



**MANEJO DE IRRIGAÇÃO E ANÁLISE
MICROMETEOROLÓGICA EM
DIFERENTES AMBIENTES PROTEGIDOS
NO CULTIVO DA GÉRBERA**

ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR

**LAVRAS – MG
2013**

ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR

**MANEJO DE IRRIGAÇÃO E ANÁLISE
MICROMETEOROLÓGICA EM DIFERENTES AMBIENTES
PROTEGIDOS NO CULTIVO DA GÉRBERA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Sá Júnior, Arionaldo de.

Manejo de irrigação e análise micrometeorológica em diferentes ambientes protegidos no cultivo da gérbera / Arionaldo de Sá Júnior. – Lavras : UFLA, 2013.

112 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Luiz Gonsaga de Carvalho.

Bibliografia.

1. Floricultura. 2. Gérbera. 3. Estufa agrícola. 4. Tensiometria. 5. Temperatura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.9823

ARIONALDO DE SÁ JÚNIOR

**MANEJO DE IRRIGAÇÃO E ANÁLISE
MICROMETEOROLÓGICA EM DIFERENTES AMBIENTES
PROTEGIDOS NO CULTIVO DA GÉRBERA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícola, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 30 de Agosto de 2013

Prof. Dr. Paulo Sergio de Souza	IFSULDEMINAS
Prof. Dr. Fátima Conceição Rezende	UFLA
Prof. Dr. Manoel Alves de Faria	UFLA
Prof. Dr. Gilberto Coelho	UFLA
Prof. Dr. Antônio Carlos Barreto	IFTM



Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho
(Orientador)

LAVRAS – MG
2013

A luz de DEUS sempre existirá para os olhos daquele que quer enxergar.

Sá Júnior, A de.

A DEUS, o grande doutor da vida.

*Aos meus filhos Maria Beatriz Bastos de Sá e João Miguel Bastos de Sá,
grande fonte de inspiração e estímulo à busca de um ideal.*

*A minha mãe, Ana Bastos Silva de Sá, um verdadeiro exemplo de amor e
dedicação.*

A minha esposa, Ilane Bastos Messias, companheira de todas as horas.

DEDICO

Ao meu pai,

Arionaldo de Sá.

Aos meus irmãos,

Allysson Bastos Silva de Sá

Ariana Bastos Silva de Sá

Aos meus sobrinhos,

Fabinho, Fernandinha e Marcelinho.

As minhas queridas tias e tio,

Rita, Fátima, Dedé e Beto

Aos meus pais mineiros,

Dona Maria e Seu Ingá

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para a realização do doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de recurso financeiro para a realização desta pesquisa, Processo N.º.: CAG - APQ-02109-10.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Câmpus Muzambinho, pela concessão da bolsa do Programa Institucional de Qualificação (PIQ).

À Empresa Polysack pela concessão da malha ChromatiNet Vermelha à custo mínimo.

Ao professor Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho, pela orientação, confiança, paciência, ensinamentos e amizade.

Ao Dr. Gervásio Fernando Alves Rios, pela amizade e parceria na composição do projeto que culminou neste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica Pietros A. Balbino dos Santos e Rodrigo V. Moreira, pela grande ajuda na instalação e condução do experimento em campo.

Aos amigos Wezer L. Miranda e Larissa G. Pereira, pela ajuda com o experimento.

A todos os professores do Núcleo de Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da UFLA, pelo conhecimento transmitido, em especial a professora Dra. Fátima C. Rezende.

Aos técnicos administrativos do Núcleo de Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da UFLA, em especial Gilson e José Luiz.

Aos amigos de Pós-Graduação: Eduardo Oliveira, Elvis Márcio, João José, Lucas Alves, Marcos Palma, Reginaldo, Waina Bella, Willian Almeida, Wellington Freitas, Wellington Silva, pelo companheirismo e ajuda mútua.

Aos amigos do rock: Carlos “Fubá”, Renato Brasil e Gustavo “Cabelo”, pelas saudáveis horas de descontração nos ensaios dos PROFESSORES NO ROCK.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o êxito de mais esta etapa da minha vida.

RESUMO

A cadeia produtiva da floricultura vem se destacando nos últimos anos no Brasil, advinda da grande e contínua demanda por produtos florísticos e ornamentais. Contudo, tal atividade vem passando por transformações, fazendo com que a cadeia produtiva torne-se cada vez mais competitiva, exigindo do produtor maior nível de especialização, profissionalismo, capacidade de gerenciamento e de tomada de decisões, uma vez que a viabilidade econômica dessa atividade está ligada diretamente ao conhecimento técnico-científico. Dentre as culturas tradicionalmente cultivadas no País, a gérbera tem ganhado destaque por sua ampla aceitação, dada sua diversidade de cores e beleza das inflorescências. Contudo, faltam ainda informações científicas voltadas ao seu manejo adequado em situações específicas. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho produtivo da gérbera de corte, analisando o manejo da irrigação e os aspectos micrometeorológicos, enfatizando a distribuição espacial da temperatura, em ambiente protegido Convencional e Modificado por malha filtro vermelha, na região sul de Minas Gerais. Desse modo, o experimento foi conduzido em duas estufas agrícolas instaladas na área experimental do Departamento de Engenharia da UFLA, Lavras/MG, no período de fevereiro a julho de 2012. Em cada estufa foram instalados 16 termopares do tipo T, uniformemente distribuídos em dois níveis. O manejo da irrigação foi realizado por técnica de tensiometria, submetendo a cultura às tensões de água no solo correspondentes a -15, -25, -35 e -50 kPa, respectivos aos tratamentos T1, T2, T3 e T4. A distribuição espacial da temperatura foi analisada por meio de técnicas de geoprocessamento e para avaliação do efeito da irrigação sobre a cultura foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados. Os resultados mostraram que a distribuição espacial da temperatura não é uniforme nos ambientes. No Ambiente Convencional a temperatura média do ar é ligeiramente maior. Contudo, não houve diferença significativa entre as temperaturas no ambiente Convencional e Modificado. O tratamento correspondente a -15 kPa nos dois ambientes avaliados produziu hastes florais mais adequadas ao padrão comercial nacional. Todavia, para o mesmo tratamento, na estufa Modificada a qualidade visual do botão floral foi diferenciada.

Palavras-chave: Floricultura. Gérbera. Irrigação. Micrometeorologia.

ABSTRACT

The production chain of floriculture has highlighted in recent years in Brazil, arising from the large and continuing demand for floristic and ornamental products. However, such activity has been undergoing transformations, making the production chain become increasingly competitive, requiring of farmer higher level of expertise, professionalism, capacity management and decision-making, since the economic viability of this activity is directly linked to the technical and scientific knowledge. Among the crops traditionally grown in the Brazil, the gerbera is gaining attention for its wide acceptance due to its diversity of colors and beauty of inflorescences. However, there are not still scientific information geared to their proper management in specific situations about this crop. Thus, this study aimed to evaluate the productive performance of gerbera cut, analyzing irrigation management and micrometeorological aspects, emphasizing the spatial distribution of temperature in greenhouse conventional and modified by red mesh filter. The experiment was conducted in two greenhouses installed in the experimental area of the Department of Engineering UFLA in Lavras, Minas Gerais estate, in the period from February to July 2012. 16 thermocouples was installed in each greenhouse. The spacial distribution was uniformly in two levels. Irrigation management was performed by tensiomentria technique, subjecting the culture tensions soil water corresponding to -15, -25, -35 and -50 kPa, corresponding to T1, T2, T3 and T4 treatment. The spatial distribution of temperature was performed using GIS techniques and to evaluate the effect of irrigation on the culture we used a randomized complete block design. The results showed that the spatial distribution of the temperature is not uniform on the greenhouses. In the conventional greenhouse the average air temperature is slightly higher. However, no significant difference between the temperatures in conventional and modified greenhouses. The treatment corresponding to -15 kPa in both greenhouses evaluated produced stalks flowers more suited to standard national commercial. However, for the same treatment in the modified greenhouse the visual quality of the bud flower is differentiated.

Keywords: Floriculture. Gerbera. Irrigation. Micrometeorology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Primeira ilustração da gébera em cores publicada em 1889 no Botanical Curtis Magazine	22
Figura 2	Face externa da Estufa Convencional (A), face externa da Estufa Modificada (B), face interna da Estufa Convencional (C) e face interna da Estufa Modificada (D).....	44
Figura 3	Vista superior da orientação das estufas na área experimental do DEG. Estufa Convencional (1) e Estufa Modificada (2).....	45
Figura 4	Curva característica de retenção de água no solo gerada por meio do.....	49
Figura 5	Mudas com dois DAT na Estufa Convencional (A) Plantas com 35 DAT na Estufa Modificada (B).....	54
Figura 6	Layout do delineamento estatístico em blocos casualizados nas estufas Convencional e Modificada	56
Figura 7	Equipamentos de registro automático utilizados; LogBOX RHT (A) e FieldLogger (B).....	59
Figura 8	Distribuição espacial dos pontos de observação (termopares) nas estufas e posicionamento do termohigrômetro	59
Figura 9	Medidor de Energia Solar portátil	61
Figura 10	Evolução das temperaturas do ar no centro dos ambientes Convencional e Modificado	62
Figura 11	Evolução da umidade relativa do ar no centro dos	

	ambientes Convencional e Modificado	63
Figura 12	Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de fevereiro no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2	67
Figura 13	Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de março no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2	68
Figura 14	Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de abril no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2	68
Figura 15	Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de maio no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2	69
Figura 16	Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de junho no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2	69
Figura 17	Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês julho no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2	70
Figura 18	Temperatura média central em função da temperatura média espacial nos níveis N1 e N2 na estufa Convencional.....	80
Figura 19	Temperatura média central em função da temperatura média espacial nos níveis N1 e N2 na estufa Modificada	80
Figura 20	Lâmina de irrigação acumulada mensalmente por tratamento na estufa Convencional.	83

Figura 21	Lâmina de irrigação acumulada mensalmente por tratamento na estufa.....	83
Figura 22	Fase inicial de emissão dos botões florais na estufa Modificada.....	89
Figura 23	Detalhe da emissão dos primeiros botões florais da cultura submetida ao tratamento T2 na estufa Convencional.....	89
Figura 24	Visão geral da estufa Modificada durante a plena floração.....	90
Figura 25	Detalhe da floração na estufa Convencional sob tratamento T1.....	90
Figura 26	Detalhe da avaliação do diâmetro médio do botão floral na estufa Modificada.....	91
Figura 27	Diâmetro médio da planta nos ambientes Convencional (DPc) e Modificado (DPm) por tratamento de irrigação.....	96
Figura 28	Altura média da haste nos ambientes Convencional (AHc) e Modificado (AHm) por tratamento de irrigação.....	97
Figura 29	Número total de botões florais nos ambientes Convencional (NTBFc) e Modificado (NTBFm) por tratamento de irrigação.....	97
Figura 30	Diâmetro médio dos botões florais nos ambientes Convencional (DBFc) e Modificado (DBFm) por tratamento de irrigação.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização química do solo nas estufas Convencional e Modificada.....	46
Tabela 2	Características físicas do solo da área do experimento, para a camada de 0,25 – 0,3 m de profundidade	47
Tabela 3	Parâmetros de ajuste da CRAS ao modelo proposto por van Genuchten (1980)	48
Tabela 4	Adubação adotada na condução do experimento	50
Tabela 5	Potencial matricial e umidade correspondente em cada tratamento	52
Tabela 6	Classificação do índice de performance “ <i>I_p</i> ”	57
Tabela 7	Valores médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar	64
Tabela 8	Resultados da avaliação entre as observações de temperatura e umidade relativa do ar no centro das estufas Convencional e Modificada.....	64
Tabela 9	Valores médios mensais da energia solar	66
Tabela 10	Valores médios mensais por ponto de observação da temperatura do ar no nível N1 nas estufas Convencional e Modificada	70
Tabela 11	Valores dos Índices Willmott, Pearson e Performance para o nível N1 nos meses de observação	71
Tabela 12	Valores médios mensais por ponto de observação da temperatura do ar no nível N2 nas estufas Convencional e Modificada	72

Tabela 13	Valores dos Índices Willmott, Pearson e Performance para o nível N2 nos meses de observação	73
Tabela 14	Temperatura média mensal e amplitude térmica por nível na estufa Convencional.....	74
Tabela 15	Temperatura média mensal e amplitude térmica por nível na estufa Modificada	74
Tabela 16	Gradiente térmico entre os níveis N2 e N1 na estufa Convencional.....	77
Tabela 17	Gradiente térmico entre os níveis N2 e N1 na estufa Modificada.....	77
Tabela 18	Avaliação da média espacial das temperaturas e ponto central nos níveis N1, N2 e média geral.....	79
Tabela 19	Lâmina de irrigação aplicadas durante o período de condução do manejo correspondente a cada tratamento de tensão de água no solo e número de irrigação executadas durante o manejo (N _{im}).....	82
Tabela 20	Análise de variância para as médias do diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Convencional.....	85
Tabela 21	Valores médios para o diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Convencional.....	86
Tabela 22	Análise de variância para as médias do diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de	

	botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Modificada.	86
Tabela 23	Valores médios para o diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Modificada.....	87
Tabela 24	Análise de variância para as médias do diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos ambientes Convencional e Modificado.....	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	A Floricultura no Brasil e em Minas Gerais	20
2.2	A cultura da gérbera	21
2.3	Cultivo em ambiente protegido	24
2.3.1	Temperatura	27
2.3.2	Radiação	31
2.3.3	Cobertura do ambiente protegido	32
2.4	Irrigação em ambiente protegido	38
2.5	Análise geoestatística em ambiente protegido	41
3	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1	Localização regional do experimento	43
3.2	Caracterização da área experimental.....	43
3.3	Características e manejo do solo	45
3.4	Preparo do solo para o cultivo.....	49
3.5	Sistema de irrigação e manejo.....	51
3.6	Instalação do cultivo	53
3.7	Tratos culturais.....	54
3.8	Delineamento experimental.....	55
3.9	Monitoramento micrometeorológico	58
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1	Informações Micrometeorológicas.....	62
4.1.1	Informações micrometeorológicas inerentes ao centro das estufas.....	62
4.1.2	Radiação solar incidente no centro das estufas	66
4.1.3	Distribuição espacial das temperaturas nas estufas.....	67
4.1.4	Avaliação da temperatura do ponto central à média da distribuição espacial	78
4.2	Manejo da irrigação.....	81
4.2.1	Lâminas de irrigação em função da tensão da água no solo	81
4.3	Parâmetros qualitativos e produtividade	85
4.4	Avaliação do efeito do ambiente sobre o desenvolvimento da cultura.....	92
5	CONCLUSÕES.....	90
	REFERÊNCIAS	100

1 INTRODUÇÃO

A gérbera, planta herbácea, perene e versátil quanto ao caráter produtivo, de origem sul-africana, tem sido objeto de muitas pesquisas científicas com propósitos a apontar as condições adequadas ao seu cultivo comercial, seja em vaso ou corte. Sendo assim, tais pesquisas justificam-se pela grande aceitação do mercado consumidor dessa flor, uma das cinco mais produzidas no mundo, que é notado pela crescente e principalmente, contínua demanda, como também por todo o volume financeiro movimentado em sua cadeia produtiva.

A atividade da floricultura no Brasil, em crescente expansão, é responsável pela movimentação de um volume financeiro significativo devido ao alto valor agregado dos produtos, sendo também grande geradora de empregos fixos, em torno de 15 a 20 pessoas por hectare, segundo informações de Santos (2009).

Todavia, deve-se ressaltar que a viabilidade econômica das atividades relacionadas à floricultura estão ligadas diretamente ao conhecimento técnico-científico e a dificuldade de se obter lucro com essa atividade vem aumentando, exigindo contínua interação dos produtores com novas tecnologias, mostrando que a utilização dos recursos de forma eficiente é indispensável para o sucesso, uma vez que a floricultura vem passando por transformações, fazendo com que a atividade se torne cada vez mais competitiva, exigindo do produtor maior nível de especialização, profissionalismo, capacidade de gerenciamento e de tomada de decisões.

Segundo informações do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLO, 2013), em função da diversidade de cores e beleza das suas inflorescências, a produção comercial de gérbera tem aumentado no país a cada ano. No entanto, apesar do crescimento expressivo, as informações científicas sobre tecnologia de

produção, hoje disponíveis, ainda são insuficientes ou desenvolvidas para situações específicas, tornando sua aplicabilidade comprometida.

Dentre as tecnologias desenvolvidas e/ou experimentadas, estão às voltadas para o cultivo protegido, destacando-se os diversos tipos de coberturas e o manejo adequado da irrigação, considerando essencialmente os elementos micrometeorológicos prevaletentes nestes ambientes. Essa ascensão tecnológica tem a finalidade específica de direcionar, fundamentada em princípios científicos, a condução dos cultivos de forma adequada e com redução dos custos envolvidos, pois é sabido que o manejo inadequado dos cultivos convencionais e em ambiente protegido pode acarretar em desperdício de água, redução da produtividade, além de aumentar os custos com energia elétrica para bombeamento, fertilizantes e defensivos agrícolas.

Desse modo, considerando o princípio básico da maior produção pelo menor custo, o manejo adequado da irrigação tem o intuito primordial de maximizar a produtividade com eficiência de aplicação e economia de água, fertilizantes e energia elétrica, sendo esses aspectos relacionados com a adoção de boas práticas agrícolas para o cultivo de flores de corte, e em conformidade às normas do Sistema Agropecuário de Produção Integrada (SAPI) no Brasil, como proposto por Andrigueto *et al.*, (2009).

Assim, o estudo do manejo da irrigação, o conhecimento dos processos que interferem nos aspectos micrometeorológicos e consecutivamente no desenvolvimento dessa cultura em ambiente protegido, se fazem necessários para adequar procedimentos de produção nesse meio, permitindo assim, o surgimento de mais uma alternativa de demanda local para o consumidor, produção e renda desse segmento de floricultura na região sul de Minas Gerais.

Diante do exposto e considerando escassa a informação científica a respeito da produção da gérbera de corte na região sul de Minas Gerais, objetivou-se com

este trabalho estudar a produção de gérbera irrigada em ambiente protegido, contendo os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar os efeitos da utilização do polietileno de baixa densidade com e sem a malha filtro vermelha sobre a distribuição espacial da temperatura e o desempenho produtivo da gérbera;
- b) Avaliar o desempenho produtivo da gérbera sobre diferentes ambientes e níveis de tensão de água no solo;
- c) Definir a tensão da água no solo adequada ao desenvolvimento e produtividade da cultura da gérbera sob ambiente protegido Convencional e Modificado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Floricultura no Brasil e em Minas Gerais

O mercado de flores, em ascensão mundial, vem passando por transformações, de modo que é exigida para essa atividade, cada vez mais competitiva, acurada competência técnica por parte dos produtores.

Sem expressão comercial até a década de 60, muitas vezes praticada como atividade agrícola secundária, apenas para complementação de renda ou mesmo *hobbie*, a floricultura evoluiu e hoje consiste em um agronegócio competitivo e lucrativo. Segundo Salvador (2000), no Brasil, o interesse pelo cultivo de flores e plantas ornamentais, começou a destacar-se no início dos anos 70, tendo como efeito, uma grande demanda consumidora, exigindo estudos e pesquisas envolvendo as varias etapas desse processo.

Levantamentos realizados por Fischer *et al.* (2006), dizem que o cultivo de flores e plantas ornamentais no País ocupava, desde este ano, 5.200 ha, distribuídos em 304 municípios. Para estes mesmos autores, o mercado de flores está em significativa expansão devido ao mercado potencial de 150 milhões de consumidores e que, para conquistar esse mercado o produtor deve investir não só na qualidade, mas na profissionalização da atividade e na mudança de hábito do consumidor, pois, se comparado com outros Países, o consumo *per capita* de flores do brasileiro ainda é baixo, principalmente pelas barreiras culturais e financeiras.

De acordo com informações da Empresa Brasil de Comunicação (EBC, 2012), desde o ano de 2006, o segmento tem registrado taxas de crescimento entre 15% e 17% e emprega, atualmente, 194 mil pessoas. Entretanto, de acordo com o IBRAFLOR (2013), o consumo médio anual no Brasil que chega a R\$20 *per capita*, poderia ser maior se alguns problemas fossem resolvidos, tais como a falta de mão de obra especializada, ausência de informações do setor,

ações de marketing e comercialização, entre outros. Para esse mesmo instituto, o consumo médio anual no estado de Minas Gerais chega a R\$23,23 *per capita*, sendo o sétimo maior do País.

Para Marques e Filho (2003), comprar flores para ornamentação cotidiana não é um hábito comum dos brasileiros. Assim, o mercado brasileiro de flores é caracterizado pela sazonalidade, com consumo evidente em datas comemorativas. Desse modo, grande parte dos produtos derivados dessas atividades tem sido demandado por outros países.

Segundo dados de Landgraf e Paiva (2005), as exportações brasileiras de produtos florícolas dobraram nos últimos dez anos, o que evidencia a potencialidade de crescimento dessa cadeia produtiva, principalmente para o mercado externo. Ainda, segundo esses autores, Minas Gerais contribuiu com 6% das exportações nos últimos anos, ficando atrás de São Paulo (77%) e Rio Grande do Sul (8%), mas com potencial para aumentar sua participação nas exportações, assim como no mercado interno nacional e mineiro, visto que as condições climáticas são propícias e a região tem uma localização estratégica para o escoamento da produção. Na região sul de Minas Gerais, com montanhas de até 1.200 metros de altitude e clima ameno, são produzidas principalmente rosas, lírio, copo-de-leite, orquídeas e gérberras com elevada qualidade. Destacando-se os municípios de Alfenas, Lavras, Poços de Caldas, Varginha, Três Corações, Itajubá, Extrema, Camanducaia, Brasópolis, Santa Rita do Sapucaí e municípios do Circuito das Águas, na produção de mudas para jardim e algumas flores em cultivos isolados (LANDGRAF E PAIVA, 2005).

2.2 A cultura da gérberra

Segundo Mercurio (2002), a história da gérberra teve início na África do Sul, quando o mineiro escocês Robert Jameson fez em 1884 a descoberta e selecionou os primeiros exemplares, enviando para John Medley no *Botanical*

Garden em Cambridge. Após as devidas avaliações, em novembro de 1889, o botânico J. D. Hooker, sugeriu chamar essa nova e exuberante planta de *Gerbera jamesonii* (Figura 1).



Figura 1 Primeira ilustração da gérbera em cores publicada em 1889 no Botanical Curtis Magazine

Fonte: Univ. de Helsinque. Dep. de ciências agrícolas.

http://www.helsinki.fi/gerberalab/research_historyofgerbera.html

De acordo com Cardoso (2007), o gênero compreende cerca de 30 espécies, distribuídas pela África, Madagascar e Ásia tropical. Na natureza são encontradas na coloração que varia do amarelo ao laranja escuro; com o desenvolvimento de cultivares híbridos, disponibilizou-se no mercado grande variedade de cores, abrangendo: branco, nata, cor-de-rosa, vermelho, carmim e até mesmo violeta.

As flores arrançadas em roseta têm diâmetro que varia de 6,0 a 10,5 cm e haste de 30,0 a 70,0 cm. As folhas variam, de acordo com a cultivar, em tamanho e em estrutura, podendo ter comprimento de 20 a 40 cm. Nos cultivos em solo, é comum adotar espaçamentos entre plantas de 25 a 40 cm. O sistema radicular é, originalmente, pivotante, mas à medida que se desenvolve, converte-se em fasciculado e é composto por grossas raízes de onde partem numerosas radículas, com profundidade total e efetiva do sistema radicular dos cultivos em

solo, correspondentes a aproximadamente a 0,35 m, sendo este aspecto influenciado pela porosidade do solo (MERCURIO, 2004).

Segundo Hulshof (2008), no caso específico da gérbera, ainda é escassa a informação científica a respeito da sua nutrição mineral, voltadas especialmente às condições brasileiras e que as recomendações de adubação adotadas para esta cultura são aquelas sistematizadas em outros países como Holanda, Itália e Estados Unidos. Ainda segundo este autor, ressalta-se que é importante considerar que não existe um padrão ideal para adubação da cultura da gérbera e que variáveis como a temperatura, umidade, variedade de cultivo além do solo podem interferir consideravelmente nas reais necessidades nutricionais da cultura.

Quanto a condutividade elétrica do solo, Sonneveld *et al.* (1999), classificam a gérbera como uma cultura moderadamente sensível à sais. Para Martinez e Fattah (1995), valores máximos de condutividade elétrica da pasta saturada (CE_{es}) correspondentes a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ não comprometem o desenvolvimento da gérbera. Desse modo, Cavins *et al.* (2000), admitem que a gérbera deve ser cultivada com CE_{es} entre $0,76$ a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Todavia, Ludwig (2007), observou que valores de até $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ não demonstraram sintomas de estresse nas plantas de gérbera.

A propagação pode ser sexuada (semente) e assexuada (divisão de touceiras ou cultura de tecido). Pode ser produzida e comercializada como flor de corte ou em vasos, dependendo da finalidade. A gérbera de corte possui grande versatilidade no seu cultivo, podendo ser cultivada no solo, em vaso ou em sistema hidropônico, com a utilização de substratos de origem mineral ou orgânica (MUNIZ, 2010).

Para Damasceno *et al.* (2010), entre as várias espécies de flores de corte, a gérbera destaca-se pela sua importância comercial por ser um produto de alto valor agregado, estando entre as cinco mais importantes no mundo.

Segundo informações da IBRAFLOR (2013), no sentido de tornar a comercialização do produto mais transparente, seja para produtores, atacadistas, varejistas e consumidores, foi estabelecido o padrão de qualidade de comercialização da gérbera de corte para o mercado nacional, sendo os critérios de classificação pautados especialmente na uniformidade do produto quanto ao diâmetro da flor, altura da haste e aparência. Deste modo, assume-se que flores com diâmetro maior e menor que 10 cm são classificadas como flor grande e flor pequena, respectivamente. Para a altura das hastes, são denominadas hastes curtas para tamanhos inferiores a 50 cm e hastes longas para tamanhos maiores ou iguais a este valor. A aparência é classificada quanto aos defeitos apresentados, sendo tais defeitos relacionados a danos mecânicos, injúria por pragas e desidratação. Neste caso a classificação é notada pelos grupos A1 e A2, para até três defeitos apresentados e acima de três, respectivamente.

2.3 Cultivo em ambiente protegido

Segundo relatos de van den Muijzenberg (1980), a tentativa de se realizar a produção agrícola com certa independência das condições ambientais é antiga, pois o cultivo de vegetais em ambientes protegidos tem registro no Egito em aproximadamente 4000 a.C. por meio de pinturas retratando o cultivo de uvas. Existem também menções de ocorrências de cultivo protegido na China, na Grécia e na Itália já antes de Cristo.

De acordo com Sanchez e Figueiredo (2011), o cultivo em ambiente protegido é um sistema de produção agrícola especializado, que possibilita certo controle das condições edafoclimáticas, como temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica e, dessa forma, não pode ser negligenciado o planejamento da produção, dos custos e do mercado para que possa ser uma prática de alta eficiência. Nesse sentido, Carvalho *et al.* (2011), ressaltam que o cultivo em ambiente protegido tem sido utilizado, uma vez que

permite obter produto de melhor qualidade, aumentar a produtividade e colocar no mercado um produto que, em condições de cultivo em campo, não seria possível.

Para Guiselini *et al.* (2010), a adoção do cultivo protegido tem a finalidade de garantir maior qualidade da produção e atender à sazonalidade da demanda do mercado interno e que muitas vezes se faz necessário, na floricultura, o uso de ambientes protegidos. Entretanto, nesses ambientes a adoção da prática da irrigação torna-se imprescindível. Considerando tais aspectos, grande parte dos produtores de flores adotou o cultivo protegido buscando atender as reais necessidades das culturas que exploram e desse modo, oferecer às plantas as melhores condições para seu desenvolvimento.

Pandorfi (2006), acrescenta que a utilização de ambientes protegidos para os cultivos implica em diversas alterações micrometeorológicas que, por sua vez, alteram as relações entre as plantas e o ambiente. A interceptação da radiação solar pela cobertura plástica reduz a incidência desta sobre as plantas, o que, conseqüentemente, irá alterar o balanço de radiação e de energia. Associado a isso, o processo convectivo originário do saldo de radiação positivo, é inibido pela cobertura plástica que retém o ar quente e o vapor, provocando alterações nos diversos elementos micrometeorológicos, em relação ao ambiente externo, resultando, desse modo, em alterações na planta, afetando a produção, a produtividade, a qualidade e a duração de ciclo. Desse modo, Niesing (2006), conclui que a intensidade das modificações micrometeorológicas ocorridas em cada tipo de ambiente protegido irá depender não só da estrutura usada, mas do tipo de material de cobertura empregado.

Segundo Al-Helal e Abdel-Ghany (2010), a redução da temperatura do ar é um dos principais objetivos do uso de diferentes materiais nas estufas em regiões tropicais, onde as altas temperaturas ocorrem e esta redução tem grande influência sobre a redução da transpiração da cultura, resultando no consumo

reduzido de água para a irrigação e a melhor difusão da radiação solar, permitindo seu melhor aproveitamento pelas culturas. Assim, as telas de coberturas de estufas, quando corretamente escolhidas e instaladas, podem contribuir para otimizar a produção agrícola em períodos ou lugares onde as condições climáticas são adversas.

Para Holcman e Sentelhas (2012), o uso de diferentes combinações de materiais em estufas é interessante, especialmente para os produtores que cultivam plantas ornamentais, buscando as condições ideais para a produção. Ainda segundo esses autores, houve nos últimos anos, grandes avanços na caracterização das condições físicas do ambiente sob diferentes coberturas e que, existem atualmente uma extensa variedade de revestimentos com diferentes características ópticas especiais que poderão trazer vantagens específicas com o seu uso, pois esses materiais podem modificar a composição da radiação solar transmitida para o interior da estufa, culminando na melhoria do desempenho das culturas.

O uso de malhas coloridas nas culturas protegidas estimula reações fisiológicas e morfológicas específicas, melhorando a eficiência das plantas, o que resulta em vantagens qualitativas e economicamente (SHAHAK *et al.*, 2002). De acordo com Nomura *et al.* (2009), o uso de malhas coloridas consiste em uma alternativa para substituir os reguladores de crescimento vegetal, uma vez que estas têm a capacidade de modificar o espectro da radiação solar, além de promover uma proteção física nas plantas. Todavia, para Al-Helal e Abdel-Ghany (2011), embora as malhas coloridas estejam se tornando populares no mercado e amplamente utilizadas pelos produtores de plantas ornamentais em todo o mundo, sua escolha ainda é realizada de forma empírica ou econômica, não estando, muitas vezes em conformidade com princípios técnicos ou científicos. Holcman e Sentelhas (2012), justificam que, em parte, esta situação é um resultado da escassa informação técnica sobre as propriedades ópticas das

diferentes coberturas, sejam plásticos ou telas, e como esses materiais afetam o microclima nas estufas.

Assim, cabe destacar que a adoção da prática do cultivo protegido implica no conhecimento prévio não só dos aspectos envolvidos com a fisiologia e morfologia da planta, mas com os vários componentes micrometeorológicos intervenientes no processo produtivo nesses ambientes, tais como, a temperatura, a umidade relativa, a radiação solar, a luminosidade, entre outros, pois a presença desses fatores dentro de certos limites mínimos e máximos proporcionam condições propícias para o desenvolvimento da planta, enquanto fora desses limites, o desenvolvimento é prejudicado, podendo levar até mesmo à sua morte. Tais componentes são, como visto, fortemente influenciados pela adoção do tipo de material utilizado. Nesse contexto, Castellano *et al.* (2008), enfatizam a necessidade de realização de novas pesquisas científicas e difusão do conhecimento a respeito das propriedades dos diversos materiais disponíveis para cobertura de ambientes protegidos.

2.3.1 Temperatura

A temperatura do ar é um elemento determinante da atividade metabólica, de crescimento e desenvolvimento do vegetal. Deste modo, torna-se importante conhecer as limitações e necessidades de cada espécie cultivada, principalmente sob cultivo protegido. Martins *et al.* (1999), afirmam que temperatura elevadas para determinadas espécies vegetais sob cultivo protegido, pode acarretar em redução no crescimento e desenvolvimento, em razão da redução da absorção de água e nutrientes pelas raízes e com isso menor taxa de assimilação líquida, redução do transporte e distribuição de assimilados, redução da expansão foliar e a alterações anatômicas e morfológicas nas folhas, tornando-as mais curtas, largas e grossas, com pecíolos de menor comprimento.

Para Larcher (2000), altas temperaturas causam alterações irreversíveis no estado físico-químico das biomembranas e na conformação das moléculas de proteína do tecido vegetal. Especialmente no caso da gérbera, o ambiente exerce grande influência, sendo que a temperatura do ar influencia na emissão e no crescimento das folhas e na precocidade da floração. Temperaturas medianas do solo, próximas a 26 °C exercem efeitos positivos sobre o diâmetro do capítulo e o comprimento da haste floral.

As altas temperaturas, no momento do plantio e da irrigação, podem proporcionar desequilíbrio entre a parte aérea e as raízes da planta, sobretudo em solos pesados, onde o florescimento pode ser mais lento (PANDORFI, 2006).

De acordo com Leffring (1975), a temperatura média para o bom desenvolvimento da gérbera está entre 17 °C e 25 °C e entre 13 °C e 21 °C nos períodos noturno e diurno, respectivamente. Entretanto, Nowark e Rudnicki (1990), recomendam que o intervalo de temperatura diária deve estar entre 21 °C a 27 °C e a noturna não pode ser inferior a 16 °C. De acordo com INFOAGRO (2013), as baixas temperaturas no inverno podem provocar anomalias e abortos florais, devido às deficiências fotossintéticas e à baixa absorção de nutrientes pelas raízes.

Entretanto, para Cermeño (1993), a temperatura do ar no interior de ambientes protegidos é fortemente influenciada pelo balanço de energia interno a esses, dependendo, assim, dos processos de incidência da radiação solar, reflexão e reirradiação por meio dos objetos no interior da estufa, convecção e condução por meio da cobertura e paredes, renovação do ar, evapotranspiração e troca de calor com o solo.

Em estudos anteriores desenvolvidos por Seemann (1979), concluiu-se que a temperatura do ar no interior do ambiente protegido também é variável de acordo com o seu tamanho ou volume, com o tipo de cobertura, com o ângulo de incidência dos raios solares e com a cobertura do solo.

Al-Jamal (1994), acrescenta que a temperatura do ar no interior do ambiente protegido é também função da hora do dia e da distribuição de radiação solar durante o dia. Entretanto, para esse mesmo autor, avaliar a adaptação do ambiente protegido pela medição da temperatura em um ponto central de referência, não fornece uma ideia da variação desse elemento e de sua distribuição dentro do ambiente protegido.

Dessa forma, vários autores propuseram a análise da distribuição da temperatura do ar no interior do ambiente protegido por meio de vários pontos de amostragem, formando malhas e construindo linhas de distribuição de temperatura iguais no plano, ou seja, isotermas. Triki *et al.* (1984), compararam quatro diferentes sistemas de ventilação e sua influência na distribuição de temperatura, mostrada por isotermas, cujas temperaturas foram coletadas a 1,5 m de altura do solo por meio de sensores tipo termopar. Nesse estudo, foram instalados 27 termopares uniformemente distribuídos em uma estufa cujas dimensões dos ambientes protegidos eram de 64,0 m x 8,0 m com 3,2 m de pé direito. Concluiu-se que a distribuição de temperatura não é homogênea no ambiente e que a ventilação forçada não promoveu melhorias significativas na espacialização da temperatura. Ainda segundo esses autores, a baixa densidade amostral dos termopares nesse estudo pode ter induzido tais resultados.

Vanhoutte e Verlodt (1990), estudaram a distribuição de temperatura do ar em cinco ambientes protegidos na Tunísia equipados com diferentes sistemas de ventilação. A distribuição de temperatura do ar em ambiente protegido foi estudada por medidas simultâneas de temperatura usando termopares em diferentes pontos na seção vertical (27 pontos) e horizontal (45 pontos) em 4 níveis de altura (0,50 m, 1,05 m, 1,60 m e 2,15 m). O cálculo de isotermas em diferentes seções do ambiente protegido foi realizado por meio de regressão polinomial bidimensional e interpolação linear. Foi realizada uma análise comparativa dos resultados com os métodos e os desvios entre a imagem

calculada e a temperatura medida e concluíram que para a distribuição vertical, a regressão polinomial forneceu resultados com precisão similar bem como a interpolação linear. Entretanto, para a distribuição horizontal, a interpolação linear pareceu ser o método mais correto.

Buriol *et al.* (1997), determinaram o gradiente térmico vertical no interior de ambientes protegidos com filmes plásticos. Para tanto, foram utilizados dois ambientes protegidos com dimensões de 10,0 m de largura por 24,0m de comprimento, com 3,0 m de altura na parte central e 2,0 m de pé direito. A temperatura foi medida com sensores instalados nos níveis de 0,2 m, 0,6 m e 2,0 m acima do nível do solo sobre a cultura da alface e do tomate. Calcularam-se os valores médios a cada duas horas, da temperatura do ar nas três alturas medidas. Os resultados mostraram que no interior dos ambientes protegidos, durante o período diurno, ocorreu uma elevação da temperatura do ar com o aumento da altura, enquanto que no período noturno não se verificou, como seria esperado, a ocorrência de inversão térmica interna ao ambiente. Esse padrão foi observado tanto na cultura de porte baixo (alface), como na cultura de maior porte (tomate).

Furlan e Folegatti (2002), avaliaram o efeito da nebulização na distribuição da temperatura do ar na horizontal pro meio de isotermas e a distribuição vertical através de gradiente de temperatura do ar em ambiente protegido com cortinas laterais fechadas instaladas no sentido leste-oeste, sobre solo nu e concluíram que a redução de temperatura do ar provocada pela nebulização da água no ar no ambiente protegido durante 30 minutos foi, em média 12,0%.

Dessa forma, pode-se então assumir que todas as características que afetam tais processos de ganho e perda de energia, como volume de ar do ambiente protegido, condição atmosférica externa, área da superfície coberta, também condicionarão a temperatura do ar em ambientes protegidos.

2.3.2 Radiação

A radiação solar é o principal elemento que limita o rendimento das espécies tanto no campo como em ambientes protegidos, especialmente nos meses de inverno e em altas latitudes, por causa da escassa disponibilidade de energia radiante (MARTINS *et al.*, 1999). Para Beckmann *et al.* (2006), a radiação solar incidente e temperatura do ar consistem fatores preponderantes sobre o desenvolvimento vegetal. Outros autores (CERMEÑO, 1993; KITTAS *et al.*, 1999), também relatam a importância da radiação para os processos fisiológicos, tais como a fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos, floração, entre outros.

Segundo Mercurio (2002), as plantas de gérbera não toleram irradiância solar direta acima de 60.000 lux (352 a 481 W m⁻²), e a inobservância deste aspecto pode levar ao comprometimento significativo da sua produtividade.

Bernardes (1987), avaliou a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e definiu como aquela cujos comprimentos de onda induzem fortemente as respostas fisiológicas nas plantas. As plantas são transformadoras primárias de energia solar, por meio da fotossíntese, sendo sua eficiência fator determinante na produtividade agrícola. Os incrementos em produtividade potencial das plantas têm sido derivados, principalmente, do aumento da proporção de massa seca acumulada nas partes de aproveitamento econômico e pouco em razão de aumentos nas taxas de crescimento. Para Andriolo (2000), o crescimento e desenvolvimento normal das culturas somente ocorrem quando a quantidade de radiação recebida for superior ao limite trófico. Para a maioria das hortaliças esse nível é de aproximadamente 8,4 MJ m⁻² d⁻¹, de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) considerando o nível em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção.

Da radiação solar incidente na superfície atmosférica, pouco mais da metade chega à superfície do solo, por causa das perdas que ocorrem na

atmosfera como, reflexão por nuvens, absorção por gases, dispersão por partículas, entre outras (MARTINS *et al.*, 1999). Sob radiação intensa poderá não haver aumento significativo do processo fotossintético, pois este estará saturado pela radiação superando o ponto de saturação inerente à cultura. Larcher (2000), discute que a velocidade de absorção do CO₂ não é mais limitada pelas reações fotoquímicas, mas sim por reações enzimáticas e pela disponibilidade deste elemento. O uso de técnicas para atenuar a densidade de fluxo de radiação solar incidente com o objetivo de aumentar o crescimento e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas no período do ano em que a temperatura do ar está muito elevada tem-se mostrado vantajoso (BURIOL *et al.*, 1997). Assim, Kittas *et al.* (1999), enfatizam a necessidade do conhecimento das características da transmitância da irradiância solar do material de cobertura, como sendo importante para se avaliar seus benefícios potenciais, dado que, pequenas diferenças na transmitância podem ter efeito significativo no crescimento e desenvolvimento da cultura.

2.3.3 Cobertura do ambiente protegido

Segundo Assis (2004), a cobertura do ambiente protegido altera o balanço de energia em relação ao ambiente externo, embora haja redução do fluxo de irradiância solar global no interior do ambiente protegido, uma vez que, a proporção de radiação difusa, aumentada e multidirecional, penetra melhor no dossel da cultura, favorecendo o aproveitamento da energia. Além de interferir no balanço de radiação que chega às plantas, a cobertura adotada no ambiente protegido interfere também em outros parâmetros meteorológicos, como temperatura do ar, do solo e umidade relativa do ar (OREN-SHAMIR *et al.*, 2001; BURIOL *et al.*, 2000; FARIAS *et al.* 1993), redução da velocidade do vento e impedimento a incidência de chuva sobre a cultura, o que implica na necessidade efetiva de irrigação.

Desse modo, como visto anteriormente, tais condições, se bem adotadas e manejadas, propiciam melhora no crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuindo para o aumento da produtividade, além de permitir produção em épocas em que as condições meteorológicas externas são desfavoráveis.

Nesse sentido, Larcher (2000), ressalta que a adaptação de plantas da mesma espécie aos diferentes habitats estão associadas às características fisiológicas e morfológicas distintas, tornando-se essencial o conhecimento prévio do material adotado para cobertura em estufas agrícolas. A utilização de ambientes protegidos por coberturas plásticas implica em diversas modificações micrometeorológicas que alteram as relações planta-ambiente.

A interceptação da radiação solar pela cobertura plástica reduz a incidência dessa sobre as plantas, o que, conseqüentemente, irá alterar o balanço de radiação e de energia. Associado a isso, o processo convectivo originário do saldo de radiação positivo, é inibido pela cobertura plástica que retém o ar quente e o vapor, provocando alterações nos diversos elementos meteorológicos, em relação ao ambiente externo (SEEMANN, 1979). Para Guiselini *et al.* (2010), a criação de condições microclimáticas adequadas para as culturas no interior dos ambientes protegidos pode ser obtida por meio de diversas técnicas, em que as mais econômicas são aquelas nas quais se empregam o uso e a combinação de diferentes tipos de materiais de cobertura.

Segundo Cansado (2003), um dos fatores que têm impulsionado o crescimento do cultivo protegido é a utilização de plásticos, que proporcionam uma opção econômica em comparação com outros materiais normalmente utilizados para esse fim, como o vidro, a fibra-de-vidro, o acrílico e o policarbonato, entre outros.

A técnica de se utilizar plástico na agricultura é conhecida como plasticultura. De forma semelhante ao cultivo protegido, a expressão plasticultura tem sido utilizada com um significado bastante amplo. Essa

expressão, na realidade, refere-se à utilização de produtos derivados de polímeros plásticos, tais como filmes plásticos, telas e tubos de irrigação, entre outros, no cultivo de plantas. Não é raro se encontrar, na literatura disponível sobre o assunto, a utilização dos termos cultivo protegido e plasticultura como sinônimos, referindo-se na realidade a uma forma particular de proteção, conhecida comercialmente como estufa.

Estudos desenvolvidos por Aquino *et al.* (2007), mostram que a utilização de malhas em ambiente protegido, nas regiões onde a radiação solar é elevada, é recomendada, de modo a garantir que a produção não seja afetada por temperaturas elevadas, uma vez que tais malhas provem melhorias nas condições micrometeorológicas nesses ambientes. Andrade júnior *et al.* (2011), estudaram as variações micrometeorológicas em ambiente protegido com 50% de sombreamento, cultivando gérbas e concluíram que, comparado ao ambiente externo, todos os parâmetros observados como umidade relativa do ar, velocidade do vento e evapotranspiração em estufa foram afetados pela malha, que em média, foram menores do que as condições externas, exceto a temperatura que foi maior.

Guiselini *et al.* (2010), avaliaram os efeitos do uso de malhas termorrefletoras em ambiente protegido cultivados com gérbas e concluíram que essas malhas promoveram alterações na qualidade visual e mercadológica das flores. Para Bliska e Honório (1996), a escolha do material de cobertura do ambiente protegido pode alterar a quantidade de luz transmitida em seu interior, beneficiando as plantas, de acordo com suas exigências. Esse fato foi também evidenciado por Sentelhas *et al.* (1997), que estudaram o efeito de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) e PVC, concluindo que, conforme o tipo do material de cobertura, a luminosidade é atenuada de forma diferenciada e para tais característica, verificaram que, os valores de atenuação encontrados foram de 20 e 33%, respectivamente.

Para Martins *et al.* (1999), os maiores valores de transmitância para a radiação solar e PAR têm sido observados para o polietileno de baixa densidade (PEBD), nas horas centrais do dia e estações mais quentes. Buriol *et al.* (2000), estudaram estufas cobertas com filme plástico de 100 micras no período de julho a janeiro em Santa Maria (RS); foram encontrados maiores valores médios de transmitância nas horas centrais do dia (81,3%) em relação às primeiras horas da manhã (56,2%).

Segundo Hernández e Morales (1995), nas primeiras horas do dia, devido ao ângulo de incidência dos raios solares e a formação ou condensação de uma película de água formada na face interna da cobertura plástica, a transmissividade é menor em relação ao restante do dia. Além disso, Assis (2004), observou também que, não só o tipo de material adotado, como a orientação da estufa exercem forte influência na distribuição de calor interno.

Lepori *et al.* (1979), relatam que em regiões com alta insolação, durante o período do verão é recomendado o uso de sombreamento de 50% no interior dos ambientes protegidos cultivados com gérbera. Essa prática acarreta em aumento do tamanho e número de inflorescências, da coloração da folha, e conseqüentemente melhor aspecto da planta e impede que a produção não seja afetada por altas temperaturas.

Para Corrêa (2008), no cultivo protegido tradicional, isto é, sem o uso de malhas coloridas, além de exigir estrutura onerosa, proporciona efeito estufa pela cobertura de plástico utilizada, que é prejudicial em épocas quentes do ano. E que as telas de sombreamento (sombrites), na maioria das vezes, não proporcionam níveis adequados de luz, o que afeta o desenvolvimento e a produção das plantas.

Uma alternativa tecnológica desenvolvida nos últimos anos são as malhas espectrais coloridas que tem por objetivo filtrar o espectro de luz incidente (comprimentos de ondas) sobre o ambiente protegido proporcionando

uma melhor difusividade da luz, alterando a resposta fotomorfogênica das plantas. Os efeitos desse tipo de material sobre determinadas culturas ainda estão sendo estudados. Contudo, já é possível dizer que, especialmente no caso da aplicação em cultivos de flores os resultados são favoráveis. Dentre as malhas mais utilizadas estão as vermelhas e azuis, ambas com diferentes níveis de sombreamento.

Segundo Tsormpatsidis *et al.* (2008), as respostas dos cultivos sob malhas espectrais se traduzem em alterações no crescimento, desenvolvimento, morfologia e nas funções fisiológicas, como resultado à adaptação a uma condição ambiental diferente. De acordo com Shahak *et al.* (2004), as malhas vermelhas reduzem os comprimentos de ondas azuis, verdes e amarelas, e permitem a passagem de ondas na faixa espectral do vermelho e do vermelho distante, com transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm. Já a malha azul, filtra as ondas na faixa do vermelho e do vermelho distante, o que permite a passagem de ondas com transmitância na região do azul-verde (400–540 nm).

No caso das malhas tipo sombrite (malha negra), são consideradas neutras e auxiliam apenas na redução da incidência de radiação sobre as plantas, sem influência na qualidade espectral da luz (OREN e SHAMIR *et al.*, 2001). Para Saebo e Mortensen (1996), a luz vermelha atua no desenvolvimento da estrutura fotossintética das plantas, o que pode aumentar o acúmulo de amido em algumas espécies, pela inibição da translocação de assimilados para fora das folhas. No caso da luz azul, segundo Taiz e Zeiger (2004), essa permite alterar o crescimento, o desenvolvimento e a aclimação às condições ambientais das plantas.

Leite *et al.* (2008), estudaram o efeito de malhas coloridas no crescimento e florescimento da orquídea *Phalaenopsis sp.*; foi observado maior massa fresca e seca de folhas nas variedades cultivadas sob malha azul, onde

esse fato foi atribuído à qualidade da luz transmitida. Para esses mesmos autores, algumas plantas mantêm os estômatos abertos sob malha azul mesmo em condições não ideais. A luz azul entumesce a célula guarda do estômato mantendo o ostíolo aberto, ou seja, a luz azul mantém os estômatos abertos aumentando a eficiência da fotossíntese. Costa *et al.* (2007), observou efeitos positivos na anatomia foliar da alfavaca (*Ocimum selloi*) cultivada em ambiente com malha vermelha. Pesquisas realizadas por Braga (2006), com o uso de telas coloridas vermelha 50%, preta 50% e azul 50%, no cultivo de plantas de crisântemo (*Dendrathera glandiflora* cv. Rage) oriundas de cultura de tecidos, evidenciou que as telas coloridas não provocaram alterações anatômicas e fisiológicas nos tecidos dessa espécie, sendo insensível à qualidade de luz.

Corrêa (2008), estudou o efeito de telas coloridas preta, vermelha e azul no crescimento de plantas, teor de óleo essencial e anatomia de plantas de orégano (*Origanum vulgare*) e concluíram que as telas não influenciaram a biomassa seca total e área foliar, porém o ambiente à pleno sol reduziu significativamente essas variáveis; foi observado também que os teores de clorofila, densidade de estômatos e espessura de tecidos foram influenciados pelo ambiente, porém, o teor de carotenóides não foi regulado pela qualidade de luz. Guiselini e Sentelhas (2004), verificaram que as malhas instaladas internamente, horizontalmente na altura do pé direito, associadas ao filme plástico promoveram uma barreira parcial ao movimento convectivo, observando-se temperaturas superiores logo abaixo das malhas, causando assim, valores de temperatura do ar, próximo aos sensores, maiores do que no ambiente sem malha de sombreamento.

Esses resultados evidenciam que a influência da qualidade de luz está relacionada com a espécie e região da cultura estudada. Desse modo, faz-se necessário estudar mais profundamente o efeito dessas malhas em cultivos específicos como o aqui proposto.

2.4 Irrigação em ambiente protegido

Conforme discutido nas sessões anteriores, o cultivo em ambiente protegido implica necessariamente na adoção prática de suplementação hídrica artificial, isto é, irrigação. Dentre os sistemas de irrigação tecnicamente descritos em literatura científica, o sistema de irrigação por gotejamento destaca-se nesses ambientes por proporcionar o uso mais eficiente da água, baixa demanda de potência do sistema motobomba além da grande possibilidade e facilidade de automação.

Para Silva (2011), apesar de cada sistema apresentar vantagens e desvantagens, o mais indicado para o ambiente protegido é o sistema de gotejamento. Todavia, o gerenciamento da irrigação ou manejo da irrigação (mais comumente adotado), prática essa que objetiva garantir as condições hídricas necessárias ao desenvolvimento das culturas em quantidade e tempo, ainda consiste em uma dificuldade entre grande parte dos agricultores.

Segundo Paiva (2006), a irrigação só trará benefícios se feita de forma correta, minimizando os gastos com água, energia, equipamentos e outros elementos que constituem fatores de formação dos custos de produção.

As decisões sobre o momento correto de aplicação de uma determinada lâmina de irrigação são fundamentadas essencialmente nos preceitos das relações água-solo-planta-atmosfera. Desse modo torna-se imprescindível a obtenção de informações técnicas que muitas vezes são inacessíveis ao produtor rural irrigante. Para Bernardo *et al.* (2008), conhecer o comportamento de cada cultura em função das suas fases fenológicas e necessidade hídrica correspondente são importantes para a determinação da lâmina de irrigação e definição do momento de irrigar, pois submeter a cultura ao estresse hídrico por falta ou excesso de água provocaria quedas de produção. Nesse sentido Pires *et al.* (2007), acrescentam que normalmente o excesso ou déficit hídrico, condições

essas que podem caracterizar a baixa eficiência do uso da água em sistemas de irrigação, são limitantes à obtenção de boas produtividades e qualidades.

Dentre as possibilidades de execução do manejo da irrigação estão os métodos que consideram os aspectos meteorológicos ou aqueles que notam apenas os aspectos físico-hídricos do solo. Nesse último, a técnica mais utilizada é denominada tensiometria e consiste em associar uma tensão ou força com que a água está retida no solo (Potencial matricial) e sua respectiva umidade. Desse modo, essa técnica apresenta-se como bastante simples e acurada no que tange ao fornecimento adequado de água às plantas.

Todavia, até que se processe o manejo, como em qualquer outra técnica, serão necessários levantamentos de dados que, nesse caso, constituirão a curva de retenção de água no solo (CRAS) e equipamentos específicos como os tensiômetros e tensímetros. Além disso, também são aplicados modelos matemáticos para identificação do par ordenado tensão-umidade. Dourado Neto *et al.* (2001), desenvolveram um software largamente utilizado para esse propósito e dentre os modelos matemáticos utilizados para gerar a CRAS está o desenvolvido por van Genuchten (1980).

De acordo com Cunha *et al.* (2013), o tensiômetro vêm sendo apontado como um excelente método para estabelecer o momento e a quantidade de água da irrigação, principalmente por não exigir a determinação de dados meteorológicos, às vezes indisponíveis. Entretanto, deve-se também considerar que, apesar de acurado, este método é limitado. Segundo Bandeira *et al.* (2013), a tensiometria funciona adequadamente na faixa de potencial entre 0 e -80 kPa. Marouelli (2008), afirma que para olerícolas, quando irrigadas por gotejamento, o potencial matricial não deve estar abaixo de -40 kPa.

De acordo com Muniz (2010), as plantas ornamentais são bastante susceptíveis às deficiências hídricas, principalmente, às grandes variações do nível de água no solo, refletindo-se em precário e desuniforme crescimento e

desenvolvimento das mesmas. Farias e Saad (2011), avaliaram o desenvolvimento do crisântemo em vaso com substrato misto, submetido a diferentes tensões de água, concluíram que a melhor qualidade do crisântemo em vaso foi obtida com as tensões -2, -6 e -10 kPa e que a tensão de -30 kPa, embora tenha levado à redução na qualidade comercial do crisântemo, resultou em maior durabilidade pós-colheita.

Spanomitsios *et al.* (1995), estudando quatro cultivares de gérbera, estabelecendo limites entre -15 e -25 kPa, para o potencial matricial dos substratos (areia, perlita, zeolita e lã de rocha), potenciais esses próximos à capacidade máxima de retenção de água pelo substrato. Neste estudo, as plantas submetidas à tensão de -15 kPa foram aquelas com a melhor qualidade e produtividade.

Richther (1996), com o intuito de obter plantas de gérbera em vaso, mais compactadas, estudou o efeito da redução da disponibilidade de água no substrato e obteve plantas de melhor qualidade quando o substrato foi mantido com potencial matricial entre -10 e -20 kPa. Bellé (1998), estudou diferentes níveis de tensão de água no solo em vaso para a cultura da gérbera e concluiu que as plantas mantidas com potencial de -21 kPa, tiveram melhor qualidade.

Segundo Leffring (1975), no cultivo de gérbera o substrato deve possuir boa aeração e uniformidade na distribuição de água de modo a evitar o encharcamento, pois esta é intolerante à saturação.

Para Oliveira (2012), apesar de existirem vários instrumentos de fácil manejo e baixo custo para monitorar a aplicação de água nas culturas, no Brasil, o manejo da irrigação em flores é, muitas vezes, realizado empiricamente, sem o controle da umidade no solo e sem a determinação da evapotranspiração da cultura, resultando em insucesso. Para evitar o risco da ocorrência de déficit hídrico, muitos floricultores irrigam várias vezes ao dia. Todavia, irrigações em excesso aumentam os custos de produção, devido ao maior uso de energia para

bombeamento e, também, ao desperdício de nutrientes que são lixiviados, além de poluir o ambiente e reduzir a produção. Assim, Vilas Boas *et al.* (2012), enfatizam a necessidade da realização do manejo criterioso da irrigação, em virtude da preocupação, em nível mundial, com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a adoção do método de irrigação localizada, tem sido aceita, para a grande maioria das culturas, tanto para novas áreas quanto para a substituição dos métodos de irrigação por superfície e por aspersão, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (fertirrigação), nas mais diversas condições ambientais.

2.5 Análise geoestatística em ambiente protegido

Segundo Journner e Huijbregts (1978), a geoestatística é um conjunto de modelos e ferramentas desenvolvidas para a análise estatística dos dados contínuos. Estes dados podem ser medidos em qualquer local no espaço, mas estão disponíveis num número limitado de pontos de amostragem. Assim, pode-se dizer que a geoestatística é baseada na utilização de uma medida de uma variável regionalizada em um único local para obter informações sobre os valores da variável em outro local.

Para Rodriguez-Lado (2007), a aplicação de técnicas geoestatísticas constituem uma ferramenta essencial para o conhecimento da distribuição espacial de atributos climáticos aplicados a várias áreas do conhecimento. Todavia, em grande parte dos estudos desenvolvidos, são avaliados elementos climáticos compreendidos em grandes regiões e oriundos de séries históricas. Em virtude disto, pesquisas tem sido desenvolvidas no sentido de avaliar a distribuição espacial dos elementos micrometeorológicos em escala grande, isto é, em áreas reduzidas, tais como estufas agrícolas.

Nesse sentido, Sapounas *et al.* (2008), dizem que a análise geoestatística tem sido aplicada no sentido de melhorar o entendimento do comportamento espacial de variáveis micrometeorológicas interna aos ambientes protegidos, a fim de adequar e melhorar a eficácia da produção nesses ambientes.

Segundo vários autores (COLLINS E BOLSTAD, 1996; BURROUGH E McDONNELL, 1998; GOODALE *et al.* 1998; RODRIGUES-LADO, 2007; GÓMEZ *et al.*, 2008; CLAPS *et al.* 2008), entre os vários interpoladores aplicados às técnicas geoestatísticas, a krigagem destaca-se quando a variável espacializada é a temperatura.

Bojocá *et al.* (2009), utilizou interpoladores geoestatísticos para avaliar a distribuição espacial de temperatura em ambiente protegido e concluiu que os métodos geoestatísticos provaram ser uma ferramenta útil para o estudo da distribuição da temperatura no interior de estufas e que, dentre os modelos aplicados ao estudo, a krigagem apresentou-se como mais indicada quando a variável é a temperatura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização regional do experimento

O experimento foi instalado e conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia (DEG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, situado na região sul do estado de Minas Gerais com as seguintes referências geográficas; altitude média de 919 metros, coordenadas geográficas latitude, 21,25° S e longitude 45,00° W (IBGE, 2013).

Segundo Sá Júnior *et al.* (2012), o clima predominante da região é classificado, de acordo com metodologia proposta por Köppen, como do tipo Cwa, com as seguintes características; Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente. A precipitação média invernal é inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses dessa estação. Apresenta verão quente e a temperatura média do mês mais quente é superior à 22 °C. A precipitação é concentrada predominantemente no verão. A temperatura do ar média anual é de aproximadamente 19,8 °C.

3.2 Caracterização da área experimental

Dentro dos limites da área experimental do DEG, foram selecionadas duas estufas agrícolas considerando suas proximidades, dimensões e orientação correlatas. As estufas foram restauradas e equipadas para atender aos propósitos do experimento, conforme posterior descrição, e então denominadas como “Estufa Convencional” e “Estufa Modificada”.

Em ambas, as dimensões externas correspondem a 12 m de comprimento, 7 m de largura, 2,5 m de pé direito e 4 m de altura total (pé-direito + arco), constituído por uma cobertura impermeável de filme de polietileno de baixa densidade transparente com tratamento anti-UV e espessura de 0,15 mm.

Na Estufa Convencional (Figuras 2A e 2C), as laterais foram cobertas por tela antiafídica em monofilamento de polietileno de alta densidade (HDPE),

na cor branco natural, com aditivo estabilizador (Anti-UV e Antioxidante). Na Estufa Modificada (Figuras 2B e 2D), as laterais e ao nível do pé-direito em toda a extensão foram instaladas a malha que permitem a transmissão de ondas na faixa do vermelho próximo e vermelho distante com 50% de sombreamento denominadas ChromatiNet Vermelha® 50.

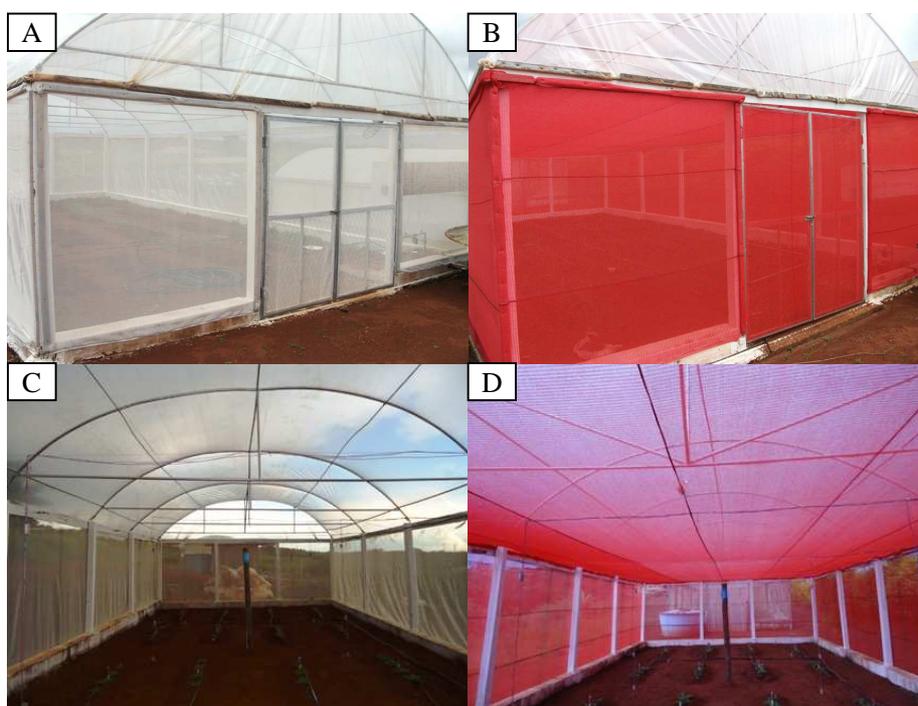


Figura 2 Face externa da Estufa Convencional (A), face externa da Estufa Modificada (B), face interna da Estufa Convencional (C) e face interna da Estufa Modificada (D).

A altitude aproximada da superfície das estufas corresponde a 903 m e o ponto central entre ambas é designado pelas coordenadas geográficas lat.: 21,229811° S e Long.: 44,976752 ° W. Quanto à orientação geográfica, essas encontram-se instaladas com o alinhamento de seus comprimentos na direção

Noroeste-Sudeste, com um ângulo 316° no sentido horário, tendo o Norte como referência (ângulo azimutal), (Figura 3).

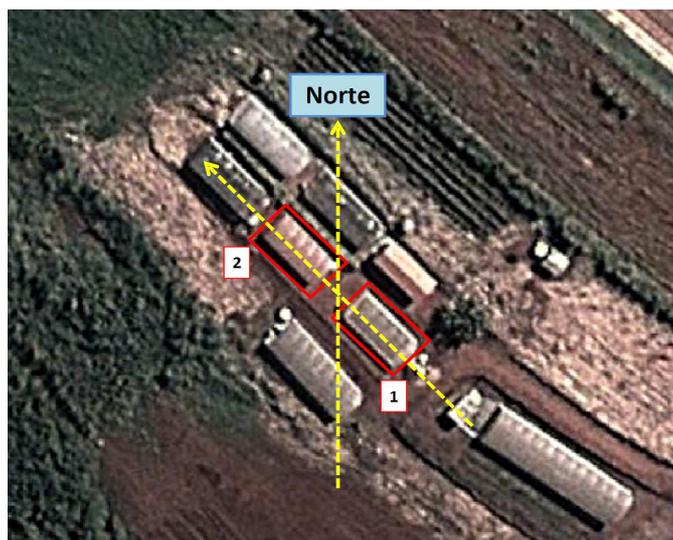


Figura 3 Vista superior da orientação das estufas na área experimental do DEG. Estufa Convencional (1) e Estufa Modificada (2)

3.3 Características e manejo do solo

Na área onde foi desenvolvido o experimento, assim como em grande parte da região, o tipo de solo predominante é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006), com textura argilosa.

Nos meses de novembro e dezembro de 2011 e janeiro de 2012, anteriores à condução do experimento, toda a superfície do solo nas duas estufas foi carpida, umedecida e coberta por uma lona plástica opaca à luz (preta), com o propósito de reduzir a infestação por plantas daninhas, assim como realizar a desinfecção de possíveis patógenos de solo. Essa técnica denominada solarização é detalhada por Ghini (2001).

Para a análise das características químicas inerentes à fertilidade do solo, foram coletados em dezesseis pontos aleatórios de cada estufa amostras de solo

correspondentes ao perfil 0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m, constituindo assim quatro amostras compostas, sendo duas para cada estufa. As análises foram realizadas pelo laboratório de análise de solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da UFLA, registradas sob protocolo n°. 000609. Os resultados das análises químicas relacionadas à fertilidade do solo são visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 Caracterização química do solo nas estufas Convencional e Modificada

Análise química do solo na Estufa Convencional*							
Perfil <i>m</i>	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺
		<i>mg dm⁻³</i>			<i>cmol dm⁻³</i>		
0 – 0,2	5,9	38,2	61	-	4,1	1,2	0,0
0,2 – 0,2	6,2	12,7	56	-	3,5	1,0	0,0
Perfil	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	<i>cmol dm⁻³</i>	<i>cmolc dm⁻³</i>			%		<i>dag kg⁻¹</i>
0 – 0,2	1,9	5,5	5,5	7,3	74,6	0,0	2,0
0,2 – 0,4	2,1	4,6	4,6	6,7	69,1	0,0	2,0
Perfil	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	<i>mg L⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>					
0 – 0,2	7,6	10,1	42,2	46,8	6,3	0,2	176,5
0,2 – 0,4	6,0	10,2	33,9	33,7	5,9	0,6	167,4
Análise química do solo na Estufa Modificada*							
Perfil <i>cm</i>	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺
		<i>mg dm⁻³</i>			<i>cmol dm⁻³</i>		
0 – 0,2	6,6	46,6	136	-	5,1	2,0	0,0
0,2 – 0,4	6,6	20,2	55	-	3,7	1,2	0,0
Perfil	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	<i>cmol dm⁻³</i>	<i>cmolc dm⁻³</i>			%		<i>dag kg⁻¹</i>
0 – 0,2	1,5	7,5	7,4	8,9	83,4	0,0	2,2
0,2 – 0,4	1,9	5,0	5,0	8,9	73,1	0,0	2,0
Perfil	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	<i>mg L⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>					
0 – 0,2	8,2	13,0	39,6	60,0	7,4	0,9	176,5
0,2 – 0,4	8,5	6,5	31,0	31,5	5,9	0,8	150,4

* pH em água – relação 1:2,5; P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg-Al – Extrator: Kcl - 1 mol/L; H+Al – Extrator: SMP; B – Extrator água quente; S – Extrator: Fosfato monocálcio em ácido acético

Para as análises relacionadas às propriedades físicas do solo foram realizados os seguintes amostragens:

- Massa específica do solo (ρ_g) – Adaptou-se um cilindro (anel volumétrico) em PVC, o qual foi acoplado ao amostrador de Uhland. O cilindro adaptado com dimensões 4,39 cm de diâmetro interno e 5,09 cm de altura foi utilizado para coleta de solo em dois diferentes pontos de cada estufa a uma profundidade de 0,25 – 0,3 m. Ressalta-se que este procedimento foi realizado somente após a demarcação e preparo dos canteiros de cultivo.
- Massa específica das partículas (ρ_p) – Em virtude da pequena variabilidade temporal deste parâmetro, foi assumido o valor correspondente a $2,64 \text{ g cm}^{-3}$ conforme Silva (2011)¹.
- Porosidade total do solo (P_t) – Este parâmetro é função direta da ρ_g e ρ_p e foi obtido através da seguinte equação, segundo Bernardo *et al.*, (2008):

$$P_{t(\%)} = \left(1 - \frac{\rho_g}{\rho_p} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Tabela 2 Características físicas do solo da área do experimento, para a camada de 0,25 – 0,3 m de profundidade

Amostra	ρ_g g cm ⁻³	ρ_p	P_t %
1 - Convencional	1,09	2,64	58,87
2 - Convencional	1,07		59,62
1 - Modificada	1,03		61,13
2 - Modificada	1,01		61,89

A curva característica de retenção da água do solo (CRAS) foi obtida experimentalmente a partir das análises realizadas no laboratório de relação

¹ Este autor desenvolveu suas pesquisas de doutorado nos mesmos ambientes onde este estudo foi conduzido.

água-solo do solo do DEG/UFLA. As amostras de solo com estrutura deformada foram coletadas em cada ambiente a uma profundidade de 30 cm, totalizando 10 amostras em cada estufa, homogeneizadas e postas para secar ao tempo e abrigadas (Terra Fina Seca ao Ar - TFSA). Em estado de TFSA, as amostras foram colocadas em cilindros de PVC e depois de saturadas, levadas para uma bancada dotada de funil de placa porosa (funil de Haines), para a determinação de pontos de baixa tensão (-2, -4, -6, -8 e -10 kPa), assim como para a câmara de pressão com placa porosa (extrator de Richards) para determinação dos pontos de alta tensão (-20, -33, -40, -70, -1.000 e -1.500 kPa).

Utilizando o programa computacional SWRC (*Soil Water Retention Curve*), desenvolvido por Dourado Neto *et al.* (2001), foram gerados os parâmetros de ajuste da curva de retenção (Tabela 3), segundo modelo proposto por van Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão ou força de retenção da água no solo (potencial matricial de água no solo).

Tabela 3 Parâmetros de ajuste da CRAS ao modelo proposto por van Genuchten (1980)

Estufa	θ_r	θ_s	α	m	n
	$cm^3 cm^{-3}$	$cm^3 cm^{-3}$	cm^{-1}	<i>adimensional</i>	
Convencional	0,2357	0,6146	0,2697	0,5156	2,0645
Modificada	0,2457	0,6395	0,2848	0,5198	2,0821

A CRAS ajustada pelo modelo proposto por van Genuchten (1980) é descrita por:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \cdot \left[1 + (\alpha \cdot |\psi_m|)^n \right]^{-m} \quad (2)$$

em que,

θ - umidade com base em volume ($cm^3 cm^{-3}$);

θ_r - umidade residual ($cm^3 cm^{-3}$);

θ_s - umidade de saturação ($cm^3 cm^{-3}$);

Ψ_m - tensão de água no solo (kPa);

α (cm^{-1}), m e n são parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten (1980).

Com base nos dados fornecidos pelo laboratório, parâmetros obtidos pelo software SWRC e tomando a equação 2, pôde-se gerar as curvas de retenção de água no solo para as estufas Convencional e Modificada (Figura 4).

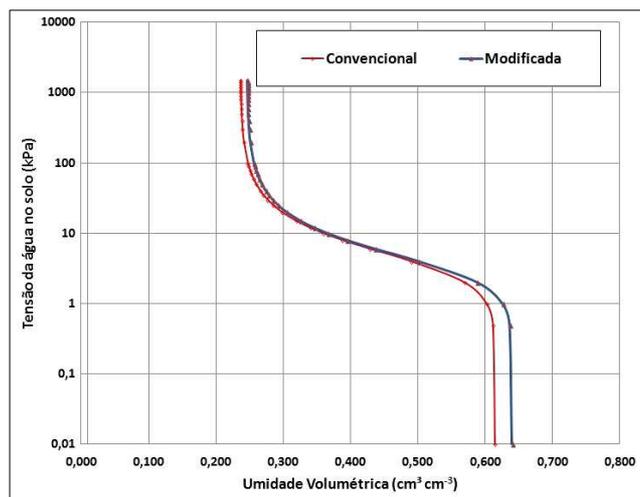


Figura 4 Curva característica de retenção de água no solo gerada por meio do modelo proposto por van Genuchten (1980)

As umidades correspondentes à capacidade de campo para cada ambiente foram estabelecidas pelo do modelo proposto por Dexter (2004), e corresponderam a $0,453 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,4714 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para as estufas Convencional e Modificada, respectivamente.

3.4 Preparo do solo para o cultivo

Anterior à delimitação dos canteiros e realização dos procedimentos para análises físicas do solo, conforme descrito anteriormente, em toda a área nas estufas, foi utilizado um cultivador motorizado equipado com enxada rotativa que realizou mobilização do solo até a profundidade de interesse da cultura (efetiva do sistema radicular). Tal procedimento implicou na melhoria da

aeração e porosidade total do solo e, portanto, na maior facilidade de desenvolvimento radicular e exploração do solo pela cultura. Em seguida, com a utilização de ferramentas de campo, os canteiros foram delimitados e construídos. Em cada estufa foram construídos 16 canteiros com área útil de 1,04 m², proporcionalmente distribuídos tendo como dimensões 1,3 m de comprimento, 0,8 m de largura e 0,3 m de altura.

Para a correção da fertilidade do solo, foram consideradas as análises de fertilidade, anteriormente descritas, assim como as recomendações propostas por Hulshof (2008). Desse modo pôde-se definir o nutriente a ser aplicado e a dosagem da adubação de correção necessária ao desenvolvimento adequado da cultura em cada canteiro, conforme Tabela 4.

Tabela 4 Adubação adotada na condução do experimento

Estufa	Recomendação de adubação		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		<i>Kg ha⁻¹</i>	
Convencional	80	120	160
Modificada	80	120	80
Estufa	Aplicação de adubo partir da fonte de nutriente*		
	(NH ₂) ₂ CO	SS	K ₂ SO ₄
		<i>g m⁻²</i>	
Convencional	18,9	26,0	34,6
Modificada	18,9	26,0	17,3

* Fontes de nutrientes utilizados: Ureia; Superfosfato Simples e Sulfato de Potássio

A adubação das fontes de nitrogênio e potássio foi parcelada duas partes, sendo 50% durante o preparo dos canteiros e o restante aplicado 20 dias após o transplântio das mudas (DAT). O superfosfato simples foi aplicado integralmente durante o preparo dos canteiros. Hulshof (2008), ressalta que é importante considerar que não existe um padrão ideal para adubação da cultura da gérbere e que variáveis como a temperatura, umidade, variedade de cultivo além do solo podem interferir consideravelmente nas reais necessidades

nutricionais da cultura. Desse modo, salienta-se que a adubação proposta foi uma aproximação na tentativa de alcançar o ideal de fertilidade necessário ao desenvolvimento da gérbera durante a condução deste experimento.

A análise de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) foi realizada com duas amostras em cada estufa, retiradas 30 dias após a adubação. Os resultados mostraram valores menores que $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ em todas as amostras, portanto adequados conforme referências descritas em literatura científica para a gérbera.

3.5 Sistema de irrigação e manejo

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento. Os gotejadores utilizados foram do tipo *on-line*, autocompensantes e autolimpantes, com vazão de $2,3 \text{ L h}^{-1}$ para pressão de serviço entre 5 a 30 m.c.a., fabricados pela Plastro Brasil e denominados Katif preto com saída lateral. A tubulação utilizada foi em polietileno de baixa densidade (PELBD) com diâmetro interno de 16 mm (DN16) e pressão nominal de 35 m.c.a. (PN35). Em cada canteiro foram instalados seis gotejadores espaçados a cada 25 cm, de modo a promover uma faixa molhada contínua. No cabeçal de controle foi instalado um sistema motobomba centrífuga com potência de 1 CV em regime de instalação hidráulico com sucção negativa (afogada), seguido de filtro de disco com *mesh* 140 e registros de abertura e fechamento rápido em PVC, sendo esses correspondentes a cada um dos tratamentos ao qual as plantas foram submetidas.

Posteriormente à completa instalação do sistema de irrigação em cada estufa foram realizados ensaios para avaliação da vazão média dos gotejadores e uniformidade de distribuição. Para avaliar a uniformidade de distribuição do sistema de irrigação instalado, adaptou-se o método proposto por Christiansen (1942), denominado CUC. Durante a avaliação da vazão, cada registro (tratamento) foi acionado individualmente, mantendo-se a leitura da pressão na

saída da motobomba sempre constante e em cada canteiro irrigado foi tomada a vazão de três gotejadores, totalizando 12 observações para cada tratamento de irrigação e 48 observações em cada estufa. Após as observações, os valores obtidos nesse ensaio para o CUC corresponderam a 93,5% e 94,8% nas estufas Convencional e Modificada, respectivamente.

A vazão média dos gotejadores avaliados para uniformidade de distribuição nas duas estufas não foi consideravelmente alterada e correspondeu ao valor de $2,41 \text{ L h}^{-1}$, sendo essa um pouco superior ao valor indicado pelo fabricante. Tal avaliação aliada ao número de gotejadores por canteiro e espaçamento adotado, permitiu estimar a intensidade de aplicação (I_a) para cada parcela irrigada, que correspondeu a $13,9 \text{ mm h}^{-1}$.

O manejo da irrigação foi realizado pela técnica da tensiometria fundamentada na CRAS. Em todos os 16 canteiros de cada estufa foram instalados tensiômetros a profundidade de 27 cm, tendo como referência o nível da leira de cultivo. O comprimento total dos tensiômetros corresponde a 42 cm.

As observações quanto à tensão da água no solo foram realizadas com periodicidade diária, utilizando um tensímetro digital com correção automática à “zero”, após leituras. A leitura correspondente ao potencial matricial da água no solo foi corrigida em função do comprimento do tensiômetro. Com o intuito de facilitar as observações de campo e a realização da irrigação, as cápsulas de proteção dos tensiômetros foram pintadas com cores distintas (Figura 5). O potencial matricial, correspondentes a cada tratamento e suas respectivas umidades e cores, são mostradas na Tabela 5.

Tabela 5 Potencial matricial e umidade correspondente em cada tratamento

Tratamento	Ψ_m (kPa)	θ ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)	Cor
1	-15	0,3036	Vermelho
2	-25	0,2793	Amarelo
3	-35	0,2676	Verde
4	-50	0,2583	Azul

Os valores representados na Tabela 5 foram utilizados em ambas estufas, uma vez que a umidade correspondente ao potencial matricial observado de cada tratamento teve variação menor que 0,8% em todos os casos.

O potencial matricial da água no solo correspondente à umidade na capacidade de campo nas estufas Convencional e Modificada foram -5,0 e -4,8 kPa, respectivamente.

3.6 Instalação do cultivo

A espécie cultivada nos experimentos foi a *Gerbera jamesonii*, cultivar *Gérbera Festival Red with Eye*. Esse material foi obtido com a Ball Horticultura do Brasil LTDA, que detém direito de propagação dessa cultivar, amparada na lei federal 9.456/97. As mudas foram recebidas em 4 de janeiro de 2012 com padrão comercial de cultivo, cerca de 10 cm de altura, após 30 dias de semeadura, de acordo com informações prestadas pelo fornecedor. O transplântio ocorreu no dia 6 de janeiro (Figura 5A). Foram transplantadas quatro mudas para cada canteiro, espaçadas em 30 cm, totalizando 16 plantas por tratamento e 64 plantas em cada estufa. Durante os 30 dias seguintes, até que fosse estabelecido o “pegamento” das mudas, a lâmina de irrigação aplicada não foi diferenciada, mantendo-se alta frequência e, desse modo, a umidade do solo esteve sempre muito próximo à situação ideal, isto é, com a umidade na capacidade de campo (Figura 5B). Especialmente na estufa Convencional, houve 14 replantios em virtude do ataque de formiga saúva (gênero *Atta*). Na estufa Modificada apenas quatro replantios foram realizados. Entretanto, a necessidade de replantio ocorreu até 15 dias após o transplântio inicial e não produziu qualquer efeito negativo na condução do experimento.

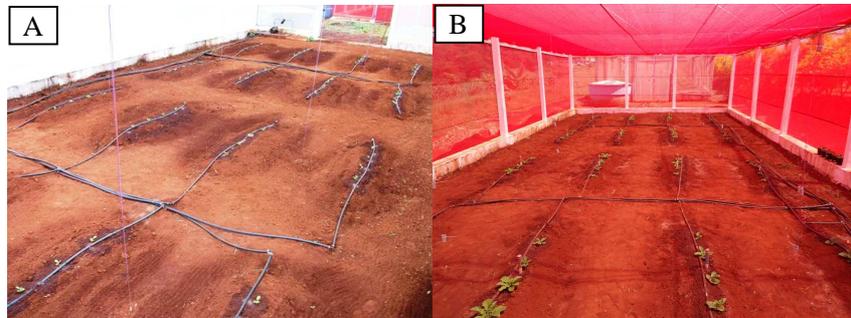


Figura 5 Mudanças com dois DAT na Estufa Convencional (A) Plantas com 35 DAT na Estufa Modificada (B)

O experimento foi efetivamente conduzido no período de 10 de fevereiro a 30 de julho de 2012, contemplando 170 dias de observações.

3.7 Tratos culturais

O controle do ataque de formiga saúva inicialmente foi realizado com o inseticida em pó à base de *diazinon* em 8 de janeiro. Associado a aplicação desse composto também foi deixado em cada estufa 5 pacotes de 50g de isca granulada à base de *Fipronil* e *Sulfluramida*. Entretanto, não produziram o efeito esperado. Em 15 de janeiro, foi então aplicado formicida à base de *Fipronil*. A calda foi formulada com 4 ml do produto para 20 litros de água e aplicada em toda a área interna da estufa e região circunvizinha. Após 90 dias desde a primeira aplicação foi realizada nova aplicação do produto.

A fim de se realizar o controle fitossanitário adequado, foram realizadas inspeções periódicas nos ambientes. Deste modo, avaliações visuais foram feitas a fim de se detectar a presença de pragas e a ocorrência de doenças durante o cultivo. Todavia, preventivamente, foram realizadas pulverizações quinzenais de inseticida/acaricida/nematicida à base de *Abamectina* e inseticida de contacto e ingestão a base de *Deltrametrina* em duas aplicações durante o período de cultivo.

Adubações foliares foram realizadas com frequência quinzenal, com fertilizante orgânico, fonte de nutrientes e aminoácidos.

Diariamente foi feita a limpeza de folhas danificadas por injúrias e retirada de eventuais plantas daninhas nos canteiros ou área de circulação das estufas.

3.8 Delineamento experimental

Em cada estufa, foram realizados dois experimentos, executados simultaneamente, que consistiram nas análises das interferências quanto ao estresse hídrico no desenvolvimento e na produção das plantas e a influência da distribuição espacial da temperatura sobre o cultivo. A avaliação entre o comportamento das variáveis produtividade e distribuição espacial da temperatura também foram avaliados entre os ambientes.

Para a avaliação da resposta da cultura ao estresse hídrico foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos e em quatro repetições, sendo os tratamentos denominados T1, T2, T3 e T4, definidos por quatro tensões de água no solo, correspondentes aos potenciais -15, -25, -35 e -50 kPa, respectivamente, sendo tais tensões determinantes para definição do momento de irrigação. Na Figura 6 pode-se observar o esquema de montagem dos tratamentos no delineamento adotado no experimento. A decisão pelo delineamento em DBC teve por finalidade separar regiões com possíveis características micrometeorológicas homogêneas distintas em razão principalmente do efeito da incidência de radiação solar nas laterais longitudinais das estufas promovida pelo movimento solar diário. Os testes estatísticos para os dados relacionados ao estresse hídrico vs parâmetros de produtividade e desenvolvimento da cultura, denominados por: Diâmetro da Planta (DP), Altura da Haste (AH), Número Total de Botões Florais (NTBF) e

Diâmetro do Botão Floral (DBF) em cada ambiente, foram realizados com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.3 (Ferreira, 2011).

Observando que o delineamento e tratamentos foram os mesmos nos dois ambientes, foi adotada técnica de análise de grupos de experimentos (PIMENTEL-GOMES, 2009), para avaliar a possibilidade da influencia decisiva dos ambientes sobre os efeitos dos tratamentos. Nesse caso, a avaliação dos parâmetros entre os ambientes foi realizada por meio do software R (2010).

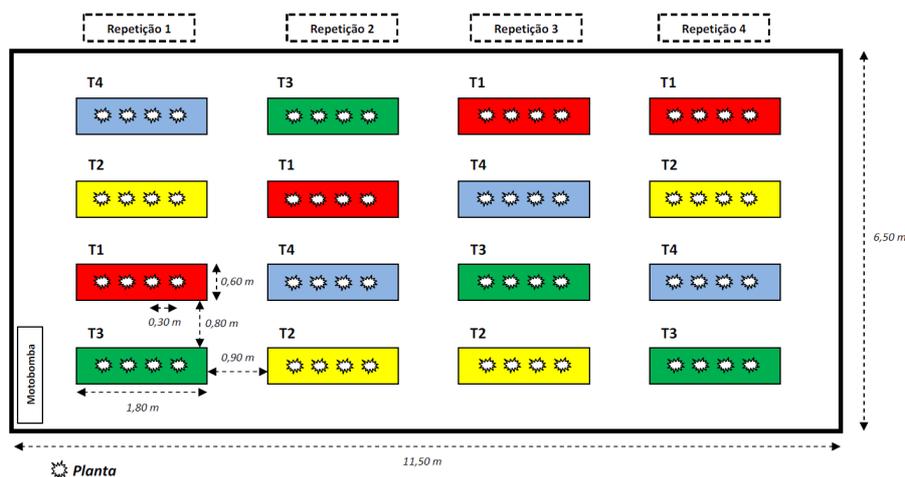


Figura 6 Layout do delineamento estatístico em blocos casualizados nas Estufas Convencional e Modificada

Para avaliação da informação espacial da temperatura em cada ambiente, foi utilizado o software Surfer 10[®] e o interpolador adotado foi a krigagem.

A avaliação das informações das temperaturas em cada ambiente foram correlacionadas aplicando-se o teste F a 5% de significância. Outro parâmetro utilizado para avaliar a concordância entre as informações referentes à temperatura em cada estufa foi o índice de Willmott *et al.* (1985; 2012). O índice

de concordância proposto por Willmott e outros, está relacionado ao grau de proximidade entre os valores observados, variando de zero (sem exatidão), para nenhuma concordância, a um, para a concordância perfeita (exata). Segundo Legates e McCabe (2012), o modelo desenvolvido e refinado por Willmott *et al.* (2012), consiste em um índice de desempenho requintado e tem sido largamente utilizado para diversos propósitos entre os quais estão as informações relacionados aos aspectos meteorológicos.

O desempenho das temperatura também foi avaliado utilizando o Índice de performance “*Ip*”. Esse índice é uma atualização do índice de confiança proposto por Camargo e Sentelhas, (1997), que consiste no produto do coeficiente de correlação “*r*” (coeficiente de correlação de Pearson) e o índice de concordância refinado “*dr*” (WILLMOTT *et al.*, 2012).

Esse índice, descrito por Alvares *et al.* (2013), é a combinação de acurácia (exatidão) e precisão, onde a precisão é fornecido pelo coeficiente de correlação de “*r*”, que indica o grau de dispersão dos dados a partir da média, ou seja, o erro aleatório de dispersão e a exatidão conferida pelo modelo consolidado e refinado de Willmott *et al.* (1985; 2012).

Os critérios para interpretação e/ou classificação do índice de performance “*Ip*” são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Classificação do índice de performance “*Ip*”

<i>Ip</i>	Avaliação
< 0	<i>Péssima</i>
$0 \leq Ip < 0,15$	<i>Ruim</i>
$0,15 \leq Ip < 0,3$	<i>Pobre</i>
$0,3 \leq Ip < 0,45$	<i>Tolerável</i>
$0,45 \leq Ip < 0,6$	<i>Boa</i>
$0,6 \leq Ip < 0,75$	<i>Muito Boa</i>
$\geq 0,75$	<i>Excelente</i>

3.9 Monitoramento micrometeorológico

No ponto central em cada estufa a uma altura de 1,8 m, no interior de um cilindro de PVC com 200 mm de diâmetro tendo as extremidades superior e inferior abertas, com a finalidade de abrigo, foi instalado um termohigrômetro digital datalogger do fabricante NOVUS, denominado *LogBOX RHT* (Figura 7A). Esse equipamento foi programado para realizar o armazenamento da informação da umidade relativa do ar e da temperatura do ar a cada 60 minutos.

Para a avaliação sistemática da distribuição espacial da temperatura em cada ambiente foram instalados 16 pontos (sensores) de observação da temperatura do ar, distribuídos uniformemente em dois níveis, sendo oito sensores ao nível de 0,3 m acima da superfície do solo e os demais a 1,8 m. A distribuição espacial dos sensores de observação em cada nível nos ambientes pode ser visto na Figura 8.

Os sensores utilizados foram termopares do tipo “T”, constituídos de pares termoeletrônicos (liga metálica) de cobre-constantan que são adequados para temperaturas positivas, conferindo acurácia de medição significativa entre 0 e 350 °C (ANSI, 1982). Os termopares foram instalados em microabrigos de PVC com 25 mm de diâmetro interno e altura de 65 mm dispostos verticalmente nos níveis N1 e N2, correspondentes às alturas de 0,3 m e 1,8 m, respectivamente. O espaçamento horizontal adotado foi 2,5 m entre os pontos de observação e 2,0 m entre as extremidades das estufas (Figura 8).

Para instalação dos abrigos e termopares em suas devidas posições, foi criada uma estrutura de tirantes em meio às estufas. Os termopares foram conectados à registradores automáticos (dataloggers) programados para armazenar a observação a cada 60 minutos. Cada datalogger possui oito canais de entrada e desse modo, foram utilizados dois equipamentos em cada estufa. Sua alimentação por corrente elétrica de 110 V, estabeleceu a necessidade do uso de *nobreak* em virtude da possibilidade de interrupção do fornecimento de

energia elétrica, sendo então adotados. O equipamento utilizado foi do modelo *FieldLogger* do fabricante NOVUS (Figura 7B).

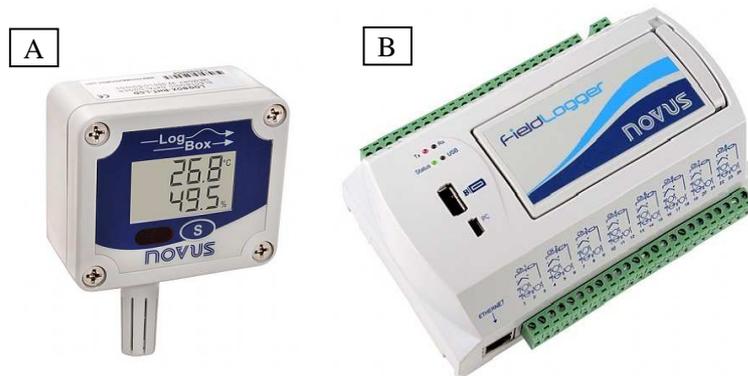


Figura 7 Equipamentos de registro automático utilizados; LogBOX RHT (A) e FieldLogger (B)

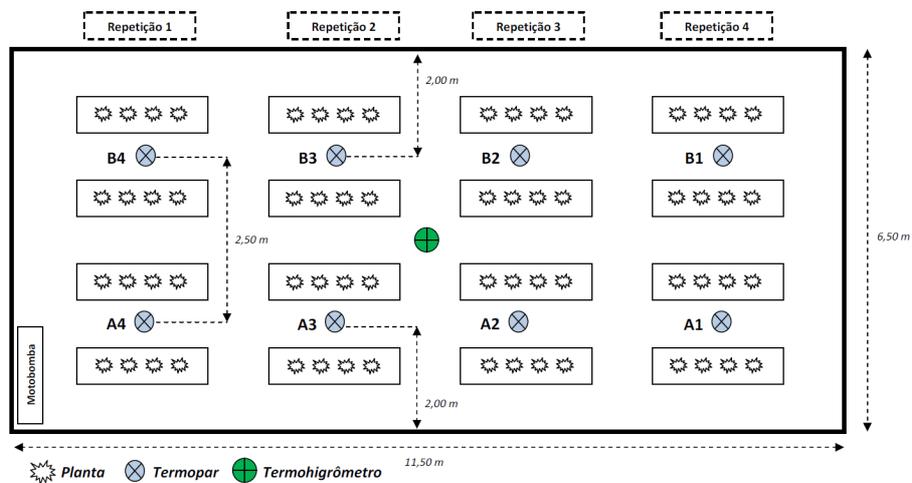


Figura 8 Distribuição espacial dos pontos de observação (termopares) nas estufas e posicionamento do termohigrômetro

Tendo em vista a criação de um Sistema de Informação Cartesiana (SIC) para a especialização da informação da temperatura do ar nas estufas, o endereçamento dos canais e a codificação dos pontos foram padronizados,

conferindo aos pontos um *grid* cartesiano regular (Figura 8). A espacialização da informação ocorreu após manipulação prévia das observações onde essas foram agrupadas em médias diárias e mensais. Para composição dos mapas da distribuição espacial da temperatura mensal nos níveis N1 e N2, em cada ponto foi gerada a informação correspondente à média de todos os dados observados ao longo do mês desejado.

Previamente à instalação dos equipamentos de registro automático (dataloggers) nas estufas, foram realizadas comparações entre as leituras das temperaturas do termômetro de referência da estação do INMET (Estação Climatológica Principal) localizada no câmpus universitário da UFLA e a observação registrada nos equipamentos. Para tanto, os equipamentos foram instalados dentro do abrigo meteorológico da estação INMET. Nos períodos correspondentes entre 7 h às 8 h; 12 h às 13 h e 19 h às 20 h, realizaram-se leituras da temperatura no termômetro de referência da estação, sempre com intervalos de 10 minutos entre cada leitura dentro de cada período. Após esse procedimento, realizado ao longo de sete dias consecutivos, os dados foram tabulados e ajustados por regressão segundo um modelo linear. Em todos os equipamentos o valor do coeficiente de determinação R^2 , para cada período de observação, foi maior que 0,9. Desse modo, pôde-se inferir que os equipamentos poderiam ser utilizados, pois apresentaram-se acurados com relação ao padrão de referência.

Para avaliar os efeitos das coberturas utilizadas sobre a radiação incidente interna em cada ambiente, foi utilizado um medidor instantâneo de energia solar do tipo portátil e com ampla escala espectral, modelo MES-100 do fabricante Instrutherm (Figura 9). Sua precisão típica, segundo informações do fabricante corresponde à $\pm 5\%$ ou 10 W m^{-2} . O equipamento foi adquirido com o certificado de calibração. As observações foram realizadas sempre próximo ao meio dia solar, interna a cada ambiente, na posição central a uma altura de

aproximadamente 1,8 m, mantendo-se o sensor perpendicular à superfície do solo. Também foram realizadas leituras fora das estufas em um ponto com distância simétrica entre ambas.



Figura 9 Medidor de Energia Solar portátil

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Informações Micrometeorológicas

Após manipulação e tabulação dos dados armazenados foram geradas figuras gráficas, tabelas e modelos especializados de temperatura em cada estufa, conforme ilustrados a seguir.

4.1.1 Informações micrometeorológicas inerentes ao centro das estufas

Nas Figuras 10 e 11, visualizam-se graficamente a evolução média diária das temperaturas e umidades relativas do ar (UR) armazenadas nos dataloggers instalados no ponto central de cada estufa.

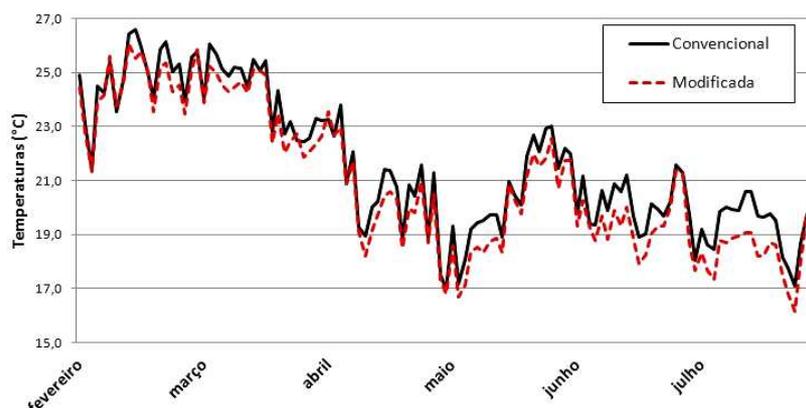


Figura 10 Evolução das temperaturas do ar no centro dos Ambientes Convencional e Modificado

Percebe-se, a partir da análise da Figura 10, que houve, de modo geral, certa tendência de temperatura mais elevadas no ambiente Convencional. Todavia, essa elevação foi sempre menor que 1,5 °C, exceto em meados do mês de julho que esta diferença superou 2,0 °C.

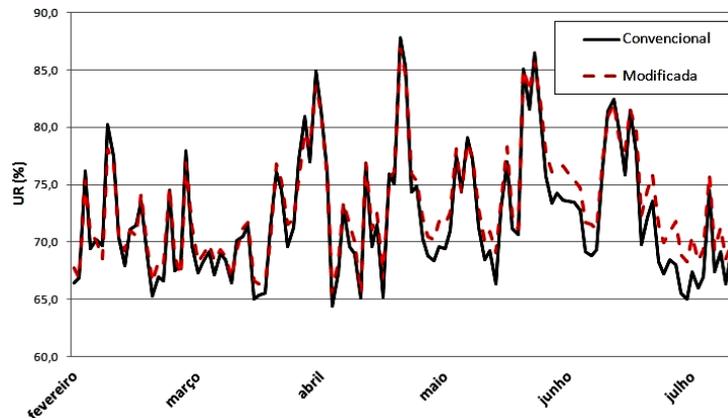


Figura 11 Evolução da umidade relativa do ar no centro dos Ambientes Convencional e Modificado

Observa-se na Figura 11 certa tendência da umidade relativa do ar ser menor no ambiente Convencional. Este fato é justificado por Buriol *et al.* (2000), que destaca que a variação da UR no interior das estufas agrícolas depende da temperatura e da circulação do ar. Quanto maior a temperatura, menor a UR e quanto mais intensa é a circulação de ar, menor também essa. Dessa maneira, justifica-se a observação de valores mais elevados de UR no ambiente Modificado, uma vez que a temperatura média foi sempre menor, comparando-se com o ambiente Convencional.

Na Tabela 7, estão representados os valores médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar.

Nota-se que, como discutido anteriormente, houve certa tendência de elevação das temperaturas e redução da umidade relativa do ar no ambiente Convencional.

Tabela 7 Valores médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar

<i>Mês</i>	<i>Convencional</i>		<i>Modificada</i>	
	<i>T (°C)</i>	<i>UR (%)</i>	<i>T (°C)</i>	<i>UR (%)</i>
fevereiro	25,8	71,5	25,5	71,4
março	24,8	71,0	24,5	71,1
abril	24,1	71,3	23,6	71,7
maio	20,0	72,3	19,4	73,3
junho	20,2	75,2	19,5	76,7
julho	19,3	68,2	18,4	70,3

Para avaliar a concordância entre as informações referentes ao ponto central em cada estufa, foi aplicado o índice de performance “Ip” considerando os 170 dias efetivos de observação e o número diário de 24 dados armazenados, o índice de concordância foi aplicado aos 4080 dados observados em cada ambiente, podendo-se afirmar que, embora as temperaturas e UR na estufa Modificada fossem sempre menor e maior, respectivamente, não houve diferença significativa entre as observações das temperaturas e UR nos ambientes estudados, conforme Tabela 8.

Tabela 8 Resultados da avaliação entre as observações de temperatura e umidade relativa do ar no centro das estufas Convencional e Modificada

Parâmetro	<i>dr</i>	<i>r</i>	<i>Ip</i>	Avaliação
Temperatura	0,985316	0,988782	0,974263	<i>Excelente</i>
Umidade Relativa	0,999695	0,975683	0,975386	<i>Excelente</i>

Os valores do índice performance para os dados de temperatura e umidade relativa do ar nas estufas Convencional e Modificada, mostraram-se excelentes indicando desse modo forte correlação positiva e exatidão entre os dados observados.

A análise de variância para as médias diárias das temperaturas e UR também foram realizadas aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade,

resultando em evidências não significativas para as duas variáveis. A diferença média das temperaturas e UR, entre os ambientes, considerando todas as observações, foram correspondentes a 0,6 °C e 1,3 %, respectivamente.

De acordo com a INFOAGRO (2013), umidade relativa do ar média entre 70% e 85% não representa problemas à cultura da gérbera, porém, valores superiores podem favorecer a ocorrência de doenças fúngicas, tais como *Botrytis*, e provocar manchas e deformações nas flores. Quanto às temperaturas, segundo Leffring (1975), a temperatura média para o bom desenvolvimento da gérbera está entre 17 °C e 25 °C no período diurno e entre 13 °C e 21 °C no período noturno. Nowark e Rudnicki (1990), recomendam que o intervalo de temperatura diária deve estar entre 21 °C a 27 °C e a noturna não pode ser inferior a 16 °C. Deste modo, considera-se que os valores observados, estão adequados ao cultivo nesse estudo.

Leite *et al.* (2008), monitoraram as variáveis temperatura e umidade relativa do ar no centro geométrico de estufas cobertas por malha vermelha (Chromatinet) e sombrite, ambas com 50% de sombreamento, no cultivo de orquídea (*Phalaenopsis sp.*) e também não encontraram evidências de diferenças significativas quanto a temperatura e a UR nos ambientes estudados. Estudos desenvolvidos por Holcman e Sentelhas (2012), avaliando o microclima em ambientes com diversos tipos de coberturas observaram semelhanças entre a temperatura e UR interna nas estufas Convencional e Modificado por malha vermelha. Segundo estes autores, a diferença média entre a temperatura do ar na estufa Convencional e Modificada foi menor que 0,4 °C e quanto a umidade relativa do ar, a diferença foi menor que 1,2%.

4.1.2 Radiação solar incidente no centro das estufas

Na Tabela 9, estão representados os dados referentes à média mensal das observações de energia solar incidente nas estufas Convencional, Modificada, assim como no ambiente externo.

Tabela 9 Valores médios mensais da energia solar

Mês	<i>Energia Solar (W m⁻²)</i>		
	Externo	Convencional	Modificada
fevereiro	987	817	616
março	762	612	400
abril	585	463	312
maio	631	496	339
junho	490	394	257
julho	629	499	335

Percebe-se que, a partir da avaliação da Tabela 9, que houve uma redução pronunciada da energia solar incidente interna ao ambiente Modificado, em relação as demais situações. De acordo com Critten e Bailey (2002) e Guiselini *et al.* (2007), a redução da energia solar interna a estufa é variável em função de muitos fatores, entre eles o tipo de cobertura e seu respectivo tempo de instalação. Nesse sentido, é importante destacar que a condução do experimento ocorreu entre o período de verão para o inverno e deste modo, esperava-se a redução da energia solar ao longo dos meses em todas as situações. Todavia, ao longo deste período, mesmo que curto, também houve deposição de partículas sólidas sobre a cobertura do arco o que pode ter influenciado tal redução nos ambientes Convencional e Modificado.

Holcman e Sentelhas (2012), avaliando a energia solar interna a vários ambientes, identificaram também que tal energia é menor no ambiente Modificado por malha vermelha, comparativamente ao ambiente padrão.

4.1.3 Distribuição espacial das temperaturas nas estufas

As Figuras 12 a 17 ilustram a distribuição espacial da temperatura média mensal nos ambientes Convencional e Modificado nos níveis N1 e N2.

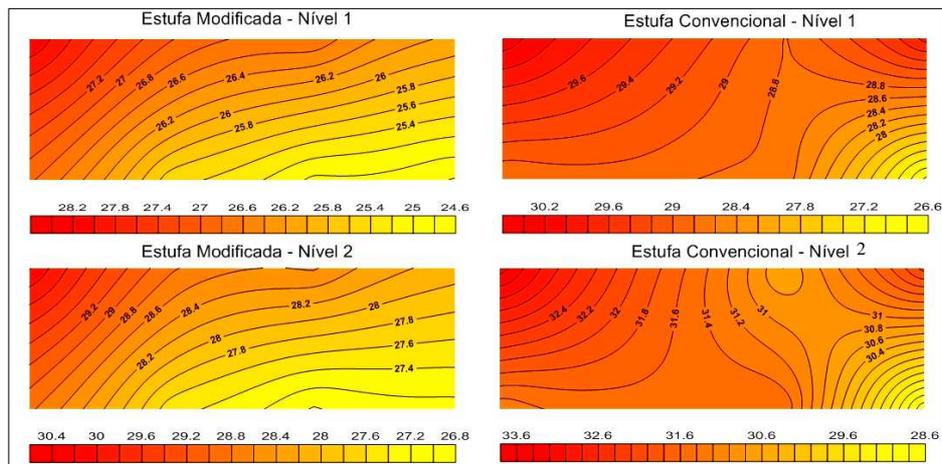


Figura 12 Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de fevereiro no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2

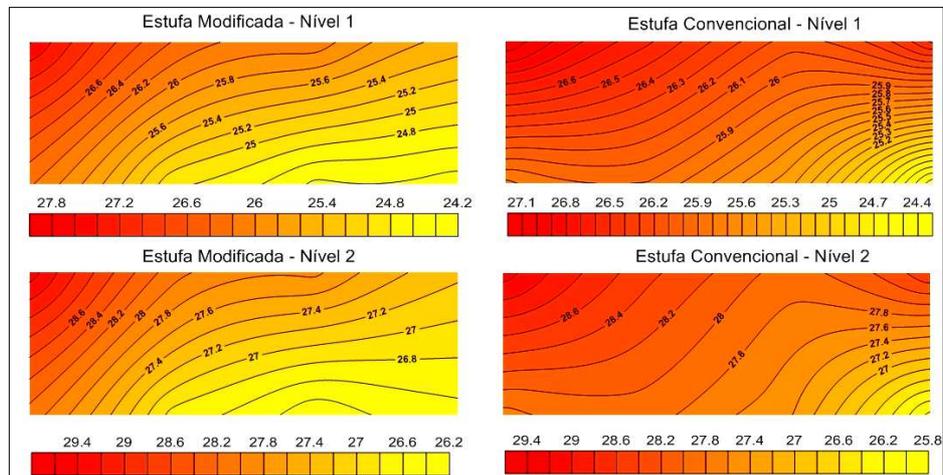


Figura 13 Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de março no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2

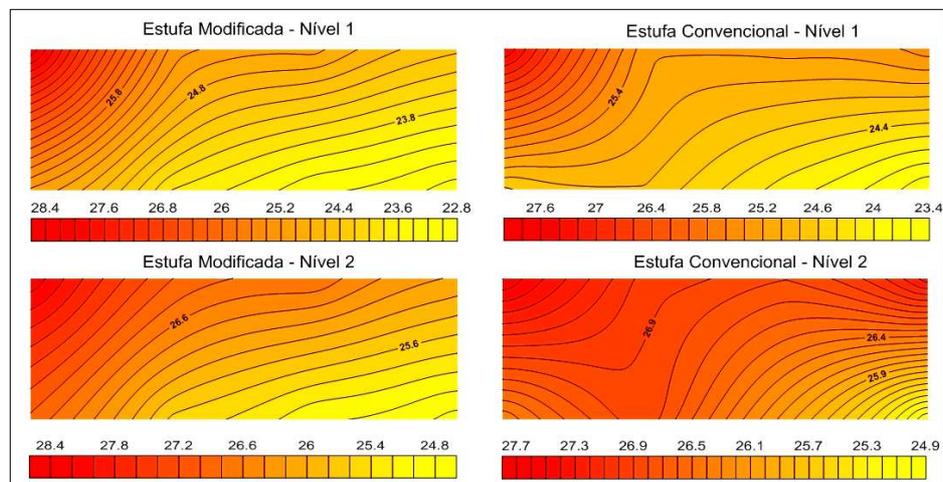


Figura 14 Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de abril no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2

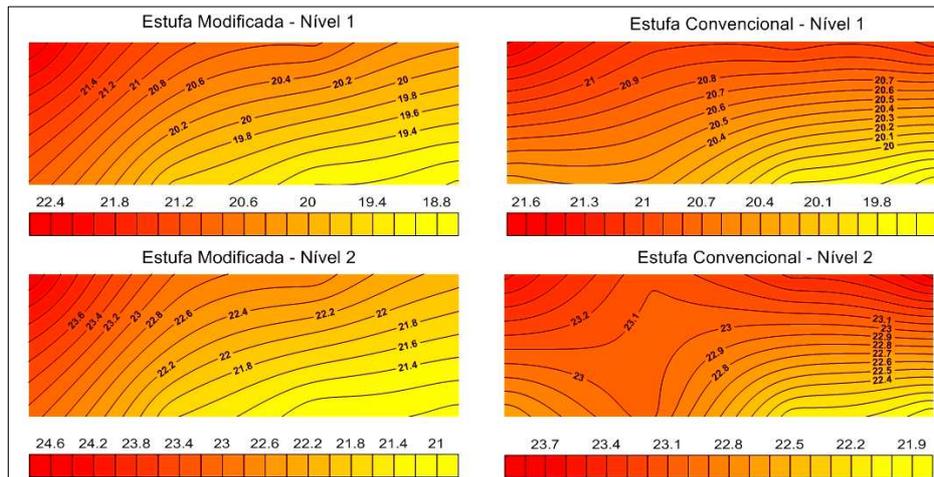


Figura 15 Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de maio no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2

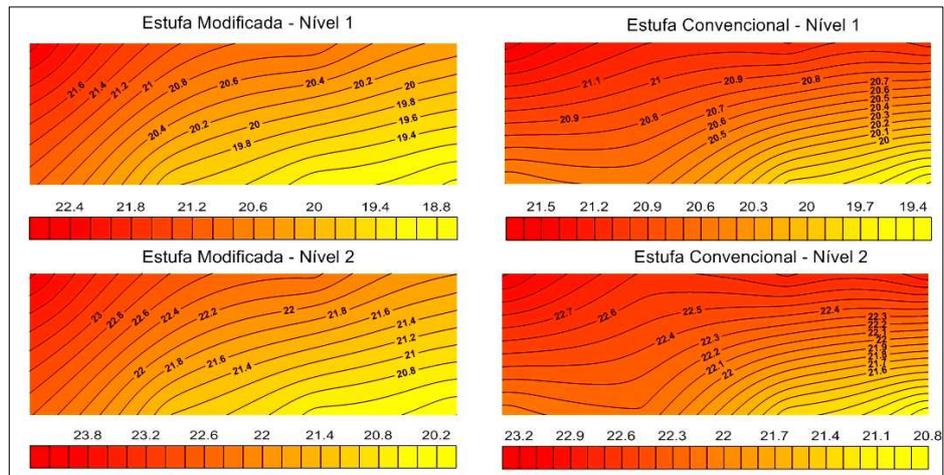


Figura 16 Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês de junho no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2

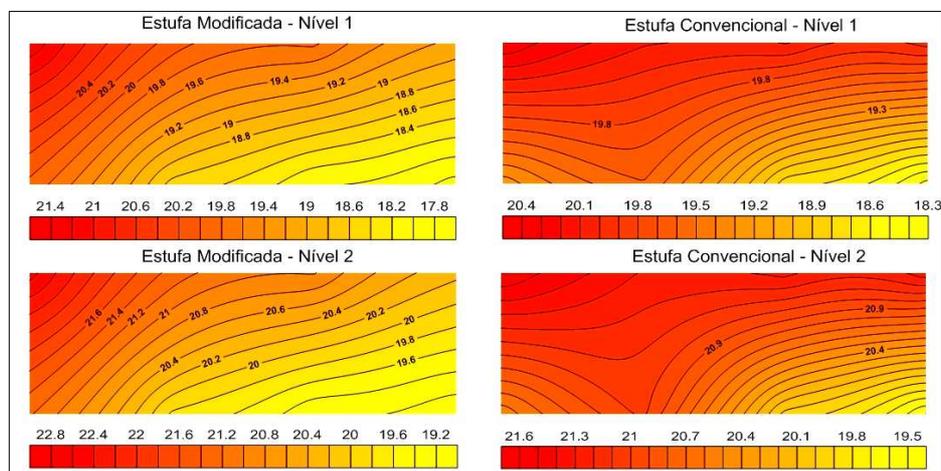


Figura 17 Distribuição espacial da temperatura média mensal no mês julho no interior das estufas Convencional e Modificada nos níveis N1 e N2

A análise preliminar das Figuras 12 a 17 mostram que a distribuição espacial da temperatura horizontal e vertical, como esperado, não é uniforme nos ambientes protegidos. Entretanto, em todas as situações observadas, a temperatura do ar no ambiente Modificado foi menor.

Nas Tabelas 10 e 12 estão representadas as temperaturas médias mensais correspondente a cada ponto de observação dentro das estufas Convencional e Modificada no nível N1e N2.

Tabela 10 Valores médios mensais por ponto de observação da temperatura do ar no nível N1 nas estufas Convencional e Modificada

Posição	fevereiro		março		abril	
	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.
A1	26,73	24,78	24,33	24,29	23,40	22,87
A2	28,70	24,95	25,43	24,35	24,09	23,23
A3	28,89	25,47	25,89	24,84	24,78	23,78
A4	28,80	26,83	26,22	25,77	25,15	24,56
B1	29,90	26,16	26,63	25,52	25,52	24,44

(Continua...)

“Tabela 10, Continuação”

B2	28,79	26,76	26,14	26,14	25,29	25,07
B3	29,53	27,01	26,62	26,39	25,32	25,25
B4	30,34	28,20	27,61	27,09	26,52	25,81
	maio		junho		julho	
Posição	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.
A1	19,52	18,75	19,37	18,73	18,36	17,71
A2	19,79	18,99	19,77	19,04	18,74	18,00
A3	20,38	19,55	20,50	19,61	19,59	18,52
A4	20,97	20,33	20,40	21,05	19,94	19,24
B1	21,16	20,24	21,15	20,33	20,05	19,15
B2	21,07	20,85	21,21	20,96	20,11	19,84
B3	21,11	21,05	21,24	21,20	20,11	20,10
B4	22,39	21,52	22,49	21,55	21,36	20,39

Considerando todos os pontos em todos os meses observados, nota-se que a diferença média entre as temperaturas nos ambientes Convencional e Modificado no nível N1 foi correspondente a 0,97 °C. Isoladamente, na situação mais discrepante a diferença foi de 3,76 °C, ocorrida no mês de fevereiro. As análises de variância dos pontos em cada ambiente e respectivo mês foram realizadas através do teste F a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que em todos os meses de observação não houve variância significativa.

Os índices de Willmott (*dr*), Pearson (*r*) e Performance (*Ip*) aplicados às observações pontuais em seus respectivos meses entre as estufas Modificada e Convencional, resultou nos seguintes valores, conforme Tabela 11.

Tabela 11 Valores dos Índices Willmott, Pearson e Performance para o nível N1 nos meses de observação

Mês	<i>dr</i>	<i>r</i>	<i>Ip</i>	Avaliação
fevereiro	0,925595	0,741419	0,686254	Muito boa
março	0,976314	0,806488	0,787386	Excelente

(Continua...)

“Tabela 11, Continuação”

abril	0,976622	0,834020	0,814522	Excelente
maio	0,974917	0,861740	0,840124	Excelente
junho	0,978489	0,869867	0,851156	Excelente
julho	0,974369	0,817602	0,796646	Excelente

De acordo com a Tabela 11, nota-se que os piores resultados entre as temperaturas nas estufas Convencional e Modificada, ocorreu no mês de fevereiro. Entretanto, com valor ainda representativo, indicando alto nível de concordância (exatidão), acurácia e performance entre os dados observados nesse mês.

Tabela 12 Valores médios mensais por ponto de observação da temperatura do ar no nível N2 nas estufas Convencional e Modificada

Posição	fevereiro		março		abril	
	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.
A1	28,60	27,12	26,53	25,92	24,99	24,71
A2	31,58	26,97	27,44	26,24	26,05	25,01
A3	31,49	27,47	27,90	26,72	26,89	25,54
A4	31,23	28,84	28,12	27,72	26,95	26,31
B1	32,29	28,11	28,58	27,25	27,36	26,17
B2	30,60	28,63	27,88	27,85	26,80	26,78
B3	31,95	28,84	28,46	28,08	27,00	26,95
B4	33,49	30,22	29,51	29,30	28,36	27,60
Posição	maio		junho		julho	
	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.	Conv.	Modif.
A1	21,89	20,90	20,90	20,19	19,49	19,03
A2	22,13	21,01	21,33	20,52	19,97	19,23
A3	23,05	21,62	22,17	21,19	21,02	19,76
A4	23,11	22,60	22,62	22,02	21,23	20,52
B1	23,76	22,11	22,88	21,81	21,36	20,26
B2	23,43	22,75	22,83	22,46	21,33	21,02

(Continua...)

“Tabela 12, Continuação”

B3	23,11	23,01	22,79	22,68	21,33	21,29
B4	24,60	23,64	24,06	23,12	22,69	21,60

Considerando todos os pontos em todos os meses observados, nota-se que a diferença média entre as temperaturas nos ambientes Convencional e Modificado no nível N2 foi correspondente a 1,13 °C. Isoladamente, na situação mais discrepante a diferença foi de 4,62 °C, ocorrida também no mês de fevereiro. As análises de variância dos pontos em cada ambiente e respectivo mês foram realizadas através do teste F a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa em todos os meses de observação.

Os índices de Willmott (*dr*), Pearson (*r*) e Performance (*Ip*) aplicados às observações pontuais em seus respectivos meses entre as estufas Modificada e Convencional, resultou nos seguinte valores, conforme Tabela 13.

Tabela 13 Valores dos Índices Willmott, Pearson e Performance para o nível N2 nos meses de observação

Mês	<i>dr</i>	<i>r</i>	<i>Ip</i>	Avaliação
fevereiro	0,914323	0,629031	0,575137	Boa
março	0,969240	0,717339	0,695274	Muito Boa
abril	0,969583	0,740624	0,718096	Muito Boa
maio	0,954812	0,663732	0,633739	Muito Boa
junho	0,975738	0,838459	0,818116	Excelente
julho	0,970517	0,750802	0,728666	Muito Boa

De acordo com a Tabela 13, nota-se que a pior concordância entre as temperaturas nas estufas Convencional e Modificada, ocorreram no mês de fevereiro e maio. Entretanto, com valores ainda representativos, indicando alto

nível de concordância (exatidão), acurácia e performance entre os dados observados nesse mês.

Deste modo, considerando que não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade nas duas situações analisadas e que segundo os índices avaliados os resultados apresentados constata grande exatidão, acurácia e performance, pode-se assumir que, embora os valores de temperatura média tenham sido maiores na estufa Convencional, não foram identificadas, estatisticamente, diferenças significativas entre as estufas avaliadas nos níveis N1 e N2, individualmente.

Os valores de temperatura média mensal e amplitude térmica em cada nível, estão representados nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 Temperatura média mensal e amplitude térmica por nível na estufa Convencional

	Estufa Convencional (°C)*			
	Tm N1	Amp. N1	Tm N2	Amp. N2
fevereiro	28,96	3,61	31,41	4,89
março	25,99	2,76	27,90	3,38
abril	24,84	2,40	26,62	2,61
maio	20,60	2,00	22,95	1,86
junho	20,64	2,18	22,24	2,22
julho	19,57	2,03	20,82	2,10

* Tm N1 – Temperatura média mensal no nível 1; Amp. N1 – Amplitude térmica no nível 1, considerando as médias mensais em cada ponto; Tm N2 – Temperatura média no nível 2; Amp. N2 – Amplitude térmica no nível 2, considerando as médias mensais em cada ponto.

Tabela 15 Temperatura média mensal e amplitude térmica por nível na estufa Modificada

	Estufa Modificada (°C)*			
	Tm N1	Amp. N1	Tm N2	Amp. N2
fevereiro	26,27	3,43	28,28	3,24

(Continua...)

“Tabela 15, Continuação”

março	25,67	3,33	27,54	3,28
abril	24,55	3,65	26,32	3,66
maio	20,36	3,65	22,39	3,70
junho	20,43	3,76	21,95	3,87
julho	19,33	3,64	20,57	3,66

* Tm N1 – Temperatura média mensal no nível 1; Amp. N1 – Amplitude térmica no nível 1, considerando as médias mensais em cada ponto; Tm N2 – Temperatura média no nível 2; Amp. N2 – Amplitude térmica no nível 2, considerando as médias mensais em cada ponto.

Analisando as Tabelas 14 e 15 é possível observar que conforme discutido anteriormente, as temperaturas médias mensais na estufa Convencional foram sempre maiores, considerando os níveis N1 e N2 isoladamente. Todavia, na estufa Modificada a amplitude térmica foi maior, exceto no mês de fevereiro.

Oren-Shamir *et al.* (2001), trabalhando com diferentes tipos de malhas de coberturas para estufas, concluíram que a alteração do espectro de luz promovida pelo uso da malha vermelha contribui para a redução da radiação incidente interna ao ambiente, acarretando na observação, discreta redução de temperatura do ar.

Avaliando a distribuição espacial da temperatura (Figuras 12 a 17) nos níveis N1 e N2, pode-se inferir que a temperatura interna aos ambientes Convencional e Modificado foram sempre maiores na região próxima ao vértice superior esquerdo em ambas, na periferia do ponto cartesiano “B4”. Como aspecto preponderante a este fato, pode-se atribuir à orientação geográfica das estufas. Conforme ilustrado na Figura 3 e descrito anteriormente, as estufas estão posicionada à 316° NW e no período mais quente do dia, o posicionamento do sol com relação a estes ambientes está exatamente tomando a posição voltada para a dimensão do comprimento lateral superior e culminando com o vértice superior esquerdo.

Muito autores (TRIKI *et al.*, 1984; VANHOUTTE E VERLODT, 1990; BURIOL *et al.*, 1997; FURLAN E FOLEGATTI, 2002), já evidenciaram o fato da distribuição da temperatura no ambiente protegido não ser uniforme.

Segundo Assis (2004), o tipo de material utilizado na cobertura das estufas como a sua orientação, exercem forte influência na distribuição espacial do calor interno.

Sapounas (2008), avaliou a distribuição espacial da temperatura em ambientes protegidos e concluiu que este parâmetro tem caráter de desuniformidade, independente de sua orientação. Todavia, a orientação contribuirá para a maior ou menor variabilidade espacial da informação.

Dragičević (2011), estudou o efeito da radiação solar e temperatura em ambientes protegidos com diferentes orientações geográficas e concluiu que as estufas orientadas no sentido leste-oeste são menos afetadas pela radiação solar no verão, influenciando sensivelmente as temperaturas internas ao ambiente. Este mesmo autor também constatou que as estufas nessa orientação são mais quentes na face lateral voltada ao norte, principalmente no período do verão, em virtude da declinação solar nesse período.

Galvani *et al.* (2003), estimaram a irradiação (radiação solar) difusa em ambientes protegidos com polietileno de 100 μm com orientação norte-sul e leste-oeste. Segundo estes autores, entre as estufas com orientações leste-oeste e norte-sul não foram observadas diferença estatísticas significativas nas irradiações difusas médias, concluindo que a irradiação difusa não diferem quanto a orientação das estufas.

Nas Tabelas 16 e 17 estão representadas as variações de temperatura entre os níveis N2 e N1 (Gradiente térmico) nas estufas Convencional e Modificada, respectivamente.

Tabela 16 Gradiente térmico entre os níveis N2 e N1 na estufa Convencional

<i>Posição</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>
A1	1,87	1,60	1,59	2,38	1,52	1,14
A2	2,88	2,01	1,96	2,34	1,56	1,23
A3	2,60	2,01	2,11	2,67	1,67	1,43
A4	2,43	1,95	1,76	2,27	1,62	1,29
B1	2,39	1,95	1,85	2,59	1,73	1,31
B2	1,81	1,74	1,52	2,36	1,62	1,22
B3	2,42	1,84	1,70	2,06	1,47	1,18
B4	3,16	2,21	1,80	2,12	1,57	1,21

Tabela 17 Gradiente térmico entre os níveis N2 e N1 na estufa Modificada

<i>Posição</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>
A1	2,35	2,24	1,83	2,15	1,46	1,32
A2	2,03	1,89	1,79	2,02	1,47	1,23
A3	2,00	1,88	1,76	2,07	1,57	1,25
A4	2,01	1,89	1,80	2,14	1,57	1,29
B1	1,95	1,73	1,74	1,87	1,47	1,11
B2	1,87	1,71	1,71	1,90	1,50	1,18
B3	1,82	1,69	1,69	1,91	1,54	1,22
B4	2,01	1,90	1,84	2,20	1,56	1,33

Avaliando a distribuição espacial das temperaturas médias mensais nos níveis N1 e N2 (Figuras 12 a 17), individualmente em cada ambiente, percebe-se que no nível N2, as temperaturas foram mais elevadas se comparadas ao nível N1 e que, em média, este gradiente foi na ordem de 1,89 °C e 1,74 °C para a estufa Convencional e Modificada, respectivamente.

Vanhoutte e Verlodt (1990), estudaram o gradiente da temperatura do ar em cinco estufas e evidenciaram o aumento da temperatura a medida que ocorre o distanciamento da superfície do solo.

Furlan e Folegatti (2002), avaliaram a distribuição espacial da temperatura em estufas agrícolas com diferentes manejos de cortina laterais e

concluíram que além da grande variabilidade da temperatura no nível horizontal, isto é, desuniforme de distribuição, também foi constatado gradiente térmico expressivo entre o nível mais próximo e mais distante do solo, independente da condição externa.

Guiselini e Sentelhas (2004), utilizou estufa Modificada como a estruturada para este estudo e verificaram que o uso da malha vermelha promoveu uma barreira parcial ao movimento convectivo, observando-se temperaturas superiores logo abaixo das malhas, causando assim, valores de temperatura do ar, próximo aos sensores, maiores do que no ambiente sem malha de sombreamento.

Soni *et al.* (2005), estudaram a distribuição espacial da temperatura do ar na direção vertical em estufas sob ventilação natural. Estes autores observaram a existência do gradiente térmico considerável que em algumas situações chegou a 5 °C entre os níveis.

Zhang *et al.* (2010), discutem que a diferença de temperatura interna e externa aos ambientes influenciam a dinâmica da pressão de vapor do ar interna, contribuindo para o movimento de convecção das massas de ar, principalmente nas extremidades do ambiente protegido, contribuindo para a elevação da temperatura nessas regiões.

4.1.4 Avaliação da temperatura do ponto central à média da distribuição espacial

Conforme abordado anteriormente, o monitoramento micrometeorológico em ambiente protegido é extremamente importante para estabelecer algumas das práticas necessárias ao desenvolvimento adequado dos cultivos. Entretanto, esse monitoramento, quando realizado, é feito invariavelmente no ponto central da estufa. Todavia, a avaliação da temperatura em um ponto central do ambiente protegido, é considerada por muitos autores

uma informação inconsistente, não refletindo sua real distribuição, uma vez que a dinâmica dos processos que envolvem a distribuição da temperatura nos ambientes protegidos não ocorrem de modo uniforme. Nesse sentido, avaliou-se as médias espaciais de toda a série de observações das temperaturas em cada nível nos ambientes Convencional e Modificado comparando-as às observações de temperaturas realizadas no centro das mesmas. Na Tabela 18, estão representados os resultados das análises realizados por meio dos índices de exatidão, acurácia e performance.

Tabela 18 Avaliação da média espacial das temperaturas e ponto central nos níveis N1, N2 e média geral.

Temperaturas no nível N1 - Central				
	<i>dr</i>	<i>r</i>	<i>Ip</i>	Avaliação
Convencional	0,999833	0,983379	0,983215	Excelente
Modificada	0,999923	0,999134	0,999057	Excelente
Temperaturas no nível N2 - Central				
	<i>dr</i>	<i>r</i>	<i>Ip</i>	Avaliação
Convencional	0,999236	0,971765	0,971022	Excelente
Modificada	0,999431	0,996567	0,996	Excelente
Temp. média geral dos níveis N1 e N2				
	<i>dr</i>	<i>r</i>	<i>Ip</i>	Avaliação
Convencional	0,999594	0,97838	0,977982	Excelente
Modificada	0,99973	0,9985	0,998231	Excelente

Nas Figuras 18 e 19 estão representadas as curvas com ajuste linear tendo sua interseção definida na origem “zero”, ajustada aos pontos de temperatura média das observações no ponto central a distribuição espacial.

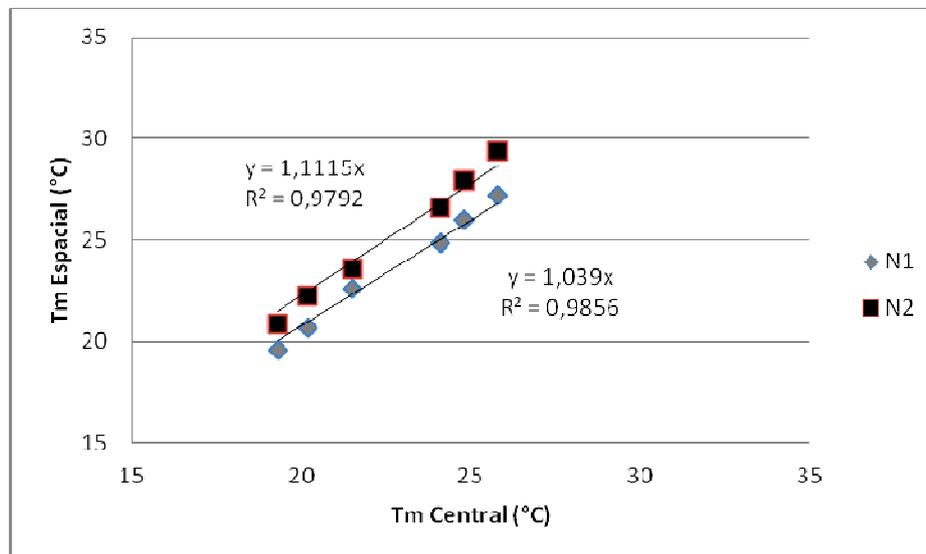


Figura 18 Temperatura média central em função da temperatura média espacial nos níveis N1 e N2 na estufa Convencional

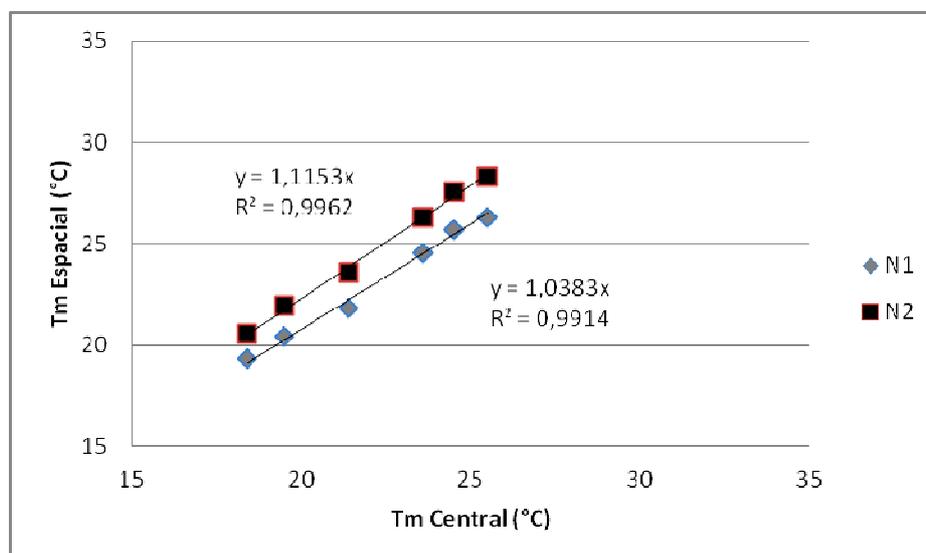


Figura 19 Temperatura média central em função da temperatura média espacial nos níveis N1 e N2 na estufa Modificada

Com base nas informações representados na Tabela 18, Figuras 18 e 19, onde comparou-se os níveis N1 e N2 isoladamente e a média geral ao ponto central, pode-se inferir que, muito embora a distribuição espacial da temperatura sofra a influencia da orientação geográfica de instalação, dos materiais de cobertura e do período do ano, o que é perceptível quando avaliadas as imagens de acordo com as Figuras 12 a 17, existe boa relação entre a média das temperaturas espaciais e o ponto central de cada estufa. Contudo, é importante destacar que segundo Seemann (1979), a temperatura do ar no interior do ambiente protegido é variável, entre outros fatores, com o seu tamanho, volume e com o tipo de cobertura. Sendo assim, esta observação poderá ou não ser verdadeira em situações distintas.

Al-Jamal (1994), avaliou a dinâmica espacial da temperatura no ambiente protegido e comparou os resultados das médias espaciais com a medição realizada em um ponto central nos mesmos ambientes e concluiu que as observações realizadas no centro não dão a ideia da variação da temperatura e da sua distribuição dentro do ambiente protegido. Nesse sentido, Guiseline e Sentelhas (2004), justificam que vários autores propuseram a análise da distribuição da temperatura do ar no interior do ambiente protegido por meio de vários pontos de amostragem, formando malhas e construindo linhas de distribuição de temperatura iguais no plano, justamente para avaliar a desuniformidade de distribuição da temperatura do ar no ambiente protegido.

4.2 Manejo da irrigação

4.2.1 Lâminas de irrigação em função da tensão da água no solo

Durante o período de estabilização (pegamento) da cultura, que perdurou por 48 dias após o transplântio das mudas, aplicou-se uma lâmina de irrigação

com frequência diária de modo a manter o solo sempre com a umidade correspondente à capacidade de campo.

Na Tabela 19 estão representados os valores acumulados e médios das lâminas de irrigação por tratamento nas estufas Convencional e Modificada, durante o período de condução do experimento.

Tabela 19 Lâmina de irrigação aplicadas durante o período de condução do manejo correspondente a cada tratamento de tensão de água no solo e número de irrigação executadas durante o manejo (NIm)

Estufa Convencional			
Tensões (kPa)	Lâminas (mm)		
	Manejo	Média	NIm
-15	476,6	17,02	28
-25	301,8	25,15	12
-35	202,3	28,90	7
-50	193,9	32,32	6
Estufa Modificada			
Tensões (kPa)	Lâminas (mm)		
	Manejo	Média	NIm
-15	371,7	15,49	24
-25	202,5	25,31	8
-35	173,9	28,98	6
-50	160,9	32,18	5

As Figuras 20 e 21, ilustram a evolução mensal da lâmina de irrigação acumulada em função das tensões de água no solo.

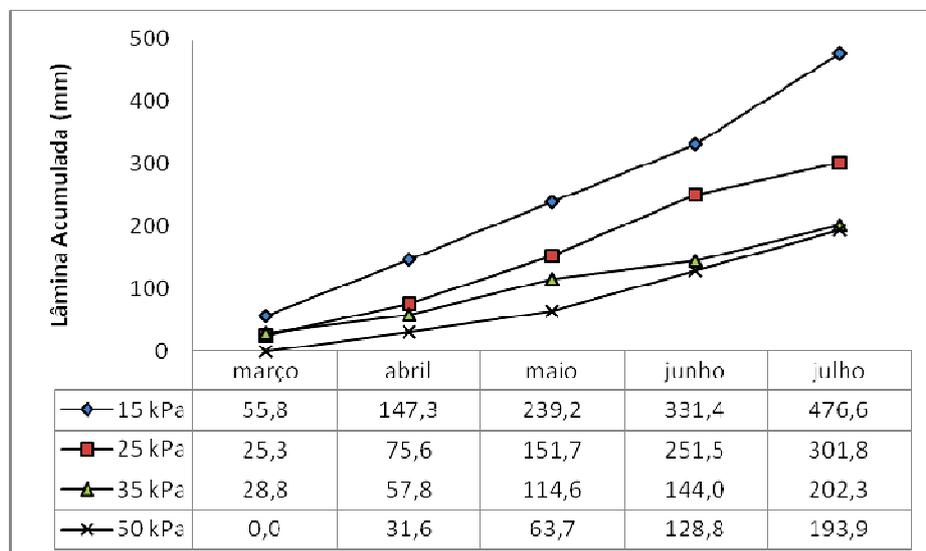


Figura 20 Lâmina de irrigação acumulada mensalmente por tratamento na estufa Convencional.

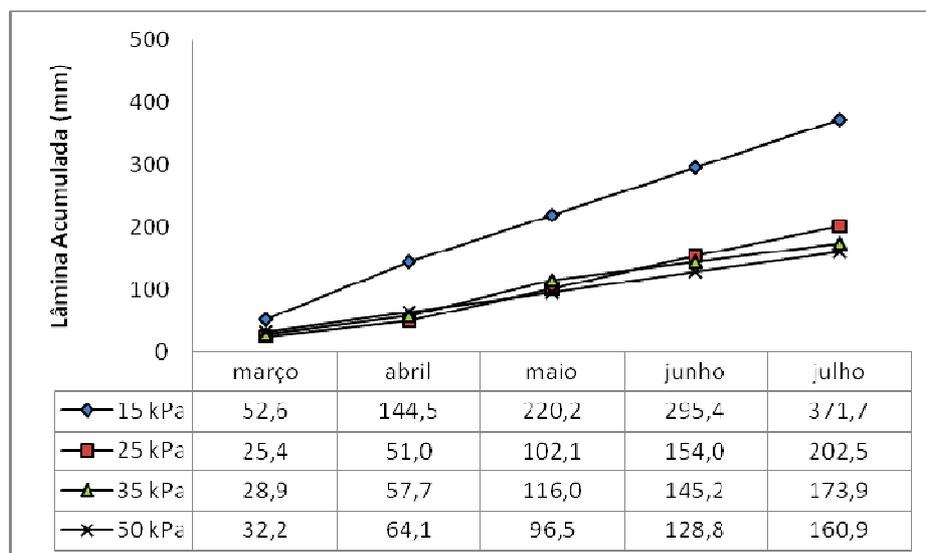


Figura 21 Lâmina de irrigação acumulada mensalmente por tratamento na estufa Modificada.

A partir das análises da Tabela 19 e Figuras 20 e 21, pode-se perceber que a lâmina de irrigação acumulada na estufa Convencional para todos os

tratamentos foram maiores, comparadas às reposições efetuadas na estufa Modificada e que nesta mesma estufa, houve um maior equilíbrio entre os tratamentos T2, T3 e T4, respectivos às tensões de água no solo de -25 kPa, -35 kPa e -50 kPa. Nesses tratamentos, as lâminas acumuladas mantiveram-se praticamente inalteradas. Percebe-se também que a frequência da irrigação na estufa Convencional foi maior em todos os tratamentos.

Avaliando as Figura 20 e 21, pode-se também citar que a redução percentual entre as lâminas acumuladas na estufa Convencional e Modificada foi de 22%, 33%, 14% e 17% correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Avaliando-se a relação entre os elementos micrometeorológicos em cada ambiente à irrigação, nota-se que, conforme discutido anteriormente, a radiação solar incidente (Tabela 9), a distribuição espacial das temperaturas (Figuras 12 a 17), foram maiores em todos os meses de observação no ambiente Convencional e a umidade relativa do ar (Figura 11; Tabela 7), menor. Este fato está associada ao balanço de energia e sua disponibilidade, interna à cada ambiente. No ambiente Convencional, por apresentar radiação incidente e temperaturas mais elevadas e menor umidade relativa do ar (insinuando maior déficit de saturação de vapor d'água) elementos estes fortemente influentes à evapotranspiração, implicou em maior demanda de água pela cultura, solicitando, deste modo, reposições mais frequentes, acarretando em maior lâmina de irrigação acumulada.

Em estudo desenvolvido por Guiselini *et al.* (2007), que comparou diferentes tipos de coberturas e seu manejo sobre a produção da gérbera, ficou estabelecido que a atenuação da radiação solar global provocada pelos diferentes tipos de cobertura é a principal causa das diferenças observadas na evapotranspiração entre ambientes distintos, assim como nos demais elementos meteorológicos, apesar da existência de correlações.

Para Straten *et al.* (2011), o consumo de água por determinada cultura em estufas agrícolas, está diretamente correlacionada com a energia disponível em seu ambiente e que a energia disponível, por sua vez, é influenciada pelo tipo e qualidade do material de cobertura adotado.

Segundo Holcman e Sentelhas (2012), a cobertura do ambiente protegido influencia de forma decisiva nos processos relacionados à evapotranspiração, tendo efeito crucial na demanda de água pela cultura.

4.3 Parâmetros qualitativos e produtividade

Nas Tabelas 20 e 22 estão representados os resumos dos resultados da análise de variância para o diâmetro médio das plantas, altura média da haste floral, número total de flores produzidas e diâmetro médio dos botões florais nos ambientes Convencional e Modificado, respectivamente.

Tabela 20 Análise de variância para as médias do diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Convencional

FV	GL	Quadrado Médio			
		DP (cm)	AH (cm)	NTBF	DBF (mm)
Tensão (kPa)	3	4,00 ^{ns}	33,75 ^{**}	93,56 [*]	450,21 ^{**}
Blocos	3	1,67 ^{ns}	22,71 [*]	20,89 ^{ns}	102,78 [*]
Resíduo	9	5,44	4,05	48,45	21,47
Média Geral		20,42	17,21	19,31	75,18
CV (%)		11,42	11,29	36,04	6,16

** : Significativo, a 1% de probabilidade; * : Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns} : Não significativo.

Os valores médios dos parâmetros avaliados de acordo com a tensão da água no solo na estufa Convencional podem ser observados na Tabela 21. Nota-se, de forma geral, que apesar da insignificância estatística para o diâmetro das plantas, existem diferenças compreensivas entre os tratamentos de T1 e T3. Para o número total de botões florais é notável a diferença entre os tratamentos T1 e os demais.

Tabela 21 Valores médios para o diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Convencional.

Tratamento	Tensão (kPa)	DP (cm)	AH (cm)	NTBF	DBF (mm)
T1	-15	21,9	21,1	26,5	87,5
T2	-25	20,1	17,8	17,5	79,5
T3	-35	19,7	14,8	17,3	67,7
T4	-50	20,1	15,3	16,0	60,5

Tabela 22 Análise de variância para as médias do diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Modificada.

FV	GL	Quadrado Médio			
		DP (cm)	AH (cm)	NTBF	DBF (mm)
Tensão (kPa)	3	28,21 ^{ns}	47,60 ^{**}	97,73 [*]	590,55 ^{**}
Blocos	3	23,10 ^{ns}	3,85 ^{ns}	30,06 ^{ns}	72,98 ^{ns}
Resíduo	9	15,51	2,89	54,06	41,05
Média Geral		20,92	20,6	20,44	75,46
CV (%)		18,82	8,26	35,98	8,49

^{**}: Significativo, a 1% de probabilidade; ^{*}: Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns}: Não significativo.

Os valores médios dos parâmetros avaliados de acordo com a tensão da água no solo na estufa Modificada podem ser observados na Tabela 23. Nota-se também que, a exemplo da estufa Convencional, que apesar da insignificância estatística para o diâmetro das plantas, existem diferenças compreensivas entre os tratamentos de T1 e T4. Para o número total de botões florais, percebe-se também diferença entre os tratamentos T1 e T4.

Tabela 23 Valores médios para o diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos tratamentos na estufa Modificada.

Tratamento	Tensão (kPa)	DP (cm)	AH (cm)	NTBF	DBF (mm)
T1	-15	24,6	24,7	27,8	90,3
T2	-25	20,9	21,3	19,0	76,5
T3	-35	19,8	20,0	18,0	74,5
T4	-50	18,3	16,4	17,0	60,6

A gérbera mostrou-se tolerante ao estresse hídrico promovido pela tensão da água no solo nos ambientes avaliados, uma vez que, mesmo nos tratamentos T4, houve produtividade semelhante aos tratamentos T2 e T3. Além disso, nota-se que o diâmetro médio das plantas (Figuras 25 e 26) não foi significativamente alterado acarretando em certa uniformidade de tamanhos e volumes das folhas, promovendo equilíbrio dos processos fotossintéticos, contribuindo, deste modo, para as produtividades observadas. Todavia, deve-se ressaltar que as alturas das hastes e diâmetros dos botões florais, foram negativamente afetadas pelos tratamentos aos quais as plantas estiveram submetidas.

Segundo Larcher (2003), a redução expressiva da umidade do solo pode ter influências na redução de área foliar devido à alteração de sua taxa de crescimento, em resposta ao estresse, por meio de um controle coordenado de

muitos outros processos importantes, tais como síntese de parede celular e de membrana, divisão celular e síntese proteica.

Oliveira (2012), desenvolvendo estudos com a roseira, afirmou que quanto maior a área foliar, maior será a fotossíntese, elevando a produtividade e a qualidade das hastes de rosas. Entretanto, este parâmetro deverá estar associado também à disponibilidade de radiação solar e umidade no solo.

Tais afirmações justificam a tolerância demonstrada pela cultura da gébera nesse estudo, tendo em vista sua resposta em virtude dos tratamentos a que esta foi submetida.

Nas Figuras 22, 23 e 24 pode-se observar o desenvolvimento inicial da cultura, emissão dos primeiros botões florais e visão geral da estufa em plena floração.

Observa-se nas Figuras 22 e 24, certa uniformidade do diâmetro das plantas na fase inicial de desenvolvimento e na fase de floração entre os tratamentos propostos no ambiente Modificado.



Figura 22 Fase inicial de emissão dos botões florais na estufa Modificada



Figura 23 Detalhe da emissão dos primeiros botões florais da cultura submetida ao tratamento T2 na estufa Convencional.



Figura 24 Visão geral da estufa Modificada durante a plena floração.



Figura 25 Detalhe da floração na estufa Convencional sob tratamento T1



Figura 26 Detalhe da avaliação do diâmetro médio do botão floral na estufa Modificada.

Estudos a respeito do manejo da irrigação por tensiometria, desenvolvidos por vários autores, tem demonstrado que a cultura da gérbera é, de fato, tolerante ao estresse hídrico, todavia, responde muito bem, isto é, produzindo dentro do padrão comercial estabelecido pelos mercados consumidores, quando submetida a tensões máximas de até -25 kPa.

Nesse sentido, Spanomitsios *et al.* (1995), estabeleceram limites entre -15 e -25 kPa, para o potencial dos substratos (areia, perlita, zeolita e lã de rocha) na produção de quatro cultivares de gérbera, sendo tais potenciais, correspondentes as umidade próximas à capacidade máxima de retenção do substrato.

Richther (1996), estudou o efeito da redução da disponibilidade de água no substrato visando obter plantas de gérbera em vaso mais compactadas e obteve plantas de melhor qualidade quando o substrato foi mantido com potencial matricial entre -10 e -20 kPa. Segundo Bellé (1998), para a melhor

qualidade da planta de gérbera, planta deve ser mantida em solo com potencial matricial de -21 kPa.

Fanela *et al.* (2006), avaliaram o efeito da irrigação da gérbera submetida a quatro níveis de tensão de água no substrato. Estes autores obtiveram maiores comprimento de hastes florais e número total de botões florais quando a tensão correspondeu a -15 kPa.

Oliveira *et al.* (2006), obtiveram boas respostas em produtividade para a gérbera em vaso quando submetida a tensão de até -25 kPa.

Vários estudos com irrigação em crisântemo têm demonstrado que maior produção e qualidade de flores tanto de corte como de vaso foram obtidas com maior disponibilidade de água no substrato ou no solo (FARIAS *et al.*, 2004; RÊGO *et al.* 2004). Nesse sentido, Borges (2005), trabalhando com gladiólo, destaca que, de modo geral, maiores lâminas de água aplicada com menores turnos de rega proporcionaram maior crescimento de planta e, conseqüentemente, maior produção e qualidade de hastes.

Quanto ao padrão de qualidade da gérbera de corte para comercialização no mercado interno, segundo critérios estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2000), para a padronização das normas de comercialização, apenas os tratamentos T1 e T2 na estufa Convencional e T1, T2 e T3 na estufa Modificada mantiveram-se dentro do padrão para a altura da haste e diâmetro dos botões florais, sendo os tratamentos T1 em ambas, os que obtiveram a melhor classificação para estes mesmos parâmetros. Todavia, o aspecto visual da flor produzida na estufa Modificada e tratamento T1, foi melhor (Figura 26).

4.4 Avaliação do efeito do ambiente sobre o desenvolvimento da cultura

Na Tabela 24 estão representados os resumos dos resultados da análise de variância para o diâmetro médio das plantas, altura média da haste floral, número total de flores produzidas e diâmetro médio dos botões florais entre os ambientes Convencional e Modificado.

Tabela 24 Análise de variância para as médias do diâmetro da planta (DP), altura da haste (AH), número total de botões florais (NTBF) e diâmetro do botão floral (DBF), em função dos ambientes Convencional e Modificado.

FV	GL	Quadrado Médio			
		DP (cm)	AH (cm)	NTBF	DBF (mm)
Estufa	1	2,00 ^{ns}	92,14 [*]	10,13 ^{**}	21,8 ^{ns}
Blocos	3	25,58 ^{ns}	75,38 [*]	191,08 ^{**}	1133,5 ^{**}
Resíduo	3	6,64	5,98	0,21	35,2
Média Geral		20,67	18,905	19,875	75,32
CV (%)		12,47	12,94	2,31	7,88

** : Significativo, a 1% de probabilidade; * : Significativo, a 5% de probabilidade; ^{ns} : Não significativo.

A partir das informações da Tabela 24, é possível verificar que, exceto quanto ao parâmetro relacionado ao diâmetro médio das plantas, todos os outros diferem estatisticamente entre si, ressaltando-se o número total de botões florais que se apresentou significativo a 1% de probabilidade. Tal fato pode ser atribuído à dinâmica da temperatura interna aos ambientes, que por sua vez, é fortemente influenciada pela radiação solar incidente, sendo todos esses parâmetros alterados pelo tipo de material utilizado na cobertura. Semelhante à discussão anterior, as temperaturas mais amenas na estufa Modificada, principalmente durante os períodos mais quentes do dia, produziram efeito positivo no desenvolvimento da gérbera, contribuindo para a produção de exemplares mais adequados ao padrão comercial. Além disso, deve-se também

destacar que houve precocidade na antese e, por conseguinte na colheita das flores em cada ciclo, que foram realizadas cerca de 16 dias antes na estufa Modificada e isso deve-se a melhor difusão da luz promovida pela malha vermelha, aumentando assim a eficiência de captura da luz pelas plantas e, conseqüentemente, a eficiência da fotossíntese.

Segundo Wang (1998), as interações entre temperatura e luminosidade interferem e podem ser usadas para manipular a indução floral. Konow e Wang (2001), acrescentam que, geralmente, a indução floral pode ser obtida mantendo a planta sob temperaturas diurnas de no máximo 25 °C e noturnas de 15 °C por 4 a 5 semanas.

Outra característica importante é conferida pela qualidade da radiação dada pela razão entre o espectro de luz correspondentes ao vermelho e vermelho distante com comprimentos de ondas entre 610 a 1000 nm, promovida pelo uso da malha vermelha, além disso, a difusão de luz também é melhorada, conforme citado por Oren-Shamir *et al.* (2001), que trabalharam com os mesmos tipos de coberturas utilizadas nesse estudo.

Muitos autores têm citado em seus estudos com a utilização da malha vermelha no ambiente protegido, que houve significativo aumento da disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), contribuindo para a produtividade e qualidade dos cultivos. Nesse sentido, Leite e Fagnani (2005), avaliaram os efeitos micrometeorológicos promovido pela malha vermelha no crescimento da cultura do lírio. Segundo esses autores, houve maior transmissão da PAR na estufa com malha vermelha, o que conferiu à cultura maior massa fresca e seca, hastes mais longas e mais espessas, como também precocidade no florescimento em cerca de 20 dias.

Para Corrêa (2008), as telas convencionais, utilizadas no revestimento de ambientes protegidos (sombrites ou clarites), na maioria das vezes, não

proporcionam níveis adequados de radiação, o que afeta o desenvolvimento e a produção das plantas.

Segundo Tsormpatsidis *et al.* (2008), as respostas das plantas quanto ao uso de malhas espectrais se traduzem em alterações no crescimento, no desenvolvimento, na morfologia e nas funções fisiológicas das plantas.

Leite *et al.* (2008), avaliaram a radiação PAR e incidente em ambiente protegido com diferentes malhas no cultivo de orquídea e concluíram que no ambiente sob malha vermelha foram observadas diferenças estatísticas positivas na transmissão de energia PAR, precocidade significativa na floração da planta e maior produtividade.

Stamps (2009), explica que a intensificação de espectro de luz dentro dos comprimentos de onda correspondente ao vermelho, promovida pelo uso de malhas vermelhas, contribuem para o florescimento precoce de muitas cultura devido ao incremento tanto vermelho, como vermelho distante em proporção aos outros tipos de radiação.

As Figuras 27 a 30, ilustram graficamente o desempenho do diâmetro médio da planta, altura média da haste, número total de botões florais e diâmetro médio do botão floral nos ambientes Convencional e Modificado submetidos aos tratamentos de irrigação.

Em todos os casos, foram realizados ajustes por regressão polinomial quadrática entre os pontos, plotando-se o a equação correspondente a cada ambiente e parâmetro avaliado, assim com o coeficiente de determinação (R^2).

Os ajustes polinomiais obtidos mostraram-se satisfatórios, com valores de R^2 sempre superiores a 0,91. Para todos os gráficos, observa-se o decréscimo dos parâmetros avaliados com a elevação da tensão da água no solo. É possível ainda perceber que no ambiente Modificado, todos os parâmetros foram sempre mais elevados para um mesmo tratamento, exceto no caso do tratamento T4 na estufa Convencional para o diâmetro médio das plantas (Figura 26). O

tratamento T1 em ambos, mostrou-se sempre superior aos demais tratamentos para todos os parâmetros avaliados. Na estufa Convencional houve grande equilíbrio entre os tratamentos para o diâmetro médio da plantas.

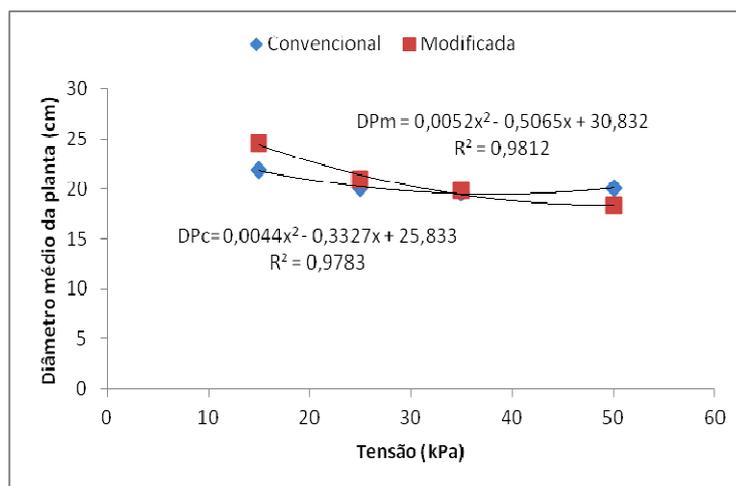


Figura 27 Diâmetro médio da planta nos ambientes Convencional (DPC) e Modificado (DPM) por tratamento de irrigação.

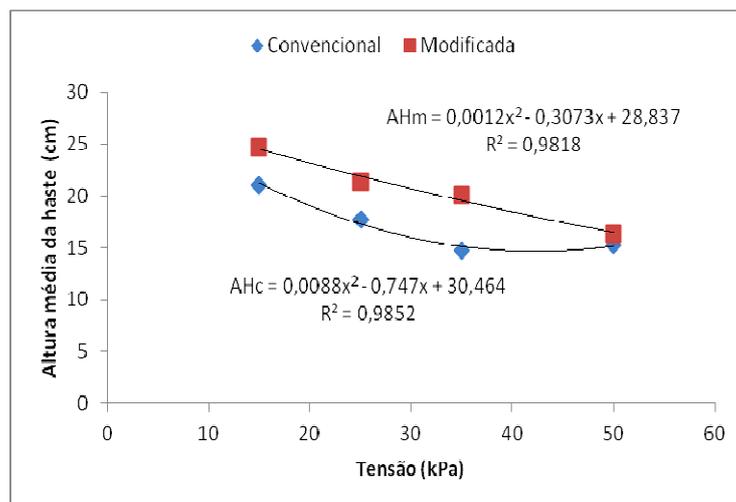


Figura 28 Altura média da haste nos ambientes Convencional (AHc) e Modificado (AHm) por tratamento de irrigação.

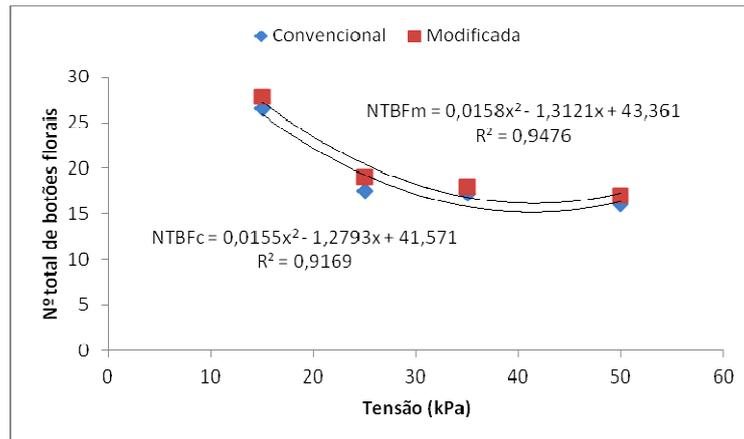


Figura 29 Número total de botões florais nos ambientes Convencional (NTBFc) e Modificado (NTBFm) por tratamento de irrigação

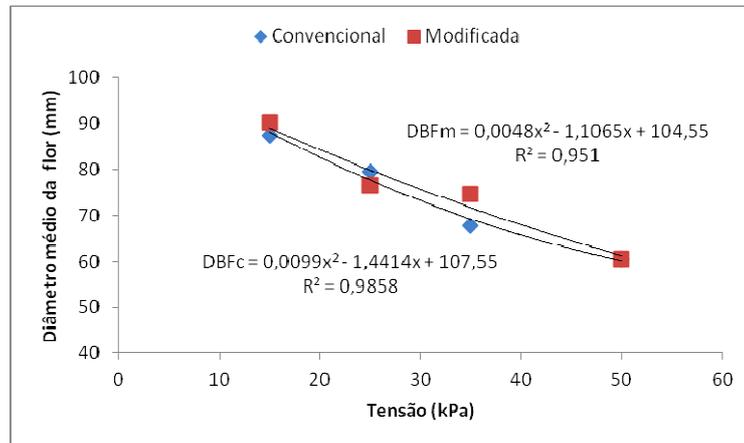


Figura 30 Diâmetro médio dos botões florais nos ambientes Conventional (DBFc) e Modificada (DBFm) por tratamento de irrigação

5 CONCLUSÕES

Dentro das condições estabelecidas após a execução do experimento, os resultados permitiram concluir que:

- a) A distribuição espacial da temperatura não é uniforme nos ambientes estudados;
- b) A radiação solar incidente é mais intensa no ambiente Convencional;
- c) A temperatura média do ar no ambiente Convencional, comparada ao ambiente Modificado, não diferem estatisticamente entre si;
- d) A umidade relativa do ar no ambiente Convencional não difere estatística a do ambiente Convencional;
- e) As temperaturas médias observadas no centro geométrico da estufa são estatisticamente iguais à média da temperatura espacial;
- f) O tratamento correspondente a -15 kPa nos dois ambientes avaliados produziu flores mais adequadas ao padrão comercial nacional;
- g) As gérberras produzidas na estufa Modificada submetidas ao tratamento correspondente a -15 kPa apresentaram qualidade visual diferenciada das submetidas ao mesmo tratamento na estufa Convencional;
- h) Existem diferenças estatísticas entre os cultivos no ambiente Convencional e Modificado, submetidos aos mesmos tratamentos.

REFERÊNCIAS

- AL-HELAL, A. M.; ABDEL-GHANY, I. M. Measuring and evaluating solar radiative properties of plastic shading nets. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v.95, p.677-683, 2011.
- AL-HELAL, A. M.; ABDEL-GHANY, I. M. Responses of plastic shading nets to global and diffuse PAR transfer: optical properties and evaluation. **Journal of Life Sciences**, Wageningen, v.57, p.125-132, 2010.
- AL-JAMAL, K. Greenhouse cooling in hot countries. **Energy**, v.19, n.11, p. 1187- 1192, 1994.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.110, n.4, 2012. 23p. DOI 10.1007/s00704-012-0796-6.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI-MC-96.1. 1982.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de et al. Climate variations in greenhouse cultivated with gerbera and relationship with external conditions. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n.5, Oct. 2011 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000500003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 ago 2013.
- ANDRIGUETO, J. R. et al. Produção integrada de frutas e sistema agropecuário de produção integrada no Brasil. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 1008 p.
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Hort. Bras.**, Brasília, v.18, p.26-33, 2000 (Suplemento).
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; ABAURRE, M. E. O. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.381-386, 2007.
- ASSIS, S. de. Efeito da orientação da estufa de polietileno na radiação solar, em estações distintas do ano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.2, p. 219-226, 2004.

BANDEIRA, G. R. L.; DE QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTA, N. D.; SANTOS, C. A. F. Desempenho agronômico de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no submédio São Francisco. **Irriga**, Botucatu, v.18, n.1, p. 73- 84, 2013.

BARBOSA, J. G. et al. Cultivo de rosas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 20-29, 2005.

BECKMANN, M. Z. et al. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p. 86-92, 2006.

BELLÉ, S. **Sistemas de irrigação e concentrações de adubação complementar na produção de gébera *jamesonii* cv. 1187 em vaso**. 1998. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA S. O.; YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. p. 13-45.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

BLISKA, J. R. A.; HONÓRIO, S. L. **Cartilha tecnológica de plasticultura e estufa**. Campinas: UNICAMP, 1996. 85p.

BOJACÁ, C. R.; GIL, R. E.; COOMAN, A. Original papers: use of geostatistical and crop growth modelling to assess the variability of greenhouse tomato yield caused by spatial temperature variations. **Comput. Electron. Agric.**, v.65, n.2, p.219-227, 2009. DOI=10.1016/j.compag.2008.10.001

BORGES, E. M. **Rendimento, qualidade e precocidade de gladiolo irrigado no Recôncavo baiano**. 2005. 64f. Dissertação (Mestrado em Uso, manejo e conservação dos recursos naturais, solo e água) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005.

BRAGA, F. T. **Ambiente de cultivo na propagação in vitro de Crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev cv. *Rage*): características anatômicas e fisiológicas**. 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRASIL. **Lei nº 9.456**, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências.

BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M.; ESTEFANEL, V.; DALMAGO, G. A. Gradiente vertical de temperatura do ar no interior de estufas plásticas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p.471-472, 1997.

BURIOL, G. A.; RIGHI, E. Z, SCHNEIDER, F. M.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v.8, n. 1, p.11-18, 2000.

BURROUGH P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. New York: Oxford University Press, 1998. 333p.

CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CANSADO, J. C. A. **AGRILOGIC**: sistema para experimentação de controle climático de casas de vegetação. 2003. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CARDOSO, R. D. L. **Caracterização morfológica e citológica de gérbera**: subsídio para o melhoramento genético. 2007. 189f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

CARVALHO, J. de A. et al. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v.15, n.6, p.569-574, 2011.

CASTELLANO, S.; SCARASCIA, G. M.; RUSSO, G.; BRIASSOULIS, D.; MISTRIOTIS, A.; HEMMING, S.; WAAIJENBERG, D. Plastic nets in agriculture: A general review of typologies and applications. **Applied Engineering in Agriculture**, Michigan, v.24, p.799-808, 2008.

CAVINS, T. J. et al. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. **Raleigh: Horticulture Information**, 2000. 17 p.

CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Litexa: Ed. Lisboa, 1993. 366p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124 p.

CLAPS, P.; GIORDANO, P.; LAGUARDIA, G. Spatial distribution of the average air temperatures in Italy: quantitative analysis. **J. Hydrol. Eng.**, 13:242–24. 2008.

COLLINS, F.C.; BOLSTAD, P. A. Comparison of spatial interpolation techniques in temperature estimation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE / WORKSHOP ON INTEGRATING GIS AND ENVIRONMENTAL MODELING, 3., **Anais...** Santa Fe, 1996. Proceedings. Santa Fe: NCGIA, 1996.

CORRÊA, R. M. **Adubação orgânica, intensidade e qualidade de luz no crescimento de plantas, características anatômicas e composição química do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.)**. 2008. 131f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

COSTA, L. C. do B. et al. Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, Rio Grande do Sul, v. 5, n. 1, p. 6-8, 2007.

CRITTEN, D. L. BAILEY, B. J. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.112, p.1-22, 2002.

CUNHA, P. C. R. da et al . Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 17, n. 7, July 2013 . Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000700007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 Jul 2013.

DAMASCENO, L. M. O.; ANDRADE JUNIOR, Aderson S. de; GHEYI, Hans R. Cultivation of gerbera irrigated with treated domestic effluents. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 6, 2010 . Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000600003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 maio 2013.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DOURADO NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2001.

DRAGIĆEVIĆ, S. Determining the optimum orientation of a greenhouse on the basis of the total solar radiation availability. **Thermal Science**, 15(1): 215-221, 2011.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. **Mercado brasileiro de flores**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-08-29/mercado-brasileiro-de-flores-deve-crescer-15-na-comparacao-com-201>> Acesso em: 12 jun 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FANELA, T. L. M. et al. Influência de diferentes níveis de tensão de água na cultura da gébera desenvolvida em substrato. In: MOSTRA CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2.; MOSTRA CIENTÍFICA DA FMVZ, 10.; REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 13., 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2006.

FARIAS, J. R.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, M. A. B.; OLIVEIRA, A. C. B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C.; BÔAS, R. L. V. Manejo da irrigação na cultura do crisântemo em vaso, cultivar Rage, cultivado em ambiente protegido. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 51-56, 2004.

FARIAS, M. F. de ; SAAD, J. C. C. Análise de crescimento do crisântemo de vaso, cultivar Puritan, irrigado em diferentes tensões de água em ambiente protegido. **Acta Sci.**, Agron. (Online) [online]. 2011, vol.33, n.1 [cited 2013-07-17], pp. 75-79 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212011000100011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 maio de 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FISCHER, S. Z. et al. Hastes florais de cenoura: uma opção para a floricultura. Documentos 175, **EMBRAPA**, 2006.

FURLAN, R. A.; FOLEGATTI, M. V. Distribuição vertical e horizontal de temperaturas do ar em ambientes protegidos. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 6, n. 1, Apr. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000100017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 July 2013.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; AGUIAR E SILVA, M. A. de. Estimativa da irradiação difusa em estufas de polietileno nas orientações leste-oeste e norte-sul. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings online**. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000200057&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 24 Jul 2013.

GÓMEZ J. D. et al. Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. **Atmósfera**, México, v.21, 35–56. 2008.

GOODALE, C.; ABER, J. D.; OLLINGER, S. V. Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model. **Clim. Res.** 10, 35–49. 1998.

GUINI, R. **Solarização do solo**. Embrapa Meio Ambiente, 2001. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Ghini_solarizacaoID-VArAMJxNVp.pdf> Acesso em: 18 Jul 2013.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente associado à malha termorefletora, instalada externa e internamente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.15, p.157-162, 2007.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido I: efeito na temperatura e na umidade do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2004.

GUISELINI, Cristiane et al. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gébera. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 6, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000600011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 jun 2013.

HERNANDÉZ, J.; MORALES, M. I. Los agrotexiles y sus aplicaciones. **Hortofruticultura**, n.3, p. 45-47, 1995.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 8, Aug. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000800007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Jul 2013.

HULSHOF, T. **Gérbera**: sobre as desordens nutricionais e adubação na cultura da gérbera de corte: manual do produtor. Holambra: Editora Setembro, 2008. 48p.

INFOAGRO. **Agroinformación**: el cultivo de la Gerbera. Disponível em: <<http://www.infoagro.com/flores/flores/gerbera.htm>>. Acesso em: 10 jul 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Gargalos da floricultura**. Disponível em: <http://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php>. Acesso em: 10 jun 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Padrão IBRAFLOR de Qualidade para Gérbera de Corte**. São Paulo, 2000. 87 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=313820&search=mi-nas-gerais|lavras>>. Acesso em: 18 jul 2013.

JOURNER, A. G.; HUIJBREGTS, C.H. J. **Mining Geostatistics**. London: Academic Press Inc., 1978.

KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **J. of Agri. Eng. Res.**, Ohio, v. 73, p. 341-351, 1999.

KONOW, E. A.; WANG, Y. T. Irradiance levels affect in vitro and greenhouse growth, flowering, and Photosynthetic behavior of a hybrid Phalaenopsis Orchid. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 2001; 126(5): 531-536.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. de O. Produção e comercialização de flores em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 07-11, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Editora, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology : ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Berlin : Springer, 2003.

LEFFRING, L. Effects of daylength and temperature on shoot and flower production of Gerbera. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 51, p. 263-265, 1975.

LEGATES, D. R.; MCCABE, G. J. A refined index of model performance: a rejoinder. **International Journal of Climatology**, 2012.

LEITE, C. A.; FAGNANI, M. A. Resposta de *Lilium longiflorum*. var. São José à mudança de espectro de luz propiciado por malha de transmissão diferenciada. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. 1 CD-ROOM.

LEITE, C.A.; ITO, R.M.; LEE, G.T.S.; GANELEVIN, R.; FAGNANI, M.A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of phalaenopsis. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.770, p.177-184, 2008

LEPORI, G.; FRACESCHETTI, U.; NASSI, M.O. The effects of solar radiation on some genotypes of gerbera. In: QUAGLIOTTI, L.; BALDI, A. (Ed.). **Eucarpia meeting on genetics and breeding of carnation and gerbera**. Turin: Institute of Plant Breeding and Seed Production, 1979. p. 245-254.
LUDWIG, F. **Cultivares de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.), em vaso, sob dois níveis de fertirrigação**. 2007. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MARQUELLI, W.A. **Tensiômetros para o controle da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ. 15p. Circular técnica, 57, 2008.

MARQUES, R. W. C.; CAIXETA FILHO, J. V. Avaliação da Sazonalidade do Mercado de Flores e Plantas Ornamentais no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 143-160, 2003.

MARTINEZ, P. F.; FATTAH, Y. M. M. A. Effects of substrate warming in soilless culture on gerbera crop performance under seasonal variations. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 408, p. 31-40, 1995.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G., Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, p. 15-23, set-dez, 1999.

MERCURIO, G. **Gerbera cultivation in greenhouse**. De Kwakel: Schreurs, 2002. 206p.

MUNIZ, M. L. **Produção de gérbera de corte em resposta à frequência de fertirrigação com base na irradiância solar global**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

NIESING, P. C. **Cultivo protegido de cultivares de alface americana no inverno e primavera em Ponta Grossa – PR**. 2006. 64f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; RODRIGUES, D. S.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.; SILVA, S. H. M. da. Crescimento e produção de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.1394-1400, 2009.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants**. Portland: Timber, 1990. 210 p.

OLIVEIRA, C. S. H. et al. Consumo de água pela cultura da gérbera submetida a diferentes tensões. In: MOSTRA CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2.; MOSTRA CIENTÍFICA DA FMVZ, 10.; REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 13., 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2006. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, E. C. **Irrigação da roseira cultivada em sistema de produção integrada: viabilidade técnica e econômica**. 2012. 187f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federaç de Lavras, Lavras, 2012.

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.E.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y.U.E.; SHAHAK, Y. Coloured shade

nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pithecolobium variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Coventry, v. 76, p. 353-361, 2001.

PAIVA, L. C. **Periodicidade de crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes tensões de irrigação e duas densidades de plantio**. 2006. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

PANDORFI, C. G. **Manejo da cobertura em ambiente protegido: alterações micrometeorológicas e efeitos na produção e qualidade de gérbias**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2006. 95p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

PIRES, R. C. M. et al. Produção do morangueiro em diferentes níveis de água, cobertura do solo e ambiente de cultivo. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 338-353, 2007.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 14 jun 2013.

REGO, J. L., VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; BASTOS, F.G.C.; GONDIM, R.S. Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura do crisântemo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, n.2, p.302 – 308, 2004.

RICHTER, M. More compact pot gerberas through water stress. **Gartenbaumagazin**, Munster, v. 5, n. 8, p. 39-41, 1996.

RODRIGUEZ-LADO, L. et al. Modelling air temperature for the state of São Paulo, Brazil. **Sci. Agric.**, Piracicaba, Braz. [online]. 2007, vol.64, n.5 [cited 2013-07-24], pp. 460-467 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162007000500002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 mar 2013.

SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theor Appl Climatol.**, 108:1–7. 2012.

SAEBO, A.; MORTENSEN, L. M. The influence of elevated CO₂ concentration on growth of seven grasses and one clover species in a cool maritime climate. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science**, v.46, p.49-54, 1996.

SALVADOR, E. D. **Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais**. 2000. 148 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SANCHEZ, V. S. E.; FIGUEIREDO, G. Planejamento da Propriedade Agrícola com Cultivo em Ambiente Protegido. **Casa da agricultura**, ano 14, n. 2, 2011.

SANTOS, A. **Floricultura: produção de flores de corte**. Salvador: Sebrae Bahia, 2009. 40 p.

SAPOUNAS, A. A.; NIKITA-MARTZOPOULOU, C.H.; SPIRIDIS, A. 2008. Prediction the spatial air temperature distribution of an experimental greenhouse using geostatistical methods. **Acta Horticulturae**, Wageningen, (ISHS) 801:495-500. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/801/801_54.htm>. Acesso em: 05 jul 2013.

SAPOUNAS, A. A.; NIKITA-MARTZOPOULOU, C.H.; SPIRIDIS, A. Prediction the spatial air temperature distribution of an experimental greenhouse using geostatistical methods. **Acta Horticulturae**, Wageningen, p. 495-500; 2008.

SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: SEEMANN, J. **Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979, p. 165-178.

SENTELHAS, P. C.; VILLA NOVA, N. A.; ANGELOCCI, L. R. Efeito de diferentes tipos de cobertura, em mini-estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 479-481.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GAELEVIN, R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.659, p.143-161, 2004.

SHAHAK, Y.; LAHAV, T.; SPIEGEL, E.; PHILOSOPH-HADAS, S.; MEIR, S.; ORENSTEIN, H.; GUSSAKOVSKY, E.; RATNER, K.; GILLER, Y.;

SHAPCHISKY, S.; ZUR, N.; ROSENBERGER, I.; GAL, Z.; GANELEVIN, R. Growing aralia and monstera under colored shade nets. **Olam Poreah**, v.13, p.60-62, 2002.

SILVA, W. G. **Manejo da irrigação para o feijão-de-metro cultivado em ambiente protegido**. 2011. 96f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, 2011.

SONI, P.; SALOKHE, V. M.; TANTAU, H. J. Effect of Screen Mesh Size on Vertical Temperature Distribution in Naturally Ventilated Tropical Greenhouses. **Biosystems Engineering**, v. 92, n. 4, p. 469–482. 2005.

SONNEVELD, C. et al. Salt tolerance of flower crops grown in soilless culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, p. 1033-1048, 1999.

SPANOMITSIOS, G. K.; MALOUPA, E. M.; GRAFIADELLIS, M. I. The effect of various environmental factors on of greenhouse gerbera plants. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.408, p.119-127, 1995.

STAMPS, R. Use of colored shade netting in horticulture. **Hort. Science.**, 44:239–24, 2009.

STRATEN, V. G. et al. **Optimal control of greenhouse cultivation**. CRC Press, 2011. 324p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TRIKI, J.; VERLODT, H.; BAETEN, S. Influence de differents systemes d'aeration sur la distribution des temperatures sous serre polyethylene. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 154, p.241-248, 1984.

TSORMPATSIDIS, E.; HENBEST, R.G.C.; DAVIS, F.J.; BATTEYA, N.H.; HADLEYA, P.; WAGSTAFFE, A. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce 'Revolution' grown under polyethylene films. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, p.232-239, 2008.

VAN DEN MUIJZENBERG, E.W.B. A history of greenhouses. **Inst. Agric. Eng.**, Wageningen, The Netherlands, 1980. 435 p.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

VANHOUTTE, S.; VERLODT, H. Comparison of polynomial regression and linear interpolation as methods for temperature distribution studies under greenhouses. **Acta Horticulturae**, Wageningen (ISHS), v. 281, p.211-230, 1990.

VILAS BOAS, R. C. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. **Rev. Bras. Eng. Agrí. e Amb.**, Campina Grande, v.16, n.7, p.706–713, 2012.

WANG, Y. T. Deffering floweing of greenhouse grown Phalaenopsis orchids by alternating dark and light. *Journal of Amer. Soc. Hort. Science*, v.123, p.56-60, 1998;.

WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURA, K. A refined index of model performance. **Int. J. Climatol.**, v.32, p.2088–2094. doi:10.1002/joc.2419. 2012.

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.0, n.C5, p.8995-9005, 1985.

ZHANG, Z. K.; LIU, S. H.; HUANG, Z. J. Estimation of cucumber evapotranspiration in solar greenhouse in northeast China. **Journal Agricultural Sciences in China**, New York, v. 9, n. 4, p. 512-518, abr. 2010.