualmente utilizada pelo produtor.

Neste experimento, a lâmpada de descarga que registrou menor valor de demanda foi a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W, havendo diferença nos valores de consumo registrados para as tecnologias instaladas nos dois regimes de acionamento testados.

Os valores de redução percentual de consumo de energia elétrica entre as lâmpadas de descarga e a lâmpada de filamento incandescente (testemunha) nos dois regimes de acionamento encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 – Redução percentual (%) do consumo de energia elétrica das lâmpadas de descarga em relação à testemunha para a cultura de begônias.

Regime de acionamento	Fluorescente	Fluorescente
	Tubular 32 W	compacta 20 W
Contínuo: 0 h 00 min às 6 h 00 min	85,01%	73,57%
30 min ligado x 10 min desligado	84,59 %	72,45%

Também se observa na figura 25 uma redução de consumo de energia elétrica entre os regimes de acionamento para as tecnologias testadas no experimento. Os resultados da tabela 6 tiveram como base um período de cem dias de coleta de dados de consumo.

Tabela 6 – Consumo de energia elétrica nos regimes de acionamento para a cultura de begônias e a redução percentual.

Tecnologias	Consumo (kWh)		Redução (%)
	Contínuo	30 x 10	
Incandescente 100 W	434,24	335,53	22,73
Fluorescente Tubular 32 W	65,08	51,69	20,58
Fluorescente Compacta 20 W	114,77	92,45	19,45

4.1.1.3 Fator de Potência

Para os cálculos deste parâmetro, efetuaram-se as médias dos valores obtidos nos dois regimes de acionamento. A figura 26 apresenta o resultado para todo o período de coleta.

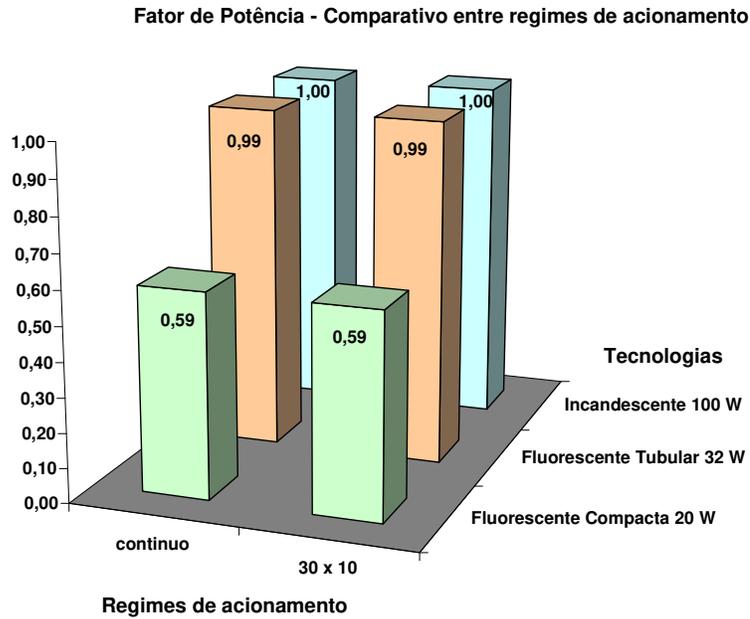


Figura 26 - Fator de potência médio nos dois regimes de acionamento para a cultura de begônias.

Através da figura 26, verifica-se na cultura de begônias, que os valores de fator de potência médio registrados para as lâmpadas de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 23 W nos dois regimes de acionamento, ficaram abaixo do valor mínimo normatizado pela ANEEL que é 0,92. A lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23 W possui como característica construtiva intrínseca baixo fator de potência, que é em torno de 0,56. A lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W apresentou registro de fator de potência médio acima do especificado pelo fabricante que é de 0,98. A lâmpada Filamento Incandescente de 100 W, por ser puramente resistiva, apresentou o melhor fator de potência.

4.1.2 Cultura de Crisântemos

4.1.2.1 Cálculo de Demanda

Na figura 27 estão os dados de demanda máxima para a cultura de crisântemos nos três regimes de acionamento testados. Para todos os tratamentos, foi considerado um número igual de dias em que ocorreram registros.

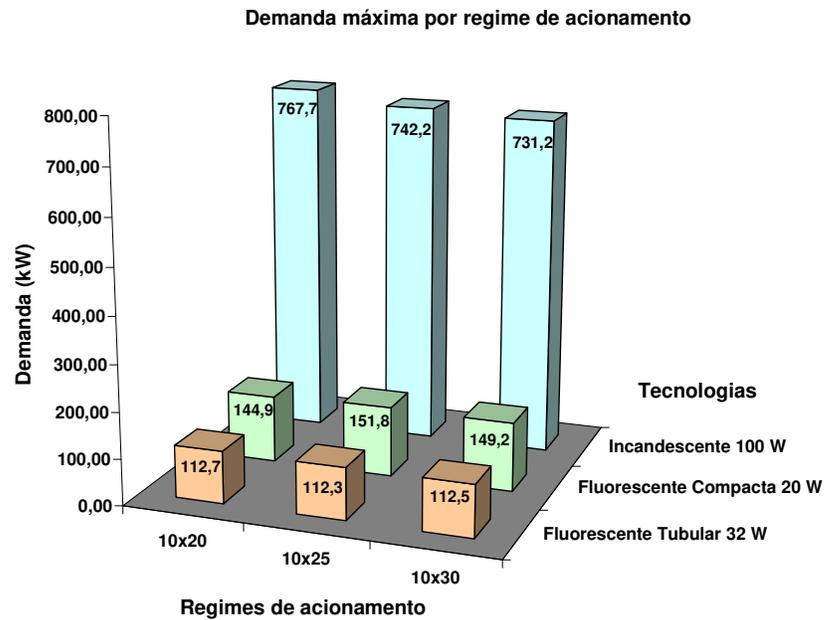


Figura 27 - Demanda máxima das três tecnologias de iluminação nos três regimes de acionamento para a cultura de crisântemos.

Em relação à testemunha, observa-se através da figura 27 diferença na demanda registrada nos três regimes de acionamento no cultivo de crisântemos, entre a lâmpada de filamento Incandescente e as duas lâmpadas de descarga, que possuem uma potência instalada menor.

Entre os regimes de acionamento, a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W foi a lâmpada de descarga que registrou menor valor de demanda.

4.1.2.2 Cálculo de Consumo

A figura 28 mostra os dados de consumo de energia elétrica para a cultura de crisântemos nos três regimes de acionamento testados. Sendo que para os tratamentos foram considerados 30 dias de coleta de dados em que ocorreram registros.

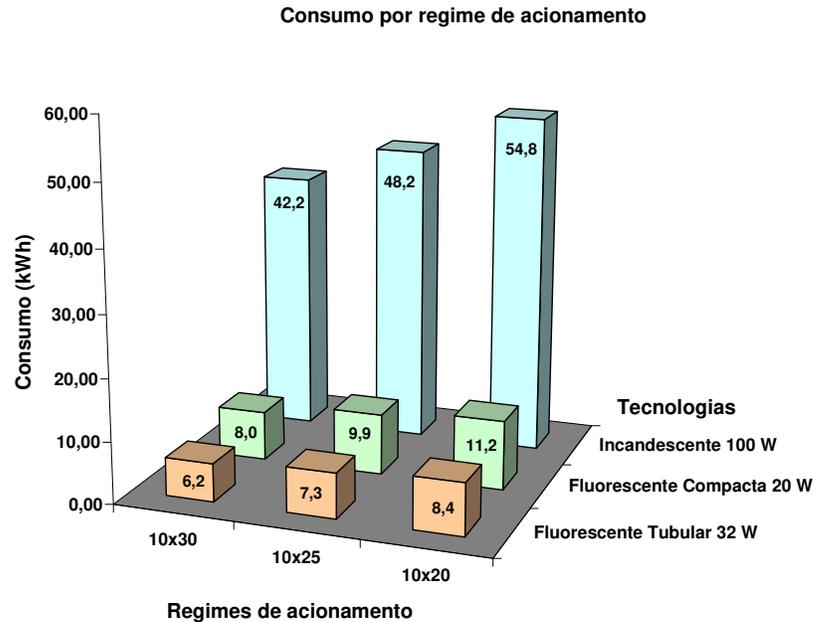


Figura 28 - Consumo de energia elétrica por regime de acionamento pra a cultura de crisântemos.

Na figura 28 nota-se diferença acentuada de consumo de energia elétrica nos três regimes de acionamento entre a lâmpada de filamento incandescente e as duas lâmpadas de descarga.

Também neste experimento, a lâmpada de descarga que registrou menor valor de demanda foi a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W. Houve diferença nos valores de consumo de energia elétrica registrados para as tecnologias instaladas nos três regimes de acionamento testados.

Os valores de redução percentual de consumo de energia elétrica para a cultura de crisântemos entre as lâmpadas de descarga e a lâmpada de filamento Incandescente nos três regimes de acionamento são mostrados na tabela 7.

Tabela 7 – Redução percentual (%) do consumo de energia elétrica em relação à testemunha para a cultura de crisântemos.

Regime de acionamento	Fluorescente Tubular	Fluorescente compacta 20 W
	32 W	
10 min x 30 min	85,32%	81,12%
10 min x 25 min	84,87%	79,54%
10 min x 20 min	84,63%	79,59%

Verifica-se na tabela 7 que a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W foi a que apresentou o maior percentual de redução de consumo de energia elétrica em relação à lâmpada de filamento Incandescente.

Observa-se também na figura 28 uma redução de consumo de energia elétrica entre os regimes de acionamento para as tecnologias testadas no experimento. Os resultados dos cálculos mostrados na tabela 8 tiveram como base um período de 30 dias de coleta de dados de consumo.

Tabela 8 – Redução percentual (%) do consumo de energia elétrica, entre regimes de acionamento, em relação ao regime de acionamento de 10 min x 20 min, para a cultura de crisântemos.

Tecnologias	Regimes de acionamento (min x min)				
	10 por 20		10 por 30		10 por 25
	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)	Redução %	Consumo (kWh)	Redução %
Incandescente 100 W	54,83	42,22	23,00%	48,25	12,00%
Fluorescente Tubular 32 W	8,43	6,2	26,45%	7,3	13,40%
Fluorescente Compacta 20 W	11,19	7,97	28,78%	9,87	11,80%

Os dados da tabela 8 mostram que o regime de acionamento de 10 min ligado por 30 min desligado foi o que apresentou a maior redução percentual do consumo de energia elétrica em relação ao regime de acionamento de 10 min ligado por 20 min desligado.

4.1.2.3 Fator de Potência

Para este parâmetro, efetuou-se as médias dos valores obtidos nos três regimes de acionamento e a figura 29 apresenta os resultados para os 3 regimes de acionamento para todo o período.

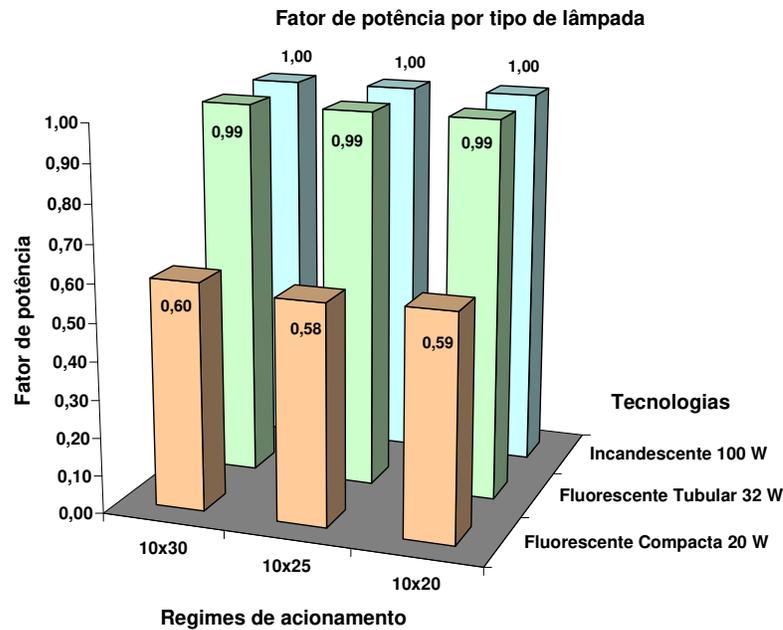


Figura 29 - Fator de potência médio dos dois regimes de acionamento para a cultura de crisântemos.

Nota-se na cultura de crisântemos, através da figura 29, que nos três regimes de acionamento, os valores de fator de potência médio registrados para as lâmpadas de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 20 W ficaram abaixo do valor mínimo normatizado pela ANEEL, que é de 0,92. Isso se justifica devido a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W possuir como característica construtiva intrínseca baixo fator de potência. Como na cultura de begônias, a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W apresentou registro de fator de potência médio acima do especificado pelo fabricante que é de 0,98. A lâmpada Filamento Incandescente de 100 W, apresentou o melhor fator de potência.

4.1.3 Análise estatística das variáveis de energia

4.1.3.1 Cultura de Begônias

A tabela 9 mostra os resultados da Análise de Variância e teste de Tukey para as variáveis de energia elétrica no primeiro período de coleta de dados na cultura de begônias, ou seja, o acionamento em regime contínuo.

Tabela 9 – Resultados das análises estatísticas de Consumo, Demanda e Fator de Potência para a cultura de begônias.

Variáveis elétricas	Tecnologias		
	Fluorescente Tubular 32 W	Fluorescente Compacta 20 W	Incandescente 100 W
Consumo (kWh)	65,08a	114,77a	434,24b
Demanda (kW)	111,65a	199,24c	794,56b
Fator de Potência	0,99a	0,59b	1,00a

^{a,b,c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

De acordo com a tabela 9, as lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 32 W e Fluorescente Compactas de 20 W não apresentam diferença significativa entre si para consumo de energia, mas diferem significativamente da lâmpada Incandescente de 100 W. Com relação à Demanda, todas as lâmpadas apresentam diferença significativa entre si. Apenas a lâmpada fluorescente Compacta de 20 W difere significativamente das outras duas lâmpadas para o Fator de Potência.

4.1.3.2 Cultura de Crisântemos

A tabela 10 mostra os resultados da Análise de Variância e teste de Tukey para as variáveis de energia elétrica nos três regimes de acionamento, para a cultura de crisântemos.

Tabela 10 – Resultados das análises estatísticas de Consumo, Demanda e Fator de Potência para a cultura de crisântemos, em relação aos regimes de acionamento.

Tecnologias	Variável Elétrica	Regime de acionamento (min x min)		
		10 x 30	10 x 25	10 x 20
Incandescente 100 W	Consumo (kWh)	42,22 A	48,25 B	54,83 C
	Demanda (kW)	767,65 a	742,24 b	731,24 c
	Fator de Potência	1,00 α	1,00 α	1,00 α
Fluorescente Compacta 20 W	Consumo (kWh)	7,97 A	9,87 B	11,19 C
	Demanda (kW)	144,85 a	151,82 b	149,23 c
	Fator de Potência	0,60 α	0,58 β	0,59 γ
Fluorescente Tubular 32 W	Consumo (kWh)	6,20 A	7,30 B	8,43 C
	Demanda (kW)	112,72 a	112,31 a	112,45 a
	Fator de Potência	0,99 α	0,99 α	0,99 α

A, B, C; a, b, c; α , β , γ Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

A tabela 10 mostra que para a tecnologia Incandescente 100 W os valores de consumo se diferenciam estatisticamente com 95% de confiança para os três regimes de acionamento, o mesmo acontecendo com a demanda. Para o fator de potência não existe diferença significativa entre os regimes de acionamento. Para a tecnologia Fluorescente Compacta Integrada 20 W ocorre diferença significativa para todas as variáveis elétricas dentre os três regimes de acionamento. A tecnologia Fluorescente Tubular 32 W apresenta diferença significativa somente para a variável consumo, nos três regimes de acionamento.

A tabela 11 mostra os resultados da Análise de Variância e teste de Tukey para as variáveis de energia elétrica, no regime de acionamento de 10 min por 30 min, entre as tecnologias utilizadas na cultura de crisântemos.

Tabela 11 – Resultados das análises estatísticas de Consumo, Demanda e Fator de Potência para a cultura de crisântemos, em relação às tecnologias, no regime de acionamento de 10 min por 30 min.

Variável Elétrica	Tecnologias		
	Incandescente 100 W	Fluorescente Compacta 20 W	Fluorescente Tubular 32 W
Consumo (kWh)	42,22a	7,97b	6,20c
Demanda (kW)	767,65a	144,85b	112,72c
Fator de potência	1,00a	0,60b	0,99a

^{a, b, c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

De acordo com a tabela 11, para as variáveis elétricas Consumo e Demanda, ocorre diferença significativa entre as tecnologias de iluminação testadas. Para a variável Fator de Potência, a lâmpadas Fluorescente Compacta 20 W difere estatisticamente com 95% de confiança das outras duas lâmpadas.

4.2 Parâmetro de produção

4.2.1 Cultura de Begônias

Para a cultura de begônias, a verificação da presença de botão floral é feita visualmente, durante o processo de coleta de mudas. De acordo com o produtor e atestado pelo mesmo (Anexo 2 – H), no período do experimento não houve alterações na de presença de botão floral nas variedades cultivadas.

4.2.2 Cultura de Crisântemos

Para a cultura de crisântemos efetuou-se a análise estatística das médias de presença de botão floral para as variedades cultivadas durante todo o experimento, comparando as duas tecnologias de descarga, Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente compacta Integrada de 20 W, com a tecnologia de filamento Incandescente de 100 W (testemunha). A tabela 12 mostra os resultados da análise estatística das médias de presença de botão floral das variedades cultivadas.

Tabela 12 – Resultados das análises estatísticas das médias de presença de botão floral na cultura de crisântemos.

Variedades	Tecnologias		
	Incandescente	Fluorescente	Fluorescente
	100 W	Compacta 20 W	Tubular 32 W
ABBA	0,49 a	0,55 a	0,58 a
RAGE	0,12 a	0,08 a	0,12 a
SAHARA	0,28 a	0,38 a	0,46 a
OMEGA	0,10 a	0,14 a	0,24 a

^{a,b,c} Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ($p < 0,05$).

De acordo com a tabela 12, para as variedades cultivadas no experimento, não houve diferença significativa na presença de botão floral entre as tecnologias de descarga Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente compacta Integrada de 20 W e a tecnologia filamento Incandescente de 100 W (testemunha), conforme resultados contidos na tabela da ANOVA (Anexo 2 – I).

4.3 Fluxo luminoso

Tanto para a cultura de begônias quanto para a cultura de crisântemos, semanalmente foram efetuadas coletas de fluxo luminoso em nove pontos para cada tratamento, utilizando-se o mesmo aparelho de medição em todas as coletas. Os nove pontos de coleta foram os mesmos para todos os tratamentos das duas culturas, sendo esta coleta feita a 0,30m do chão para a cultura de crisântemos e na altura do dossel na cultura de begônias.

4.3.1 Cultura de Begônias

Os dados obtidos com a realização das nove coletas de fluxo luminoso para a cultura de begônias são mostrados na figura 30.

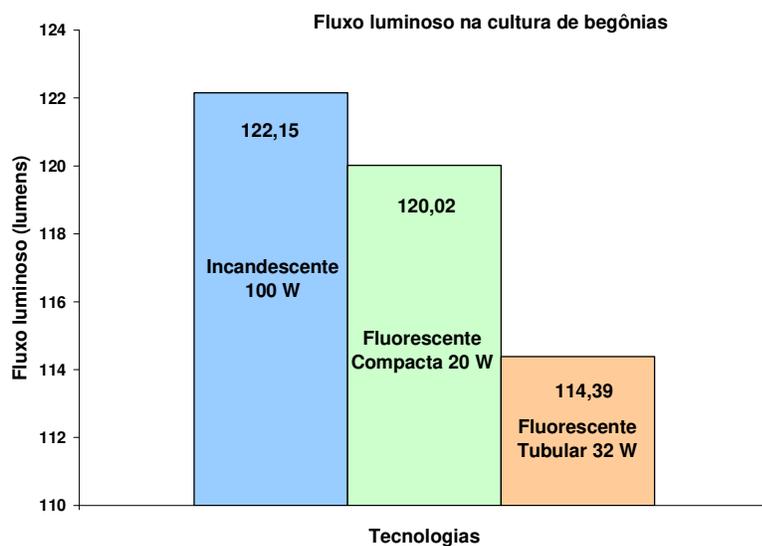


Figura 30 - Dados de iluminação médio para a cultura de begônias.

A figura 30 mostra que as lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 20 W apresentam iluminação médio próximo dos valores obtidos para as lâmpadas de Filamento Incandescente 100 W (testemunha) e do valor de referência usado no cálculo para se determinar o número de luminárias por tratamento que foi de 120 lux (VERMEULEN, 2006). As lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 32 W apresentaram iluminação médio um pouco abaixo do valor de referência.

4.3.2 Cultura de Crisântemos

Os dados obtidos com a realização das nove coletas de fluxo luminoso para a cultura de crisântemos são mostrados na figura 31.

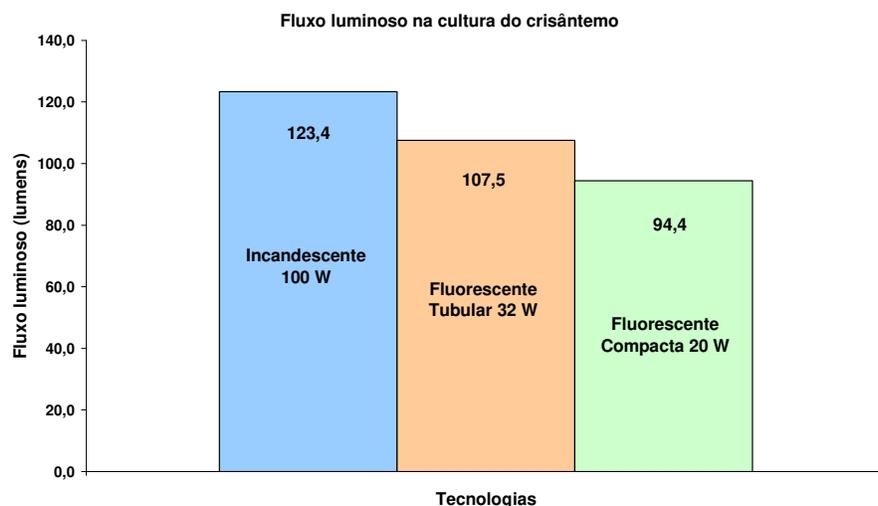


Figura 31 - Dados de iluminação médio para a cultura de crisântemos.

Conforme a figura 31, as lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 20 W e Fluorescentes Tubulares de 32 W apresentam iluminação médio abaixo do valor de referência usado no cálculo para se determinar o número de luminárias por tratamento que foi de 120 lux (VERMEULEN, 2006). As lâmpadas de Filamento Incandescente 100 W (testemunha) apresentaram iluminação médio um pouco acima do valor de referência utilizado para os cálculos das tecnologias de descarga. Para as tecnologias de descarga, esses valores de iluminação estão de acordo com DAVID & ROSSI, 2007, que verificaram a possibilidade de cultivo das variedades Papiro, Statesmann, Euro Speedy e Mona lisa com valores de iluminação mínimos de 78 lux e também estão acima do valor de 77 lux, que de acordo com BRUM et al. (2007), é suficiente para a indução do efeito de fotoperíodo no cultivo de crisântemos multiflora, espécie *Dendranthema indicum* (Papiro e Veria Dark).

4.4 Viabilidade econômica

Efetuuou-se a análise de viabilidade econômica da substituição da tecnologia de iluminação artificial de filamento incandescente usada pelo produtor pela tecnologia de descarga usando-se as lâmpadas Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente Compacta Integrada de 20 W, tendo como base o regime de acionamento de 6 (seis) horas contínuas da cultura de begônias, valendo os mesmos resultados para a cultura de

crisântemos, pois a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W será sempre a mais atraente para ambos os casos, evidentemente com diferentes valores para os instrumentos de análise, TIR, VPL e *Payback*.

Os fluxos de caixas de substituição da tecnologia básica (testemunha), que é a de lâmpada incandescente pela tecnologia de lâmpada de descarga foram confeccionados considerando o horizonte de 7 anos devido ser a vida útil da lâmpada Fluorescente Tubular de 32W a maior entre as tecnologias utilizadas (Tabela 13).

Tabela 13 – Vida útil das lâmpadas utilizadas no experimento.

Tecnologias	Vida útil	
	Horas	Anos
Incandescente 100 W	1.000	0,46
Fluorescente Tubular 32 W	15.000	6,94
Fluorescente Compacta 20 W	8.000	3,7

Neste horizonte temporal, como as lâmpadas incandescentes devem ser trocadas a cada 0,46 ano, escolhem-se períodos desse comprimento de tempo, totalizando 15 períodos. Assim as lâmpadas Fluorescentes Compactas são trocadas no 8º período. Não estão previstas reposições para os reatores dentro do prazo considerado. Pode-se então construir os fluxos de caixas de substituição da tecnologia básica (testemunha), que é a de lâmpada Incandescente de 100 W, pelas tecnologias de lâmpadas de descargas Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente Compacta de 20 W.

Deve-se observar que já se encontram prontas as instalações elétricas nos canteiros de begônias e, portanto, não ocorrem dispêndios adicionais. Para a tecnologia Fluorescente Compacta de 20 W, basta retirar as lâmpadas incandescentes e efetuar a substituição sem qualquer despesa complementar. Para a tecnologia Fluorescente Tubular de 32 W, a montagem e a fixação do conjunto também é simples, podendo ser efetuados pelos próprios funcionários devido a simplicidade da operação. Também os custos de manutenção são desconsiderados, pois estes se resumem praticamente, na simples troca de lâmpadas.

Importante salientar que o ato de acionar e desligar a lâmpada ocasiona perda na sua vida útil. Contudo, devido ao desconhecimento e falta de informações das empresas fabricantes quanto ao comportamento de cada lâmpada com relação a esse

procedimento, o presente trabalho deixou de considerar esse problema. Assim, as lâmpadas são consideradas como estando acesas o tempo todo e a vida útil utilizada é a fornecida pela Tabela 13, obtida do fabricante.

O valor presente líquido foi calculado considerando uma taxa de atratividade de 15% anuais, equivalentes a 6,64% no período de 0,46 ano, representativa do mercado de begônia. A taxa interna de retorno do período está dada na tabela 14, assim como o *payback* e o Valor Presente Líquido para as duas opções apresentadas.

Tabela 14 – Critérios de avaliação das substituições de tecnologias

Substituição de tecnologias	TIR	Valor	Payback	
		Presente	Descontado	
		Líquido	Período	Meses
Incandescente x Fluorescente Tubular 32 W	1.587,02%	R\$ 7.585,04	0,08	0,83
Incandescente x Fluorescente Compacta 20 W	1.950,06%	R\$ 6.598,67	0,13	3,87

Obs.: Os valores referem-se a períodos de 0,46 ano e, portanto, o valor presente líquido, cuja taxa de desconto é de 15% aa., tem taxa equivalente 6,64% por período.

Conforme a tabela 14, as substituições das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas de descarga Fluorescente Compacta de 20 W e Fluorescente tubular de 32 W, apresentaram elevadas taxas internas de retornos para o período considerado, sendo a lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W aquela de maior valor (1.427%). Ainda, o valor presente líquido da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W é o maior entre as duas alternativas propostas (R\$ 7.645,00) e seu *payback* descontado é bem atraente, mostrando que o tempo de retorno do investimento inicial é de menos de um mês (igual a 0,08 período).

4.5 Curvas Espectrais Medidas das Lâmpadas Utilizadas

As figuras 32, 33 e 34 ilustram os gráficos das curvas espectrais das lâmpadas utilizadas no experimento.

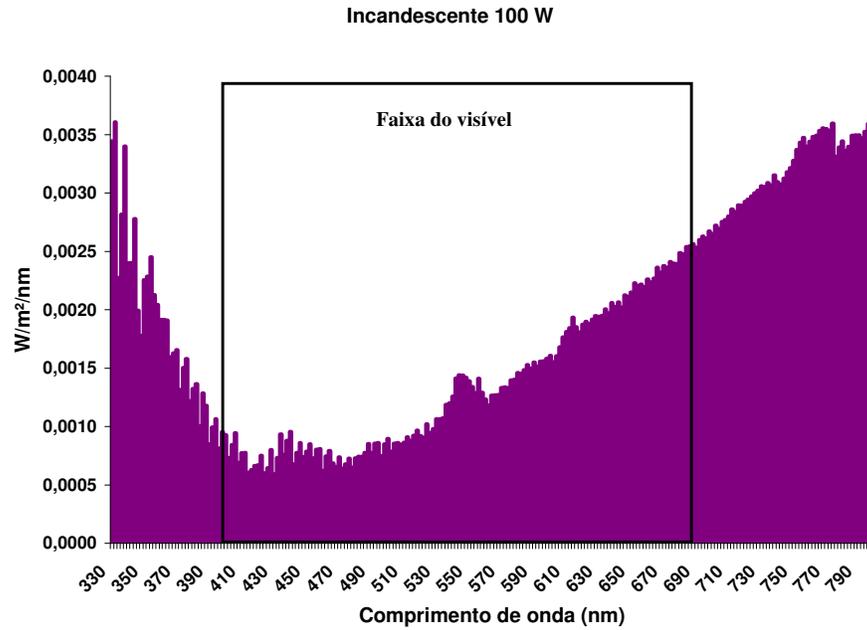


Figura 32 - Curva espectral da lâmpada Incandescente de 100 W.

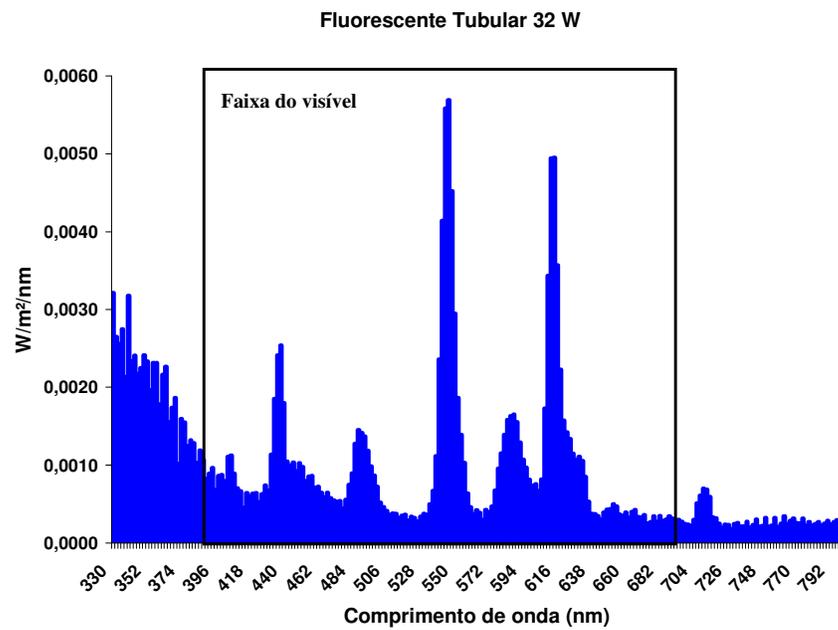


Figura 33 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente tubular de 32 W.

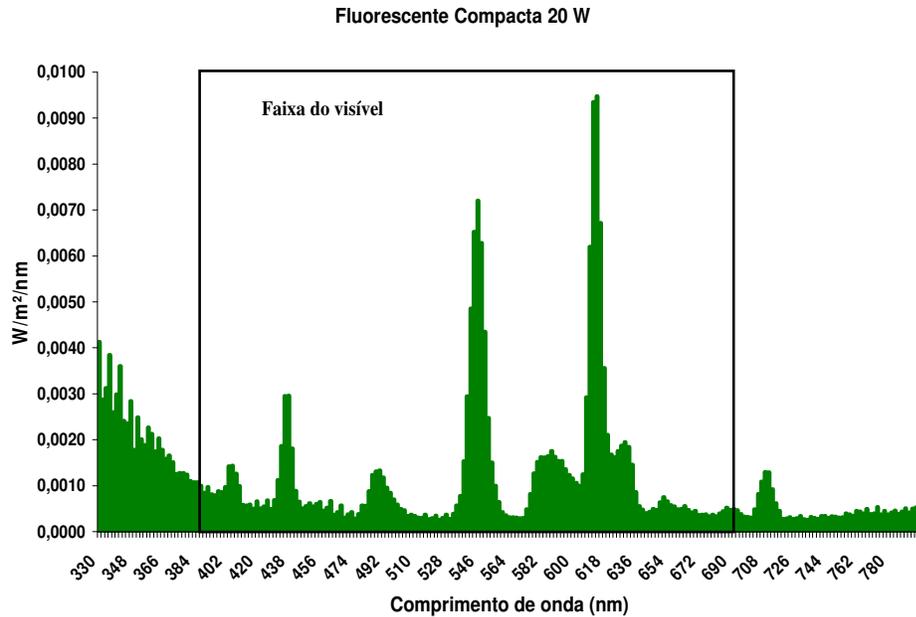


Figura 34 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta de 20 W.

De acordo com os gráficos das figuras 33 e 34, as lâmpadas de descarga Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente Compacta de 20 W apresentam grande concentração de irradiação entre 600 e 660 nm dentro da faixa visível do espectro, faixa esta que de acordo com BLANCHARD, & RUNKLE (2009), é mais eficiente na fotoconversão de Pr para Pfr (formas interconvertíveis do Fitocromo), promovendo um maior controle na inibição da indução floral em crisântemos, em relação às lâmpadas incandescentes. Segundo a Comissão Holandesa de Irrigação Vegetal (1953) essa é a região do espectro de grande atividade fotossintética e fotoperiódica. Os valores de $W/m^2/nm$ obtidos no local do experimento coincidem com os valores fornecidos pelo fabricante em seus catálogos de produtos (Anexo 1- A, B, e C).

4.6 Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) medida das lâmpadas

Tanto para cultura de begônias como para a cultura de crisântemos, os valores medidos de irradiação no local de produção, ficaram entre 2 e 3 $\mu mol s^{-1} m^{-2}$ (RFA). Estes valores estão de acordo com CATHEY & BORTHWICK (1961), os quais indicam um mínimo de 1,1 $\mu mol s^{-1} m^{-2}$ (RFA) como suficientes para impedir o florescimento em crisântemos e BLACQUIE'RE (2002) que afirma ser a intensidade de

irradiação de $1,7 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (RFA) eficaz na inibição do florescimento em crisântemos.

4.7 Estimativa de redução de custos com o consumo de energia elétrica

4.7.1 Cultura de Begônias.

Analisando os dados de consumo de energia elétrica das tecnologias de iluminação, pode-se estimar o consumo de energia elétrica por lâmpada tendo por base o consumo totalizado para o período de trinta dias. Desta forma, o consumo mensal foi estimado por:

$$\text{Consumo por lâmpada} = \frac{\text{Consumo 30 dias}}{\text{número de lâmpadas utilizadas}}$$

A tabela 15 mostra os valores individuais de consumo de energia por lâmpada para o regime de acionamento de 30 min ligado por 10 min desligado por este ter apresentado o menor valor de consumo de energia elétrica de acordo com a tabela nº 5.

Tabela 15 – Valores de consumo mensal de energia por lâmpada para a cultura de begônias.

Tecnologias	Consumo de energia por lâmpada (kWh)
Incandescente 100 W	14,37
Fluorescente Tubular 32 W	5,16
Fluorescente Compacta 20 W	3,08

A empresa possui enquadramento no grupo tarifário A (alta tensão), classe Empresa Rural, tarifa horo-sazonal Verde, no qual o custo da unidade de consumo da energia elétrica é na média de R\$ 0,133065 kWh. A estimativa de gasto por lâmpada, em Reais, pôde ser calculada como:

$$\text{Custo estimado por lâmpada} = \text{Consumo Mensal por lâmpada} \times \text{Tarifa de Consumo}$$

Os valores do custo estimado de consumo de energia por lâmpada para o regime de acionamento de 30 min ligado por 10 min desligado são mostrados na tabela 16.

Tabela 16 – Custo por lâmpada para a cultura de begônias.

Tecnologias	Custo (R\$)
Incandescente 100 W	1,91
Fluorescente Tubular 32 W	0,68
Fluorescente Compacta 20 W	0,41

Conforme a tabela 14, os critérios tradicionais de análise de viabilidade econômica foram favoráveis ao conjunto de lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W, sendo assim a mais indicada para substituir a lâmpada Incandescente de 100 W.

O produtor possui, por estufa padrão de produção (4.608 m²), 912 lâmpadas Incandescentes de 100 W e a necessidade de lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 32 W para indução do efeito de fotoperíodo em relação à lâmpada Incandescente de 100 W calculada pelo Método dos Lúmens Médios é de 650 lâmpadas. Optando pela troca sem considerar custos de investimento adicionais, a economia seria de R\$ 1297,79 para um período de 30 dias de produção/por estufa.

4.7.2 Cultura de Crisântemos

Para a cultura de crisântemos, adotou-se o mesmo método utilizado para os cálculos da estimativa de redução de custos com o consumo de energia elétrica usado para as begônias.

A tabela 17 mostra os valores individuais de consumo de energia por lâmpada para os três regimes de acionamento, para o período de 1 mês.

Tabela 17 – Valores de consumo de energia por lâmpada para a cultura de crisântemos.

Tecnologias	Consumo (kWh)		
	10 min x 30 min	10 min x 25 min	10 min x 20 min
Incandescente 100 W	42,22	48,25	54,83
Fluorescente Tubular 32 W	6,2	7,3	8,43
Fluorescente Compacta 20 W	7,97	9,87	11,19

Os valores do custo estimado de consumo de energia por lâmpada para os três regimes de acionamento são dados na tabela 18.

Tabela 18 – Custo por lâmpada para a cultura de crisântemos.

Tecnologias	Custo R\$		
	10 min x 30 min	10 min x 25 min	10 min x 20 min
Incandescente 100 W	0,80	0,92	1,04
Fluorescente Tubular 32 W	0,28	0,32	0,37
Fluorescente Compacta 20 W	0,18	0,22	0,25

Da mesma forma, de acordo com a tabela 14, os critérios tradicionais de análise de viabilidade econômica foram favoráveis ao conjunto de lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W, sendo assim a mais indicada para substituir a lâmpada Incandescente de 100 W.

O produtor possui, por estufa padrão de produção (5.515,8 m²), 960 lâmpadas Incandescentes de 100 W. Utilizando o Método dos Lumens Médios, a necessidade de lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 32 W para indução do efeito de fotoperíodo em relação à lâmpada Incandescente de 100 W é de 779 lâmpadas. A tabela 19 traz em R\$, a economia para um período de 30 dias de produção por estufa, optando pela troca da lâmpada Incandescente de 100 W pela lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W, sem considerar custos de investimento adicionais.

Tabela 19 – Redução estimada de custos com energia elétrica para cultura de crisântemos.

Regime de acionamento	Redução de custos para um período de 30 dias (R\$)
10 min x 30 min	556,24
10 min x 25 min	628,28
10 min x 20 min	709,31

5 CONCLUSÕES

5.1 Técnica

Tanto para a cultura de Begônias quanto para a cultura de Crisântemos todas as variedades cultivadas neste experimento podem ser produzidas utilizando-se as lâmpadas Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente Compacta Integrada de 20 W sem prejuízo à indução floral.

5.2 Econômica

Na produção de mudas de Begônias e de Crisântemos, a lâmpada Incandescente de 100 W pode ser substituída pelas lâmpadas Fluorescente Compacta Integrada de 20 W e Fluorescente Tubular de 32 W, sendo esta última a que apresenta maiores vantagens econômicas.

6 AGRADecIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas, através da Faculdade de Engenharia Agrícola; à CAPES, pela bolsa disponibilizada e ao FAPEX, pelo apoio financeiro na aquisição dos materiais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ackerly, D. D., Bazzaz, F. A. **Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps.** Ecology, 76, 1134-1146, 1995.

Agronegócios. **Revista Fator Brasil.** Disponível em: <http://www.revistafator.com.br>. Acesso em 10 jul. 2007.

Alados, I.; Alados-Arboledas, L. **Direct and diffuse photosynthetically active radiation: measurements and modeling.** Agricultural and Forest Meteorology, v.93, p.27-38, 1999.

Allard, G., Nelson, C.J. & Pallardy S.G., 1991. **Shade effects on growth of tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning.** Crop. Sci. 31:163-167

Balarine, O.F.O. **Tópicos de Matemática Financeira e Engenharia Econômica.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004, 77p.

Baldocchi, D., Hutchinson, B., Matt, D., McMitten, R. **Seasonal variations in the radiation regime within an oak-hickory forest.** Agricultural and Forest Meteorology, 33, 177-191, 1984.

Ball, V. & E. Higgins.. **Dendranthema.** p. 447-473. In V. Ball (Ed.) Ball redbook. 16 ed. Batavia, Ball Publishing. 1997.

Bickford, E.D., Dunn, S., 1972. **Lighting for Plant Growth.** Kent State Univ. Press, Kent, OH.

Blacquire, T., 2002. **How much light is needed for the prevention of flowering of cut chrysanthemums when using high intensity HPS lighting as a night break?** Acta Hort. 580, 69-75.

Blanchard, M. G.; Runkle, E. S. **Use of a cyclic high-pressure sodium lamp to inhibit flowering of chrysanthemum and velvet sage.** Scientia Horticulturae, v. 122, p. 448-454, 2009.

Borthwick, H. A.; Hendricks, S. B.; Parker, M. W.; Toole, E. H.; Toole, V. K. **A reversible photoreaction controlling seed germination.** Proc. Natl. Acad. Sci. USA. V. 38, p. 662-666, 1952.

Borthwick, H.A., Cathey, H.M., 1962. **Role of phytochrome in control of flowering of chrysanthemum.** Bot. Gaz. 123, 155–162.

Boss, P.K., Bastow, R. M., Mylne, J. S.; Dean, C. **Multiple pathways in the decision to flower: enabling, promoting, and resetting.** The Plant Cell, v. 16, p. 18-31, 2004.

Briggs, W. R.; Mandoli, D.F.; Shinkle, J. R>; Kaufman, L. S.; Watson, J. C.; Thompson, W. F. **Phytochrome regulation of plant development at the whole plant, physiological, and molecular levels.** In Sensory Perception and Transduction in Neural Organisms, G. Colombetti, F. Lenci, and P-S. Song, eds., Plenum, New York, p. 265-280, 1984.

Brum, B.; Dos Santos, V. J.; Rodrigues, M. A.; Bellé, R. A.; Lopes, S. J. **Crescimento, duração do ciclo e produção de inflorescências de Crisântemos Multiflora sob diferentes números de despontes e tamanhos de vasos.** .Ciência Rural, v. 37, n. 3, mai-jun,2007.

Butler, W. L.; Norris, K. H.; Siegelman, H. W.; Hendricks, S. B. **Detection, assay, and preliminary purification of the pigment controlling photosensitive development of plants.** Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v. 45, p. 1703-1708, 1959.

Canham, A.E., 1966. **The fluorescent tube as a source of night-break light.** Expt. Hort. 16, 53–68.

Canham, A.E., Cockshull, K.E., Hand, D.W., 1977. **Night-break lighting with lowpressure sodium lamps.** Acta Hort. 68, 63–67.

Cannel, M. G. R., Grace, J. **Competition for light: detection, measurement and quantification.** Canadian Journal Forest Research, 23, 1969-1979, 1993.

Carter, R. E., Klinker, K. **Variation in shade tolerance of Douglas fir, western hemlock, and western red cedar in coastal British Columbia.** Forest Ecology Management, **55**, 87-105, 1992.

Casella,E & Celleumans R. **Spatial Distribution of leafs morphological and physiological characteristics in relation to local radiation regime within the canopies of 3-years old Populus clones in coppice culture.** Tree Physiol. 22:1277-1288, 2002.

Castro, C.E.F. **Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais.** Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. Campinas, v.4, 1998. 46 p.

Cathey, H.M., Borthwick, H.A., 1961. **Cyclic lighting for controlling flowering of chrysanthemum.** Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 78, 545–552.

Cathey, H.M., Bailey, W.A., Borthwick, H.A., 1961. **Cyclic lighting—to reduce cost of timing chrysanthemum flowering.** Flor. Rev. 129 (3330) 21–22, 72–75, 94–95.

Cathey, H.M., Taylor, R.L., 1963. **Growth control of poinsettia by use of cyclic lighting and (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride.** Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 82, 532–540.

Chang, C. L. **Finding Prototypes for Nearest Neighbor Classifiers.** *IEEE Transactions on Computers*, Vol. 23, No. 11, 1974. pp. 1179-1184.

Costa, L. C.; Morison, J. I. L.; Dennett, M. D. **Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modeling approaches.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, p. 11-17, 1996.

Cotrim, A. A. M. B. **Instalações Elétricas.** 4ª edição. São Paulo: Prentice Hall, 2003. p. 633.

Cuquel, F.L.; Mimani, K. **Rooting of chrysanthemum [Dendranthema morifolium (RAMAT.) TZVELEV] cuttings treated with indolebutylic acid applied with talcum powder.** Scientia Agricola, 1994, vol.51, n. 1, ISSN 0103-9016.

David, E.; Rossi, L. **Análises de diferentes tecnologias de iluminação artificial na produção de mudas de crisântemos em ambiente protegido.** 95 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

David, E.; Rossi, L. A. **Diferentes tecnologias de iluminação artificial para produção de crisântemos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 14, n. 3, p. 261-266, 2010.

Eficiência Energética: **Teoria & Prática.** 1ª Edição. Itajubá, MG: FUPAI, 2007.

Evans, J.R. & Poorter, H. 2001. **Photosynthesis acclimation of plants to growth irradiance: The relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning maximizing carbon gain.** Plant, Cell Environ. 24:755-767

FARIA, M. F.; SAAD, j. C. C.; VILLAS BÔAS, R. L.; **Manejo da irrigação na cultura do crisântemo em vaso, cultivar rage, cultivado em ambiente protegido.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.51-56, jan/abr. 2004.

Felippe, G. M. **Fotomorfogênese.** In: FERRI, M. G. (coord.). Fisiologia Vegetal. São Paulo: EPU; EDUSP, 1986. v.2, p.231-280.

Fernandes, E., Souza, E., Leandro, W., & Vera, R. 2008 Apr 1. **Marcha de acúmulo de fósforo em crisântemo (Dendranthema grandiflorum T., Var. salmon reagan) no inverno.** Pesquisa Agropecuaria Tropical [Online] 38:1.

Frustorfer, A. **Die Entwicklung der Einheitserde.** Gartenwelt 52 : 270-271, 1952.

Gallo, K. P.; Daughtry, C. S. T.; Wieegand, C. L. **Errors in measuring absorbed and computing crop radiation use efficiency.** *Agronomy Journal*, Madison, v. 85, p. 1222-1228, 1993.

Garner WW, Allard HA (1920) **Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants.** *J Agric Res* 23: 871–920.

Gislerod, H. R.; Eidstein, I. M.; Mortensen, L. M.; **The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants.** Original research Article. *Scientia Horticulturae*, v. 38, Issues 3-4, Mar 1989, p. 295-304.

Gliaglaras P., Baille M. & Baille A., 1994. **Net photosynthesis response to light and air CO₂ concentration of Begonia X hiemalis: whole plant measurements and modeling.** *Sci. Hortic.* 63: 83-100.

Gruszynski, C. **Produção de Crisântemos.** 2002. Disponível em <<http://www.emater.tche.br/docs/agricultura/crisa/crisant.htm>> Acesso em 12/01/2006.

Hammer, G. L.; Vanderlip, R. L. **Genotype by-environment interaction in grain sorghum – I: effects of temperature on radiation use efficiency.** *Crop Science*, Madison, v. 29, p. 370-376, 1989

Heide, O. M. **Interaction of night temperature and day-length in flowering of begonia x cheimantha Everett.** *Physiol. Plant.* V. 15, p. 729-735, 1962.

Heide, O. M. **Effects of light and temperature on the regeneration ability of Begonia leaf cuttings.** *Physiol. Plant.* V. 17, p. 789-804, 1964.

Heide, O. M. **Photoperiodic effects on the regeneration ability of Begonia leaf cuttings .** *Physiol. Plant.* V. 18, p. 185-190, 1965.

Heide, O. M. **Environmental control of sex expression in Begonia** . *Physiol. Plant.* V. 61, p. 279-285, 1969.

Hirschfeld, H.E. **Engenharia Econômica e análise de custos**. São Paulo: Atlas, 1992. 461p

Ibraflor. **Brasil vende mais flores para o mundo**. São Paulo, 2006 Disponível em: www.anba.com.br, Acesso em 20/12/2006.

Ibraflor. **Brasil vende mais flores para o mundo**. São Paulo, 2010 Disponível em: www.anba.com.br, Acesso em 17/09/2010.

Junqueira, A.H.; Peetz, M.S. **Las exportaciones brasileñas de flores y plantas crecen más del 124% entre 2001 y 2006**. *Revista Horticultura Internacional*. v. 56, p. 76- 78, 2007.

Junqueira, A.H. & Peetz, M.S. **Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente**. *Rev. Bras. Hortic. Orn.* V. 14, p. 37-52, 2008.

Kadman-Zahavi, A., Tibbitts, T.W., Steinitz, B., 1987. **Testing the efficiency of different lamps and illumination regimes [sic] for photoperiodic irradiation of agricultural crops**. Final Rep., BARD project I-273-81, Bet-Dagan, Israel

Kendrick, R. E.; Frankland, B. **Phytochrome and Plant Growth**, 2nd ed. Edward Arnold, London, 1983.

Kessler, R., Armitage, A.M., Koranski, D.S., 1991. **Acceleration of Begonia X semperflorens-cultorum growth using supplemental irradiance**. *HortScience*. 1991, 26: 3, 258-260; 9.

Kopitke, H.B.; Casarotto Filho, N. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2000. 467p.

Landgraf, .P. R. C.; Paiva, P. D. O. **Produção e comercialização de flores em Minas Gerais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, MG, v.26, n.227, p.7-11, 2005.

Marques, M.; Haddad, J.; Martins, A. R. S. – **Conservação de energia: eficiência energética e instalações**. Itajubá: Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria – Universidade Federal de Itajubá, 2006. 597p

Marenco, R.A. Goglavés J.F.C., & Vieira G., **Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central amazônia**. Tree Physiol.. 21:1311-1318. 2001,

Martens, S. N., Usten, S. L., Rousseau, R. A. **Estimation of tree canopy leaf area index by gap fraction analysis**. Forest Ecology Management, 61, 91-108, 1993.

McClung, C. R.. **Plant circadian rhythms**. Plant Cell. Apr;18(4):792-803, 2006

McCree, K.J. **Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data**. Agricultural Meteorology, v.10, 1972, p.443-53.

McCree, K.J. **The measurement of photosynthetically active radiation**. Solar Energy, v. 15, 1973, p. 83-87.

Monteith, J. L. **Climate and the efficiency of crop production in Britain**. Proceedings of the Royal Society of London, London, v. 281, p. 277-294, 1977.

Monteith, J.L., Unsworth, M.H. **Environmental physics**. London, Edward Arnold, 291p., 1990.

Mota, F. S. **Meteorologia Agrícola**. Ed. Nobel S/A. São Paulo, 1979.

Mota, P.R.D.; Boas, R.L.V.; Souza, V.F.D.; Ribeiro, V.Q. **Desenvolvimento de plantas de crisântemo cultivadas em vaso em resposta a níveis de condutividade elétrica**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.1, p.65, 2007.

Motos, J. R. Ibraflor. **Informativo apostila “Flores de Corte”**. Flortec Consultoria e Treinamento. Dez. 2000.

Myster J., Ernstsens A., Junttila O. & Moel R., 1997. **Thermo- and Photoperiodicity and involvement of Gibberellins during Day and Night Cycle on Elongation Growth of Begonia x hiemalis Fotsch**. Journal of Plant Growth Regulation 16. 189-196

Nemali, K. S.; Iersel, M. W. V. **Light effects on wax Begonia: Photosynthesis, growth, respiration, maintenance respiration and carbon use efficiency**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. v. 129, p. 416-424, 2004.

Noordegraaf, C.V. **Production and marketing of high quality plants**. Acta Horticulturae, v.353, p.134-148, 1994.

Nothnagl, M.; Larsen, R.U.; **The relationship between chrysanthemum flower diameter and light condition in the greenhouse – A modeling approach**. Acta Horticulture, v.593, p.179–184, 2002.

Omi, S.K., Eggleston, K.L., 1993. **Photoperiod extension with two types of light sources: effects on growth and development of conifer species**. Tree Planter's Notes 44, 105–112.

Pierce, L. L., Running, S. W. **Rapid estimation of coniferous forest area index using a portable integrating radiometer**. Ecology, 69, 1762-1767, 1988.

Portal Do Agronegócio. **Produção de flores e plantas ornamentais aumenta no Brasil**. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=34221>. Acesso em 23 Fev 2009.

Propagação da Begônia. **Propagação de Flores de Vasos**. Disponível em: <http://www.uesb.br/flower/propaga.html>. . Acesso em: 07 MAI de 2008.

Powell, MC. and Bunt, A.C., 1985. **Seasonal variation in the effect of day length on growth and flowering of Rieger Begonia Schwabenland Red** . Sci. Hortic., 27: 143-152.

Reddy, V.K.; Rajapakse, N.C.; Young, R.E. **The Influence of Spectral Composition Growth and Development of Chrysanthemum Plants**. Acta Horticulture, v.440, p.292–297, 1996.

Rick, P. M., Clark, D. B., Clark, D. A., Oberbauer, S. F. **Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography**. Agricultural and Forest Meteorology, 65, 107-127, 1993.

Rivera, J. & Cozza J., 2008. **Reduced Photoperiod Induces Partially Synchronous Flowering in an Understory Rain Forest Herb, Begonia urophylla in Costa Rica**. The Journal of tropical biology and Conservation BIOTROPICA 40(3): 363-365

Roivainen, P., 1987, **The in vivo growth and development of micropropagated Elatior begonias (Begonia X hiemalis)**. I. Study on the effect of lighting and substrate. Journal-of-Agricultural-Science-in-Finland 59: 5, 387-396; 8

Rossi, L. A.; David, E.; Pagliardi, O.; Sarubbi, J. **Viabilidade técnico-econômica do uso de diferentes tecnologias de iluminação para indução do efeito de fotoperíodo na produção de mudas de crisântemo**. Engenharia Agrícola (Impresso), v. 30, p. 811-818, 2010.

Runkle, E.S., Heins, R.D., Cameron, A.C., Carlson, W.H., 1998. **Flowering of herbaceous perennials under various night interruption and cyclic lighting treatments**. HortScience 33, 672–677.

Runkle, E., Fisher, P., 2004. **Photoperiod and flowering**. In: Fisher, P.R., Runkle, E. (Eds.), Lighting Up Profits: Understanding Greenhouse Lighting. Meister Media Worldwide, Willoughby, OH, pp. 25–32.

Russell, g.; jarvis, p. G.; monteith, J. L. **Absorption of radiation by canopies and stand growth**. In: russell, g.; marshall, b.; jarvis, p. G. (Ed.). Plant canopies: their growth, form and function. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press: 1989. p. 21-39. (Society for Experimental Biology Seminar Series, 31).

Schmidt, C.M.; Bellé, R.A.; Nardi, C.; Toledo, K.A. **Ácido giberélico (GA3) no crisântemo (*Dedranthema grandiflora* Tzvelev.) de corte 'viking': Cultivo verão/outono**. Ciência Rural, v.33, n.2, p.267-274, 2003.

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

Simpson, G. G.; Dean. C. **Arabidopsis, the Roseta stone of flowering time?** Science, v. 269, p. 285-289, 2002.

Sinclair, T. R.; Shiraiwa, T.; Hammer, G. L. **Variation in crop radiation-use efficiency with increased diffuse radiation**. Crop Science, Madison, v. 32, p. 1281-1284, 1992.

Simmonds, J. and Nelson, SD., 1988. **Adventitious bud production on explants of *BegoniaX hiemalis* depends on the developmental state of the donor plant**. *Physiol. Plant.*, 73: 360-367.

Sivakumar, M. V. K.; Virmani, S. M. **Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation**. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 31, p. 131-141, 1984.

Smith, D.R., Langhans, R.W., 1962. **Some practical applications of flashing light**. NY State Flower Growers Bul. 204, 1-7.

Spaargaren, J.J., 2001. **Supplemental lighting for greenhouse crops**. Hortilux Schre´ - der B.V., The Netherlands and P.L. Light Systems, Inc., Ontario

Szeicz, G. **Field measurements of energy in the 0.4-0.7 micron range. Light as an Ecological Factor.** Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1966.

Taiz, L.; Zieger, E. **Fisiologia Vegetal.** 3ª Edição. Artmed, 2006.

Teixeira, C. A.; Oliveira Filho, D.; Lacerda Filho, A. F. et al. **Management of motive power use in animal feed industry. Engenharia Agrícola.** [online]. 2005, vol. 25, no. 2 [cited 2007-01-14], pp. 330-340

Tinus, R.W., 1995. **New greenhouse photoperiod lighting system for prevention of seedling dormancy.** Tree Planter's Notes 46, 11–14.

Tombolato, A. F. C.;Graziano, T. T.; Novo, J. P. S.; Dudienas, C.; Furlani, A. M. C.; Longhi, A. A. **Crisântemo (flor de corte). Instruções Agrícolas para as Principais culturas econômicas.** Campinas. Boletim, IAC, 200, p. 317, 1998.

Tombolato, A.F.C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais.** Campinas: IAC, 2004, p.96.

United States Patent Office, 1992. **Greenhouse illumination system.** Patent No. 5,095,414. Patented 10 March 1992.

Vermeulen, M.; Schoutsen, R. **Kwaliteitshandboek stekproductie Dekker Chrysanten B.V .** 3ª Edição: Dekker Chrysanten B.V. Holand. 2006.

Vieira, S. **Estatística Experimental.** 2ª edição. São Paulo: Atlas, p. 21, 1999.

Vince-Prue, D. **Photoperiodism in Plants.** McGraw-Hill, London. 1975

Viana, T.V.A.; Rêgo, J.L.; Azevedo, B.M.; Araújo, W.F.; Bastos, F.G.C. **Effects Of Irrigation Levels On The Leaf Area Index, Dry Matter And Inflorescence Development In The Chrysanthemum Culture.** Irriga, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 248-255 – 2004.

Vince-Prue, D., 1975. **Photoperiodism in Plants**. McGraw-Hill, London.

8 ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS LÂMPADAS UTILIZADAS.

Abaixo as informações referentes às características técnicas, curvas espectrais e dados de reator fornecidas pelo fabricante das lâmpadas utilizadas no experimento. A faixa espectral visível compreendida entre 380nm e 760nm está destacada nas figuras das curvas espectrais

8.1 A – Testemunha 100 W

Foto ilustrativa:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 35 - Lâmpada de filamento Incandescente de 100 W modelo Standard da marca Philips.

Características técnicas da lâmpada:

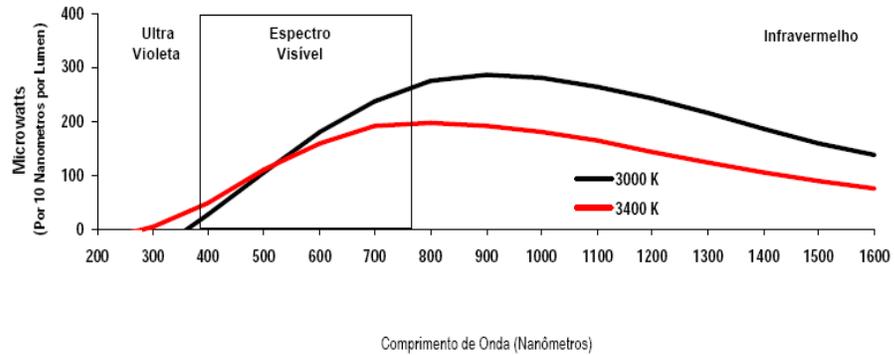
Código Comercial	Potência (W)	Base (A)	Tensão (V)	Acabamento	Fluxo luminoso (lm)	Vida mediana (horas)	Código de barras individual	Código de barra coletivo
STD-127V25-N	25	E27	127	Clara	230	750	7894400002701	17894400002708
STD-220V25-N	25	E27	220	Clara	220	1000	7894400001124	17894400001121
STD-127V40-N	40	E27	127	Clara	516	750	7894400002718	17894400002715
STD-220V40-N	40	E27	220	Clara	415	1000	7894400001131	17894400001138
STD-127V60-N	60	E27	127	Clara	864	750	7894400002725	17894400002722
STD-220V60-N	60	E27	220	Clara	715	1000	7894400001148	17894400001145
STD-127V100-N	100	E27	127	Clara	1630	750	7894400002732	17894400002729
STD-220V100-N	100	E27	220	Clara	1350	1000	7894400001162	17894400001169
STD-127V150	150	E27	127	Clara	2605	750	7894400002762	17894400002759
STD-220V150	150	E27	220	Clara	2180	1000	7894400001179	17894400001176
STD-127V200	200	E27	127	Clara	3520	750	7894400002770	27894400002774
STD-220V200	200	E27	220	Clara	3090	1000	7894400001902	17894400001909

■ Luz Clara

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 36 - Lâmpada de filamento Incandescente de 100 W modelo

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos GE.

Figura 37 - Curva espectral da lâmpada Incandescente de 100 W da marca Philips.

8.2 B – Fluorescente Tubular de 32 W

Foto ilustrativa:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 38 - Lâmpada Fluorescente de 32 W da marca Philips.

Características técnicas da lâmpada:

Código Comercial	Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (A)	Fluxo luminoso (lm)	IRC	Temperatura de cor (K)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Vida mediana (horas)	Código de barras individual	Código de barra coletivo
TLDRS16W-S83-ECO ⁽¹⁾	16	64	0,26	1200	85	3000	75	15000	7894400600617	27894400600611
TLDRS16W-S84-ECO ⁽¹⁾	16	64	0,26	1200	85	4000	75	15000	7894400600082	27894400600086
TLDRS16W-S85-ECO ⁽¹⁾	16	64	0,26	1150	85	5000	72	15000	7894400600097	27894400600093
TLDRS32W-S83-ECO ⁽¹⁾	32	139	0,26	2700	85	3000	84	15000	7894400600600	27894400600604
TLDRS32W-S84-ECO ⁽¹⁾	32	139	0,26	2700	85	4000	81	15000	7894400600606	27894400600608
TLDRS32W-S85-ECO ⁽¹⁾	32	139	0,26	2600	85	5000	81	15000	7894400600013	27894400600017
TLD18W-830-ECO ⁽²⁾	18	59	0,36	1350	85	3000	75	15000	8711500631657	08711500631664
TLD18W-840-ECO ⁽²⁾	18	59	0,36	1350	85	4000	75	15000	8711500631718	08711500631725
TLD36W-830-ECO ⁽²⁾	36	103	0,44	3350	85	3000	93	15000	8711500631954	08711500631961
TLD36W-840-ECO ⁽²⁾	36	103	0,44	3350	85	4000	93	15000	8711500632012	08711500632029
TLD58W-830-ECO ⁽²⁾	58	111	0,67	5200	85	3000	90	15000	8711500632135	08711500632142
TLD58W-840-ECO ⁽²⁾	58	111	0,67	5200	85	4000	90	15000	8711500631197	08711500632203

⁽¹⁾ Reator eletromagnético com partida rápida ou eletrônico

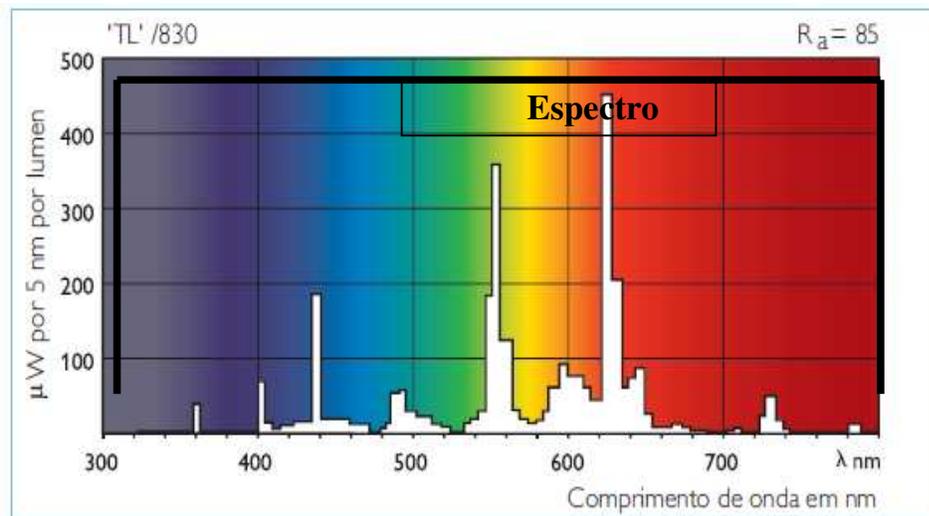
⁽²⁾ Reator eletromagnético com partida convencional (com starter) ou eletrônico

■ Produtos Master

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 39 - Características técnicas da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W.

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 40 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W da marca Philips.

Dados do Reator:

Dados técnicos

Código Comercial	Lâmpadas (W)	Tensão Nominal (V)	Corrente de rede (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência	Fator de fluxo luminoso	Distorção harmônica (THD)	Diagrama de conexão Fig.
ELI16A16	1 x 16W	127	0,13	16	0,98	0,96	10%	I
ELI16A26 PS	1 x 16W	220	0,08	18	0,97	1,00	15%	I
ELI20A16	1 x 18/20W	127	0,14	18	0,99	0,93	10%	I
ELI20A26 PS	1 x 18/20W	220	0,10	21	0,98	1,00	10%	I
ELI32A16	1 x 32W	127	0,28	35	0,97	1,00	10%	I
ELI32A26 PS	1 x 32W	220	0,17	37	0,98	1,00	10%	I
ELI40A16	1 x 36/40W	127	0,31	38	0,97	0,95	10%	I
ELI40A26 PS	1 x 36/40W	220	0,19	42	0,98	1,00	13%	I

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 41 - Características técnicas do reator para Fluorescente Tubular de 32 W.

8.3 C - Fluorescente Compacta Integrada de 20 W Amarela

Foto ilustrativa:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 42 - Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W da marca Philips.

Características técnicas da lâmpada:

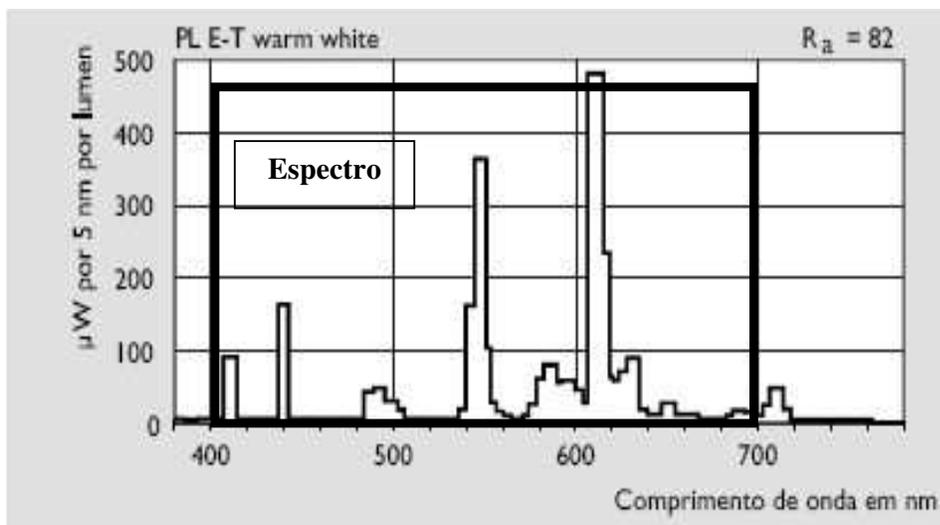
Código Comercial	Cor	Potência (W)	Base	Tensão (V)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Temperatura de cor (K)	IRC	Vida mediana (horas)	Código de barras individual	Código de barra coletivo
PLWTWIST15W127BL	luz amarela	15	E27	110-127V	1000	67	2700	82	8000	8711500271266	08711500271341
PLWTWIST15W220BL	luz amarela	15	E27	220-240V	1000	67	2700	82	8000	8711500270931	08711500271105
PLWTWIST20W127BL	luz amarela	20	E27	110-127V	1350	68	2700	82	8000	8711500271266	08711500271341
PLWTWIST20W220BL	luz amarela	20	E27	220-240V	1350	68	2700	82	8000	8711500270955	08711500271127
PLWTWIST23W127BL	luz amarela	23	E27	110-127V	1550	67	2700	82	8000	8711500271266	08711500271341
PLWTWIST23W220BL	luz amarela	23	E27	220-240V	1550	67	2700	82	8000	8711500270979	08711500271143
PLWTWIST27W127BL	luz amarela	27	E27	110-127V	1750	65	2700	82	8000	8711500318312	08711500318350
PLWTWIST27W220BL	luz amarela	27	E27	220-240V	1750	65	2700	82	8000	8711500797797	08711500797810
PLWTWIST42W127BL	luz amarela	42	E27	110-127V	2800	66	2700	82	8000	8711500802019	08711500802033
PLDTWIST15W127BL	luz branca	15	E27	110-127V	950	63	6500	78	8000	8711500271273	08711500271358
PLDTWIST15W220BL	luz branca	15	E27	220-240V	950	63	6500	78	8000	8711500270948	08711500271112
PLDTWIST20W127BL	luz branca	20	E27	110-127V	1250	62	6500	78	8000	8711500271297	08711500271372
PLDTWIST20W220BL	luz branca	20	E27	220-240V	1250	62	6500	78	8000	8711500270962	08711500271136
PLDTWIST23W127BL	luz branca	23	E27	110-127V	1450	63	6500	78	8000	8711500271310	08711500271396
PLDTWIST23W220BL	luz branca	23	E27	220-240V	1450	63	6500	78	8000	8711500270993	08711500271150
PLDTWIST27W127BL	luz branca	27	E27	110-127V	1660	62	6500	80	8000	8711500318329	08711500318367
PLDTWIST27W220BL	luz branca	27	E27	220-240V	1660	62	6500	80	8000	8711500797803	08711500797827
PLDTWIST42W127BL	luz branca	42	E27	110-127V	2650	64	6500	82	8000	8711500802026	08711500802040

■ Luz Clara ■ Luz Suave

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 43 - Características técnicas das lâmpadas Fluorescentes Integradas de 20 W (luz amarela).

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 44 - Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 20 W Warm White da marca Philips.

9 ANEXO 2 - CARACTERÍSTICAS DAS LUMINÁRIAS UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.

9.1 A – Refletor aberto em alumínio polido.



Figura 45 - Foto do refletor tipo prato aberto em alumínio polido.

9.2 B – Luminária Tipo RGE.



Figura 46 - Foto da luminária tipo calha em aço inox.

Fatores de Utilização das luminárias

9.3 C - Tabela 20 – Fatores de utilização luminária HDK 451.

Fator do local K	Referências de coeficientes de utilização								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,6	0,26	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18	0,21	0,18	0,17
0,8	0,32	0,28	0,24	0,32	0,27	0,24	0,27	0,24	0,23
1,00	0,37	0,33	0,30	0,36	0,32	0,29	0,32	0,29	0,28
1,25	0,42	0,38	0,35	0,41	0,37	0,34	0,37	0,34	0,33
0,50	0,46	0,42	0,39	0,44	0,41	0,38	0,40	0,38	0,36
2,00	0,50	0,47	0,44	0,49	0,46	0,44	0,46	0,43	0,42
2,50	0,53	0,51	0,48	0,52	0,50	0,48	0,49	0,47	0,45
3,00	0,55	0,53	0,51	0,54	0,52	0,50	0,51	0,49	0,48
4,00	0,58	0,56	0,54	0,56	0,55	0,53	0,54	0,52	0,51
5,00	0,59	0,57	0,56	0,58	0,56	0,55	0,55	0,54	0,53

Fonte: MACINTYRE 1986.

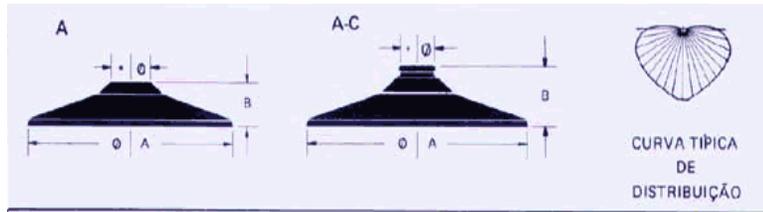
Foto Ilustrativa:



Fonte: Catálogo de produtos Portolux.

Figura 47 - Refletor aberto tipo prato sem colarinho.

Características técnicas:



Fonte: Catálogo de produtos Portolux.

Figura 48 - Características técnicas do refletor aberto tipo prato sem colarinho.

9.4 D - Tabela 21 - Fatores de utilização luminária RGE.

Referências de coeficientes de utilização

Fator do local K	751	731	711	551	531	511	331	311
0,6	0,31	0,24	0,21	0,30	0,24	0,21	0,24	0,21
0,8	0,38	0,33	0,28	0,37	0,32	0,28	0,32	0,27
1,0	0,44	0,38	0,33	0,42	0,37	0,33	0,37	0,33
1,25	0,48	0,43	0,38	0,47	0,42	0,38	0,41	0,38
1,50	0,52	0,47	0,43	0,50	0,47	0,42	0,45	0,42
2,00	0,57	0,52	0,49	0,55	0,52	0,48	0,51	0,48
2,50	0,60	0,57	0,54	0,59	0,56	0,53	0,55	0,52
3,00	0,63	0,60	0,56	0,61	0,58	0,55	0,57	0,55
4,00	0,66	0,63	0,60	0,64	0,62	0,60	0,60	0,59
5,00	0,68	0,65	0,63	0,66	0,63	0,61	0,63	0,60

Fonte: Catálogos da Guarilux.

Foto ilustrativa:



Fonte: Catálogo de Produtos Guarilux.

Figura 49 - Luminária tipo calha modelo RGE

9.5 E - Coeficiente de Reflexão de Alguns Materiais e Cores.

Materiais	%	Cores	%
Rocha	60	Branco	70 - 80
Tijolos	5 - 25	Creme Claro	70 - 80
Cimento	15 - 40	Amarelo claro	55 - 65
Madeira clara	40	Rosa	45 - 50
Esmalte branco	65 - 75	Verde claro	45 - 50
Vidro transparente	6 - 8	Azul celeste	40 - 45
Madeira aglomerada	50 - 60	Cinza claro	40 - 45
Azulejos brancos	60 - 75	Bege	25 - 35
Madeira escura	15 - 20	Amarelo escuro	25 - 35
Gesso	80	Marrom claro	25 - 35
		Verde oliva	25 - 35
		Laranja	20 - 25
		Vermelho	20 - 35
		Cinza médio	20 - 35
		Verde escuro	10 - 15
		Azul escuro	10 - 15
		Vermelho escuro	10 - 15
		Cinza escuro	10 - 15
		Azul marinho	5 - 10
		Preto	5 - 10

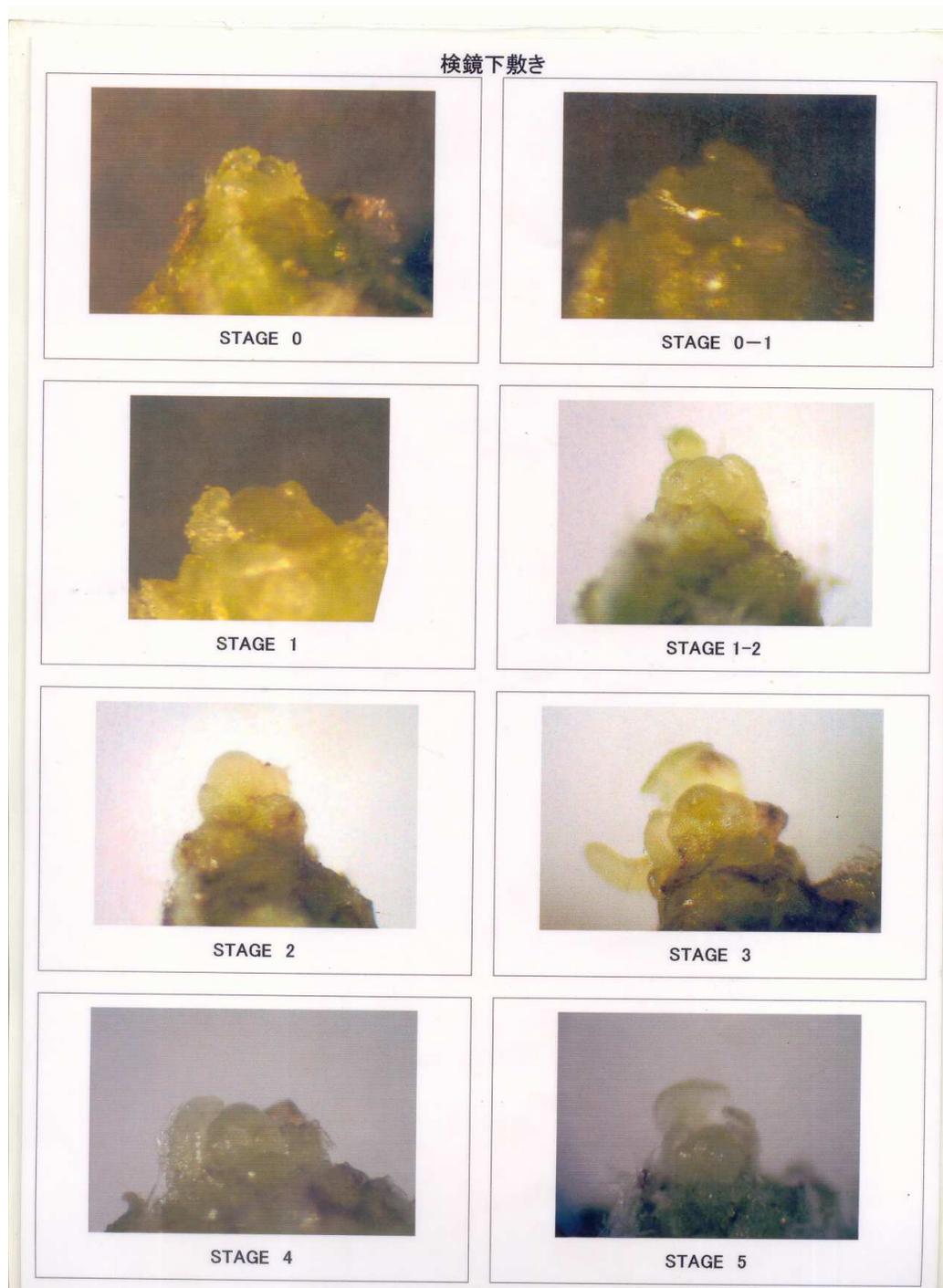
9.6 F – Descrição do equipamento de verificação de presença de botão floral.

Foto ilustrativa do microscópio modelo Multi-Stereo Microscope (XTL 3400) fabricado pela Shangai Jinnshine Photonics Science & Technology Co., Ltd.



Figura 50 - Foto ilustrativa do equipamento utilizado na verificação da presença de botão floral.

9.7 G – Tabela comparativa da presença de botão floral.



9.8 H – Declaração do produtor atestando a ausência de botão floral durante o período de experimento com begônias.



Declaração

Declaramos para os devidos fins que no período de 06/11/2009 a 16/06/2010, durante os experimentos realizados nesta empresa com mudas de Begônias *elator* (variedades Borias, Barkos e Baladin), pelo Engenheiro Agrônomo Eduardo David, RG 13624444, utilizando diferentes tecnologias de iluminação artificial (Fluorescente Tubular de 32 W e Fluorescente Compacta Integrada de 20 W) para indução do efeito de fotoperíodo, não ocorreram alterações no nível de presença de botão floral nas variedades cultivadas em relação ao sistema de iluminação normalmente utilizado em nosso processo de produção (Incandescente de 100 W).

Marcelo Bonaroti Bomfim

Gerente de Produção

9.9 I – Tabela ANOVA – Presença de botão floral.

ABBA

Summary Statistics

	Count	Average	Variance
incand	12	0,493333	0,0565333
PL	12	0,55	0,0390182
Tublular	12	0,58	0,0318545
Total	36	0,541111	0,0413702

ANOVA Table

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0464889	2	0,0232444	0,55	0,5837
Within groups	1,40147	33	0,0424687		
Total (Corr.)	1,44796	35			

P-value of the F-test is greater than or equal to 0,05, there is not a statistically significant difference between the means of the 3 variables at the 95,0% confidence level.

RAGE

Summary Statistics

	Count	Average	Variance
incand	12	0,123333	0,0335879
PL	12	0,08	0,0209455
Tublular	12	0,123333	0,0196242
Total	36	0,108889	0,0237359

ANOVA Table

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0150222	2	0,00751111	0,30	0,7400
Within groups	0,815733	33	0,0247192		
Total (Corr.)	0,830756	35			

P-value of the F-test is greater than or equal to 0,05, there is not a statistically significant difference between the means of the 3 variables at the 95,0% confidence level.

SAHARA

Summary Statistics

	Count	Average	Variance
incand	12	0,276667	0,030097
PL	12	0,379167	0,0541538
Tublular	12	0,460833	0,0658629
Total	36	0,372222	0,0530178

ANOVA Table

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,204372	2	0,102186	2,04	0,1458
Within groups	1,65125	33	0,0500379		
Total (Corr.)	1,85562	35			

P-value of the F-test is greater than or equal to 0,05, there is not a statistically significant difference between the means of the 3 variables at the 95,0% confidence level.

OMEGA

Summary Statistics

	Count	Average	Variance
incand	12	0,106667	0,0213333
PL	12	0,143333	0,0207879
Tublular	12	0,243333	0,0344606
Total	36	0,164444	0,0274997

ANOVA Table

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,120089	2	0,0600444	2,35	0,1109
Within groups	0,8424	33	0,0255273		
Total (Corr.)	0,962489	35			

P-value of the F-test is greater than or equal to 0,05, there is not a statistically significant difference between the means of the 3 variables at the 95,0% confidence level.