UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANÁLISE DE DIFERENTES TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CRISÂNTEMOS EM AMBIENTE PROTEGIDO

EDUARDO DAVID

CAMPINAS
FEVEREIRO/2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANÁLISE DE DIFERENTES TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CRISÂNTEMOS EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação de mestrado, submetida à banca examinadora para obtenção do título de mestre na área de concentração de Construções Rurais e Ambiência.

EDUARDO DAVID
ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANTONIO ROSSI

CAMPINAS
FEVEREIRO/2007

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

David, Eduardo
D28a Análise de diferentes tecnologias de iluminação artificial para redução do consumo de energia elétrica na produção de mudas de crisântemos em ambiente protegido / Eduardo David. --Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Luiz Antonio Rossi
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Crisântemo - Iluminação. 2. Crisântemo. 3. Energia elétrica – Conservação. 4. Energia elétrica – Consumo. 5. Estufa (Plantas). I. Rossi, Luiz Antonio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Analysis of different artificial illumination technologies aiming energy consumption reduction in chrysanthemum nursery production in greenhouses
Palavras-chave em Inglês: Artificial illumination, Chrysanthemum, Electric power rational use.
Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.
Banca examinadora: Paulo Mazzafera, Sylvio Luis Honório e Carlos Alberto Mariotoni
Data da defesa: 24/02/2007
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a todos que amo…

A Deus por fazer tudo na minha vida possível.

Aos meus pais, Alcindo (in *memorian*) e Araci...
À minha namorada Marli...
Aos meus irmãos Carlos e Eliana...
Às minhas sobrinhas Alexandra e Carolina...

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 Evandro Gomes Laranjeira, Leda Gobbo de Freitas Bueno, Juliana Sarubbi, Yanglio Travassos, Nina Miglioranza Velloso, Paulo Eduardo Pereira Merino, Luiz Anselmo Ifanger, Rafael Augustus, Silvia Regina L. de Souza, Rodrigo Amaral, Yamilia Barrios Tolon e Douglas Salgado pelo apoio e colaboração.

Ao professor Kil Jin Park pela amizade e apoio na realização deste trabalho.

Aos professores Inácio Maria Dal Fabbro, Sylvio Luis Honório e Antonio Carlos de Oliveira Ferraz pela colaboração e ensinamentos.

À equipe da Comissão de Pós-Graduação da FEAGRI: Ana Paula Montagner, Rosangela Gomes, Marta Vechi e demais funcionários que tanto colaboraram para o meu crescimento acadêmico.

Aos funcionários Edgar Aparecido Lombardi, André Aparecido Nogueira e Antonio Bliska Junior, pela amizade e colaboração.

A FAEPEX, ao CNPq e a CPG pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

À empresa Dekker de Witt, por disponibilizar suas instalações para a realização do experimento.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS ix
RESUMO x
ABSTRACT xi
1- Introdução 1
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 2
2.1 – Floricultura: Aspectos econômicos. 2
2.2 – Chrysanthemum sp. 3
2.3 Iluminação artificial 4
2.3.1 – Radiação Fotossinteticamente Ativa 4
2.3.2 Fotoperíodo em crisântemos 5
2.3.3. Fase de crescimento vegetativo 6
2.3.4 – Fatores de desempenho 7
2.4– Energia elétrica e racionamento no cultivo de flores: 7
3. MATERIAIS E MÉTODOS 9
3.1 Local 9
3.2 Período do experimento 13
3.2.1 Lote de Verão 13
3.2.2 Lote de Inverno 13
3.3 Caracterização experimental 13
3.4 Características técnicas das tecnologias dos tratamentos 14
3.4.1 Testemunha 100W 17
3.4.2 Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70W 17
3.4.3 Vapor de Mercúrio de 125W 18
3.4.4 Fluorescente Tubular de 40W. 18
3.4.5 Fluorescente Compacta Integrada de 23W 18
3.4.5.1 Lote de Verão 18
3.4.5.2 Lote de Inverno 18
3.4.6 Curva Espectral Medida das Lâmpadas Utilizadas 19
3.5 Cálculo Luminotécnico 19
3.5.1 Número de luminárias 20
3.5.2 Fluxo Luminoso Total (Φ) 20
3.5.3 Valor de Iluminância (E) 20
3.5.4 Fator de Depreciação (d) 21
3.5.5 Fator de Utilização da Luminária (η) 21
3.5.5.1 Fator do local (K) 22
3.5.5.2 Índices de reflexão 22
3.5.6 Cálculo do número de luminárias dos tratamentos. 24
3.6 Potência Instalada 25
3.6.1 Potência Instalada nos Lote de Verão e de Inverno 25
3.7 Critérios de Análises de Desempenho do Vegetal 26
3.7.1 Produtividade por área 26
3.7.2 Peso médio de matéria fresca em gramas 26
3.7.3 Presença de botão floral 26
3.7.4 Teor de umidade 27

3.8 Coleta de Dados **27**
3.8.1 Dados de produção **27**
3.8.2 Dados dos parâmetros de energia elétrica **28**
3.8.2.1 Coleta de dados diária. **29**
3.9 Análise das Variáveis Produtivas e de Energia Elétrica **29**
3.9.1 Variáveis Elétricas **29**
3.9.2 Possibilidade de economia de energia elétrica **30**
3.9.3 Iluminamento **30**
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO **32**
4.1 Lote de Verão **32**
4.1.1 Parâmetros produtivos do lote de verão **32**
4.1.2 Parâmetros elétricos do lote de verão **34**
4.1.2.1 Demanda máxima **34**
4.1.2.2 Consumo **36**
4.1.2.3 Fator de Potência **39**
4.1.2.4 Iluminamento **40**
4.1.2.5 Índice de eficiência energética **41**
4.1.2.6 Análise estatística de peso médio **41**
4.2 Lote de Inverno **42**
4.2.1 Parâmetros produtivos do lote de inverno **42**
4.2.3 Determinação de Umidade **44**
4.2.4 Parâmetros elétricos do lote de inverno **45**
4.2.4.1 Demanda máxima **45**
4.2.4.2 Consumo de energia elétrica **47**
4.2.4.3 Fator de Potência **50**
4.2.4.4 Iluminamento **51**
4.2.4.5 Índice de eficiência energética **52**
4.2.5 Análises estatísticas das variáveis de produção **53**
4.2.5.1 Peso médio **53**
4.2.5.2 Porcentagem de Umidade **53**
4.3 Demanda e consumo de energia elétrica dos lotes de verão e inverno para período de 90 dias. **54**
4.4 Análises estatísticas das variáveis de energia **56**
4.4.1 Consumo de energia elétrica **56**
4.4.2 Demanda máxima de potência elétrica **57**
4.4.3 Fluorescente Compacta Integrada de 23W **57**
4.4.3.1 Consumo de energia elétrica **58**
4.4.3.2 Demanda de potência elétrica **58**
4.4.4 Estimativa de economia de custos relativos ao consumo de energia **59**
4.5 Resumo geral **61**
5 CONCLUSÕES **64**
6 SUGESTÃO DE CONTINUIDADE DO TRABALHO **65**
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **66**
ANEXO 1 – Características técnicas das lâmpadas utilizadas. **71**
ANEXO 2 Características das Luminárias utilizadas no experimento. **81**
APÊNDICE 1 – Curvas espectrais medidas das lâmpadas utilizadas no experimento **83**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista do interior da estufa. 9
Figura 2 - Vista da instalação das lonas azuis que separam os tratamentos..... 10
Figura 3 - Vista da instalação das lâmpadas no vão 11
Figura 4 – Vista da altura de instalação e disposição das linhas das tecnologias de descarga no vão C 14. 12
Figura 5 – Vista da altura de instalação e da disposição das linhas de iluminação da tecnologia de filamento do vão C 14 12
Figura 6 – Disposição dos tratamentos no lote de verão. 15
Figura 7 – Disposição dos tratamentos no lote de inverno. 16
Figura 8 – Valores de fator de depreciação..... 21
Figura 9 - Detalhe dos pontos de coleta de iluminamento. 31
Figura 10 – Demanda máxima mensal – 1ª hora de acionamento..... 35
Figura 11 - Demanda máxima mensal – 2ª hora de acionamento. 35
Figura 12 – Demanda máxima registrada para o lote de verão. 36
Figura 13 – Consumo mensal de energia elétrica - 1ª hora de acionamento..... 37
Figura 14 – Consumo mensal de energia elétrica - 2ª hora de acionamento..... 37
Figura 15 – Consumo total de energia elétrica do lote de verão..... 38
Figura 16 – Fator de potência médio mensal do lote de verão 39
Figura 17 – Dados de iluminamento do lote de verão. 40
Figura 18– Porcentagem média de umidade – lote de inverno..... 45
Figura 19 – Demanda máxima mensal – 1ª hora de acionamento..... 46
Figura 20 - Demanda máxima mensal – 2ª hora de acionamento. 46
Figura 21 - Demanda máxima registrada para o lote de inverno. 47
Figura 22 - Consumo mensal de energia elétrica - 1ª hora de acionamento. 48
Figura 23 - Consumo mensal de energia elétrica - 2ª hora de acionamento. 48
Figura 24 – Consumo total de energia elétrica do lote de inverno. 49
Figura 25 – Fator de potência médio mensal do lote de inverno. 50
Figura 26 - Dados de fluxo luminoso do lote de inverno..... 51
Figura 27 – Dados de demanda dos períodos de 90 dias..... 54
Figura 28 – Dados de consumo dos períodos de 90 dias. 55
Figura 29 - Lâmpada de filamento Incandescente de 100W modelo Standard da marca Philips. 71
Figura 30 - Características técnicas da lâmpada Incandescente de 100W..... 71
Figura 31 - Curva espectral da lâmpada Incandescente de 100W da marca Philips. 72
Figura 32 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70W da marca Philips..... 72
Figura 33 - Características técnicas da lâmpada de Vapor de Sódio de 70W..... 72
Figura 34 – Curva espectral da lâmpada de Vapor de Sódio de 70W da marca Philips.. 73
Figura 35 – Características técnicas do reator para lâmpada de Vapor de Sódio Alta Pressão de 70W..... 73
Figura 36– Lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W da marca Philips. 74
Figura 37 – Características técnicas da lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W da marca Philips. 74
Figura 38 – Curva espectral da lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W da marca Philips. 75

Figura 39 – Características técnicas de reator para lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W. 75
Figura 40 – Lâmpada Fluorescente de 40W da marca Philips. 76
Figura 41 – Características técnicas da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W 76
Figura 42 – Curva espectral da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W da marca Philips. 77
Figura 43 - Características técnicas do reator para Fluorescente Tubular de 40W 77
Figura 44– Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W modelo Twister da marca Philips. 78
Figura 45 – Características técnicas da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W (luz branca). 78
Figura 46– Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Cool Day Light da marca Philips. 79
Figura 47 – Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W da marca Philips. 79
Figura 48 – Características técnicas das lâmpadas Fluorescentes Integradas de 23W (luz amarela). 80
Figura 49 – Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integradas de 23W warm White da marca Philips. 80
Figura 50 - Refletor aberto tipo prato sem colarinho. 81
Figura 51 – Características técnicas do refletor aberto tipo prato sem colarinho. 81
Figura 52 – Luminária tipo calha. 82
Figura 53 – Curva Espectral da lâmpada de Filamento 100W utilizada no experimento. 83
Figura 54 – Curva Espectral da lâmpada de Vapor de Sódio 70W utilizada no experimento. 84
Figura 55 – Curva Espectral da lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W utilizada no experimento. 84
Figura 56 – Curva Espectral da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W utilizada no experimento. 85
Figura 57 – Curva Espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Branca utilizada no experimento. 85
Figura 58- Curva Espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Amarela utilizada no experimento 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de utilização luminária HDK 451.....23
Tabela 2 - Fatores de utilização luminária TMS 500.....24
Tabela 3 – Valores de fluxo luminoso e número de luminárias.....25
Tabela 4– Potência Instalada.....25
Tabela 5 - Resultados das análises do desempenho produtivo das variedades cultivadas no lote de verão.....33
Tabela 6– Redução (percentual) do consumo de energia elétrica em relação à testemunha para o lote de verão. 39
Tabela 7 – Dados de consumo específico do lote de verão (kWh/muda).....41
Tabela 8 – Valores médios de peso médio do lote de verão (g).....42
Tabela 9- Resultados das análises do desempenho produtivo das variedades cultivadas no lote de inverno. 43
Tabela 10– Redução (percentual) do consumo de energia elétrica em relação à testemunha para o lote de inverno.....50
Tabela 11 - Dados de consumo específico do lote de inverno (kWh/muda). 52
Tabela 12 - Valores médios de peso do lote de inverno (g). 53
Tabela 13 – Dados de porcentagem de umidade.....54
Tabela 14 – Valores médios de consumo médio. 56
Tabela 15 – Valores médios de demanda máxima. 57
Tabela 16 – Valores médios de consumo de energia elétrica do lote de inverno.....58
Tabela 17 – Valores médios de demanda máxima no lote de inverno.....59
Tabela 18–Valores de consumo de energia por lâmpada. 60
Tabela 19 – Valor monetário por lâmpada. 60
Tabela 20– Resultados das análises dos parâmetros do vegetal e de energia. 62

RESUMO

No cultivo de crisântemos em ambientes protegidos, o tipo de iluminação artificial usada atualmente para propósito de indução do efeito de fotoperíodo determina o crescimento e desenvolvimento destas plantas cultivadas, bem como o consumo de energia elétrica utilizada no processo de produção. A tecnologia de iluminação artificial mais utilizado pelos produtores de mudas de crisântemos para efeito de indução de fotoperíodo é a de filamento incandescente. Atualmente, procura-se testar novas tecnologias de iluminação artificial visando principalmente à redução do consumo de energia elétrica. A aplicação da tecnologia de iluminação do tipo descarga (vapor de sódio, vapor de mercúrio, fluorescentes tubulares e fluorescentes compactas integradas), diferente da do tipo filamento, no cultivo de crisântemos em ambiente protegido foi o objetivo deste trabalho de pesquisa. Este trabalho foi realizado em uma casa de vegetação comercial com cinco variedades (Papiro, Lindy White, Mona Lisa Rose, Euro Speedy e Stateman), em dois períodos, verão e inverno. Os parâmetros utilizados para a comparação entre as variedades cultivadas foram a produtividade por área, o peso de matéria fresca, a presença de botão floral e a porcentagem de umidade. Para as diferentes tecnologias de iluminação e tipos de lâmpadas analisadas, os parâmetros de avaliação foram as variáveis elétricas (consumo, demanda e fator de potência) e índice de eficiência energética dos tratamentos. Ocorreram diferenças entre as variedades cultivadas com relação ao peso e a porcentagem de umidade. A produtividade por área foi maior com a utilização das tecnologias de descarga em comparação à tecnologia de filamento, não importando a variedade produzida. A menor presença de botão floral foi obtida com a utilização das tecnologias de descarga com exceção da variedade Stateman produzida com a tecnologia Incandescente de 100W no lote de inverno. A única exceção na tecnologia de descarga foi com a lâmpada de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca, que, no lote de verão, apresentou 2,5% de presença de botão floral contra 0% das outras lâmpadas, na produção da variedade Euro speedy. Verificou-se, através de resultados obtidos, que a lâmpada de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela apresentou a menor demanda máxima e uma redução média de consumo de energia da ordem de 75,51% em relação à tecnologia de maior consumo, a Incandescente de 100W que é a atualmente utilizada pelo produtor.

Palavras-chave: iluminação artificial, crisântemo, uso racional de energia elétrica.

ABSTRACT

The type of artificial illumination employed for chrysanthemum cultivation in greenhouses to induce photoperiod effect will determine its growing rate as well as the energy consumption. Incandescent filament is currently employed for artificial illumination in chrysanthemum nursery to induce photoperiod effect. Nowadays new illumination technology is being tested aiming energy consumption reduction. The application of illumination based on electrical discharge in sodium or mercury vapor, as well as tubular or integrated compact fluorescent bulbs in chrysanthemum cultivation is identified as the objective of this research work. The experimental part of this work was carried out in a commercial greenhouse model employing five chrysanthemum variety as Papiro, Lindy White, Mona Lisa Rose, Euro Speedy and Stateman during winter and summer period. Parameters employed to the study variety behavior included**:** production per area, fresh matter weight, presence of flower sprouts and moisture content. The parameters known as electrical variables, like consumption, demand and power factor, together with the treatment energy efficiency index were used to analyze the employed illumination technologies and light bulbs type. Results showed differences between weight of fresh flowers and moisture content for the flowers variety under consideration. Productivity per unit area was noticed to be larger for discharge technology when compared with filament bulbs, for both varieties being tested. The lowest flower sprout occurrence was associated to the discharge technology with the exception of the variety Stateman produced with incandescent bulbs of 100 W in the winter plot. The unique exception related to discharge technology was associated to the White 23W Integrated Compact Fluorescent bulb yielding 2.4% of flower sprouts compared with 0% of other bulb types associated to the production of the variety Euro Speedy. It was noticed from the results that the yellow integrated compact fluorescent bulbs (23W) exhibited lower maximum demand as well as an average energy consumption of 75.51% when compared to incandescent filament bulb type (100W) which is currently employed by the chrysanthemum growers.

Keywords: artificial illumination, chrysanthemum, electric power rational use.

1- Introdução

O crisântemo apresenta flores com grande aceitação de mercado sendo, por isso, considerada uma das plantas ornamentais de maior valor comercial. Entretanto, caracteriza-se por ser muito sensível a qualquer manejo inadequado em seu cultivo. O cultivo do crisântemo 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.

Verifica-se a escassez de estudos relacionados à melhor tecnologia de iluminação artificial, quanto ao crescimento e desenvolvimento da planta e quanto ao consumo de energia elétrica nos processos de produção de plantas ornamentais.

A busca por informações que contribuam para que os produtores de plantas ornamentais, que utilizam as atuais técnicas de iluminação artificial, possam mudar para alternativas economicamente viáveis é uma necessidade devido ao alto custo da energia elétrica e a dificuldade econômica desses produtores agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi demonstrar que diferentes tecnologias de iluminação podem reduzir o consumo de energia elétrica na produção de crisântemos, mantendo as características de desempenho produtivo.

O trabalho foi realizado dentro de ambiente protegido, com a cultura de crisântemos, durante dois ciclos de produção, comparando-se a tecnologia de lâmpadas de filamento com a do tipo descarga, utilizando-se para isso equipamentos de medição e estudos estatísticos.

A aplicação de tecnologias de iluminação do tipo descarga, diferente do tipo filamento, no cultivo de crisântemos em ambiente protegido, reduziu o consumo de energia elétrica e otimizou parâmetros de produção, contribuindo para a racionalização do uso de energia elétrica na produção.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Floricultura: Aspectos econômicos.

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 movimenta simultaneamente 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. Também movimenta a indústria do plástico, desde a produção de telas e filmes plásticos utilizados nas estufas até embalagens para transporte e comercialização, indústria do papelão, utilizado em embalagens entre outras, além de uma série de serviços paralelos.

MOTOS (2000) cita que a produção mundial de flores e plantas ornamentais ocupa uma área em torno de 190.000 ha, movimentando valores próximos a US$ 16 bilhões por ano no setor de produção. Do ponto de vista do faturamento no varejo, somam-se, aproximadamente, US$ 44 bilhões por ano.

Segundo IBRAFLOR (2006), no período de janeiro a setembro de 2006, a receita das vendas externas do setor de floricultura chegaram a US$ 24,2 milhões - pouco menos do que o país exportou durante o ano de 2005 inteiro, US$ 25,7 milhões. De 2000 para cá, houve um crescimento nas exportações de 515%. A expectativa é de que em 2008 o setor atinja os US$ 80 milhões em embarques.

Os dados do Instituto mostram que os principais tipos de produto exportados são as mudas de plantas ornamentais. No primeiro semestre, as exportações das mudas representaram 53,49% do total exportado, somando US$ 8,072 milhões. O segundo grupo mais vendido são os bulbos, tubérculos e rizomas, que representaram 28,54% das vendas no período. As flores e botões de corte frescos representaram apenas 10,12% das exportações do primeiro semestre e, embora ainda seja pequeno, é um setor que tende a ser cada vez mais exportado. Alagoas é um exemplo de exportador de flores tropicais em buquê. Toda semana, são exportados 1,5 mil buquês para supermercados na França e na Suíça. A Holanda é o principal exportador mundial com 53% do total exportado no mercado internacional. O Brasil figura com apenas 0,25%,

exportando 10% do que é produzido, resultado do cultivo de aproximadamente 200 espécies e de 2 mil variedades.

O crisântemo e algumas espécies de cactos e outra mudas de ornamentais equivalem a 34% do que é exportado. O Brasil movimenta com a produção de flores atualmente, cerca de US$ 700 a 800 milhões por ano, sendo a promessa de se tornar uma das estrelas do setor agrícola (TOMBOLATO, 2004).

Segundo GROOT (1998), a Holanda é bastante competitiva em termos de custos. Este país não depende de baixos custos de mão-de-obra, solo matéria-prima e capital, e sim da sua capacidade de inovar rapidamente. Isso resulta, claramente, em produtividade, qualidade, mão-de-obra profissionalizada e alta tecnologia.

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 IBRAFLOR (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. Hoje, 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 de mais regiões produtoras, que o distribui para todo território nacional e países do Mercosul (LANDGRAF & PAIVA, 2005).

2.2 – Chrysanthemum sp.

O crisântemo pertence à família Asteracea e possui cerca de 1.100 gêneros e aproximadamente 25.000 espécies. O crisântemo tem grande aceitação comercial por ser uma das culturas ornamentais de maior aceitação no mercado e destaca-se como espécie cultivada de alto valor econômico (IMENES & ALEXANDRE, 1996).

ANDERSON (1987), reclassificou a espécie botanicamente como pertencente à tribo Anthemide, subscrito Chrysantheminae, gênero *Dendranthema* e espécie *Dendranthema grandiflora* Tzvelev.

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, 2001).

O cultivo do crisântemo foi introduzido no Brasil a 50 anos, sendo o estado de São Paulo o maior produtor (80%), seguido do Rio de Janeiro e Minas Gerais. A produção é praticamente toda ela voltada para o mercado interno, sendo que uma parte é exportada para a Holanda em forma de mudas e para a Argentina como flor de corte (TOMBOLATO, 2004).

O crisântemo em vaso é a segunda planta ornamental mais produzida em estufas, a primeira é a rosa, e ele tem crescimento contínuo na comercialização interna. Esse crescimento deve-se a sua diversidade na cor, no formato e no tamanho, além de responder muito bem ao fotoperíodo, boa durabilidade pós-colheita e um ciclo rápido de crescimento (MAINARDI et al., 2004), permitindo duas a três colheitas por ano (STRINGHETA et al., 2004).

Entre as plantas ornamentais, o crisântemo se destaca, sendo produzido e comercializado por 131 municípios do Estado de São Paulo (ARRUDA et al., 1996; ARRUDA et al. 1997; OLIVETTI et al. 1994; VAN ROOYEN & OPITZ, 1997).

A flor é comercialmente produzida em casa de vegetação durante o ano inteiro e ao ar livre apenas em uma época do ano quando as condições climáticas forem amenas.

2.3 Iluminação artificial

2.3.1 – Radiação Fotossinteticamente Ativa

A conseqüência da luz como fator limitante do crescimento é que o peso seco total declina numa faixa aproximadamente linear quando os níveis de iluminação média decaem, o que foi comprovado, por exemplo, para os crisântemos que crescem em ambientes controlados (HUGHES e COCKSHULL, 1971). 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 usada para definir a eficiência de uso da radiação pelas culturas. Considera-se que, em plantas sadias 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).

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.

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.

A eficiência de conversão decresce gradualmente com o aumento do fluxo de radiação solar acima do ótimo, podendo ocorrer saturação das folhas superiores. Entretanto, o nível de radiação em que ocorre a saturação nas folhas localizadas no interior do dossel é muito mais elevado, pois a incidência de radiação é menor e muitas das folhas podem não chegar à saturação (RUSSELL et al., 1989).

SINCLAIR & HORIE (1989) verificaram que, em baixo Índice de Área Foliar (AIF), a eficiência de uso da radiação é baixa, pois a maioria das folhas está sujeita à saturação fotossintética por radiação. Como a fração de área foliar sombreada aumenta com o decorrer do ciclo da cultura, aumenta também a eficiência de uso da radiação. Isto decorre do incremento na contribuição relativa das folhas sombreadas para o acúmulo de biomassa da cultura, à medida que aumenta a fração difusa e também da maior uniformidade da radiação no interior do dossel.

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

2.3.2 Fotoperíodo em crisântemos

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

O fotoperíodo baseia-se no número de horas de luz dentro de um ciclo de 24 horas, podendo influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

De acordo com (GRUSZYNSKI, 2002), o crisântemo é classificado como uma planta de dias curtos, 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. 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.

2.3.3. Fase de crescimento vegetativo

Ainda de acordo com GRUSZYNSKI (2002), o crescimento vegetativo acontece naturalmente quando o número de horas de luz do dia é maior que 14 ½ 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. As plantas devem receber ao nível das folhas no mínimo 108 lux ou 10 *foot-candle*. É importante lembrar que 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, as 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 às 5 horas, por exemplo).

No cultivo em vasos, na fase de crescimento vegetativo, usa-se a iluminação artificial durante a noite, em geral das 22 às 2 horas, em períodos alternados de no mínimo 6 minutos de luz para 24 de escuro. Outra alternativa que se adapta aos *timers* 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 2 X 2 metros 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 10min de luz a cada 30min de escuro das 21hs às 5hs (TOMBOLATO, 2004) e de 10min de luz para 20min de escuro a partir das 20h45min com duração total de 2hs (TOMBOLATO, et al.; 1998).

2.3.4 – Fatores de desempenho

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 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, tamanho da flor; outros devem ser estabelecidos subjetivamente, pela visualização, como forma (tipo), intensidade de cor e defeitos.

2.4– Energia elétrica e racionamento no cultivo de flores:

A energia elétrica é, sem sombra de dúvidas, um insumo importantíssimo para o desenvolvimento das civilizações modernas, estando presente em quase todas as atividades do processo produtivo (MEDEIROS et al., 2003).

No que concerne a sua utilização, TEIXEIRA (2005), afirma que a industrialização e o crescimento econômico, associados 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.

De acordo com ELETROBRÁS (2006), o combate ao desperdício de energia elétrica, além de benéfico para a sociedade e para o meio ambiente, traz vantagens para o consumidor. O PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), realiza um poderoso 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 poderíamos chamar 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.

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, sem ser jogada fora.

Um dos fatores mais importantes ligados ao cultivo de flores é a iluminação artificial, que, segundo SEIDEL (2003), é responsável por cerca de 20% da energia elétrica consumida mundialmente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para concretizar o uso racional de energia elétrica no cultivo de crisântemo em ambiente protegido visando o menor consumo de energia elétrica e o melhor desempenho do vegetal, foram testadas 5 diferentes tipos de lâmpadas de descarga na iluminação artificial de um vão de uma estufa comercial. Foram feitos dois lotes, um no período de verão (24/12/2005 a 28/04/2006) e outro no período de inverno (13/07/2006 a 17/11/2006), sendo que os 4 diferentes tipos de lâmpadas de descarga experimentados no lote de verão foram novamente utilizados no lote de inverno com a adição de mais um.

3.1 Local

O experimento realizou-se em uma estufa de 5.000m² de uma empresa produtora de mudas de crisântemos para o mercado nacional e internacional localizada no município de Mogi Guaçú, estado de São Paulo (figura 1).

Figura 1 - Vista do interior da estufa.

A área cedida pela empresa dentro da estufa (vão C14) possui 54m de comprimento por 6,4m de largura, totalizando 345,6m².

Dividiu-se esta área em 6 parcelas iguais de 57,6m, sendo ocupadas, no lote de verão, 5 delas e, no lote de inverno, todas as seis; uma para cada tratamento em ambos os lotes. Os tratamentos foram distribuídos ao acaso. 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 2).

Figura 2 - Vista da instalação das lonas azuis que separam os tratamentos

O regime de acionamento do sistema de iluminação artificial usado pelo produtor, para efeito de indução de fotoperíodo no período noturno, inicia-se às 22h30min e termina as 04h10min da manhã seguinte, com intervalos de 10min ligado por 20min desligado. Assim, tem-se um total de 2 horas de acionamento diário com doze entradas e saídas programadas nos controladores horários. Para a avaliação dos tipos de lâmpadas de descarga, manteve-se o mesmo regime de acionamento.

O produtor utiliza 57 lâmpadas de filamento Incandescente de 100W neste vão. Estas são distribuídas em três linhas com 19 lâmpadas cada, sendo que a parcela mais próxima do corredor central possui 12 lâmpadas e as demais 9 lâmpadas (figura 3).

Figura 3 - Vista da instalação das lâmpadas no vão

Para efeito de comparação entre a tecnologia de filamento Incandescente atualmente utilizada pelo produtor e a tecnologia de descarga, foi mantido o mesmo número de lâmpadas de filamento Incandescente de 100W por parcela, que assim se caracteriza como a tecnologia testemunha do experimento.

A altura de instalação do sistema de iluminação foi mantida em 3,0m do chão. Para a avaliação das diferentes tecnologias de descarga, foi mantida a mesma altura e disposição de distribuição de linhas da testemunha (figuras 4 e 5).

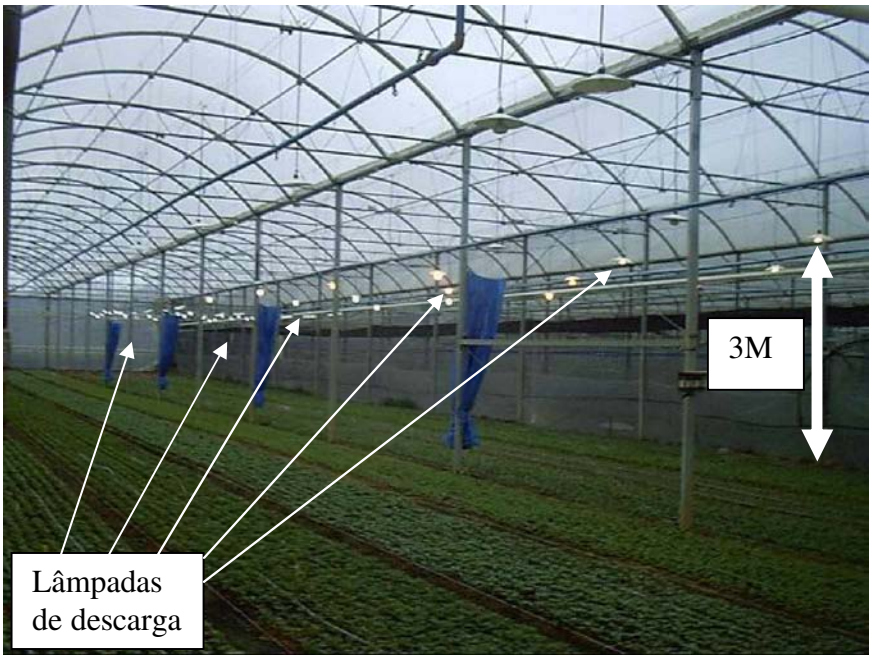


Figura 4 – Vista da altura de instalação e disposição das linhas das tecnologias de descarga no vão C 14.

Figura 5 – Vista da altura de instalação e da disposição das linhas de iluminação da tecnologia de filamento do vão C 14

3.2 Período do experimento

O experimento foi feito em dois lotes de produção, um de verão e outro de inverno para observar-se possíveis mudanças no desempenho do vegetal devido às diferentes condições climáticas dos dois períodos, apesar de ser uma casa de vegetação; um ambiente protegido. Também esta observação foi importante, pois houve troca de uma fonte de iluminação (filamento Incandescente) que emite mais calor do que os tratamentos experimentados (tecnologias de descarga).

3.2.1 Lote de Verão

O período de duração do lote de verão foi de 24/12/2005 a 28/04/2006, totalizando 16 semanas de cultivo. A coleta de dados realizada pelo próprio produtor, com finalidade de se determinar parâmetros comerciais de desempenho, deu início na quarta semana de produção, com coletas semanais todas as terças-feiras, quintas-feiras e sábados e pelos mesmos funcionários. Foram efetuadas 5 coletas de iluminamento com a utilização de luxímetro digital da marca Mínipa modelo MLM-1010.

3.2.2 Lote de Inverno

O experimento de inverno compreendeu o período de 13/07/2006 a 17/11/2006, representando um total de 17 semanas de cultivo. Adotou-se o mesmo procedimento de coleta de dados e iluminamento médio utilizado no lote de verão. Neste lote houve a inclusão de mais uma lâmpada de descarga no experimento, a Fluorescente Compacta 23W Amarela.

3.3 Caracterização experimental

A empresa produz mudas de Chrysanthemum sp das variedades Euro Speedy, Lindi White, Monalisa Rose, Papiro e Stateman, todas produzidas em canteiros com 1,2m de largura e 54m de comprimento com período de cultivo de aproximadamente 16 (dezesseis) semanas.

O crisântemo é uma planta de dias curtos que necessita de suplementação de luz no período noturno para efeito de indução de fotoperíodo, evitando assim a formação de botão floral (GRUSZYNSKI, 2002).

No lote de verão as variedades cultivadas foram: Euro Speedy, Lindi White, Monalisa Rose e Papiro. No lote de inverno, a variedade Lindi White foi substituída pela Stateman, mantendo-se as outras. A mudança de variedade produzida nos lotes de verão e inverno foi feita por iniciativa do próprio produtor que alegou motivos comerciais para a troca. Com isto, para as variedades Lindi White e Stateman não é possível estabelecer comparações de desempenho dos vegetais entre os dois lotes, ficando as análises destas duas variedades apenas como referência para os dois períodos de produção respectivos.

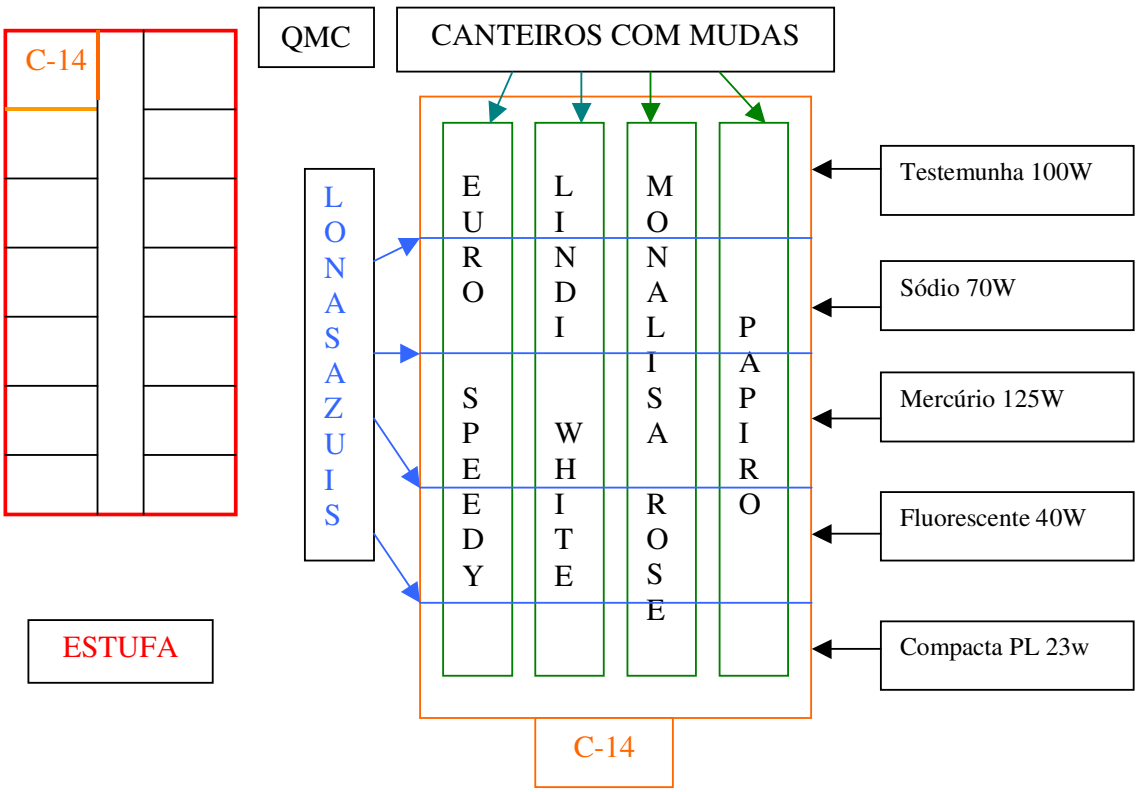
Os tratamentos foram designados às parcelas de forma casual, sendo as plantas similares, de mesma espécie, com a mesma idade de plantio, caracterizando assim um delineamento experimental em blocos ao acaso. Em experimentação as unidades não precisam ser iguais. Basta que respondam aos tratamentos da mesma forma. Os experimentos em blocos ao acaso surgiram na área agrícola. O termo bloco designava, originalmente, uma faixa de terra de mesma fertilidade. Hoje possui significado mais geral podendo ser uma ala da estufa, um período de tempo, uma ninhada, uma faixa de idade, etc. (VIEIRA, 1999)

Efetuou-se a comparação das médias mensais de consumo de energia elétrica e de demanda mensal para os dois lotes e do teor de água para o lote de inverno, através da realização da Análise de Variância e Teste de Médias Tukey à 5%.

3.4 Características técnicas das tecnologias dos tratamentos

O vão C14 foi dividido em parcelas iguais de 9m de comprimento por 6,4m de largura, com área de 57,6m² cada uma. Em cada parcela foi instalada uma tecnologia de iluminação diferente sendo:

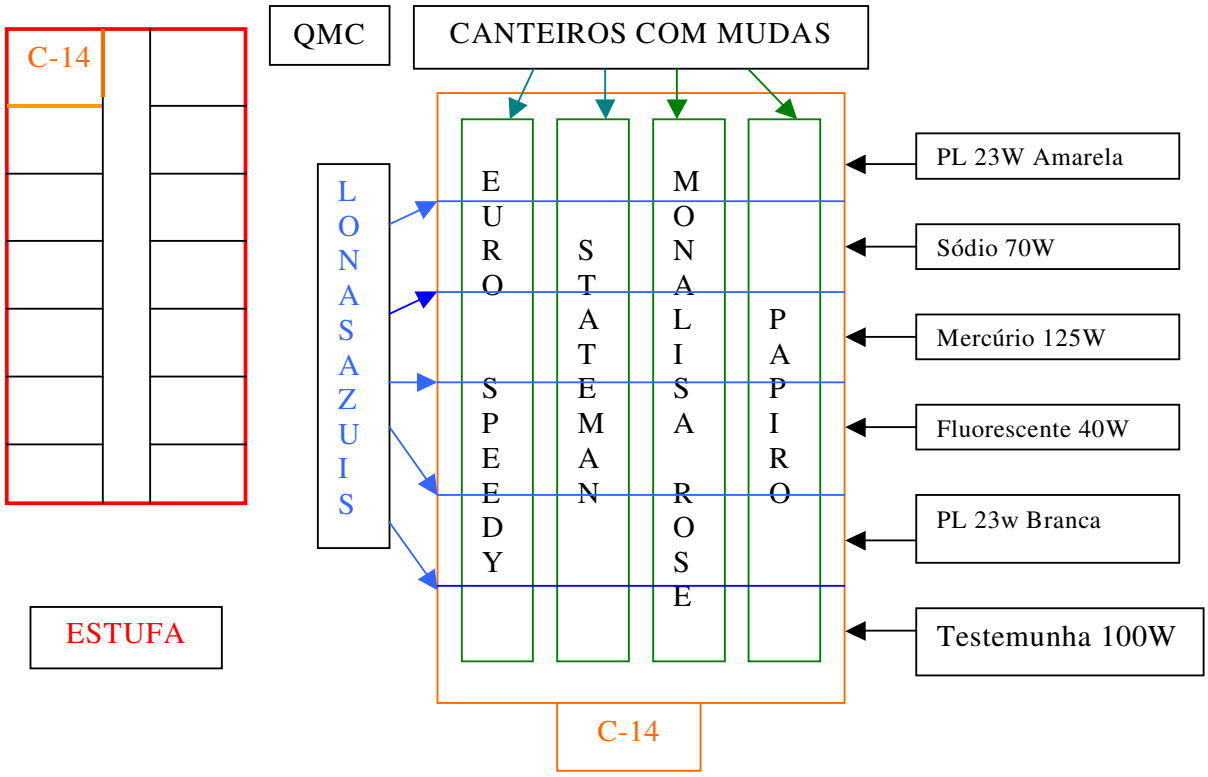
A - Para o lote de verão (figura 6), uma tecnologia do tipo filamento de potência 100W e quatro diferentes lâmpadas da tecnologia de lâmpadas de descarga: Vapor de Sódio de 70W, Vapor de Mercúrio de 125W, Fluorescente Tubular de 40W e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca.



***QMC: Quadro de medição.**

Figura 6 – Disposição dos tratamentos no lote de verão.

B - Para o lote de inverno (figura 7), mais um tipo de lâmpada de descarga, qual seja a Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela foi incorporada.



***QMC: Quadro de medição.**

Figura 7 – Disposição dos tratamentos no lote de inverno.

A escolha das diferentes tecnologias de iluminação com o uso de lâmpadas de descarga deu-se pelas da marca Philips por serem facilmente encontradas no mercado de materiais elétricos, uniformizando o padrão de fabricação e características de desempenho.

O método dos lumens médios foi empregado na determinação do número de luminárias de cada tratamento, excetuando-se o da testemunha.

Em ambos os lotes, usaram-se reatores de alto fator de potência para o acionamento das lâmpadas de descarga de Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70W, Vapor de Mercúrio de 125W e Fluorescente Tubular de 40W. Já as lâmpadas de descarga Fluorescentes Compactas Integradas de 23W Branca e Fluorescente Compactas Integradas de potência 23W Amarela

possuem como característica intrínseca de fabricação reatores integrados e com fator de potência em torno de 0,56, considerado muito baixo.

As lâmpadas de filamento Incandescentes de 100W possuem valor de fator de potência igual a 1 por serem puramente resistivas. O valor de fator de potência das tecnologias de descarga encontra-se na descrição das lâmpadas, nos catálogos de reatores.

3.4.1 Testemunha 100W

A lâmpada utilizada neste experimento foi a de filamento Incandescentes de 100W modelo Standard STD220VI00-N, da marca Philips (Vide Anexo 1 - A), a mesma utilizada pelo produtor em toda a estufa. 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 12, pois a parcela em que foi colocada a testemunha é a primeira junto ao corredor central, que se difere das demais parcelas que possuem apenas 9 lâmpadas.

No lote de inverno, deslocou-se a testemunha para o fim do vão C 14 e em cima da cultura ficaram as 9 lâmpadas. As três faltantes ficaram posicionadas na saída do circuito de alimentação deste tratamento, mantendo-se assim a mesma potência instalada nos dois lotes, sem interferência no desempenho da cultura.

Porém, o cálculo efetuado pelo método dos lúmens médios indicou a necessidade de se instalar um número de 26 lâmpadas de filamento Incandescente de 100W nesta parcela.

3.4.2 Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70W

Neste tratamento, instalaram-se 6 lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70 W (Vide Anexo 1 - B) na mesma altura de instalação da lâmpada de Filamento de 100W (testemunha), dispostas em três linhas com duas lâmpadas cada.

Utilizou-se para o acionamento desta lâmpada, reator de alto fator de potência da marca Philips modelo VSTI70A26IGP** , em cuja embalagem são fornecidos um reator BFP, mais um capacitor para corrigir fator de potência e um ignitor.

3.4.3 Vapor de Mercúrio de 125W

Neste tratamento, instalaram-se 6 lâmpadas de Vapor de Mercúrio de 125W (Vide Anexo 1 - C) na mesma altura de instalação da lâmpada de Filamento de 100W (testemunha), dispostas em três linhas com duas lâmpadas cada.

Para o acionamento desta lâmpada foi usado um reator de alto fator de potência da marca Philips, modelo VMTII25A26P**, em cuja embalagem são fornecidos um reator BFP mais um capacitor para corrigir fator de potência.

3.4.4 Fluorescente Tubular de 40W.

Neste tratamento, instalaram-se 12 lâmpadas Fluorescentes de 40W (Vide Anexo 1 - D) na mesma altura de instalação da lâmpada de Filamento de 100W (testemunha), dispostas em três linhas com quatro lâmpadas cada.

Para este tipo de lâmpada de descarga foi empregado um reator de alto fator de potência da marca Philips, modelo ES40A26P 220V/ 1X40W.

3.4.5 Fluorescente Compacta Integrada de 23W

3.4.5.1 Lote de Verão

Neste tratamento, instalaram-se 24 lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 23W de cor branca modelo PLDTWISTER23WBL, da marca Philips (Vide anexo 1 - E) na mesma altura de instalação da lâmpada de Filamento de 100W (testemunha), dispostas em três linhas com oito lâmpadas cada.

3.4.5.2 Lote de Inverno

Neste tratamento, instalaram-se 12 Fluorescentes Compactas Integradas de 23W de cor amarela modelo PLE/D23W230UNI da marca Philips (Vide anexo 1 - F) na mesma altura de instalação da lâmpada de Filamento de 100W (testemunha), dispostas em três linhas com quatro lâmpadas cada.

Fez-se a opção da troca da cor branca utilizada no lote de verão pela cor amarela neste lote, visando um comprimento de onda mais próximo do infravermelho, que se aproxima do comprimento de onda da lâmpada de Filamento de 100W utilizada como testemunha.

3.4.6 Curva Espectral Medida das Lâmpadas Utilizadas

Para se obter a curva espectral das lâmpadas utilizadas no experimento, usou-se um Espectroradiômeto LICOR, Modelo LI-1800. A coleta dos dados de radiação foi efetuada nas dependências do Laboratório de Eletrificação Rural da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp no período noturno sem interferência de iluminação externa no ambiente. A altura de instalação da fonte de radiação foi de 2,8m com índices de reflexão de teto parede e piso de 70%, 50% e 30% respectivamente. Os resultados encontram-se no Apêndice - 1.

3.5 Cálculo Luminotécnico

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 por sobre a cultura no vão C14.

A iluminação de interiores é normalmente calculada para o plano de trabalho; no caso, o plano de trabalho definido foi o chão e, conseqüentemente, em função da altura do sistema de iluminação do produtor estar a 3m do chão, a altura útil de trabalho considerada foi de 3m.

3.5.1 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.

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

Φ_{lamp} = fluxo da lâmpada.

n = número de lâmpadas.

3.5.2 Fluxo Luminoso Total (Φ)

O fluxo total necessário é determinado pela equação 2.

$$\Phi = \frac{ExA}{\eta xd} \quad (2)$$

onde:

Φ = fluxo luminoso total necessário (lumens)

E = valor da iluminância média (lux).

A = área total a ser iluminada (m²).

η = fator de utilização da luminária.

d = fator de depreciação do ambiente.

3.5.3 Valor de 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 em ambiente protegido que é de no mínimo 108 lux ao nível das folhas conforme GRUSZYNSKI, 2002. Para os cálculos foi adotado E = 120 lux que é o iluminamento adotado pelo produtor (VERMEULEN, 2006).

3.5.4 Fator de Depreciação (d)

Este fator classifica o ambiente de acordo com as condições de operação e do ciclo de tempo de manutenção. Com o 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.

De acordo com a figura 8 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

Fonte: Guia de iluminação Philips.

Figura 8 – Valores de fator de depreciação.

3.5.5 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.

3.5.5.1 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.

$$K = \frac{LxC}{H.(L+C)} \qquad (3)$$

onde:

L = largura do ambiente.

C = comprimento do ambiente.

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

Como as dimensões do vão C14 são 9m de comprimento e 6,4m de largura com altura útil de 3m, o valor de fator de local do vão C14 ficou definido pelo valor K = 1,25.

3.5.5.2 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 = 0,3 (30%); Fator de reflexão da parede = 0,3 (30%); Fator de reflexão do piso = 0,1 (10%).

O modelo de luminária utilizada no experimento para as tecnologias Testemunha 100W, Vapor de Sódio de 70 W, Vapor de Mercúrio de 125W, Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela é um refletor aberto, tipo prato sem colarinho e confeccionado em chapa de aço esmaltado a fogo em branco interno e verde externo (Vide Anexo 2 - A).

Como para o refletor do tipo prato não há tabela de coeficientes de utilização, usou-se os valores dos coeficientes de utilização de uma luminária modelo HDK 451 fabricada pela Philips, que é a que mais se aproxima da utilizada pelo produtor e nos tratamentos (MACINTYRE, 1985), mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Fatores de utilização luminária HDK 451.

	Referências de coeficientes de utilização								
Fator do local K	**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
1,50	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.

Os índices de reflexão determinados para o local foram: 5 para o teto, 1 para parede e 1 para o piso. Com o valor de K = 1,25, o valor do fator de utilização, é $\eta = 0,34$.

O modelo de luminária utilizada no experimento para a tecnologia Fluorescente Tubular de potência 40W é a do tipo calha 1X40 confeccionada em chapa de aço esmaltado a fogo na cor branca (Vide Anexo 2 – B).

A tabela da 2 mostra os valores dos coeficientes de utilização de uma luminária modelo TMS 500 fabricada pela Philips que, assim como a tipo prato, é a que mais se aproxima da utilizada pelo produtor e no experimento (COTRIM, 2003).

Tabela 2 - Fatores de utilização luminária TMS 500.

Referências de coeficientes de utilização									
Fator do local K	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,31	0,24	0,19	0,28	0,22	0,18	0,20	0,17	0,13
0,80	0,39	0,31	0,26	0,35	0,29	0,24	0,26	0,22	0,18
1,00	0,44	0,37	0,31	0,40	0,34	0,29	0,31	0,27	0,22
1,25	0,50	0,43	0,37	0,45	0,39	0,34	0,36	0,32	0,26
1,50	0,55	0,48	0,42	0,49	0,44	0,39	0,40	0,36	0,29
2,00	0,61	0,55	0,49	0,55	0,50	0,46	0,46	0,42	0,35
2,50	0,66	0,60	0,55	0,60	0,55	0,51	0,50	0,47	0,39
3,00	0,69	0,64	0,59	0,63	0,58	0,54	0,53	0,50	0,43
4,00	0,73	0,69	0,65	0,67	0,63	0,60	0,58	0,55	0,47
5,00	0,76	0,72	0,69	0,69	0,66	0,63	0,60	0,58	0,50

Fonte: COTRIM 2003.

Da mesma forma que para a luminária tipo prato, os índices de reflexão determinados para o local foram; 5 para o teto, 1 para parede e 1 para o piso. Com o valor de K = 1,24 o valor do fator de utilização também é η = 0,34.

3.5.6 Cálculo do número de luminárias dos tratamentos.

A tabela 3 mostra os valores de fluxo luminoso fornecidos pelo fabricante e o número de lâmpadas calculadas por parcela utilizando a equação 2 com: E = 120lux, A = 57,6m², η = 0,34 e d = 0,57.

Tabela 3 – Valores de fluxo luminoso e número de luminárias.

Tecnologias	Fluxo Luminoso (lúmens)	Número de Luminárias
Sódio Alta Pressão 70W	5600	06
Mercúrio 125W	6200	06
Fluorescente Tubular 40W	3150	12
Fluorescente Compacta 23W Branca	1450	24
Fluorescente Compacta 23W Amarela	1400	25

3.6 Potência Instalada

Considerou-se para efeito de cálculo de potencia instalada, tanto para o lote de verão como para o lote de inverno, uma perda de 14W para os reatores das tecnologias Vapor de Sódio Alta pressão de 70W e Vapor de Mercúrio de 125W e uma perda de 5W para a tecnologia Fluorescente Tubular de 40W, Fluorescentes Compactas Integradas de 23W Branca e Fluorescentes Compactas Integradas de 23W Amarela.

3.6.1 Potência Instalada nos Lote de Verão e de Inverno

A tabela 4 mostra os valores de potência instalada já consideradas as perdas dos reatores.

Tabela 4– Potência Instalada.

	Potência Instalada (kVA)	
Tratamento	Lote Verão	Lote Inverno
Testemunha 100W	1,2	
Sódio Alta Pressão 70W	0,504	
Mercúrio 125W	0,834	
Fluorescente Tubular 40W	0,54	
Fluorescente Compacta 23W Branca	0,672	
Fluorescente Compacta 23W Amarela		0,336

3.7 Critérios de Análises de Desempenho do Vegetal

Segundo (VERMEULEN, 2006), os indicadores produtivos 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. Estas análises foram feitas pelo próprio produtor e fornecidas em planilha eletrônica. Estes indicadores são determinados como descrito.

3.7.1 Produtividade por área

O método utilizado pelo produtor para determinar a produtividade por área consiste na coleta manual de mudas das matrizes toda semana nos canteiros de produção, mantendo um controle mensal por lote produzido. A coleta é realizada com ferramenta de corte, específica para este fim, 3 vezes por semana. As mudas devem ter um comprimento mínimo de 5 cm, possuir pelo menos 1 par de folhas maduras, serem todas de um mesmo padrão e deve-se deixar na planta mãe pelo menos um par de folhas para a indução de novos brotos.

3.7.2 Peso médio de matéria fresca em gramas

Quanto ao peso médio, é interessante que ele não seja extremamente alto, mas com certeza não muito leve, pois uma muda mais pesada tem uma qualidade muito maior de crescimento. O produtor utiliza balança eletrônica analítica da marca Soehnle (fabricação Alemã) de precisão de 0,1 a 200g. As mudas são coletadas, separadas em parcelas de 51 unidades, colocadas em saquinhos plásticos com peso de 0,7g e pesadas.

3.7.3 Presença de botão floral

Este parâmetro de produção 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 que não é possível para todas as variedades cultivadas neste experimento, como, por exemplo, o Papiro que é um "Garden mum" utilizado para fazer arranjos florais. 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. Por exemplo, foram colhidas 50 mudas aleatoriamente, e destas 20 induziram botões, então 40 % de presença de botão floral.

3.7.4 Teor de umidade

Para se quantificar a porcentagem de umidade das mudas cultivadas, utilizou-se o método gravimétrico 3.7.01 (AOAC, 1995), objetivando-se ter mais um parâmetro de comparação de desempenho das variedades produzidas com estes diferentes tipos de lâmpadas. Para esta determinação, usou-se o método de tréplica, onde se analisou 03 amostras por variedade por tratamento. Utilizou-se balança eletrônica analítica, da marca Metter, com precisão de 0,0001 a 210g para a pesagem das mudas e estufa com ar forçado para secagem.

O procedimento é: tira-se a tara das latas de alojamento das mudas e com as mudas colocadas, extrai-se o peso bruto inicial. Após, as amostras são colocadas em estufa a 105^{o} C por 48 horas e, ao final, extrai-se o peso bruto final. Assim procedendo, a diferença de peso, a porcentagem de umidade de cada amostra e a porcentagem média de umidade de cada variedade, para cada tratamento, são calculadas. Para a determinação do teor de água, utilizou-se a equação 4:

$$\%U = \frac{100(P_i - P_f)}{P_i - T} \qquad (4)$$

onde:

%U = porcentagem de umidade
P_i = peso inicial
P_f = peso final
T= tara

3.8 Coleta de Dados

3.8.1 Dados de produção

Para a verificação do desempenho das mudas de crisântemos cultivadas no local do experimento, foram coletados dados pelo próprio produtor. O mesmo fez as análises referentes aos parâmetros comerciais de produção e no laboratório de Pós-colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp fez-se as análises de teor de umidade.

O processo de coleta dos dados referentes ao lote de verão, com data de plantio em 24/12/2005, deu-se a partir da 4ª semana de produção, sendo a coleta das mudas feitas sempre às terças-feiras, quintas-feiras e sábados. Para o lote de inverno, iniciado em 13/07/2006, o processo foi o mesmo.

3.8.2 Dados dos parâmetros de energia elétrica

Os dados de energia elétrica foram coletados usando-se 6 medidores de energia elétrica multivariável modelo SAGA 2300 da marca ESB, instalados em uma caixa de distribuição de circuitos sendo 5 no lote de verão e 6 no de inverno. Os parâmetros mais importantes que tiveram dados coletados foram: a demanda (kW), o consumo de energia (kWh) e o fator de potência (adimensional).

Os medidores de energia apresentam um visor digital que mostra sempre os valores das grandezas elétricas que estarão sendo avaliadas. Foram instalados no circuito de alimentação de energia dos medidores multivariáveis disjuntores termomagnéticos para a proteção dos mesmos.

Estes medidores de energia foram acoplados ao concentrador de dados HX 600, que concentra e direciona os dados de várias grandezas elétricas para o microcomputador.

O controlador HX 600 faz controle de demanda, consumo e fator de potência da energia elétrica utilizada. Ele é compatível com todos os registradores e medidores eletrônicos disponíveis no mercado. Pode também receber sinais de transdutores digitais via rede de comunicação serial RS 485 (protocolo Modbus RTU), sendo compatível com os instrumentos de medição modelo Saga 2300 da marca ESB, que foram os utilizados no desenvolvimento desta pesquisa. Este controlador analisa todas as grandezas elétricas necessárias e calcula todas as variáveis de controle ininterruptamente. A atuação sobre as saídas e o registro das grandezas pode ser feita e definida pelo usuário.

O programa computacional STM (Sistema de Telemedição), que acompanha o controlador HX 600, foi uma ferramenta necessária para se conseguir um completo Sistema de Gerenciamento Energético através do microcomputador em ambiente Windows. Este programa também permite a operação remota de controladores, efetuando a exibição de dados registrados pelos controladores e oferece capacidades gerenciais, visando proporcionar significativas economias de energia elétrica.

Todo o sistema foi alimentado através da rede elétrica disponível no local, com tensão de utilização de 220V (fase/neutro), originada de um sistema trifásico de 380V. Um sistema de emergência, composto por um *Nobreak* com uma bateria que proporcionam autonomia de aproximadamente 2 horas, e um ventilador residencial, instalado ao lado do gabinete com a intenção de se diminuir os efeitos do calor do ambiente foram usados também.

Todos os equipamentos de acionamento, proteção e medição acima descritos foram colocados em um espaço abrigado, onde também foi feita a tomada de energia para a alimentação dos circuitos.

3.8.2.1 Coleta de dados diária.

O acionamento do sistema de iluminação artificial, usado pelo produtor para efeito de indução de fotoperíodo no período noturno, está condicionado a programação pré-determinada de dois controladores horários inseridos no circuito de acionamento dos contatores magnéticos que executam a manobra mecânica de ligar e desligar a alimentação das lâmpadas dos diferentes tratamentos.

Esta programação foi estabelecida pelo produtor para o período das 22h30min até as 04h10min, com intervalos de 10min ligado por 20min desligado, totalizando 2 horas de acionamento diário com doze entradas e saídas. Para a avaliação das novas tecnologias de descarga, manteve-se o mesmo regime de acionamento já utilizado pelo produtor.

3.9 Análise das Variáveis Produtivas e de Energia Elétrica

3.9.1 Variáveis Elétricas

Sabe-se que a eficiência energética é conseguida quando se realiza um serviço e/ou produz um bem com quantidade de energia inferior a que era usualmente consumida durante o processo produtivo, ou seja, um dos índices de análise de eficiência energética é o consumo específico que é dado pela equação 5. Existem outros índices de eficiência energéticas importantes, como por exemplo o fator de carga, mas que não se aplicam aqui.

$$CE = \frac{Consumo(kWh)}{Quantidadeproduzida(mudas)} \quad (5)$$

onde:

CE = Consumo específico.

Será elaborada uma tabela com os dados de consumo específico, resultantes do produto do consumo de energia elétrica por quantidade de mudas produzidas por tratamento, para os lotes de verão e inverno.

Também, através das coletas de dados efetuadas com os medidores de energia elétrica multivariáveis, realizou-se a comparação das médias horárias de demanda de potência (kW), consumo de energia elétrica (kWh) e fator de potência entre as tecnologias testadas através de Análise de Variância e Teste Tukey a 5%, para os dois lotes (verão e inverno). A base de dados utilizada foi de 10 em 10min de um total de 2 (duas) horas de consumo (kWh) diário por tecnologia.

3.9.2 Possibilidade de economia de energia elétrica

A economia de energia elétrica que o produtor pode obter com a substituição da lâmpada Incandescente de 100W pelos tipos de lâmpada com melhor desempenho do vegetal, pode ser estimada pela expressão 7.

Economia Energia = C_I - C_X

Onde:

C_I = Consumo de energia elétrica da lâmpada Incandescente de 100W

C_X = Consumo de energia elétrica da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W ou da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela.

3.9.3 Iluminamento

Foram realizadas cinco coletas de iluminamento em cada tratamento, utilizando-se o mesmo aparelho de medição nos dois lotes. A localização dos nove pontos de coleta foi a mesma para todos os tratamentos. A figura 9 mostra esta disposição, tendo-se o local de

produção de verão do tratamento Vapor de Sódio Alta Pressão de potência 70W como exemplo.

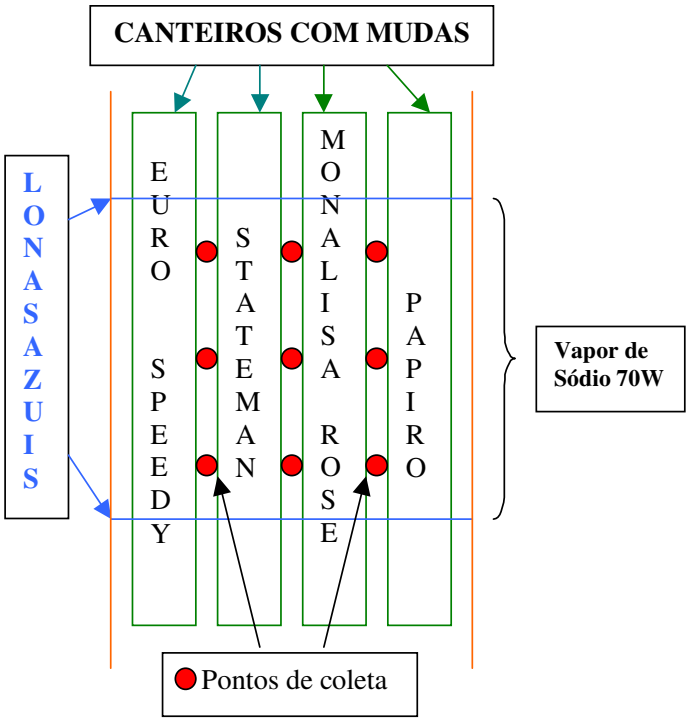


Figura 9 - Detalhe dos pontos de coleta de iluminamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa basearam-se em critérios de desempenho produtivo do vegetal e parâmetros do uso de energia elétrica, obtidos junto à empresa e por análises próprias. As análises usando tais métodos estão num item à parte.

4.1 Lote de Verão

4.1.1 Parâmetros produtivos do lote de verão

Os parâmetros produtivos de desempenho utilizados para o lote de verão foram: produtividade por área, presença de botão floral, peso médio em gramas por amostra de 51 mudas.

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos por meio das análises do desempenho produtivo das variedades cultivadas no lote de verão.

Com relação à produtividade de mudas por área, nota-se que para as variedades 2, 3 e 4 o melhor desempenho foi obtido com a tecnologia de descarga Fluorescente Compacta de 23W Branca e para a variedade 1 seu melhor desempenho foi com a lâmpada de descarga Vapor de Sódio de 70W.

No caso do peso médio em gramas, verifica-se que para as variedades 2 e 3 o melhor desempenho ocorreu com a lâmpada de descarga Fluorescente Tubular de 40W. Para as variedades 1 e 4 , o melhor resultado foi com a lâmpada de descarga Vapor de Mercúrio de 125W.

Tabela 5 - Resultados das análises do desempenho produtivo das variedades cultivadas no lote de verão.

Variedades	Tipos de lâmpadas	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca
Papiro (1)	Produtividade por área (mudas)	25.110	29.340	26.850	26.850	25.250
	Peso médio (g)	33,18	34,45	34,50	34,38	34,40
	Presença de botão (%)	60,00	70,00	72,50	70,00	75,00
Lindy White (2)	Produtividade por área (mudas)	38.600	38.100	37.400	37.350	39.700
	Peso médio (g)	36,50	36,33	37,00	37,28	36,65
	Presença de botão (%)	40,00	12,50	15,00	12,50	12,50
Euro Speedy (3)	Produtividade por área (mudas)	22.100	22.740	23.000	22.600	24.900
	Peso médio (g)	43,43	44,35	43,98	44,58	44,10
	Presença de botão (%)	não	não	não	não	2,50
Mona Lisa (4)	Produtividade por área (mudas)	22.400	22.400	23.100	23.400	24.650
	Peso médio (g)	42,33	43,70	44,85	43,53	44,30
	Presença de botão (%)	não	não	não	não	não

Melhor desempenho:

Produtividade por área →

Peso médio →

Presença de botão →

Com relação à presença de botão floral, que é o indicador produtivo de maior destaque neste experimento, vale lembrar que o desejo é a ausência total. Isto não ocorrendo, tem-se então que quanto menor a porcentagem melhor se torna este parâmetro de produção, pois o cliente que adquire o produto continuará o mesmo processo produtivo até que a planta atinja um tamanho padrão de desenvolvimento e seja induzida a emitir botão floral para ser comercializada.

Tendo-se como referência a tabela 5, no caso da variedade n° 1, ela é um "garden mum" (usado para fazer grandes arranjos de florais e a mesma sofre vários pinches dos quais são tirados os botões florais), o que explica a alta porcentagem de presença de botões tanto na testemunha como nos outros tratamentos. A variedade 2 apresentou baixos índices de presença de botão floral em todas as tecnologias de descarga quando comparada com a tecnologia de filamento. A variedade 3 apresentou pequeno índice de presença de botão floral para a lâmpada fluorescente Compacta de 23W e a variedade 4 não apresentou botão floral para nenhuma das diferentes lâmpada testadas, incluindo a testemunha.

4.1.2 Parâmetros elétricos do lote de verão

Os parâmetros elétricos avaliados foram a demanda (em kW), o consumo (em kWh), o fator de potência (adimensional) e o iluminamento médio (em lux). A base de dados utilizada para registro destes parâmetros foi de 10min em 10min e o tempo total de acionamento por dia foi de 2 horas, excetuando-se o iluminamento médio para o qual foram efetuadas cinco coletas de dados. Para todos os tratamentos foram considerados os números de dias em que ocorreram registros.

4.1.2.1 Demanda máxima

Para melhor compreensão das análises, separou-se a demanda máxima registrada por hora com 6 blocos de 10min formando cada hora. Ou seja, como havia 12 intervalos de acionamento ligando as lâmpadas por 10min, fez-se esta divisão. As figuras 10 e 11 mostram os valores da demanda média registrada por hora para os meses de janeiro a abril. A figura 12 mostra o valor máximo mensal das duas horas de acionamento para o mesmo período.

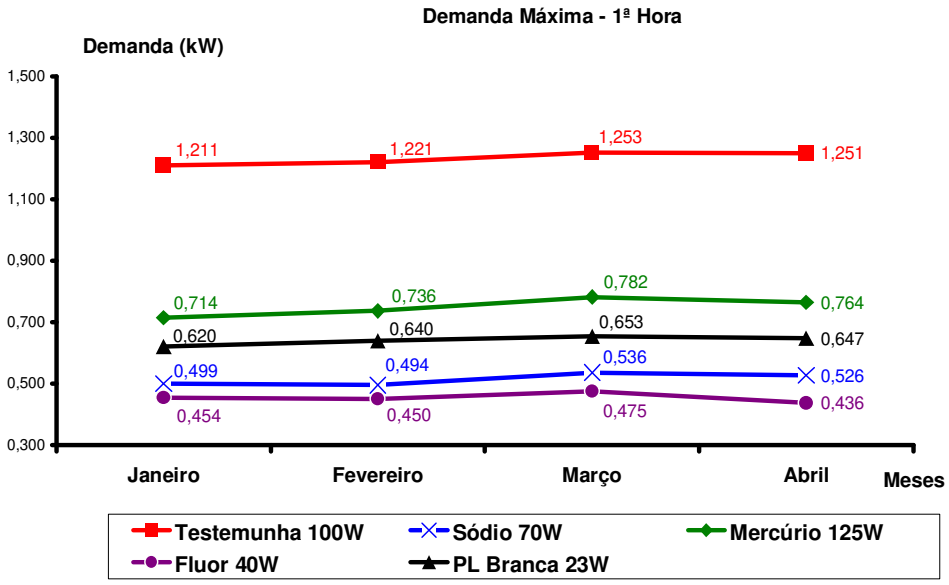


Figura 10 – Demanda máxima mensal – 1ª hora de acionamento.

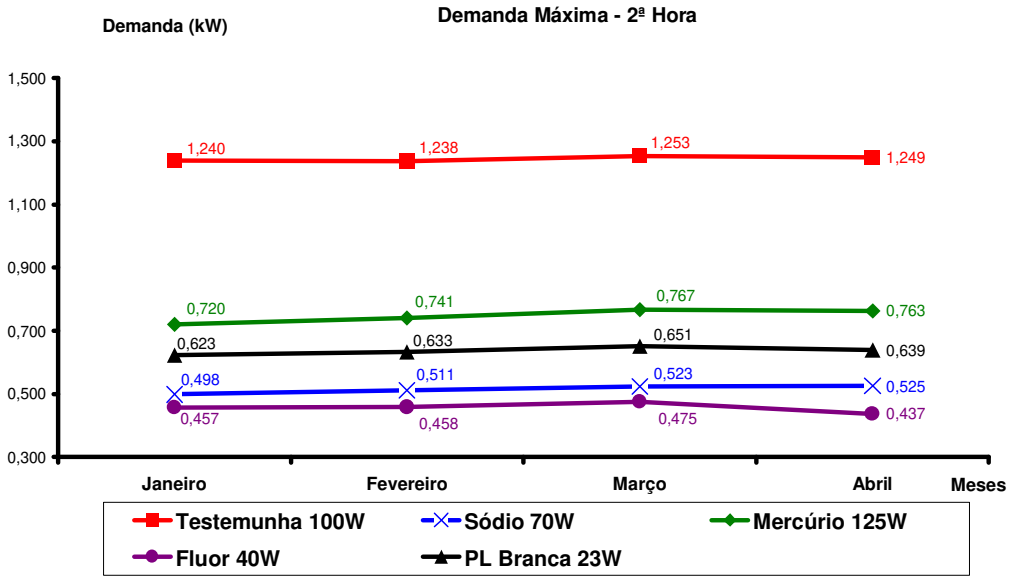


Figura 11 - Demanda máxima mensal – 2ª hora de acionamento.

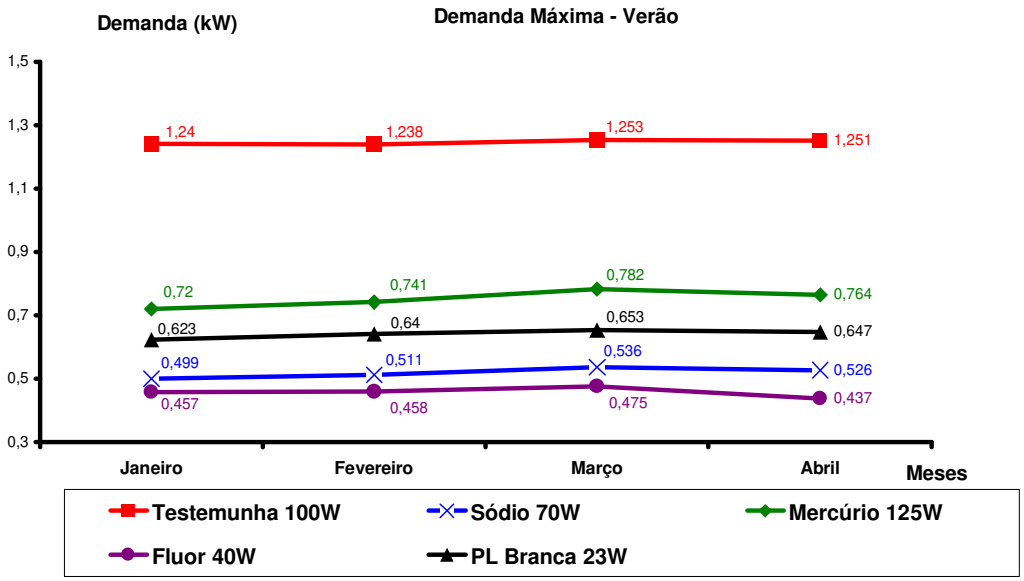


Figura 12 – Demanda máxima registrada para o lote de verão.

Através da figura 12, verificou-se a grande diferença de demanda registrada no período entre as tecnologias de descarga, que possuem uma potência instalada menor, e a lâmpada de filamento (Incandescente de 100W), atualmente utilizada pelo produtor.

O gráfico desta figura demonstrou que dentre as diferentes lâmpadas de descarga instaladas no experimento, a que registrou menor valor de demanda foi a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W, tendo a lâmpada Vapor de Sódio 70W apresentado valores bem próximos a esta.

4.1.2.2 Consumo

Assim como nas análises da demanda, o consumo registrado também foi dividido por hora. As figuras 13 e 14 mostram os valores de consumo registrados por hora para os meses de janeiro a abril. A figura 15 mostra o valor total mensal das duas horas de acionamento para o mesmo período.

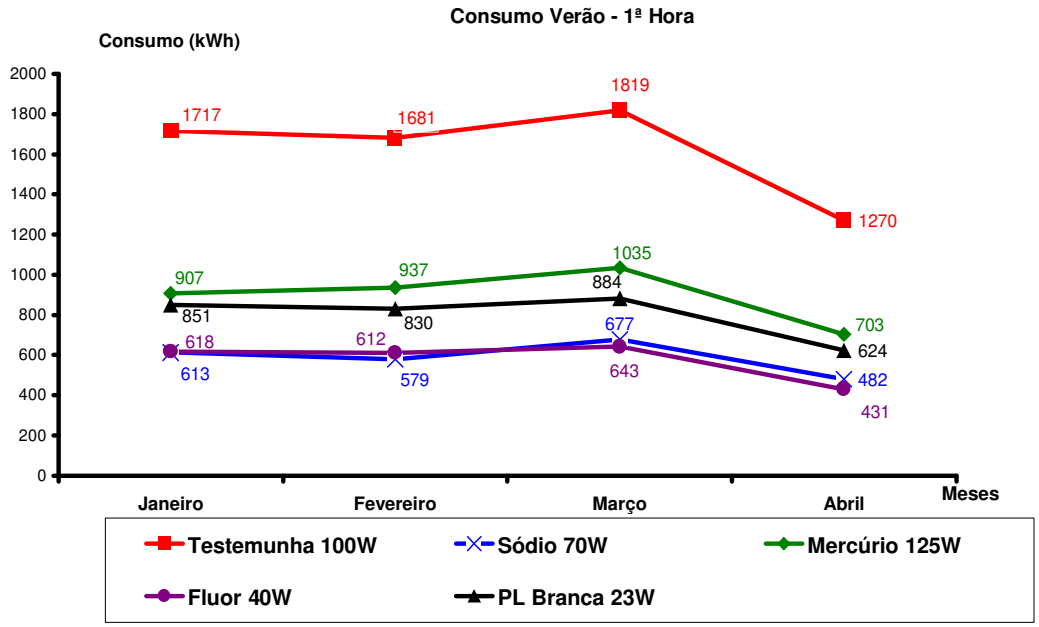


Figura 13 – Consumo mensal de energia elétrica - 1ª hora de acionamento.

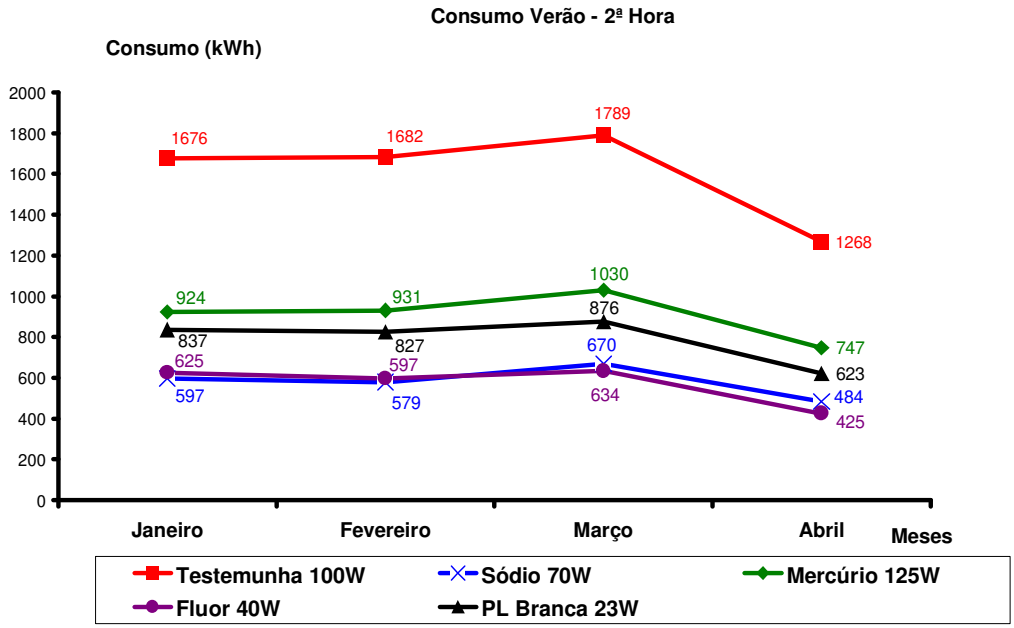


Figura 14 – Consumo mensal de energia elétrica - 2ª hora de acionamento.

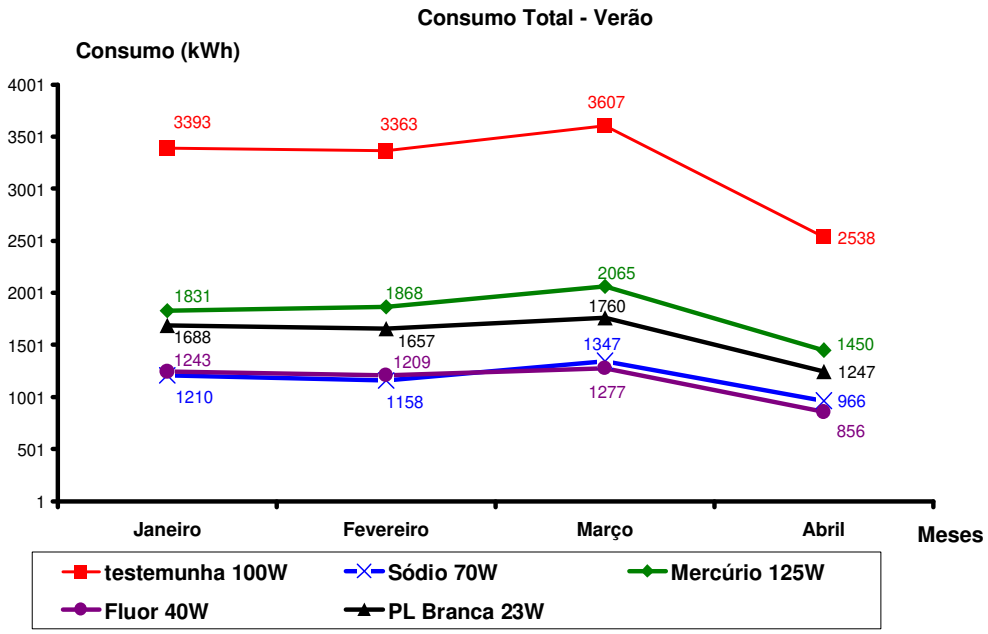


Figura 15 – Consumo total de energia elétrica do lote de verão.

Como pode ser notado na figura 15, a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W e Vapor de Sódio de 70W apresentaram, novamente, desempenhos de consumo de energia elétrica muito parecidos por conta da quase igualdade de potência instalada.

O consumo menor de energia no mês de abril, como mostrado nas figuras 13, 14 e 15, é conseqüência do menor número de dias considerados no mês, função do término do lote em 28/04/2006.

A tabela 6 abaixo mostra os valores de redução do consumo de energia do lote de verão, em relação ao consumo da lâmpada de filamento Incandescente de 100W. Vê-se que as lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 40W e Vapor de Sódio de 70W apresentaram os melhores resultados.

Tabela 6– Redução (percentual) do consumo de energia elétrica em relação à testemunha para o lote de verão.

Meses	Vapor de Sódio de 70W %	Vapor de Mercúrio de 125W %	Fluorescente Tubular de 40W %	Fluorescente Compacta de 23W Branca %
Janeiro	64,35	46,04	63,35	50,26
Fevereiro	65,57	44,47	64,04	50,73
Março	62,65	42,76	64,59	51,20
Abril	61,92	42,86	66,23	50,84
Média	63,62	44,03	64,65	50,76

4.1.2.3 Fator de Potência

Neste parâmetro, levou-se em conta a média diária e mensal das duas horas de acionamento registradas para o período. A figura 16 mostra os dados de fator de potência mensal, cujo período de coleta foi de janeiro a abril de 2006.

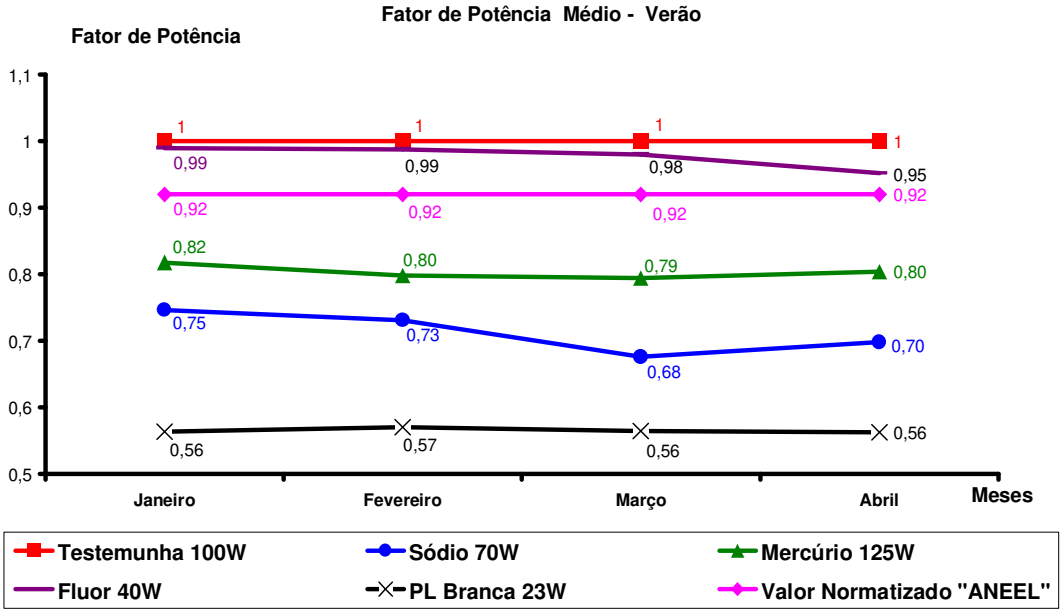


Figura 16 – Fator de potência médio mensal do lote de verão

Através da figura 16, observa-se que os valores de fator de potência médio registrados para as lâmpadas de descarga Vapor de Sódio de 70W e vapor de Mercúrio de 125W para o período do experimento ficaram abaixo do valor mínimo normatizado pela ANEEL (0,92), e o valor fornecido nas tabelas dos catálogos do fabricante é de 0,95 para

ambas as lâmpadas. A lâmpada Fluorescente Tubular de 40W apresentou registro de fator de potência médio acima do especificado pelo fabricante que é de 0,95, nos meses de janeiro, fevereiro e março. A lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W possui como característica construtiva intrínseca baixo fator de potência, que é em torno de 0,56. A lâmpada Filamento Incandescente de 100W tem o melhor fator de potência por ser puramente resistiva.

4.1.2.4 Iluminamento

Foram realizadas cinco coletas de iluminamento 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 do lote de verão, sendo esta coleta feita à 0,30m do chão.

Os dados obtidos com a realização das cinco coletas de iluminamento deste lote são mostrados na figura 17.

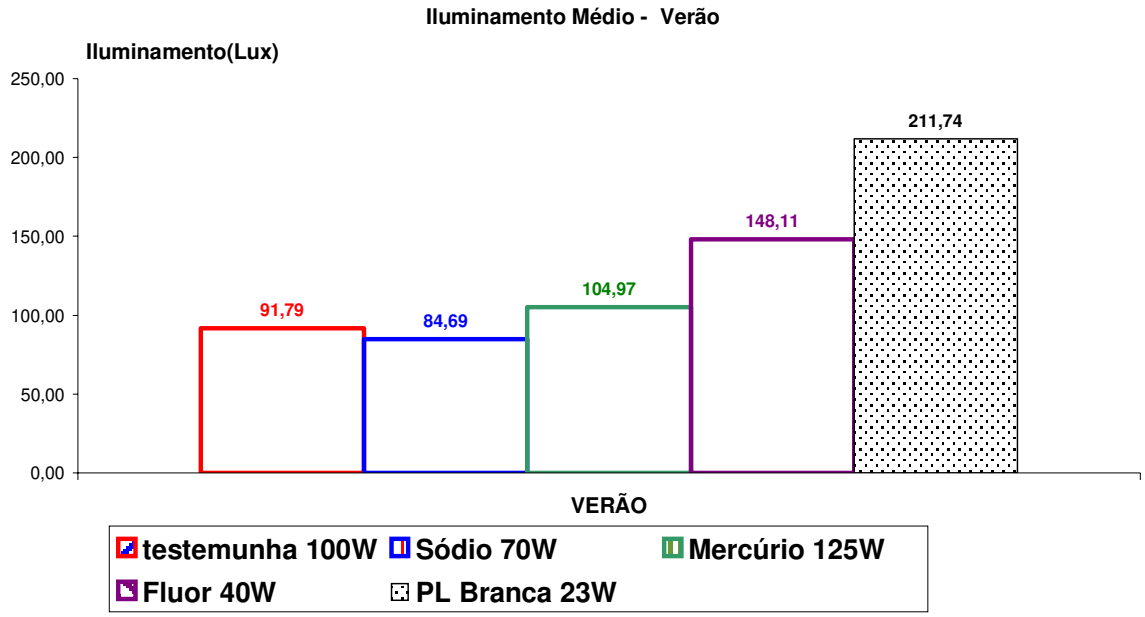


Figura 17 – Dados de iluminamento do lote de verão.

A figura 17 mostra que as lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 40W e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca apresentam iluminamento médio acima do valor de referência usado no cálculo feito para se determinar o número de luminárias por tratamento para o experimento. As lâmpadas de filamento Incandescente 100W e de Vapor de Sódio de

70W, apresentaram iluminamento médio abaixo do valor de referência. A lâmpada Vapor de Sódio de 125W foi a que apresentou valor de iluminamento médio mais próximo daquele calculado para a instalação das luminárias, que foi de 120lux (VERMEULEN, 2006).

Estes valores médios obtidos na instalação comercial não condizem com os valores informados de fluxo luminoso nominal das lâmpadas contidos nos catálogos do fabricante e usados nos cálculos do número de luminárias. Porém, em função da quantidade de pontos, número de coletas realizadas e condições operacionais, diferentes dos procedimentos e condições de laboratório, não se pode concluir que estejam corretos.

Este resultado conduziu, pelo menos, a uma certeza, qual seja, a necessidade de introduzir modificações nos procedimentos e considerações relativas às reflexões de teto, parede e piso, bem como ao fator de depreciação.

4.1.2.5 Índice de eficiência energética

Foram calculados os valores do consumo específico da produção, ou seja, foi feita a relação entre o consumo de energia elétrica por unidade de produção, que aqui é a quantidade de mudas produzidas por tratamento para cada variedade, usando-se a equação 5. A tabela 7 mostra os valores de consumo especifico para o lote de verão.

Tabela 7 – Dados de consumo específico do lote de verão (kWh/muda).

Variedade / Lâmpadas	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca
Papiro	0,51	0,16	0,27	0,17	0,25
Lindy White	0,33	0,12	0,19	0,12	0,16
Euro Speedy	0,58	0,21	0,31	0,20	0,26
Mona Lisa	0,58	0,21	0,31	0,20	0,26

4.1.2.6 Análise estatística de peso médio

A variável de produção peso médio de matéria fresca foi analisada através da Análise de Variância e Teste de Tukey a 5%. Considerou-se as variedades cultivadas e os

tratamentos como fatores. A tabela 8 mostra os valores médios de peso médio das variedades cultivadas no lote de verão.

Tabela 8 – Valores médios de peso médio do lote de verão (g).

Variedade / Lâmpada	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca
Papiro	33,17[a]	34,45[a]	34,50[a]	34,30[a]	34,4[a]
Lindy White	36,5[a]	36,32[a]	37,00[a]	37,27[a]	36,65[a]
Euro Speedy	43,42[a]	44,35[a]	43,97[a]	44,57[a]	44,10[a]
Mona Lisa	42,32[a]	43,7[ab]	44,85[b]	43,52[ab]	44,3[ab]

[a,b,c] Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (p>0,05) pelo Teste de Tukey.

Nota-se que as variedades Papiro, Lindy White e Euro Speedy não apresentam diferenças entre os tipos de lâmpadas. A variedade Mona Lisa difere no peso para as lâmpadas Incandescente de 100W e Vapor de Mercúrio de 125W, com valor mínimo de diferença significativa de 2,04.

4.2 Lote de Inverno

4.2.1 Parâmetros produtivos do lote de inverno

Os parâmetros produtivos de desempenho utilizados para o lote de inverno foram: produtividade por área, presença de botão floral, peso médio em gramas por amostra de 51 mudas e também o de porcentagem de umidade.

As variedades cultivadas neste segundo lote foram as mesmas do lote de verão, excetuando-se a variedade Lindy White que foi substituída pela variedade Stateman. Este lote teve duração de 17 semanas, uma a mais que a do lote de verão.

Neste lote, em relação ao lote de verão, as lâmpadas utilizadas foram as mesmas e mais uma, isto é, a Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela.

A Tabela 9 mostra os resultados obtidos através das análises do desempenho produtivo das variedades cultivadas neste lote.

Tabela 9- Resultados das análises do desempenho produtivo das variedades cultivadas no lote de inverno.

Variedades	Tipos de lâmpadas	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca	Fluorescente Compacta de 23W Amarela
Papiro (1)	Produtividade por área (mudas)	33.750	47.350	43.550	46.000	41.055	44.100
	Peso médio (g)	36,28	35,03	35,65	35,48	34,51	35,93
	Presença de botão (%)	49,50	43,3	51,80	55,60	42,60	55,20
Stateman (2)	Produtividade por área (mudas)	24.650	29.400	28.400	29.900	27.650	29.550
	Peso médio (g)	53,24	51,98	51,15	51,59	52,61	51,71
	Presença de botão (%)	3,30	4,00	4,80	5,90	6,90	4,70
Euro Speedy (3)	Produtividade por área (mudas)	22.250	25.250	25.700	23.520	25.900	26.650
	Peso médio (g)	47,71	46,29	45,34	45,76	45,93	46,51
	Presença de botão (%)	não	não	não	não	não	não
Mona Lisa (4)	Produtividade por área (mudas)	18.400	19.700	19.450	19.650	19.500	18.800
	Peso médio (g)	45,49	45,07	45,05	44,46	44,37	45,37
	Presença de botão (%)	não	não	não	não	não	não

Melhor desempenho:

Produtividade por área →

Peso médio; →

Presença de botão →

Como pode ser notado na tabela 9, em relação à presença de botão floral, para a variedade 1 por ser um "garden mum", novamente obteve-se uma alta porcentagem de presença de botões tanto na testemunha como nos outros tratamentos. A variedade 2 apresentou a maior porcentagem de presença de botão floral para a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca e a menor porcentagem para a lâmpada de Filamento de 100W. As variedades 3 e 4 não apresentaram botão floral para nenhuma tecnologia.

As análises de produtividade de mudas por área mostraram que para as variedades 1 e 4 o melhor resultado obtido foi com a lâmpada Vapor de Sódio de 70W. Para a variedade 2, o melhor resultado foi obtido com a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W. A variedade 3 teve melhor desempenho com a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela.

Com relação ao peso médio em gramas por amostra de 51 mudas, verificou-se que para todas as variedades cultivadas, o melhor resultado obtido foi com a lâmpada de Filamento 100W, sendo que para as tecnologias de descarga os valores ficaram bem próximos.

4.2.3 Determinação de Umidade

Como dito anteriormente, esta determinação foi efetuada para se ter mais um parâmetro de comparação de desempenho das variedades produzidas com estas diferentes lâmpadas e foi feita apenas para o lote de inverno por ter-se decidido pela sua realização no terceiro mês de produção do primeiro lote, o de verão.

Para as análises, foram coletadas cinco amostras das mudas de cada variedade produzida por tratamento, sempre pelos mesmos funcionários e ao final de um período de aproximadamente trinta dias de produção. Para se determinar a porcentagem de umidade das mudas analisadas, usou-se o método de tréplica, sendo avaliadas 3 amostras escolhidas entre as 5 coletadas. Utilizou-se a equação 4 para esta determinação:

A figura 18 mostra graficamente os resultados das análises do teor de umidade das variedades cultivadas no lote de inverno. Efetuou-se análise de comparação de médias utilizando o teste de Tukey à 5%, verificando que não houve diferenças significativas no teor de umidade das cultivares submetidas à diferentes tecnologias de iluminação artificial de descarga em relação à tecnologia de filamento.

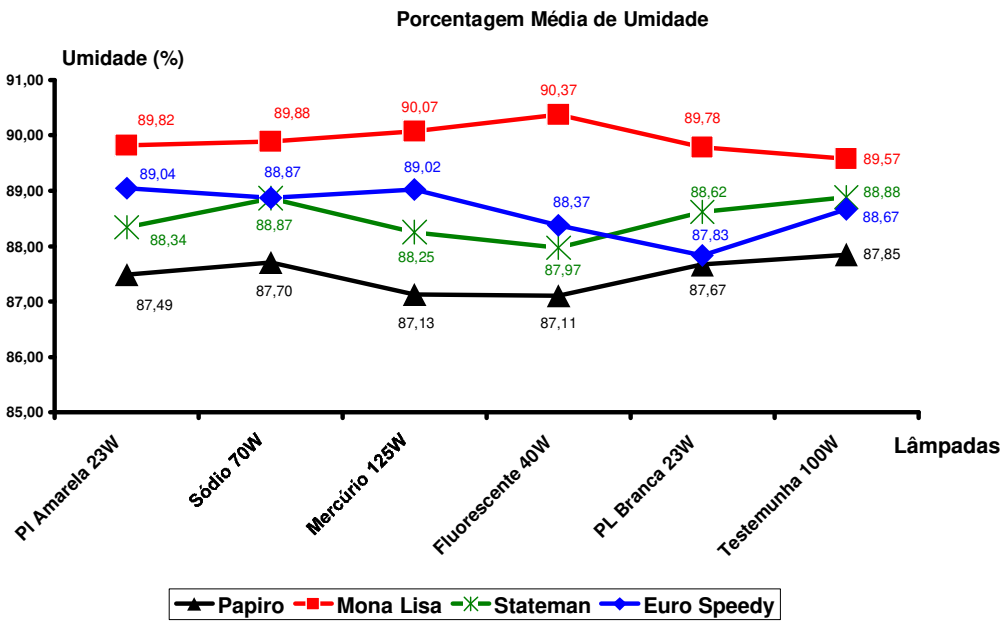


Figura 18– Porcentagem média de umidade – lote de inverno

4.2.4 Parâmetros elétricos do lote de inverno

Neste lote, seguiu-se o mesmo procedimento do lote de verão, ou seja, a demanda máxima e o consumo de energia elétrica foram analisados separadamente por hora e o fator de potência médio foi analisado considerando-se as duas horas diárias de acionamento.

4.2.4.1 Demanda máxima

As figuras 19 e 20 mostram os valores de demanda máxima registrados por hora para os meses de julho a novembro. A figura 21 mostra o valor máximo mensal das duas horas de acionamento para o mesmo período**.**

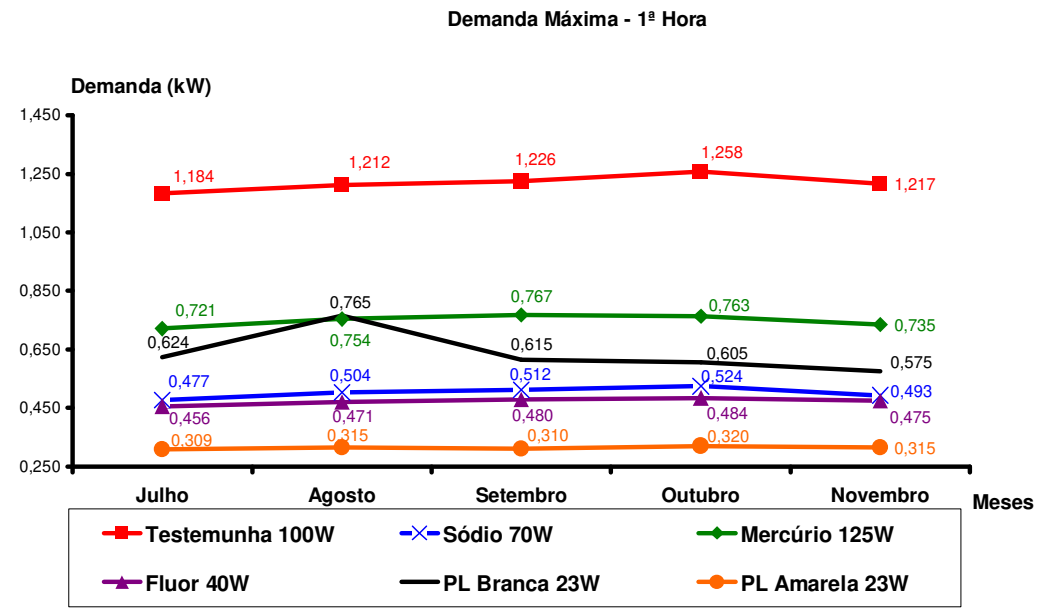


Figura 19 – Demanda máxima mensal – 1ª hora de acionamento.

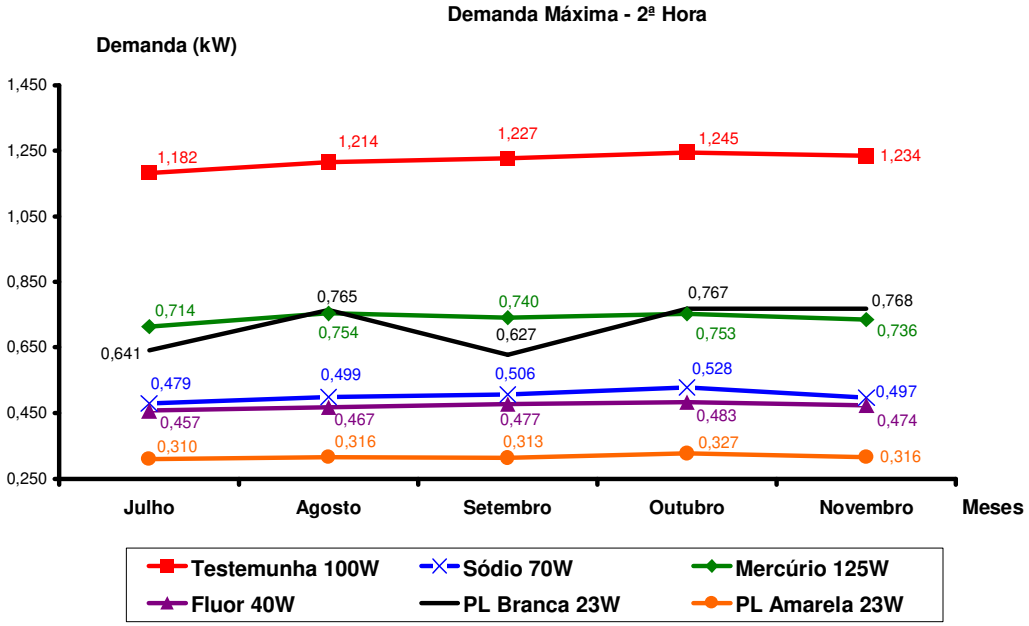


Figura 20 - Demanda máxima mensal – 2ª hora de acionamento.

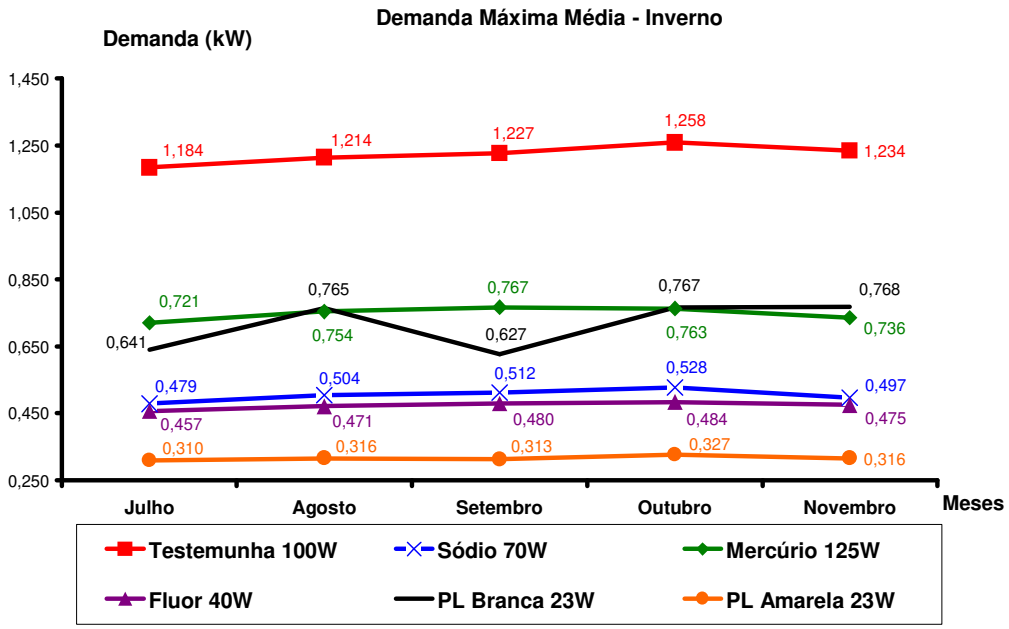


Figura 21 - Demanda máxima registrada para o lote de inverno.

Tal qual no lote de verão, verifica-se através da figura 21, uma diferença significativa de demanda máxima registrada entre as tecnologias de descarga e a tecnologia Filamento Incandescente de 100W. Neste lote de inverno, foi incluída a lâmpada de descarga Fluorescente Compacta de 23W Amarela, que se difere da lâmpada Fluorescentes Compacta de 23W Branca não só pelo espectro, mais próximo do infravermelho, como também no número de lâmpadas, tornando-se a de menor potência instalada neste lote e, conseqüentemente, registrando o menor valor de demanda.

4.2.4.2 Consumo de energia elétrica

Neste lote, o consumo registrado foi dividido por hora. As figuras 22 e 23 mostram os valores de consumo de energia elétrica registrados por hora para os meses de julho a novembro de 2006, sendo considerados para cada mês o número de dias com registro de dados de consumo. A figura 24 mostra o valor total mensal das duas horas de acionamento para o mesmo período.

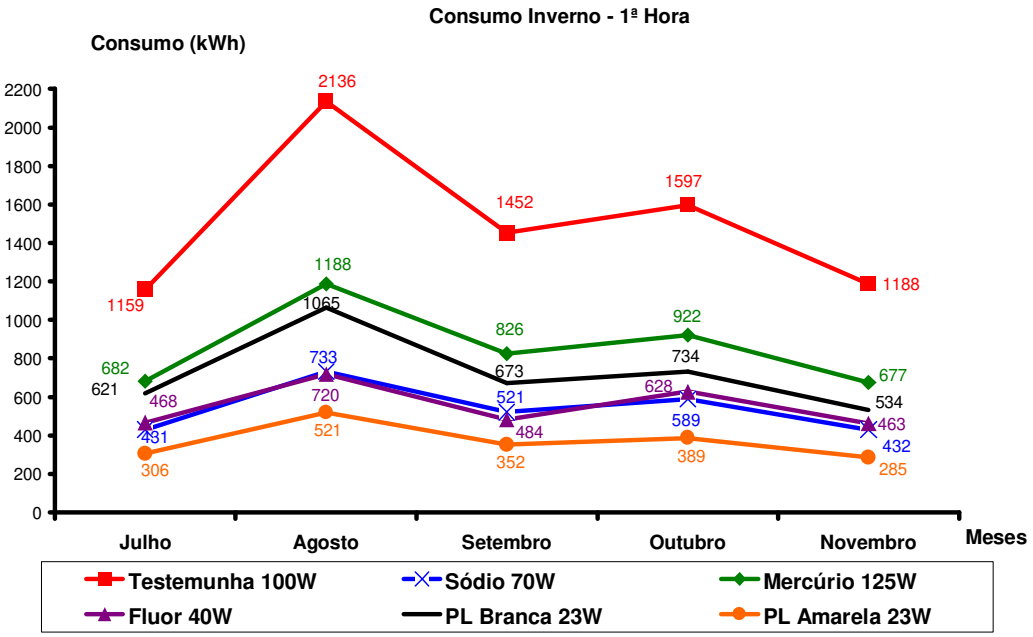


Figura 22 - Consumo mensal de energia elétrica - 1ª hora de acionamento.

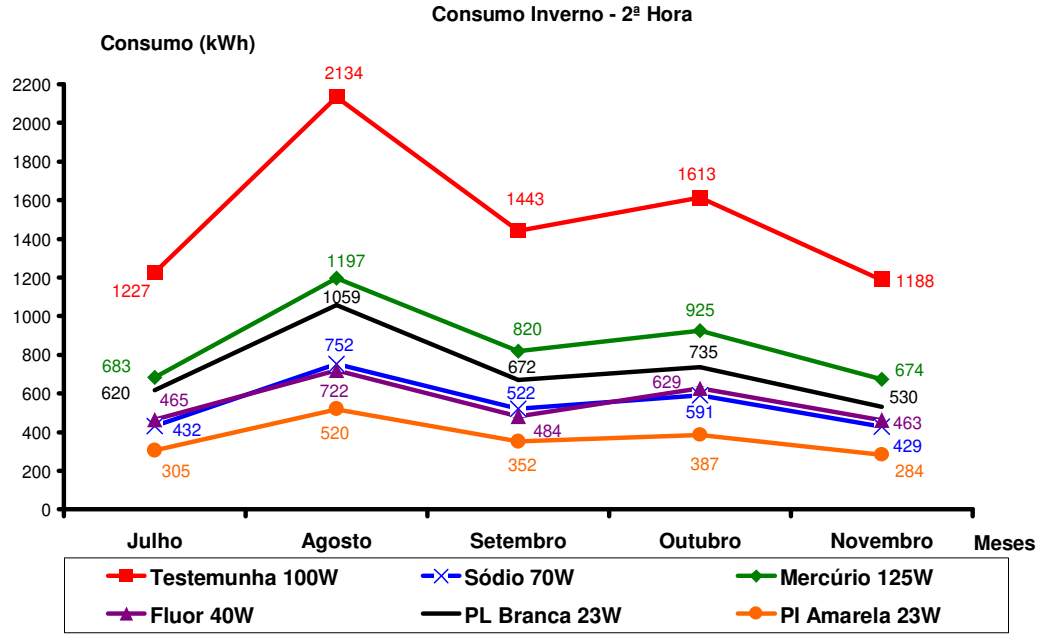


Figura 23 - Consumo mensal de energia elétrica - 2ª hora de acionamento.

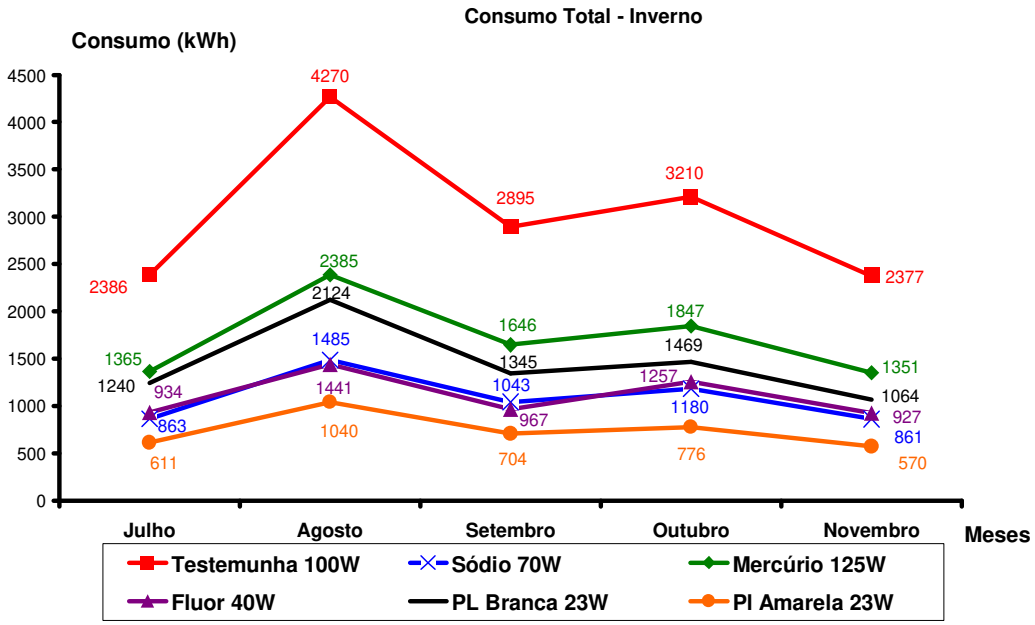


Figura 24 – Consumo total de energia elétrica do lote de inverno.

Verifica-se através da figura 24, assim como no lote de verão, grande diferença de consumo de energia elétrica entre as tecnologias de descarga instaladas e a tecnologia de filamento (Incandescente de 100W) devido à potência instalada ser menor nas primeiras. A lâmpada Fluorescente Compacta de 23W Amarela foi a que apresentou menor consumo de energia no lote de inverno.

Como no lote de verão, no mês de novembro o número de dias considerados foi menor por conta do término do lote, ocorrido em 17/11/2006. O consumo menor de energia neste mês pode ser observado nas figuras 22, 23 e 24.

A tabela 10 mostra os valores de redução do consumo de energia do lote de inverno, com a lâmpada Fluorescente Compacta de 23W Amarela a que apresentou o melhor desempenho quando comparada com a testemunha (Incandescente de 100W).

Tabela 10– Redução (percentual) do consumo de energia elétrica em relação à testemunha para o lote de inverno.

Meses	Vapor de Sódio de 70W (%)	Vapor de Mercúrio de 125W (%)	Fluorescente Tubular de 40W (%)	Fluorescente Compacta de 23W Branca (%)	Fluorescente Compacta de 23W Amarela (%)
Julho	63,85	42,79	60,88	48,03	74,38
Agosto	65,22	44,14	66,24	50,25	75,63
Setembro	63,97	43,16	66,59	53,53	75,67
Outubro	63,23	42,46	60,84	54,23	75,83
Novembro	63,77	43,17	61,01	55,21	76,03
Média	64,01	43,14	63,11	52,25	75,51

4.2.4.3 Fator de Potência

Para as analises de fator de potência deste lote de inverno, levou-se em conta a média diária e mensal das duas horas de acionamento registradas para o período. A figura 25 mostra os dados de fator de potência mensal para este lote que foi de julho a novembro de 2006.

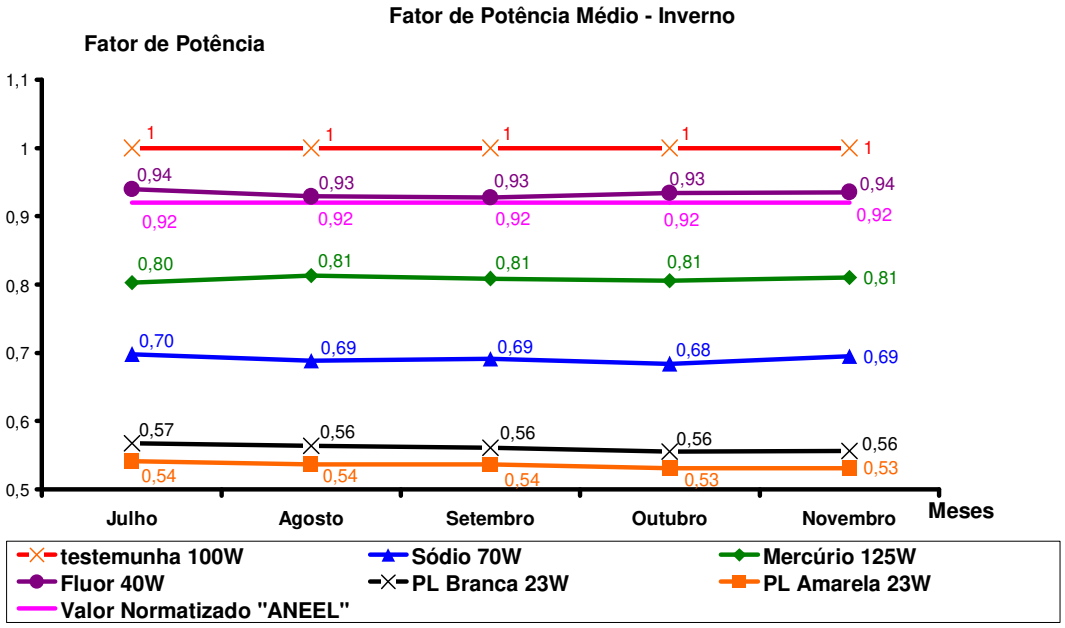


Figura 25 – Fator de potência médio mensal do lote de inverno.

A figura 25 mostra, que os valores de fator de potência médio registrados para as lâmpadas de descarga Vapor de Sódio de 70W e Vapor de Mercúrio de 125W para o período do experimento ficaram, novamente, abaixo do valor mínimo normatizado pela ANEEL (0,92), sendo que o valor encontrado nas tabelas fornecidas pelo fabricante é de 0,95 para ambas as tecnologias. Neste lote, a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W teve fator de potência médio um pouco abaixo do especificado pelo fabricante que é de 0,95. As lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 23W Branca e Amarela apresentaram os menores e piores valores de fator de potência devido a características intrínsecas próprias. A lâmpada de filamento Incandescente de 100W apresentou o melhor desempenho por ser puramente resistiva.

4.2.4.4 Iluminamento

Também neste lote, foram feitas cinco coletas de dados de iluminamento com o mesmo aparelho, o mesmo número de pontos e a mesma disposição estabelecida no lote de verão, mostrados na figura 9.

A figura 26 mostra os valores dos dados coletados, inclusive da lâmpada de descarga, a Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela, acrescida neste lote.

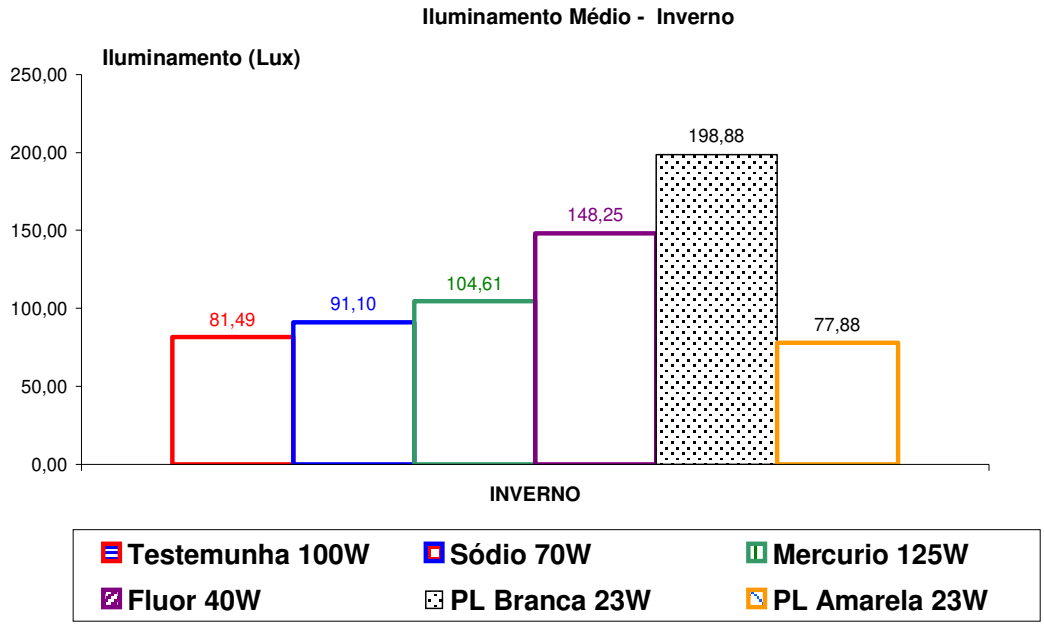


Figura 26 - Dados de fluxo luminoso do lote de inverno.

De acordo com a figura 26, observa-se que as lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 40W e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca apresentam iluminamento médio muito acima do usado como referência para determinar o número de luminárias por tratamento. As lâmpadas de filamento Incandescente 100W e de Vapor de Sódio de 70W, apresentaram iluminamento médio abaixo do valor de referência. A lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela apresentou o menor valor de iluminamento médio.A justificativa foi que, instalando a metade do número de lâmpadas do tipo Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca do lote de verão, poder-se-ia alcançar o valor calculado de 120 lux para esta tecnologia, embora o cálculo feito pelo método dos lumens médios apontasse o resultado de 14 lâmpadas. As mesmas considerações feitas sobre os valores de iluminamento médio para o lote de verão valem para este lote de inverno.

4.2.4.5 Índice de eficiência energética

Foram calculados os valores do consumo específico da produção, ou seja, foi feita a relação entre o consumo de energia elétrica por unidade de produção, que aqui é a quantidade de mudas produzidas por tratamento para cada variedade, usando-se a equação 5.

A tabela 11 mostra os valores de consumo especifico para o lote de inverno.

Tabela 11 - Dados de consumo específico do lote de inverno (kWh/muda).

Variedade \ Lâmpadas	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca	Fluorescente Compacta de 23W Amarela
Papiro	0,45	0,11	0,20	0,12	0,18	0,08
Lindy White	0,61	0,18	0,30	0,18	0,26	0,13
Euro Speedy	0,68	0,22	0,33	0,23	0,28	0,14
Mona Lisa	0,82	0,28	0,44	0,28	0,37	0,20

4.2.5 Análises estatísticas das variáveis de produção

As variáveis de produção (peso médio de matéria fresca e porcentagem de umidade) foram analisadas através da Análise de Variância e Teste de Tukey a 5%.

4.2.5.1 Peso médio

Para o lote de inverno, considerou-se as variedades cultivadas e os tratamentos como fatores. Como já mencionado, a variedade Lindy White foi substituída pela variedade Stateman no segundo lote.

Na tabela 12, estão os resultados das médias de peso médio das variedades cultivadas no lote de inverno.

Tabela 12 - Valores médios de peso do lote de inverno (g).

Variedade / Lâmpada	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca	Fluorescente Compacta de 23W Amarela
Papiro	36,5[a]	35,02[a]	35,65[a]	35,47[a]	34,55[a]	35,92[a]
Stateman	51,97[a]	51,97[a]	51,14[a]	51,58[a]	52,60[a]	51,70[a]
Euro Speedy	47,77[b]	46,32[ab]	45,35[a]	45,77[ab]	45,95[ab]	46,25[ab]
Mona Lisa	45,50[a]	45,05[a]	45,05[a]	44,45[a]	44,35[a]	45,25[a]

[a,b,c] Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (p>0,05) pelo Teste de Tukey.

Pode ser observado, que as variedades Papiro, Stateman e Mona Lisa não apresentam diferenças de peso entre os tipos de lâmpadas usadas. A variedade Euro Speedy apresenta diferença significativa entre as lâmpadas Incandescentes de 100W e Vapor de Mercúrio de 125W, com valor mínimo de diferença significativa de 2,18.

4.2.5.2 Porcentagem de Umidade

Este parâmetro de desempenho só foi efetuado para o lote de inverno. A tabela 13 mostra os resultados da análise estatística de porcentagem de umidade das variedades cultivadas.

Tabela 13 – Dados de porcentagem de umidade.

Variedade \ Lâmpada	Incandescente de 100W	Vapor de Sódio de 70W	Vapor de Mercúrio de 125W	Fluorescente Tubular de 40W	Fluorescente Compacta de 23W Branca	Fluorescente Compacta de 23W Amarela
Papiro	87,84[a]	87,70[a]	87,12[a]	87,10[a]	87,66[a]	87,49[a]
Stateman	88,39[b]	88,45[b]	88,05[ab]	87,87[a]	88,32[ab]	88,26[ab]
Euro Speedy	89,57[a]	89,88[a]	90,07[a]	90,37[a]	89,78[a]	89,81[a]
Mona Lisa	89,39[a]	89,48[a]	89,16[a]	89,11[a]	88,96[a]	89,00[a]

[a,b,c] Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (p>0,05) pelo Teste de Tukey.

Estes resultados mostram que apenas a variedade Stateman apresenta diferença significativa da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W com relação às lâmpadas Incandescentes de 100W e Vapor de Sódio de 70W, com valor mínimo de diferença significativa de 0,50.

4.3 Demanda e consumo de energia elétrica dos lotes de verão e inverno para período de 90 dias.

Para melhor entendimento das análises efetuadas para demanda e consumo de energia elétrica nos dois lotes, separou-se dois períodos de igual número de dias (90), um para verão e outro para inverno. A figura 27 mostra os dados de demanda para os dois períodos.

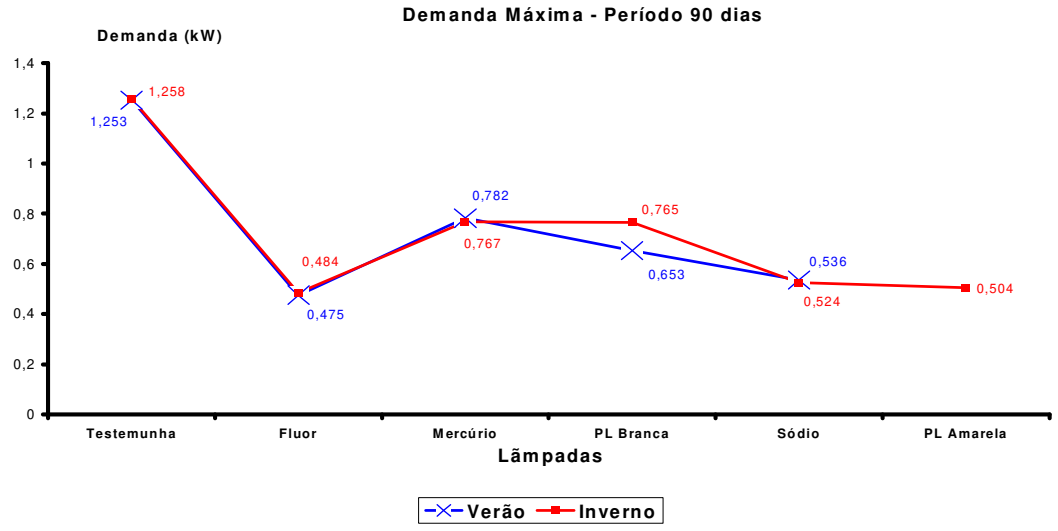


Figura 27 – Dados de demanda dos períodos de 90 dias.

A figura 27 aponta a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W com o menor valor de demanda registrada nos os dois lotes. As lâmpadas Vapor de Sódio de 70W e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela vem a seguir com valores bem próximos. Nota-se principalmente que não houve muita diferença na demanda registrada entre os lotes, o que confirma a não influência do ambiente externo no ambiente interno.

A figura 28 mostra os dados de consumo de energia elétrica para os dois períodos.

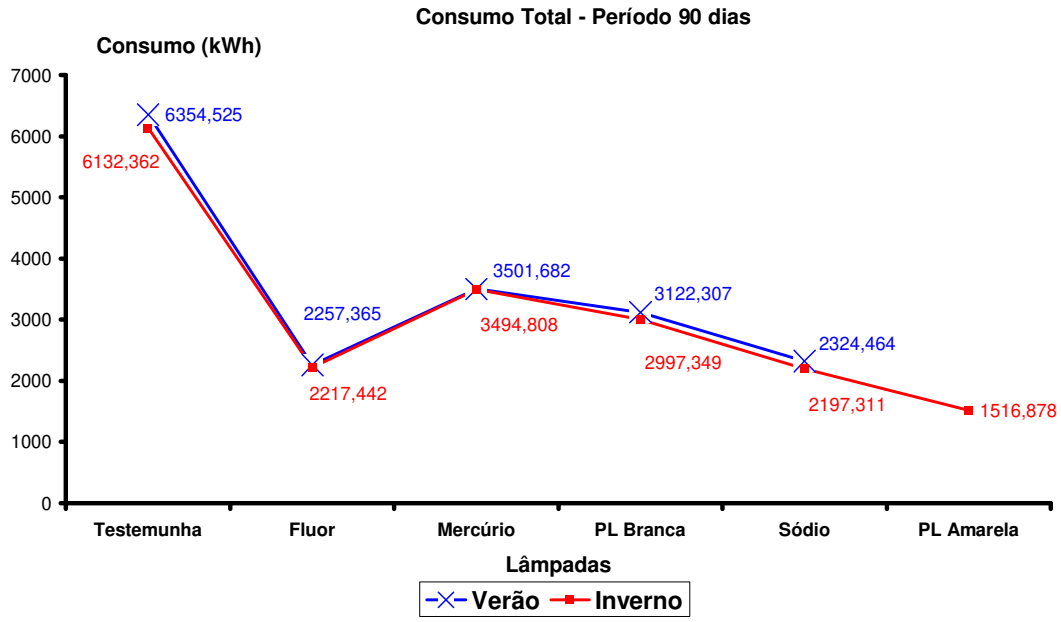


Figura 28 – Dados de consumo dos períodos de 90 dias.

De acordo com a figura 28, a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela apresentou menor consumo de energia elétrica na comparação entre lotes, o que já era esperado pela menor potência instalada. Também não houve influência do ambiente externo no ambiente interno para o consumo registrado nestes períodos.

4.4 Análises estatísticas das variáveis de energia

Para as análises estatísticas das variáveis de energia (demanda e consumo), realizou-se um experimento do tipo fatorial 5x2 com blocos casualizados. Os fatores principais foram os tratamentos e os lotes. Os meses foram considerados fatores secundários (blocos). Estas análises foram efetuadas com todas as lâmpadas testadas nos dois lotes, com exceção da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela que foi analisada em um item à parte, apenas para o lote de inverno.

4.4.1 Consumo de energia elétrica

Para o consumo, a avaliação da melhor lâmpada não depende do lote (não ha interação entre tecnologia e lote), pois não há influência do lote no consumo. Há diferença entre o consumo ao longo dos meses. A tabela 14 mostra os valores médios de consumo das lâmpadas empregadas nos dois lotes.

Tabela 14 – Valores médios de consumo médio.

Lâmpadas	Consumo (kWh)
Incandescente de 100W	3115,44[a]
Vapor de Mercúrio de 125W	1756,44[b]
Fluorescente Compacta de 23W Branca	1510,44[b]
Vapor de Sódio de 70W	1123,67[c]
Fluorescente Tubular de 40W	1123,44[c]

[a,b,c] Médias seguidas de letras diferentes diferem (p>0,05) pelo Teste de Tukey.

Vê-se que as lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 40W e Vapor de Sódio de 70W não apresentaram diferenças estatisticamente significativas de consumo entre si num nível de confiança de 95%. A lâmpada Incandescente de 100W apresenta o maior valor médio de consumo. Para esta análise o valor mínimo de diferença significativa é de 261,97.

4.4.2 Demanda máxima de potência elétrica

Para a demanda, a avaliação da melhor lâmpada depende do lote (há interação entre tecnologia e lote), pois há influência do lote na demanda. Há diferença entre a demanda ao longo dos meses. Na tabela 15, são mostrados os valores médios de demanda máxima dos tipos de lâmpadas usadas nos dois lotes.

Tabela 15 – Valores médios de demanda máxima.

Lâmpadas	Demanda Máxima (kW)	
	Lote	
	Verão	Inverno
Incandescente de 100W	1,2455[a]	1,2234[a]
Vapor de Mercúrio de 125W	0,7517[b]	0,7482[b]
Fluorescente Compacta de 23W Branca	0,6407[c]	0,7136[b]
Vapor de Sódio de 70W	0,5180[d]	0,5040[de]
Fluorescente Tubular de 40W	0,4567[e]	0,4734[de]

[a, b, c, d, e] Médias seguidas de letras diferentes diferem ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey.

De acordo com a tabela 15, a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W, quando utilizada no lote de verão, apresentou o menor valor médio de demanda máxima, sendo diferente das demais num valor mínimo de diferença significativa de 0,0574. Quando utilizada no lote de inverno, não apresentou diferença significativa com o tipo de lâmpada Vapor de Sódio de 70W, usadas em ambos os lotes. A lâmpada Incandescente de 100W foi a que apresentou o maior valor médio de demanda máxima para os dois lotes.

4.4.3 Fluorescente Compacta Integrada de 23W

Para as análises estatísticas das variáveis de energia (demanda e consumo), realizou-se um experimento com um único fator principal e blocos casualizados. O fator principal foi os tipos de Lâmpadas e o fator secundário, os meses (blocos).

4.4.3.1 Consumo de energia elétrica.

As análises indicam que há diferença entre o consumo ao longo dos meses. Houve influência do tipo de lâmpada no consumo. A tabela 16 mostra os valores médios de consumo para o lote de inverno.

Tabela 16 – Valores médios de consumo de energia elétrica do lote de inverno.

Lâmpadas	Consumo (kWh)
	Lote inverno
Incandescente de 100W	3027,6[a]
Vapor de Mercúrio de 125W	1718,8[b]
Fluorescente Compacta de 23W Branca	1448,4[bc]
Fluorescente Tubular de 40W	1105,2[cd]
Vapor de Sódio de 70W	1086,4[cd]
Fluorescente Compacta de 23W Amarela	740,2[d]

[a,b,c,d] Médias seguidas de letras diferentes diferem (p>0,05) pelo Teste de Tukey .

A tabela 16 mostra que a tecnologia Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela não apresenta diferença em relação as lâmpadas Vapor de Sódio de 70W e Fluorescente Tubular de 40W para um valor mínimo de diferença significativa de 444,3, tendo apresentado o menor valor médio de consumo. A lâmpada Incandescente de 100W foi a que apresentou o maior valor médio de consumo.

4.4.3.2 Demanda de potência elétrica

As análises indicam que houve influência do tipo de lâmpada na demanda. Há diferença entre as demandas ao longo dos meses. A tabela 17 mostra os valores médios de demanda máxima das lâmpadas usadas no lote de inverno.

Tabela 17 – Valores médios de demanda máxima no lote de inverno.

Lâmpadas	Demanda Máxima (kW)
	Lote inverno
Incandescente de 100W	1,2234[a]
Vapor de Mercúrio de 125W	0,7482[b]
Fluorescente Compacta de 23W Branca	0,7136[b]
Vapor de Sódio de 70W	0,5040[c]
Fluorescente Tubular de 40W	0,4734[c]
Fluorescente Compacta de 23W Amarela	0,3164[d]

[a,b,c,d] Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (p>0,05) pelo Teste de Tukey Incandescente de 100W e Vapor de Mercúrio de 125W.

Nesta tabela pode-se ver que a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela difere-se das demais, num valor mínimo de diferença significativa de 0,05. Assim como no consumo, a lâmpada Incandescente de 100W foi a que apresentou o maior valor médio de demanda.

4.4.4 Estimativa de economia de custos relativos ao consumo de energia

Através da análise dos dados de consumo de energia elétrica dos diversos tipos de lâmpadas, pôde-se estimar o consumo de energia elétrica por lâmpada tendo por base o consumo totalizado, e já apresentado anteriormente, de 90 dias dos lotes de verão e inverno. Desta forma, o consumo mensal foi estimado por:

$$\text{Consumo por lâmpada} = \frac{\text{Consumo 90 dias por lote}}{\text{3 meses x o nº de lâmpadas do tratamento}}$$

A tabela 18 mostra os valores individuais de consumo de energia por lâmpada para ambos os lotes.

Tabela 18–Valores de consumo de energia por lâmpada.

Lâmpadas	Consumo Mensal (kWh)		
	Lote verão	Lote inverno	Médio
Vapor de Mercúrio de 125W	194,54	194,16	194,35
Incandescente de 100W	176,51	170,34	173,43
Vapor de Sódio de 70W	129,14	122,07	125,60
Fluorescente Tubular de 40W	62,70	61,60	62,15
Fluorescente Compacta de 23W Amarela	—	42,14	—
Fluorescente Compacta de 23W Branca	43,37	41,63	42,50

Tendo em vista que o grupo tarifário da empresa é A (alta tensão), classe Empresa Rural, com enquadramento na Tarifa Verde, no qual o custo da unidade de consumo da energia elétrica é na média de R$ 0,134785 o kWh, a estimativa de gasto por lâmpada, em Reais, pôde ser calculada como:

Custo estimado por lâmpada = Consumo Mensal por lâmpada X Tarifa de Consumo

A tabela 19 mostra os valores do custo estimado de consumo de energia por lâmpada para os dois lotes.

Tabela 19 – Valor monetário por lâmpada.

Lâmpadas	Custo (R$)		
	Lote Verão	Lote Inverno	Médio
Vapor de Mercúrio de 125W	26,22	26,17	26,20
Incandescente de 100W	23,79	22,96	23,38
Vapor de Sódio de 70W	17,41	16,45	16,93
Fluorescente Tubular de 40W	8,45	8,30	8,38
Fluorescente Compacta de 23W Amarela	—	5,68	—
Fluorescente Compacta de 23W Branca	5,85	5,61	5,73

Sabendo-se que, em relação à lâmpada Incandescente de 100W, o número de lâmpadas Fluorescente Tubular de 40W e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela

é o mesmo e da Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca é o dobro e havendo a substituição por qualquer delas, a economia por lâmpada seria de R$ 15,00 para a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W, de R$ 17,70 para a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela e de R$ 17,65 para a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca.

Como o produtor possui, por estufa de produção, 570 lâmpadas Incandescentes de 100W e optando pela troca desta pela lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela, e que tal troca é feita uma pela outra, sem considerar custos de investimento adicionais, a economia seria de R$ 3.362,31 para um período de 30 dias de produção/por estufa.

4.5 Resumo geral

A tabela 20 mostra um resumo final dos resultados das análises dos parâmetros de desempenho do vegetal e das variáveis de energia para os dois lotes.

Tabela 20– Resultados das análises dos parâmetros do vegetal e de energia.

		Tipos de lâmpadas	Incandescente 100W		Vapor de Sódio de 70W		Vapor de Mercúrio de 125W		Fluorescente Tubular de 40W		Fluorescente Compacta de 23W Branca		Fluorescente Compacta de 23W Amarela	
		Parâmetros de análise	Lote		Lote		Lote		Lote		Lote		Lote	
			Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
VEGETAL	Papiro	Produtividade por área (mudas)	25.110	33.750	29.340	47.350	26.850	43.550	26.850	46.000	25.250	41.055	—	44.100
		Peso médio(g)	33,18	36,28	34,45	35,03	34,50	35,65	34,38	35,48	34,40	34,51	—	35,93
		Presença de botão (%)	60,00	49,5	70,00	43,30	72,50	51,80	70,00	55,6	75,00	42,60	—	55,2
		Umidade %	—	87,85	—	87,70	—	87,13	—	87,11	—	87,67	—	87,67
	Mona	Produtividade por área (mudas)	22.400	18.400	22.400	19.700	23.100	19.450	23.400	19.650	24.650	19.500	—	18.800
		Peso médio(g)	42,33	45,49	43,70	45,07	44,85	45,05	43,53	44,46	44,30	44,37	—	45,37
		Presença de botão (%)	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	—	não
		%umidade	—	89,57	—	89,88	—	90,07	—	90,37	—	89,78	—	89,82
	Euro	Produtividade por área (mudas)	22.100	22.250	22.740	25.250	23.000	25.700	22.600	23.520	24.900	25.900	—	26.650
		Peso médio(g)	43,43	47,71	44,35	46,29	43,98	45,34	44,58	45,76	44,10	45,93	—	46,51
		Presença de botão (%)	não	não	não	não	não	não	não	não	2,5	não	—	não
		Umidade %	—	89,39	—	89,49	—	89,17	—	89,11	—	88,97	—	88,97
	Lindy	Produtividade por área (mudas)	38.600	—	38.100	—	37.400	—	37.350	—	39.700	—	—	—
		Peso médio(g)	36,50	—	36,33	—	37,00	—	37,28	—	36,65	—	—	—
		Presença de botão (%)	40,00	—	12,50	—	15,00	—	12,50	—	12,50	—	—	não
		Umidade %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Stateman	Produtividade por área (mudas)	—	24.650	—	29.400	—	28.400	—	29.900	—	27.650	—	29.550
		Peso médio(g)	—	53,24	—	51,98	—	51,15	—	51,59	—	52,61	—	51,71
		Presença de botão (%)	—	3,30	—	4,00	—	4,80	—	5,90	—	6,90	—	4,70
		Umidade %	—	88,40	—	88,45	—	88,05	—	87,88	—	88,32	—	88,27
ENERGIA		Parâmetros de análise												
		Demanda (kw)	1,253	1,258	0,536	0,528	0,782	0,767	0,475	0,484	0,653	0,768	—	0,327
		Consumo (kWh)	12.900	15.138	4.681	5.432	7.214	8.593	4.586	5.526	6.351	7.243	—	3.701
		F.Potência	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

De acordo com a tabela 20, a variedade Papiro obteve maior produtividade por área com a lâmpada Vapor de Sódio de 70W no lote de inverno. O maior peso foi obtido com a lâmpada Incandescente de 100W no lote de inverno. A menor presença de botão floral ocorreu com a utilização da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W branca no lote de inverno. A maior porcentagem de umidade ocorreu com a lâmpada Incandescente de 100W no lote de inverno.

A variedade Mona Lisa apresentou maior produtividade por área no lote de verão com a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca no lote de verão. O maior peso foi obtido com a lâmpada Incandescente de 100W no lote de inverno. Nesta variedade, não houve registro da presença de botão floral. A maior porcentagem de umidade foi registrada com a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W no lote de inverno.

Para a variedade Euro Speedy, o melhor desempenho em produtividade por área ocorreu com a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela no lote de inverno. O maior peso foi obtido com a lâmpada Incandescente de 100W no lote de inverno. Na produção desta variedade ocorreu pequena porcentagem de botão floral com a utilização da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca. As lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas de 23W Branca e Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela apresentaram os maiores valores de porcentagem de umidade no lote de inverno.

Com relação à variedade Lindy White, a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca proporcionou a maior produtividade por área no lote de verão. O maior peso foi obtido com a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W no lote de verão. A lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela não apresentou presença de botão floral.

A variedade Stateman obteve seu melhor desempenho em produtividade por área com a lâmpada Fluorescente Tubular de 40W no lote de inverno. O maior peso foi registrado com a lâmpada Incandescente de 100W no lote de inverno. Com a lâmpada Incandescente de 100W, ocorreu a menor presença de botão floral. Obteve-se a maior porcentagem de umidade com a lâmpada Vapor de Sódio de 70W no lote de inverno.

A menor demanda máxima registrada foi com a lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela, o mesmo ocorrendo com o consumo.

5 CONCLUSÔES

Em função dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- Com relação à presença de botão floral, as lâmpadas do tipo descarga apresentaram as menores porcentagens com exceção da variedade Stateman produzida com a tecnologia Incandescente de 100W no lote de inverno. A única exceção na tecnologia de descarga foi com a lâmpada de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca, que, no lote de verão, apresentou 2,5% de presença de botão floral contra 0% nas outras tecnologias na produção de variedade Euro speedy

- A maior produtividade por área foi obtida com a utilização das lâmpadas do tipo descarga para todas as variedades cultivadas, tendo a lâmpada de descarga Fluorescente Tubular de 40W apresentado os melhores resultados para as variedades Mona Lisa Rose no lote de verão e Stateman no lote de inverno

- Conforme comprovado pelas análises, em relação ao peso de matéria fresca, as variedades Papiro, Lindy White e Euro Speedy podem ser cultivadas utilizando-se qualquer uma das tecnologias utilizadas neste experimento no período do verão. Para este mesmo período, a lâmpada Vapor de Mercúrio de 125W proporciona um ganho de peso maior para a variedade Mona Lisa Rose. Para o período de inverno, pode-se utilizar qualquer uma das tecnologias para a produção das variedades Papiro, Stateman e Mona Lisa. Para a variedade Euro Speedy, a melhor tecnologia para este período é a Incandescente de 100W.

- Com relação à porcentagem de umidade, para o período de inverno, não ocorreram diferenças significativas. Todas as variedades cultivadas podem ser produzidas com qualquer uma das tecnologias avaliadas.

- O menor consumo de energia elétrica e de demanda máxima registrados entre as diferentes tecnologias de iluminação foram obtidos com a utilização da lâmpada de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela. A mesma apresentou uma redução média de consumo de energia da ordem de 75,51% em relação à tecnologia de maior consumo, a Incandescente de 100W que é a atualmente utilizada pelo produtor.

- No entanto, deve ser levado em consideração que a lâmpada de descarga Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela possui como característica intrínseca de fabricação um baixo fator de potência. No caso da substituição da atual tecnologia empregada

por esta lâmpada, o produtor será penalizado com multas por gerar reativos, já que o fator de potência destas lâmpadas é capacitivo o que impede sua correção através da utilização de bancos de capacitores.

- Como as variedades utilizadas no experimento são normalmente cultivadas e os resultados mostram que o desempenho vegetal é igual ou melhor para a tecnologia de descarga e esta também apresenta melhores resultados no uso da energia elétrica qualquer que seja o tipo de lâmpada testada, elas poderiam ser empregadas em qualquer época do ano, por tratar-se de ambiente protegido.

6 SUGESTÃO DE CONTINUIDADE DO TRABALHO

- Avaliação do impacto nas instalações elétricas do aumento de potência reativa, caso a lâmpada Incandescente de 100W seja substituída ou pela lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela, ou pela Vapor de Sódio de 70W.
- Efetuar-se avaliação aqui realizada, ou acrescentando outros critérios de desempenho, para uma unidade de produção padrão.
- Realizar uma análise econômica completa, nesta unidade de produção, considerando-se os devidos fluxos de caixa, todas as alterações técnicas nas instalações elétricas decorrentes da escolha do tipo de lâmpada à ser usada.
- Desenvolver nova pesquisa testando outros níveis de potência e fluxo luminoso na tecnologia de lâmpada de descarga.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, N.O. **Reclassifications of the genus *Chrysanthemum* L.** HortScience**,** Wallingford, v.22, n.2, p.313, 1987.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, DC.: AOAC, p. 28. 1995.

ARRUDA, S.T.; MATSUNAGA, M.; VALERO NETO, J. **Sistema de cultivo e custos de produção do crisântemo de vaso: um estudo de caso**. Informações Econômicas, v.26, n.4, p.31-38, 1996.

ARRUDA, S.T.; MATSUNAGA, M.; GRAZIANO, T.T.; MATTHES, L.A.F. **Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1997. 18p.

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

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.

ELETROBRÁS (2006). Programa Nacional de Conservação de Energia. Disponível em < http://www.eletrobras.com.br> Acesso em 12/12/2006.

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

GROOT, N.S.P. **Floriculture worldwite trade and consumption patterns**. Acta Horticuturae, n.495, p.101-121, Sept. 1999. (World Conference on

Horticultural Research, Rome, 1998).

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

GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos: vaso, corte e jardim**. 1. ed. Guaíba: Agropecuária Editora Ltda, 2001, 166 p.

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

HUGHES, A. P.; COCKSHUL, K.E. **Effects of light intensity and carbon dioxide concentration on growth of Chrysanthemum-morifolium cv bright golden Anne**. Annals of botany 35 (142): 899& 1971

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.

IBRAFLOR, (2006). **Brasil vende mais flores para o mundo**.São Paulo 2006 Disponível em: www.anba.com.Br, Acesso em 20/12/2006

IMENES, S.L.; ALEXANDRE, M.A.V. **Aspectos fitossanitários do crisântemo.** São Paulo: Instituto Biológico, 1996. p.4-47. (Boletim Técnico, 5)

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.

MAINARDI, J. DE C. C. T.: BELLÉ, R. A.; MAINARDI, L. **Produção de crisântemos (*Dendranthema Grandiflora* Tvzelev.) "Snowdon" em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha.** Ciência Rural, Santa Maria, v 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

MEDEIROS, S. S., SOARES, A. A., RAMOS, M. M. *et al.* **Assessment of efficiency of electrical energy use in the Pirapora Irrigation District, MG, Brazil**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2003, vol. 7, no. 2 [cited 2007-01-14], pp. 394-398.

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.

MOTOS, J.R. IBRAFLOR **Informativo apostila "Flores de Corte".** Flortec Consultoria e Treinamento. Dez. 2000.

NISKIER, J. ; MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S. A., 1986. p. 268.

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

OLIVETTI, M.P.A.; TAKAES, M.; MATSUNAGA, M. **Perfil da produção das principais flores de corte no Estado de São Paulo**. Informações Econômicas, v.24, n.7, p. 31-54, 1994.

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, Santa Maria, v.33, n.2, p.267-274, 2003

SEIDEL, Á. R., BISOGNO, F. E., PINHEIRO, H. *et al*. **Reator eletrônico auto-oscilante com controle de intensidade luminosa**. Sba Controle & Automação. [online]. 2003, vol. 14, no. 2

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. **Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency**: a review. Crop Science, Madison, v. 29, p. 98-105, 1989

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.

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.

STRINGHETA, A. C. O.; CARNEIRO T. F.; TOMBOLATO, A. F. C.; COUTINHO, L. N.; IMENES, S. de L.; BERGMAN, E. C. **Crisantemo para flor de corte Dendranthema grandiflora (Ramat) Tzvelev**. In: TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2004. p. 95-135.

TEIXEIRA, C. A.; OLIVEIRA FILHO, D.; LACERDA FILHO, A. F. *et al*. **Management of motive power use in animal feed industry.** Eng. Agríc. [online]. 2005, vol. 25, no. 2 [cited 2007-01-14], pp. 330-340

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais.** Campinas: Instituto Agronômico, p. 96, 2004.

VAN ROOYEN, S.R.; OPITZ, R. **Veiling: leilão eletrônico de flores da Holambra**.Preços Agrícolas**,** v.11, n.127, p.24-26, 1997.

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.

ANEXO 1 – Características técnicas das lâmpadas utilizadas.

Este anexo contém 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

A – Testemunha 100W

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 29 - Lâmpada de filamento Incandescente de 100W modelo Standard da marca Philips.

Características técnicas da lâmpada:

Código Comercial	Potência (W)	Tensão (V)	Base	Acabamento	Fluxo luminoso (lm)	Vida média (*) (h)
■ STD-127V25-N	25	127	E27	CLARA	230	1000
■ STD-220V25-N	25	220	E27	CLARA	220	1000
■ STD-127V40-N	40	127	E27	CLARA	516	1000
■ STD-220V40-N	40	220	E27	CLARA	415	1000
■ STD-127V60-N	60	127	E27	CLARA	864	1000
■ STD-220V60-N	60	220	E27	CLARA	715	1000
■ STD-127V100-N	100	127	E27	CLARA	1620	1000
■ STD-220V100-N	100	220	E27	CLARA	1350	1000
■ STD-127V150	150	127	E27	CLARA	2505	1000
■ STD-220V150	150	220	E27	CLARA	2180	1000
■ STD-127V200	200	127	E27	CLARA	3520	1000
■ STD-220V200	200	220	E27	CLARA	3090	1000

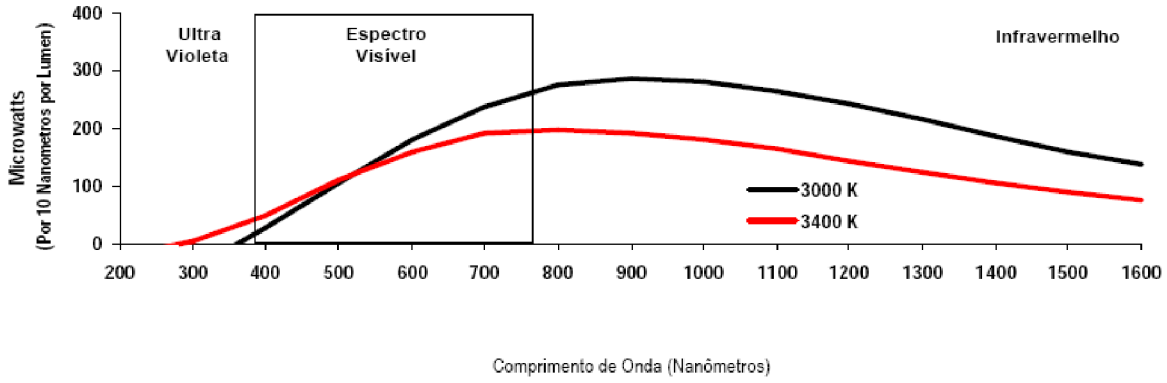
(*) Expectativa de vida desta lâmpada com base no uso médio residencial de 1000 horas/ano, em tensão elétrica padronizada

■ Luz Clara

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 30 - Características técnicas da lâmpada Incandescente de 100W.

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos GE.

Figura 31 - Curva espectral da lâmpada Incandescente de 100W da marca Philips.

B – Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70W.

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 32 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão de 70W da marca Philips.

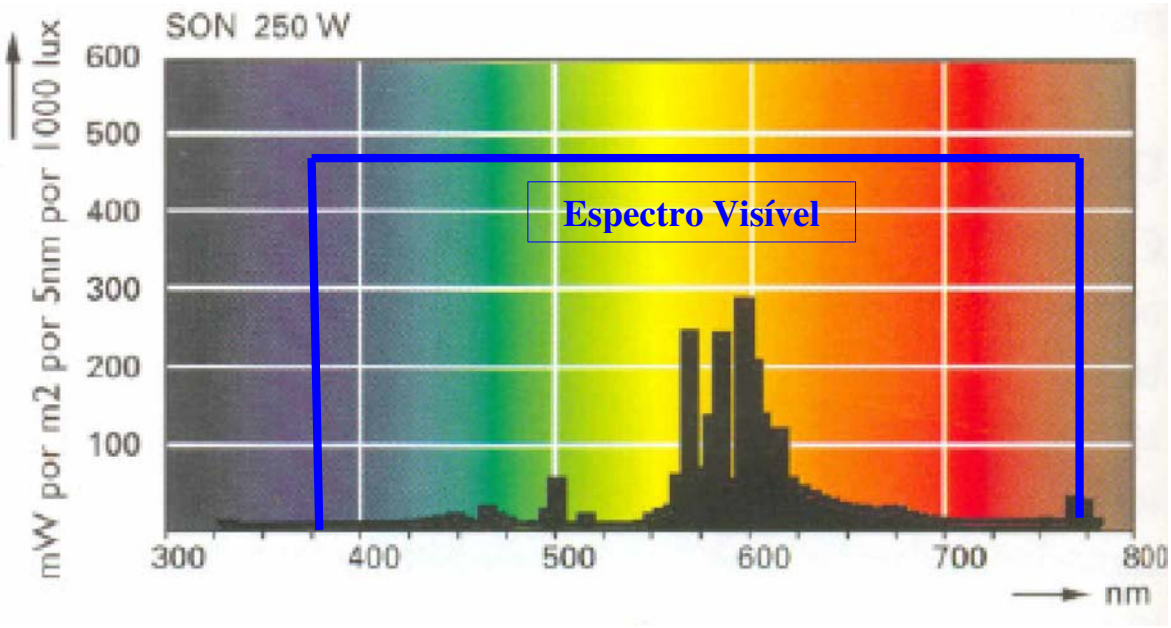
Características técnicas da lâmpada:

Descrição Comercial	Potência (W)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Temperatura de cor (K)
SON70W-E Pro	70	E27	5.600	80	1.950

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 33 - Características técnicas da lâmpada de Vapor de Sódio de 70W.

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 34 – Curva espectral da lâmpada de Vapor de Sódio de 70W da marca Philips.

Dados do Reator:

Dados técnicos relacionados à economia de energia

Código Comercial	Lâmpadas (W)	Ignitor	Perda (W)	Δt (°C)	Alimentação Rede (V)	Alimentação Freq. (Hz)	Corrente de rede (A)	Fator de Potência	tw (°C)	Capacitor (****) µF x V
VSTI70B26IG P ***	70W	IGN70-P	14,0	90	220	60	0,98	0,40	130	10 x 250
VSTI70A26IG P **	70W	IGN70-P	14,0	90	220	60	0,40	0,95	130	10 x 250

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 35 – Características técnicas do reator para lâmpada de Vapor de Sódio Alta Pressão de 70W.

C - Vapor de Mercúrio de 125W

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 36– Lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W da marca Philips.

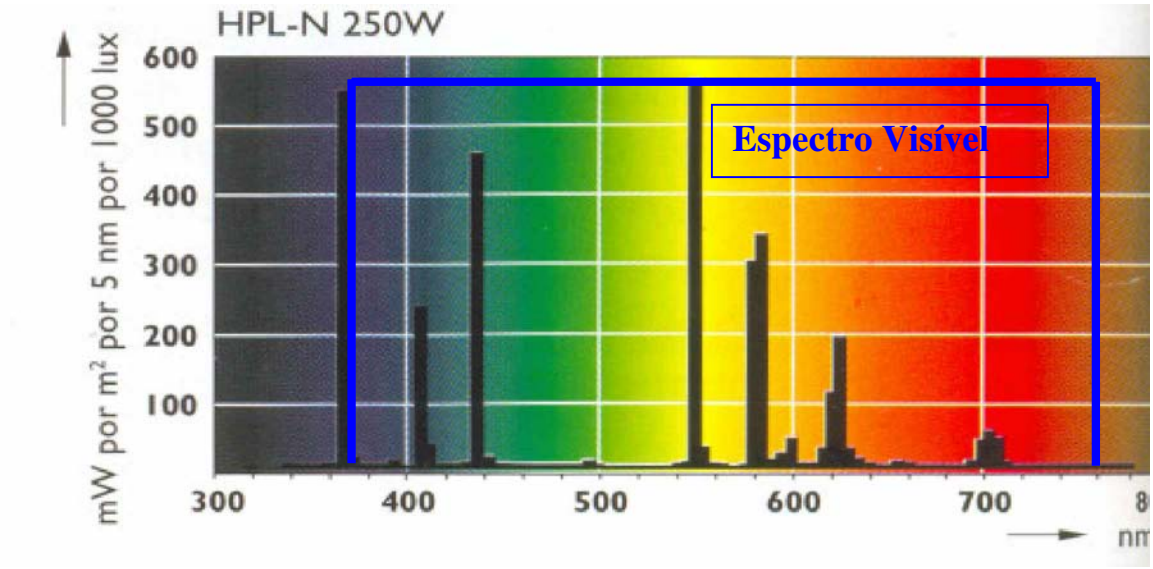
Características técnicas da lâmpada:

Descrição Comercial	Potência (W)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)
HPLN80W	80	E27	3.700	46	4.300	48
HPLN125W	125	E27	6.200	50	4.100	46
HPLN250W	250	E40	12.700	51	4.100	40

Fonte: Catálogo de Produtos Philips

Figura 37 – Características técnicas da lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W da marca Philips.

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips

Figura 38 – Curva espectral da lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W da marca Philips.

Dados do Reator:

Código Comercial	Lâmpadas (W)	Perdas (W)	Δt (°C)	Alimentação Rede (V)	Alimentação Freq. (Hz)	Corrente da rede (A)	tw (°C)	Fator de Potência	Corrente corrigida (A)	Capacitor (***) µF x V
VMTI80A26 P**	80W	11,0	65	220	60	0,42	105	095	-	07 x 250
VMTE80A26 P*	80W	11,0	65	220	60	0,42	105	0,95	-	-
VMTI125A26 P**	125W	14,0	90	220	60	0,65	130	0,95	-	07 x 250

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 39 – Características técnicas de reator para lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W.

D – Fluorescente Tubular de 40W

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 40 – Lâmpada Fluorescente de 40W da marca Philips.

Características técnicas da lâmpada:

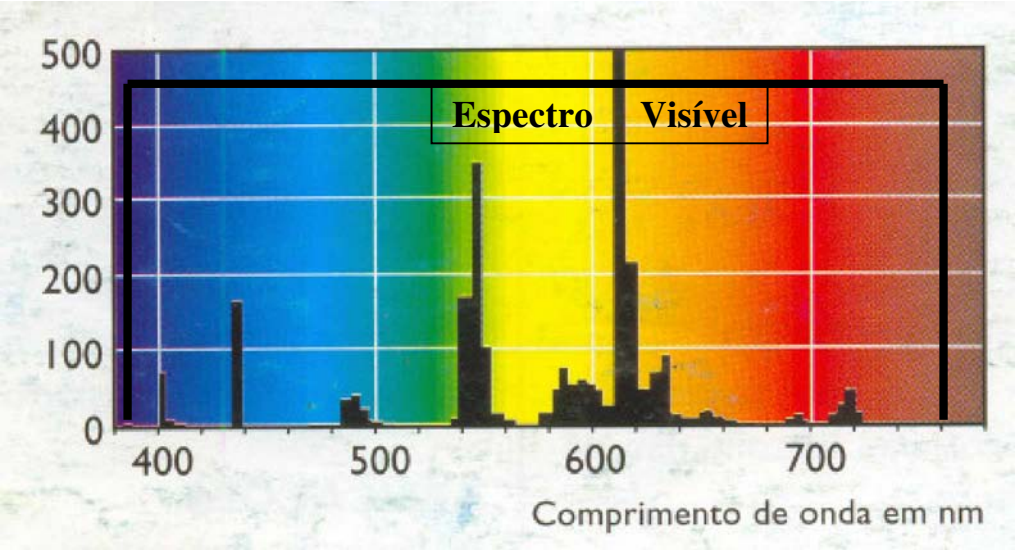
Dados Técnicos

Código comercial	Potência (W)	Base	Tensão média na lâmpada (V)	Corrente média na lâmpada (A)	Fluxo luminoso médio[1] (lm)	Cor[2]	Índice de Reprodução de Cor (IRC)	Temperatura de cor (K)
TLDRS 16/84	16	G13	64	0,26	1.200	84 Super 84	85	4.000
TLDRS 32/84	32	G13	139	0,26	2.700	84 Super 84	85	4.000
TLDRS 16/85	16	G13	64	0,26	1.150	85 Super 85	85	5.000
TLDRS 32/85	32	G13	139	0,26	2.600	85 Super 85	85	5.000
TLTRS 20/84	20	G13	57	0,37	1.350	84 Super 84	85	4.000
TLTRS 40/84	40	G13	106	0,42	3.250	84 Super 84	85	4.000
TLTRS 20/85	20	G13	57	0,37	1.300	85 Super 85	85	5.000
TLTRS 40/85	40	G13	106	0,42	3.150	85 Super 85	85	5.000
TLTRS 110/84	110	DCE	160	0,80	9.500	84 Super 84	85	4.000
TLTRS 110/85	110	DCE	160	0,80	9.500	85 Super 85	85	5.000

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 41 – Características técnicas da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W.

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 42 – Curva espectral da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W da marca Philips.

Dados do Reator:

Código Comercial	Lâmpadas (W)	Tensão Nominal (V)	Corrente de rede (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência	Fotor de fluxo luminoso	Distorção harmonica (THD)
ES16A16 P	1 x 16W - T8	127	0,13	16	0,98	0,96	10%
ES16A26 P	1 x 16W - T8	220	0,08	18	0,98	1,00	15%
ES20A16 P	1 x 20W - T10[1]	127	0,14	18	0,99	0,93	10%
ES20A26 P	1 x 20W - T10[1]	220	0,09	20	0,96	0,97	10%
ES32A16 P	1 x 32W - T8	127	0,28	35	0,97	1,00	10%
ES32A26 P	1 x 32W - T8	220	0,15	32	0,99	1,00	10%
ES40A16 P	1 x 40W - T10[2]	127	0,31	38	0,97	0,95	10%
ES40A26 P	1 x 40W - T10[2]	220	0,18	39	0,98	0,95	15%

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 43 - Características técnicas do reator para Fluorescente Tubular de 40W.

E - Fluorescente Compacta Integrada de 23W Branca

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 44– Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W modelo Twister da marca Philips.

Características técnicas da lâmpada:

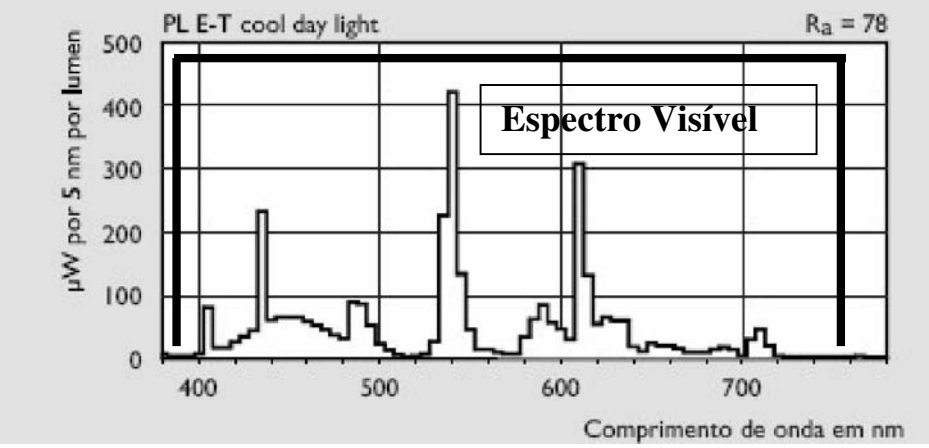
Código Comercial	Cor	Potência (W)	Base	Tensão/ Frequência (V/Hz)	Temperatura de cor (K)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)	IRC
PLWTWIST15W127BL	luz amarela	15	E27	110-127V/50-60Hz	2700	1000	67	82
PLWTWIST15W220BL	luz amarela	15	E27	220-240V/50-60Hz	2700	1000	67	82
PLWTWIST20W127BL	luz amarela	20	E27	110-127V/50-60Hz	2700	1350	68	82
PLWTWIST20W220BL	luz amarela	20	E27	220-240V/50-60Hz	2700	1350	68	82
PLWTWIST23W127BL	luz amarela	23	E27	110-127V/50-60Hz	2700	1550	68	82
PLWTWIST23W220BL	luz amarela	23	E27	220-240V/50-60Hz	2700	1550	68	82
PLDTWIST15W127BL	luz branca	15	E27	110-127V/50-60Hz	6500	950	64	78
PLDTWIST15W220BL	luz branca	15	E27	220-240V/50-60Hz	6500	950	64	78
PLDTWIST20W127BL	luz branca	20	E27	110-127V/50-60Hz	6500	1250	63	78
PLDTWIST20W220BL	luz branca	20	E27	220-240V/50-60Hz	6500	1250	63	78
PLDTWIST23W127BL	luz branca	23	E27	110-127V/50-60Hz	6500	1450	63	78
PLDTWIST23W220BL	luz branca	23	E27	220-240V/50-60Hz	6500	1450	63	78

Luz Clara Luz Suave

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 45 – Características técnicas da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W (luz branca).

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 46– Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Cool Day Light da marca Philips.

F - Fluorescente Compacta Integrada de 23W Amarela

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 47 – Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada de 23W da marca Philips.

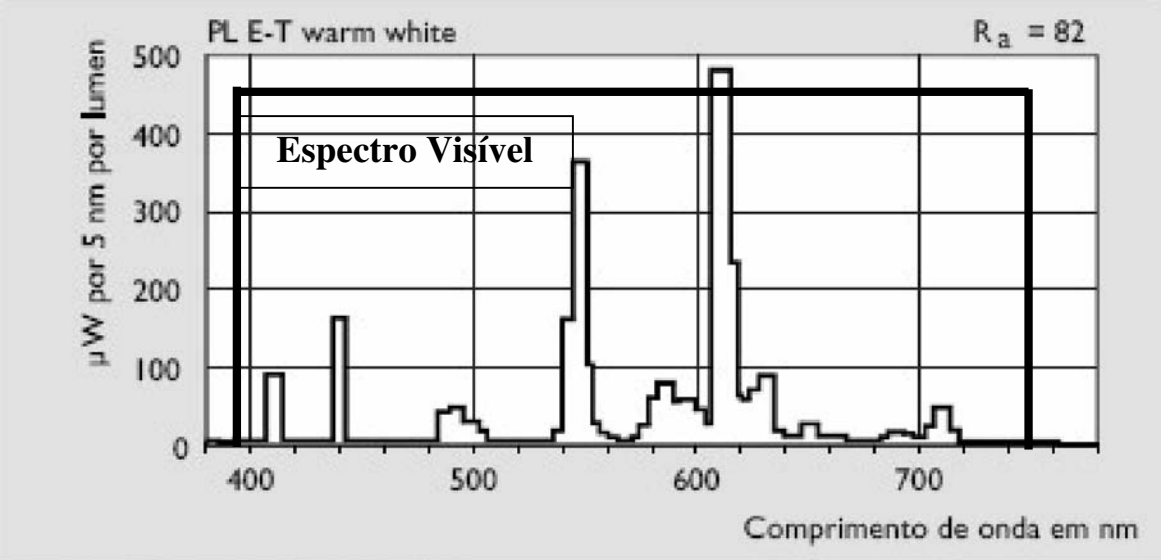
Características técnicas da lâmpada:

Código Comercial	Potência (W)	Tensão/ Frequência (V/Hz)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)	IRC
PLE/D-15W120-UNI	15	110-127V/50-60Hz	E27	810	54	78
PLE/D-15W230-UNI	15	220-240V/50-60Hz	E27	810	54	78
PLE/D-20W120-UNI	20	110-127V/50-60Hz	E27	1100	55	78
PLE/D-20W230-UNI	20	220-240V/50-60Hz	E27	1100	55	78
PLE/D-23W120-UNI	23	110-127V/50-60Hz	E27	1400	61	78
PLE/D-23W230-UNI	23	220-240V/50-60Hz	E27	1400	61	78

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 48 – Características técnicas das lâmpadas Fluorescentes Integradas de 23W (luz amarela).

Curva espectral:



Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 49 – Curva espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integradas de 23W warm White da marca Philips.

ANEXO 2 Características das Luminárias utilizadas no experimento.

Este anexo contém as informações técnicas das luminárias utilizadas no experimento.

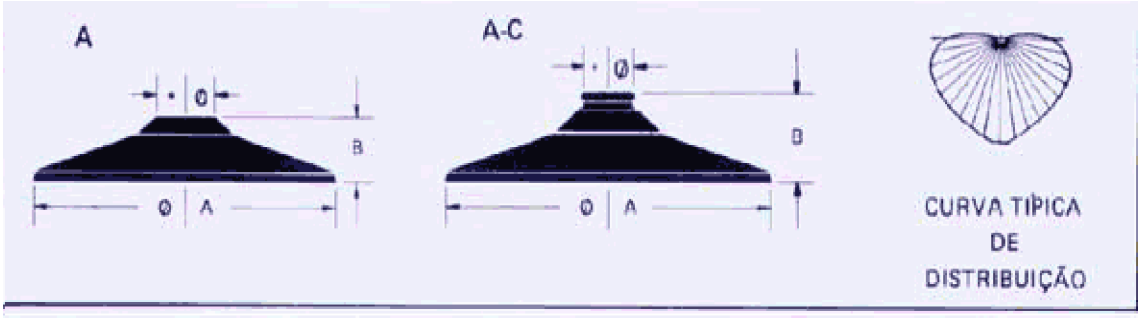
A – Refletor aberto tipo prato.

Foto Ilustrativa:

Fonte: Catálogo de produtos Portolux.

Figura 50 - Refletor aberto tipo prato sem colarinho.

Características técnicas:



Fonte: Catálogo de produtos Portolux.

Figura 51 – Características técnicas do refletor aberto tipo prato sem colarinho.

B – Luminária Tipo Calha CF.

Foto ilustrativa:

Fonte: Catálogo de Produtos Philips.

Figura 52 – Luminária tipo calha.

APÊNDICE 1 – Curvas espectrais medidas das lâmpadas utilizadas no experimento

Estas medições tiveram como principal objetivo a comparação entre as curvas espectrais acima indicadas pelo fabricante e as curvas espectrais das lâmpadas utilizadas no experimento. A faixa espectral visível compreendida entre 380nm e 760nm está destacada nas figuras das curvas espectrais.

A – Lâmpada de Filamento 100W

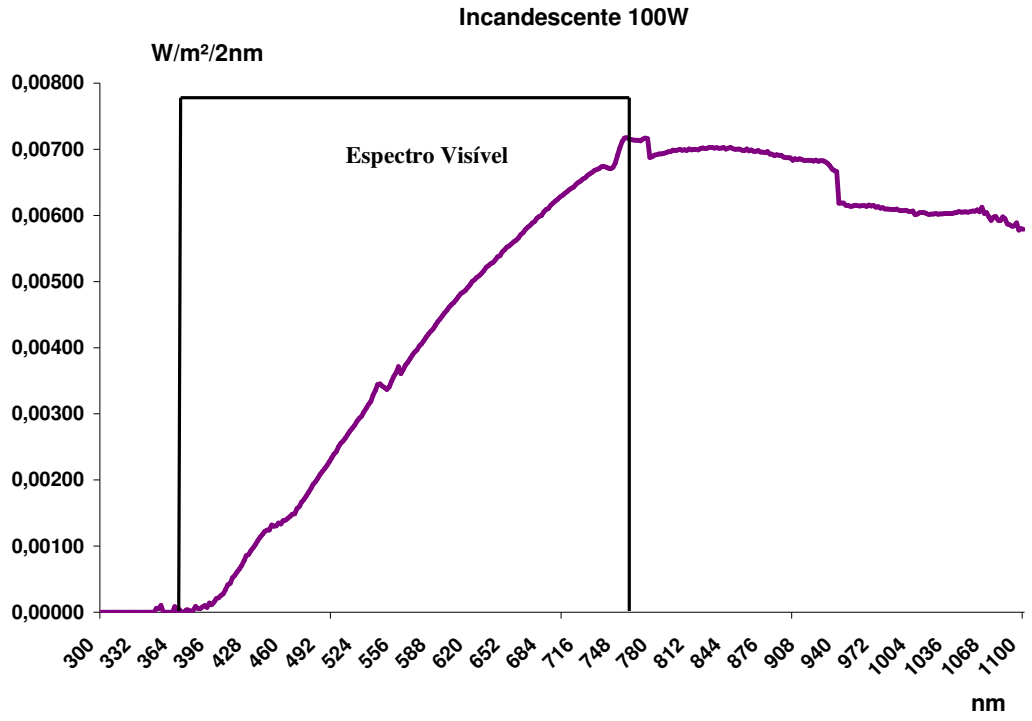


Figura 53 – Curva Espectral da lâmpada de Filamento 100W utilizada no experimento.

B – Lâmpada Vapor de Sódio 70W

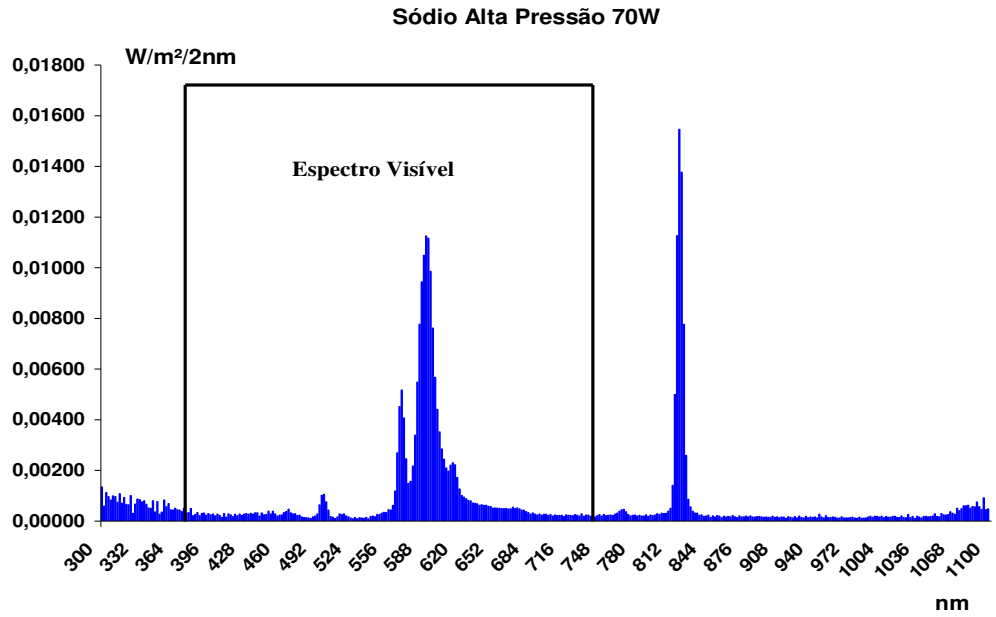


Figura 54 – Curva Espectral da lâmpada de Vapor de Sódio 70W utilizada no experimento.

C – Lâmpada Vapor de Mercúrio de 125W

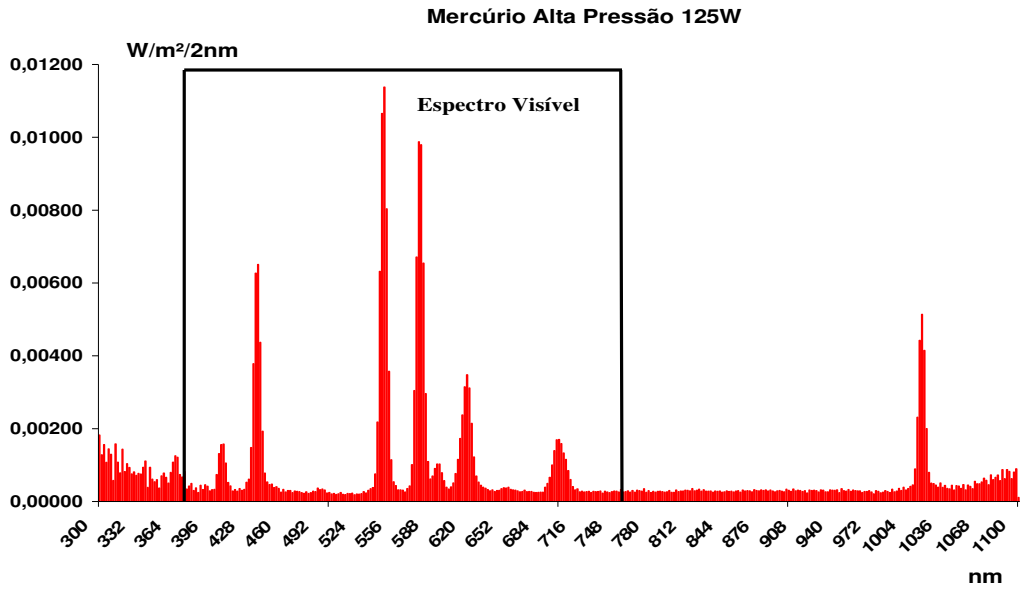


Figura 55 – Curva Espectral da lâmpada de Vapor de Mercúrio de 125W utilizada no experimento.

D – Lâmpada Fluorescente Tubular de 40W

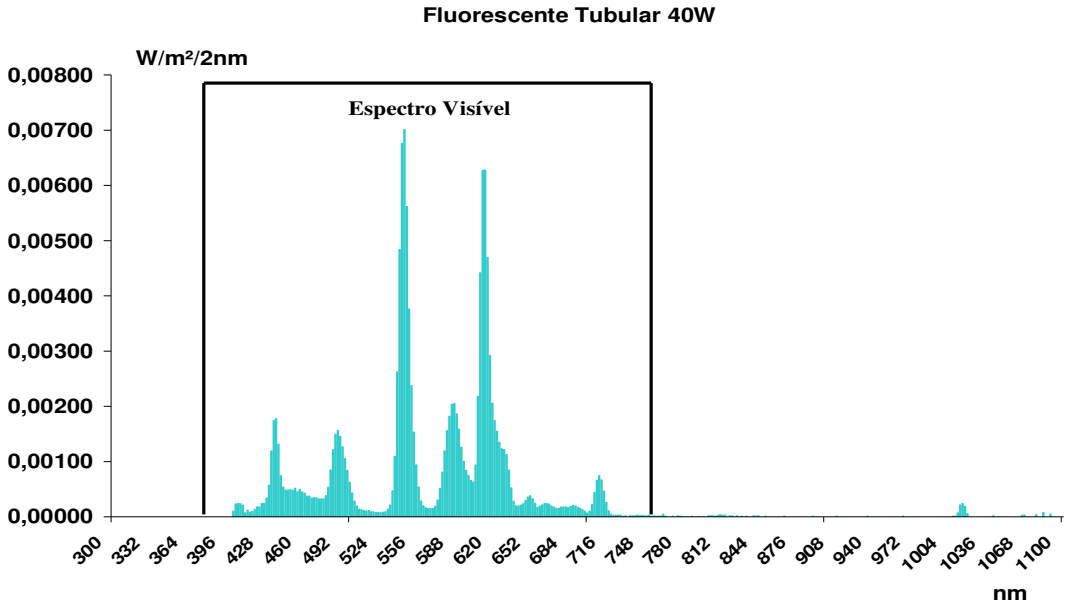


Figura 56 – Curva Espectral da lâmpada Fluorescente Tubular de 40W utilizada no experimento.

E – Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Branca

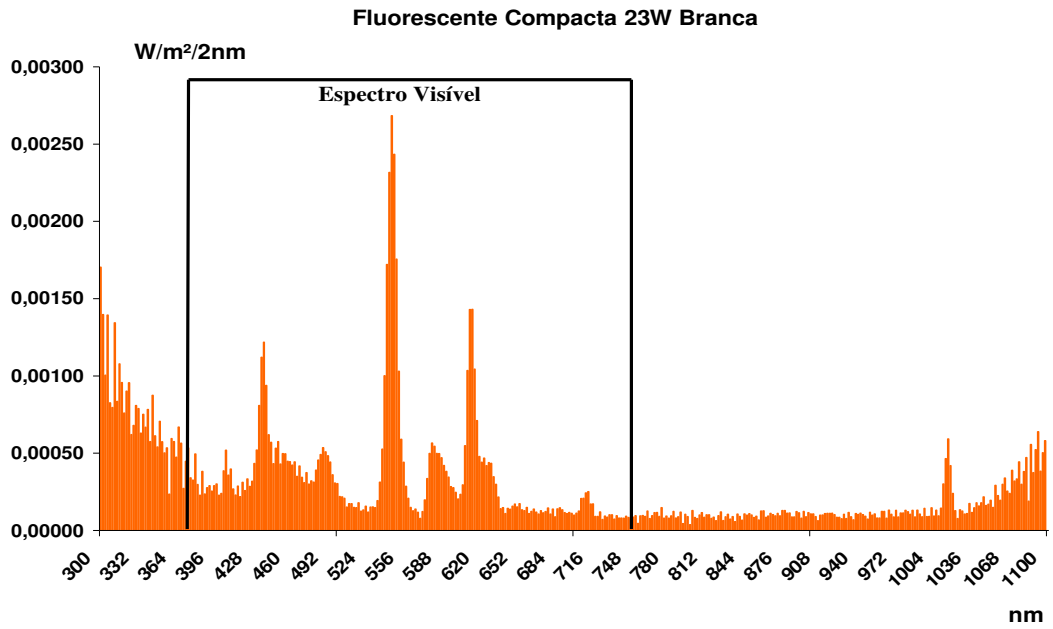


Figura 57 – Curva Espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Branca utilizada no experimento.

F – Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Amarela

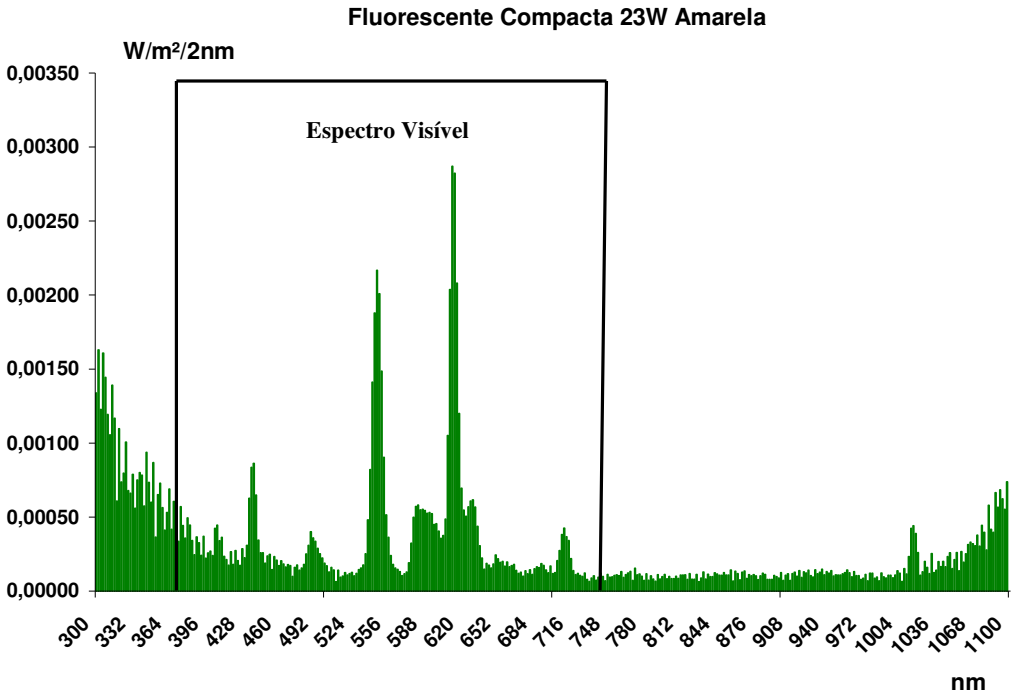


Figura 58- Curva Espectral da lâmpada Fluorescente Compacta Integrada 23W Amarela utilizada no experimento