

CLAUDINEI MARTINS GUIMARÃES

**IRRIGAÇÃO DE CULTIVARES DE ALFACE E CENOURA EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

G963i
2019 Guimarães, Claudinei Martins, 1981-
 Irrigação de cultivares de alface e cenoura em ambiente
 protegido / Claudinei Martins Guimarães. – Viçosa, MG, 2019.
 xiv, 78 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando França da Cunha.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Horticultura. 2. *Lactuca sativa* L.. 3. *Daucus Carota* L..
4. Irrigação. 5. Produtividade. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 635

CLAUDINEI MARTINS GUIMARÃES

**IRRIGAÇÃO DE CULTIVARES DE ALFACE E CENOURA EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2019.


Carlos Nick Gomes


Gustavo Haddad Souza Vieira


Cataryny Cabral Aleman


Francisco Charles dos Santos Silva


Fernando França da Cunha
(Orientador)

A Deus,
que me ensinou os valores e
princípios da vida, e a sabedoria
que homem nenhum pode oferecer,
pois sei que ele sempre estará comigo,
em todos os momentos
que eu desejar estar com ele.

À memória
do nosso saudoso e querido amigo
professor Silvio Bueno Pereira,
que me orientou em quase todo
o período do doutorado.

Dedico.

“*Então a nossa boca se encheu de riso e a nossa língua de cânticos;*
então se dizia entre as nações: Grandes cousas fez o Senhor a estes.
Grandes cousas fez o Senhor por nós, e por isso *estamos alegres.*”

Salmo 126:2-3

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nunca me desamparou e que sempre esteve à frente nas minhas decisões e nas da minha família, ao qual dedico esta dissertação.

Aos meus familiares: meu pai Jose Martins Guimarães, que sempre será um exemplo de dignidade e honestidade; minha mãe Eva Sant'ana Guimarães, mulher simples, esforçada e que nunca deixou de cuidar dos filhos da melhor forma possível; meus irmãos José Geraldo, João, Dionísio, Denísia, Hermínia, Verinha e Deleíse, com os respectivos esposos, esposas, filhos e filhas. Não tenho palavras para expressar o quanto os amo e o quão bom é ter todos vocês em minha vida.

À minha esposa Aline Baldez Felismino Guimarães, pelo carinho, atenção, companheirismo e dedicação a nós.

Aos irmãos da Igreja Cristã Maranata de Viçosa-MG, pela assistência, pelo cuidado e carinho dados a mim e a minha esposa, principalmente pelas orações. “... A oração de um justo pode muito em seus efeitos” (Tiago 5:16).

Ao meu orientador Dr. Fernando França da Cunha e ao meu co-orientador Dr. Everardo Chartuni Mantovani pelo apoio, confiança e compreensão. Sou grato por tudo que têm feito por mim. Obrigado!

Deixo um agradecimento muito especial ao meu primeiro orientador do doutorado e irmão em Cristo Dr. Sílvio Bueno Pereira, o qual me apoiou até os últimos meses do período do curso, quando subitamente foi colhido por Deus para um local muito melhor. Espero reencontrá-lo um dia na Eternidade com o Senhor! Que Deus continue abençoando sua família, a qual ele amava muito!

Aos professores da banca de defesa, pelas sugestões e contribuições no enriquecimento desde trabalho. Em especial, ao Dr. Derly José Henriques da Silva, pelo provimento da casa de vegetação para instalação do experimento, ao Dr. Francisco Charles dos Santos Silva, pelo auxílio nas análises estatísticas do estudo, pelo apoio científico e principalmente pela amizade fortalecida ao longo do doutorado, à Dra. Catariny Cabral

Aleman, pelo apoio científico na qualificação e na defesa da tese, e aos Drs. Carlos Nick Gomes e Gustavo Haddad Souza Vieira pelas valiosas contribuições na defesa da tese.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio técnico e científico, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade da realização deste curso, a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão das bolsas de estudo.

A todos os professores e alunos, sem exceção, que sempre nos apoiaram nesse trabalho, seja com recursos, opiniões e até com uma boa conversa como amigo, fornecendo informações valiosas para meu crescimento como pesquisador e profissional.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica-UFV: Policarpo e Francisco (Chicão), pelo auxílio e amizade.

Enfim, a todos os meus familiares, amigos, professores e colegas que mesmo à distância, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, seja incentivando ou orando por mim.

Muito Obrigado a todos!

BIOGRAGRAFIA

CLAUDINEI MARTINS GUIMARÃES – nascido em Viçosa – MG, no dia 29/12/1981, filho de José Martins Guimarães e Eva Sant’ana Guimarães.

Em janeiro de 2011, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde foi estagiário nos departamentos de Engenharia Agrícola e Fitotecnia da UFV durante a graduação.

Em 2006 e 2007, participou de intercâmbio como estudante e estagiário na Universidade de Minnesota – EUA e na empresa Betaseed inc.– EUA (18 meses).

No ano de 2011, atuou como professor de ensino superior na Faculdade UNIVERTIX em Matipó – MG, na área de Recursos Hídricos.

No período entre abril de 2011 a novembro de 2012, foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (DTI) do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo Departamento de Fitotecnia da UFV.

Em março de 2013, iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal, Stricto Sensu, nível mestrado, pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Regional Jataí - GO, obtendo o título de Mestre no dia 13 de fevereiro de 2015.

Iniciou o curso de Doutorado em março de 2015, em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, com a defesa de tese aprovada em 18 de fevereiro de 2019.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DA COLORAÇÃO DE COBERTURA PLÁSTICA EM AMBIENTE PROTEGIDO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ALFACE.....	8
RESUMO	8
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ALFACE SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	29
RESUMO	29
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE CENOURA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	57
RESUMO	57
INTRODUÇÃO.....	58
MATERIAL E MÉTODOS.....	59
RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Localização geográfica da área de estudo. Viçosa-MG, Brasil.....16
- Figura 1.2.** Vista externa aos ambientes protegidos utilizados (a) e canteiro com a cultura da alface.....41
- Figura 1.3.** Curva de retenção de água no solo para os dois diferentes ambientes.....43
- Figura 1.4.** Valores diários da temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa média do ar (%), radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm d^{-1}) referentes ao período de cultivo da alface.....46
- Figura 1.5.** Análise de componentes principais (ACP) para teor relativo de clorofila total (CLOR-T) (índice SPAD), número de folhas comerciais (NFC), índice de área foliar (IAF), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA; e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares de alface e coberturas plásticas de ambiente protegido.....53
- Figura 2.1.** Localização geográfica da área de estudo. Viçosa-MG, Brasil.....16
- Figura 2.2.** Ambiente protegido (a), estação meteorológica (b), detalhe do registro no início de cada linha lateral e marcação das microcovas (c) e vista interna da casa de vegetação (d).....60
- Figura 2.3.** Representação estrutural do bloco 1 do experimento. ETc: evapotranspiração da cultura. C: cultivar de alface.....61
- Figura 2.4.** Variação diária da radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), referentes as três épocas de cultivo da alface.....64
- Figura 2.5.** Valores médios de altura de parte aérea (APA) e produtividade da água (PA) do ciclo 1, de APA, massa total de parte aérea (MPAT), massa de folha seca (MFS) e comprimento de caule (CC) dos ciclos 2 em função de lâminas de irrigação (LI) para as cultivares de alface. LIPI: lâmina de irrigação referente ao ponto de inflexão da curva.....73
- Figura 2.6.** Valores médios de massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAT), produtividade da cultura (PROD), diâmetro de parte aérea (DPA), número de folhas comerciais (NFC), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e de caule (MCF), diâmetro médio e volume de caule (DMC; e VC) do ciclo 2 e produtividade da água (PA) dos ciclos 2 e 3, em função de lâminas de irrigação para as cultivares de alface. LIPI: lâmina de irrigação referente ao ponto de inflexão da curva.....74
- Figura 2.7.** Análise de componentes principais (ACP) para massa de parte aérea total e comercial (MPAT; MPAT); massa de perda na colheita (MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA; e VPA), comprimento e largura de folha (CF; e LF), massa de folha fresca e seca por planta (MFF; e MFS), índice de área foliar (IAF), massa de

caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC; e VC), teor de clorofilas A, B e total (CLOR-A; CLOR-B; e CLOR-T) nos ciclos 1, 2 e 3 sob diferentes lâminas de irrigação para as cultivares de alface. Trat: Tratamento; LI: lâmina de irrigação.....76

- Figura 3.1.** Localização geográfica da área de estudo. Viçosa-MG, Brasil.....16
- Figura 3.2.** Ambiente protegido (a), estação meteorológica (b), detalhes da colheita da cenoura (c) e vista interna da casa de vegetação no momento da colheita (d) 84
- Figura 3.3.** Representação estrutural do bloco 1 do experimento. ETc: evapotranspiração da cultura. C: cultivar de cenoura.....85
- Figura 3.4.** Variação diária da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), referentes a dois ciclos de cultivo da cenoura no ano de 2017.....89
- Figura 3.5.** Valores médios de comprimento da parte aérea (CPA), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da parte aérea seca (MPAS), volume da cenoura (VC), massa de 10 cenouras (M10C), e produtividade da água (PA) do ciclo 1 e comprimento da parte aérea (CPA), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da cenoura fresca (MCF), volume da cenoura (VC), produtividade da cultura (PROD) e produtividade da água (PA) do ciclo 2, em função de lâminas de irrigação (LI) para a cultura da cenoura. LIPI: lâmina de irrigação referente ao ponto de inflexão da curva.....93
- Figura 3.6.** Análise de componentes principais (ACP) para comprimento da cenoura (CC), comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro médio da cenoura (DMC), volume da cenoura (VC), ombro verde (OV), massa da cenoura fresca (MCF), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), e potencial de água na planta (PAP) em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em dois ciclos de cultivo de cenoura. Trat: Tratamento; LI: lâmina de irrigação.....95

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1.** Resultados das análises físico-hídricas e química dos solos contidos nos diferentes ambientes protegidos.....42
- Tabela 1.2.** Resumo da análise de variância para teor relativo de clorofilas A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T), número de folhas comerciais (NFC) e não-comerciais (NFNC), comprimento e largura de folha (CF e LF), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e seca (MFS), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC e VC), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC), massa perdida na colheita (MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares de alface e coberturas plásticas do ambiente protegido.....50
- Tabela 1.3.** Valores médios de teor relativo de clorofilas A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T) (índice SPAD), número de folhas comerciais (NFC) e não-comerciais (NFNC), comprimento e largura de folha (CF; e LF), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e seca (MFS), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC; e VC), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA; e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC), massa perdida na colheita (MPC), massa perdida na colheita MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares de alface e coberturas plásticas de ambiente protegido.....51
- Tabela 2.1.** Resultados das análises físico-hídricas e química em diferentes profundidades do solo no local do experimento, segundo EMBRAPA (2011) 61
- Tabela 2.2.** Exemplo prático de abertura das válvulas das linhas laterais.....64
- Tabela 2.3.** Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo da alface.....65
- Tabela 2.4.** Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA), e valores médios para as características de folha: teor relativo de clorofilas A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T) (índice SPAD), número de folhas comerciais (NFC) e não-comerciais (NFNC), comprimento e largura de folha (CF; e LF), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e seca (MFS), em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de alface.....68
- Tabela 2.5.** Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA), e valores médios para as características da raiz e caule: massa de raiz fresca (MRF) e seca (MRS), comprimento e volume de raiz (CR; e VR), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC; e VC), em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de alface.....69
- Tabela 2.6.** Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA), e valores médios relacionados à parte aérea da planta: altura de parte aérea (APA), diâmetro e

volume de parte aérea (DPA; e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC); massa de perda na colheita (MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de alface.....70

Tabela 3.1. Resultados das análises físico-hídricas e química em diferentes profundidades do solo no local do experimento, segundo EMBRAPA (2011) 85

Tabela 3.2. Exemplo prático de abertura das válvulas das linhas laterais.....88

Tabela 3.3. Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo da cenoura.....89

Tabela 3.4. Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA) e valores médios de potencial de água na planta (PAP), comprimento da parte aérea (CPA), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da parte aérea seca (MPAS), comprimento da cenoura (CC), diâmetro médio da cenoura (DMC), volume da cenoura (VC), ombro verde (OV), cenouras danificadas (CD), massa da cenoura fresca (MCF), massa da cenoura seca (MCS), massa de 10 cenouras (M10C), produtividade da cultura (PROD) e produtividade da água (PA) em função de diferentes cultivares (Cult) e lâminas de irrigação (LI) em dois ciclos de cultivo de cenoura.....91

RESUMO

GUIMARÃES, Claudinei Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Irrigação de cultivares de alface e cenoura em ambiente protegido.** Orientador: Fernando França da Cunha. Coorientador: Everardo Chartuni Mantovani.

Para atender a demanda crescente por hortaliças no Brasil, a utilização de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas associada ao adequado fornecimento de irrigação são imprescindíveis na maximização do desempenho agrônomo das espécies olerícolas. Objetivou-se, com este estudo, avaliar o comportamento agrônomo de cultivares de alface e cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, e estudar a influência da coloração de cobertura plástica em ambiente protegido no desempenho agrônomo de cultivares de alface, na Zona da Mata Mineira. Para essa pesquisa, foram utilizadas duas espécies de grande importância econômica nacional e mundial: a alface (hortaliça folhosa) e a cenoura (hortaliça de raiz). A pesquisa foi conduzida em ambientes protegidos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa-MG, Brasil e composta de três experimentos diferentes. Em ambos os experimentos, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, porém esquema fatorial no primeiro experimento e em parcelas subdivididas nos experimentos 2 e 3. A irrigação localizada foi realizada por gotejamento, com manejo via clima. O primeiro experimento foi realizado a fim de avaliar a influência da coloração de cobertura plástica em ambiente protegido no desempenho agrônomo de cultivares de alface. Esse primeiro trabalho foi realizado com o uso de quatro cultivares de alface (Raider Plus - tipo Americana; Luara - tipo Lisa; Vanda - tipo Crespa; Imperial - tipo Roxa) cultivadas sob dois diferentes ambientes protegidos (um coberto com filme plástico azul e outro com filme plástico transparente). A lâmina de reposição de água no primeiro experimento foi de 100% da evapotranspiração da cultura. No segundo e terceiro experimento, utilizou-se apenas o ambiente protegido com cobertura plástica de cor azul com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo das quatro cultivares de alface utilizadas no trabalho anterior e quatro cultivares de cenoura [Brasília Calibrada (cultivar de verão), Alvorada (cultivar de verão), Esplanada (cultivar de primavera-verão) e Nantes (cultivar de outono-inverno)], com ambas as espécies submetidas a diferentes lâminas de irrigação. No primeiro estudo, os diferentes ambientes protegidos apresentaram semelhanças na temperatura e umidade relativa do ar, mesmo comparados ao ambiente externo sem cobertura, porém a diferença na radiação solar influenciou a evapotranspiração de referência, a qual apresentou no interior dos ambientes protegidos com as coberturas

azul e transparente, respectivamente, 51,3 e 57,6 % da estimada para o campo aberto. O ambiente com cobertura plástica transparente é mais indicado para a cultivar Luara. Os dois ambientes avaliados não influenciaram no desenvolvimento das cultivares Raider Plus, Vanda e Imperial Roxa. A ocorrência de estiolamento de plantas das cultivares Vanda e Imperial Roxa na cobertura de filme plástico azul pode comprometer a recomendação dessas para o ambiente em questão. Nos estudos 2 e 3, As cultivares de alface Raider Plus e Luara, bem como a cultivar de cenoura Brasília apresentaram melhor desenvolvimento no ambiente protegido utilizado, comparado com as cultivares Vanda e Imperial para o mesmo ambiente. As lâminas de irrigação para reposição da evapotranspiração da cultura que apresentaram melhores resultados de produtividade foram de 110% para a alface e de 100% para a cenoura.

ABSTRACT

GUIMARÃES, Claudinei Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Irrigation of lettuce and carrot cultivars in protected environment.** Adviser: Fernando França da Cunha. Co-adviser: Everardo Chartuni Mantovani.

In order to meet the growing demand for vegetables in Brazil, the use of cultivars adapted to the edaphoclimatic conditions associated to the adequate irrigation supply are essential in maximizing the agronomic performance of vegetables species. The objective of this study was to study the influence of the plastic cover color in a protected environment on the agronomic performance of lettuce cultivars, and to evaluate the agronomic behavior of lettuce and carrot cultivars under different irrigation slides in the Zona da Mata Mineira. For this research, two species of great national and world economic importance were used: lettuce (leafy vegetables) and carrots (root vegetables). The research was conducted in protected environments of the Federal University of Viçosa (UFV) - Viçosa-MG, Brazil and composed of three different experiments. In both experiments, a randomized block design with four replications was used, with a factorial scheme in the first experiment and in subdivided plots in experiments 2 and 3. The localized irrigation was performed by drip irrigation, using climate management. The first experiment was carried out in order to evaluate the influence of the plastic cover color in the protected environment on the agronomic performance of lettuce cultivars. This work was carried out using four cultivars of lettuce (Raider Plus - American type, Luara - Smooth type, Vanda - Crespa type, Imperial - Purple type) cultivated under two different protected environments (one covered with blue plastic film and another with clear plastic film). The water replacer depth in the first experiment was 100% of crop evapotranspiration. In the second and third experiment, only the protected environment with blue plastic film covering was used to evaluate the agronomic performance of the four lettuce cultivars used in the previous work and four carrot cultivars [Brasília Calibrada (summer cultivar) Alvorada (summer cultivar), Esplanada (spring-summer cultivar) and Nantes (autumn-winter cultivar), with both species submitted to different irrigation depth. In the first study, the different protected environments presented similarities in the temperature and relative humidity of the air, even compared to the external environment without cover, but the difference in solar radiation influenced the reference evapotranspiration, which presented inside the protected environments with the blue roofs and transparent, respectively, 51.3 and 57.6% of the estimated for the open field. The environment with transparent plastic film covering is

more suitable for cultivar Luara. The two environments evaluated did not influence the development of the cultivars Raider Plus, Vanda and Imperial Roxa. The occurrence of plant stretching on Vanda and Imperial Roxa cultivars in the blue plastic film covering may compromise their recommendation to the environment in question. In studies 2 and 3, the lettuce cultivars Raider Plus and Luara, as well as the carrot cultivar Brasília, showed better development in the protected environment used, compared to the cultivars Vanda and Imperial in the same environment. Irrigation depth for crop evapotranspiration replacement that showed the best productivity results were 110% for lettuce and 100% for carrot.

INTRODUÇÃO GERAL

A maior conscientização da população em busca de uma dieta alimentar mais rica e saudável tem favorecido o aumento do consumo, produção e a comercialização de hortaliças na perspectiva de promoção da saúde e da segurança alimentar e nutricional como um direito humano. Vale ressaltar ainda que o Ministério da Saúde tem recomendado o consumo regular de frutas e hortaliças no mínimo 5 dias na semana como marcador de alimentação saudável para o monitoramento da saúde da população brasileira (RAMALHO et al., 2012).

A produção de hortaliças é uma atividade agrícola quase sempre presente em pequenas propriedades rurais, seja como atividade de subsistência ou com a finalidade da comercialização do excedente agrícola em pequena escala.

Segundo Biscaro et al. (2013), a estimativa da área utilizada com hortaliças no Brasil é de 800 mil hectares, com produção de aproximadamente 16 milhões de toneladas, concentrada próximo aos grandes centros consumidores, os chamados "cinturões verdes". A produção é caracterizada pela alta perecibilidade e sazonalidade. O consumo passa por variações ao longo do ano, fato este que dificulta a eficiência da distribuição destes produtos.

A produção de hortaliças possibilita a geração de grande número de empregos, sobretudo no setor primário, devido à elevada exigência de mão de obra desde a semeadura até a sua comercialização (SILVA; COSTA, 2010). Segundo Assunção (2013) a produção de hortaliças tem a capacidade de fixar por hectare, de 3 a 6 empregos diretos e o mesmo número de indiretos, e servir como um meio de subsistência, o que por sua vez pode garantir a sustentabilidade e promover o desenvolvimento local.

O ambiente protegido é bastante difundido e aceito nas áreas de produção de hortaliças em todo o país, pois protege a cultura das adversidades climáticas, além de proporcionar aumento na produtividade e na qualidade de produtos (CARVALHO et al., 2012). Além disso, o cultivo protegido pode amenizar problemas com pragas e doenças e reduzir o risco de perdas por ocasião de geadas ou chuvas intensas.

A escolha de variedades de hortaliças mais adaptadas ao clima e tipo de solo de uma região permite incremento em produtividade da cultura. Muitos agricultores, não sabendo

deste fato, insistem em utilizar o mesmo material de plantio que já usavam seus antepassados, tornando o cultivo pouco produtivo levando ao desestímulo dessa atividade (MAGALHÃES et al., 2015).

Dentre as hortaliças de importância no Brasil, destacam-se a alface (*Lactuca sativa* L.) e a cenoura (*Daucus carota* L.).

A alface, da família da Asteraceae, é uma das hortaliças mais populares e consumidas no mundo (FIGUEIREDO et al., 2012; KOEFENDER et al., 2016) e a principal hortaliça folhosa comercializada no Brasil (SALA; COSTA, 2012). É uma planta originada da Europa e da Ásia Ocidental, de caule pequeno no qual se prendem as folhas lisas ou crespas, podendo ou não formar cabeça, apresentando vários tons de verde. Sua raiz superficial explora apenas os primeiros 25 cm do solo. É uma planta anual, florescendo sob dias longos e altas temperaturas, vegetando preferencialmente em condições de dia curto e temperaturas amenas (FILGUEIRA, 2008).

A alface é cultivada em todo o Brasil (BANDEIRA et al., 2011), tradicionalmente em pequenas propriedades familiares, sendo de grande importância econômica e social (KAPOULAS et al., 2017). Segundo Bandeira et al. (2011), condições edafoclimáticas favoráveis à irrigação, possibilitam o seu cultivo durante todo o ano, principalmente em hortas comunitárias.

A alface possui grande importância econômica e social, por ser a hortaliça mais cultivada pelos pequenos produtores devido a sua larga adaptação às condições climáticas, a possibilidade de cultivos sucessivos ao longo do ano, o baixo custo de produção, a baixa suscetibilidade a pragas e doenças e segurança na comercialização (LUZ et al., 2010).

A cenoura (*Daucus carota* L.), pertencente à família Apiaceae, é uma hortaliça de raiz. Em valor econômico, encontra-se entre as dez espécies de hortaliças mais cultivadas no Brasil, com consumo per capita de 5,8 kg pessoa⁻¹ ano⁻¹. É cultivada em larga escala nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil, com área plantada estimada de 28 mil hectares e produção de 800 mil toneladas de raízes (LUZ et al., 2009).

Essa hortaliça de raiz é considerada de estação fria, porém existem cultivares adaptadas às condições tropicais e subtropicais. Embora a cenoura possa crescer em temperaturas de 4 a 40 °C, temperaturas entre 10 e 25 °C propiciam raízes com melhor qualidade. Temperaturas de 18 a 25 °C são consideradas ideais para o crescimento da parte aérea, enquanto que, para raízes de reserva, o ideal é entre 18 e 20 °C. Os solos não podem estar compactados para não restringir o crescimento das raízes. Solos de textura média, com níveis adequados de matéria orgânica são os mais indicados (PUIATTI et al., 2007).

O cultivo de hortaliças é uma atividade com características diferenciadas, necessitando de irrigação e demanda intensiva de insumos agrícolas, como fertilizantes (mineral ou orgânico), inseticidas, fungicidas, herbicidas, entre outros.

Além da escolha da variedade adequada ao clima e solo, o sucesso na produção de hortaliças depende da utilização de irrigação para suprir de forma total ou suplementar as necessidades hídricas da cultura. A evapotranspiração das hortaliças geralmente excede a precipitação pluvial, sendo assim, a distribuição adequada de água de maneira artificial por meio de irrigação tem sido a garantia para se produzir como planejado, sem que a falta de chuvas altere os índices de produtividade e de rentabilidade previamente estabelecidos (CUNHA et al., 2013).

A limitação de recursos naturais como a água, seus efeitos na produtividade e qualidade das hortaliças e o elevado consumo de energia para o seu bombeamento em áreas irrigadas, tem justificado os investimentos na adequação de parâmetros relacionados ao manejo da irrigação nestas culturas.

A agricultura irrigada é a atividade de maior demanda de água dentre as diversas atividades humanas. Na maioria das áreas irrigadas, a ausência de manejo racional da água resulta em aplicação excessiva, com desperdício de água e energia (SOUZA et al., 2013). Diante disso, o controle da irrigação e pesquisas para determinação de lâmina ótima de irrigação pode contribuir para a produção de hortaliças.

A determinação da demanda de água de uma cultura é fundamental no manejo da água de irrigação, podendo ser obtida a partir de medidas efetuadas no solo (fundamentam na determinação do seu conteúdo de água), na planta (monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática e da temperatura da folha, dentre outros) e nos elementos climáticos (desde simples medições da evaporação da água num tanque, como o “Classe A”, até complexas equações para a estimativa da evapotranspiração) (MAGALHÃES; CUNHA, 2012). A determinação da evapotranspiração tem sido mais usada por causa da maior praticidade e da menor exigência de mão de obra no manejo da irrigação.

Segundo Silva et al. (2007), a irrigação em hortaliças, realizada tradicionalmente por aspersão, principalmente por aspersão convencional, não contempla aspectos fundamentais a sustentabilidade da atividade agrícola irrigada. O primeiro é relacionado à sanidade das plantas, pois o molhamento da parte aérea provocado pela aspersão favorece a maior incidência de doenças de folha (MAROUELLI et al., 2011). O segundo é o uso múltiplo da água, uma vez que o cenário atual de competitividade pelo uso da água e problemas

relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos, torna cada vez mais necessário o uso de alternativas para economia de tal insumo na irrigação.

Para tanto, tem-se procurado investigar o desempenho, bem como estratégias de cultivo e manejo para adoção de sistemas de irrigação caracterizados por propiciarem redução no desperdício da água. Nesse aspecto, a irrigação localizada por gotejamento tem sido adotada com êxito para diversas culturas. A irrigação localizada é a aplicação da água via superfície ou subsuperfície do solo, próximo a raiz, não molhando toda a área. O sistema de irrigação por gotejamento apresenta maior custo de implantação em relação à aspersão, mas apresenta as seguintes vantagens: menor consumo de energia, controle fitossanitário facilitado e favorecido, e fertirrigação viabilizada e favorável.

A Zona da Mata Mineira é uma das doze mesorregiões do estado brasileiro de Minas Gerais, formada por 142 municípios agrupados em sete microrregiões, com área total de 35.747,8 Km² e população de aproximadamente 2.175.254 habitantes (IBGE, 2018). Situa-se na porção sudeste do estado, próxima à divisa dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo (grandes consumidores de hortaliças).

A Zona da Mata Mineira é composta em sua grande parte por pequenas propriedades com características de agricultura familiar. Seu relevo é caracterizado pelo predomínio de colinas e vales estreitos e algumas serras, o que dificulta o manejo de grandes culturas em grandes áreas. Assim, a produção de hortaliças torna-se uma alternativa viável na região, que possui pequenas áreas planas e grande quantidade de mão de obra familiar, principalmente para pequenos agricultores.

A microrregião de Viçosa é uma das sete microrregiões da Zona da Mata Mineira composta por vinte municípios, abrangendo uma área total de 4.826,1 Km², com aproximadamente 227.203 habitantes (IBGE, 2018). Situada a aproximadamente 200 quilômetros da capital do Estado (grande consumidor de hortaliças), é considerada uma região estratégica para produção e fornecimento de produtos hortícolas para grandes centros revendedores da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, como é o caso do CEASA / MG (Centrais de Abastecimento de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG).

Agricultores de hortaliças da microrregião de Viçosa estão inseridos no mercado, atendendo a demanda de feiras livres, mercados locais, de microrregiões e mesorregiões vizinhas, e programas de órgãos governamentais, semelhantemente as outras microrregiões da Zona da Mata Mineira. Atualmente, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) do Estado de Minas Gerais, regional de Viçosa, presta assistência a 101 produtores de hortaliças cadastrados no Programa Nacional de Alimentação Escolar

(PNAE) e no Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), implantado pelo governo federal. Desse total, 55 e 21 propriedades, respectivamente, fornecem alface e cenoura para escolas públicas e instituições filantrópicas da microrregião de Viçosa (EMATER, 2017). Para atender a essa demanda, há necessidade de produção próxima a esses centros consumidores.

A possibilidade de mercado crescente na região, aliada à proximidade dos centros consumidores e com o aumento do consumo de hortaliças pela população, a microrregião de Viçosa e a Zona da Mata Mineira tornam-se pontos estratégicos para estudos sobre a produção, bem como o aprimoramento das técnicas de cultivo de hortaliças.

A literatura existente sobre o desempenho agrônomo de hortaliças na região da Zona da Mata de Minas Gerais ainda é restrita, e o seu uso ainda é fundamentado em experiências empíricas de produtores, desprovidos de referências de resultados de pesquisas científicas. Portanto, há a necessidade de estudar a adaptação das cultivares ao clima da região, considerando a adaptação da cultivar ao tipo de solo da região, a suscetibilidade às pragas e doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides e aos distúrbios fisiológicos (CORREIA et al., 2019).

Diante do exposto, a identificação de melhores cultivares de hortaliças bem como a determinação de lâmina ótima de irrigação por meio de sistemas mais eficientes de aplicação de água contribuirá para o desenvolvimento da agricultura na Zona da Mata de Minas Gerais.

Objetivo Geral

Objetivou-se com esta pesquisa estudar a irrigação de cultivares de alface e cenoura em ambiente protegido na Zona da Mata Mineira.

Objetivos Específicos

- Conhecer o comportamento de variáveis climáticas em diferentes ambientes em função do tipo ou ausência de cobertura;
- Estudar a influência da coloração de cobertura plástica em ambiente protegido no desempenho agrônomo de cultivares de alface;
- Avaliar o comportamento agrônomo de cultivares de alface e cenoura sob diferentes lâminas de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUNÇÃO, P. E. V. Dispendios e viabilidade econômica da produção de pimenta no sul de Goiás. **Revista Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 110-118, 2013.
- BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 29: 237-241, 2011.
- BISCARO, G. A.; MISSIO, C.; MOTOMIYA, A. V. A.; GOMES, E. P.; TAKARA, J. G.; SILVEIRA, B. L. R. Produtividade e análise econômica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 587-596, 2013.
- CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. de; OLIVEIRA, E. C. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.44-50, 2012.
- CORREIA, C. C. S. A.; CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. H. J.; DIAS, S. H. B. FERREIRA, T. S. Irrigation of arugula cultivars in the region of Zona da Mata Mineira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 1, p. x-x, 2019.
- CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A.; LEAL, A. J. F. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, p. 131-141, 2013.
- EMATER-MG - **Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais, regional de Viçosa**. Disponível em: <www.emater.mg.gov.br>. Acesso em 11 de janeiro, 2017.
- FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. M.; MENEZES, A. M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n.1, p 175-179, 2012.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em 16 de dezembro, 2018.
- KAPOULAS, N.; KOUKOUNARAS, A.; ILIC, Z. S. Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. **Scientia Horticulturae** Volume 219, 17 May 2017, 310-318.
- KOEFENDER, J.; SCHOFFEL, A.; MANFIO, C. E.; GOLLE, D. P.; SILVA, A. N.; HORN, R. C. Consorciação entre alface e cebola em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, 34: 580-583. 2016.
- LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, G.; QUEIROZ, A. A.; CARREON, R. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 373-377, 2010.
- LUZ, J. M. Q.; ZORZAL FILHO, A.; RODRIGUES, W. L.; RODRIGUES, C. R.; QUEIROZ, A. A. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 543-548, 2009.

- MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F. Desempenho do software SEVAP na estimativa da evapotranspiração no Estado de Mato Grosso do Sul. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 16, p. 151-160, 2012.
- MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; SOUZA, E. J.; SILVA, T. R. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 41-50, 2015.
- MAROUELLI, W. A.; MEDEIROS, M. A.; SOUZA, R. F.; RESENDE, F. V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 429-434, 2011.
- NANDI, R.; GOWDRU, N.; BOKELMANN, W.; DIAS, G. Smallholder organic farmer's attitudes, objectives and barriers towards production of organic fruits and vegetables in India: a multivariate analysis. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Vol. 27, no. 5, 2015.
- PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; VENZON, M.; PAULA JR., T. J. **Cenoura**. In: PAULA JR., T. J.; VENZON, M. (ed.). 101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG. p. 253-262. 2007.
- RAMALHO, A. A.; DALAMARIA T.; SOUZA O. F. de. Consumo regular de frutas e hortaliças por estudantes universitários em Rio Branco, Acre, Brasil: prevalência e fatores associados. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 28(7):1405-1413, 2012.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SILVA, D. S. O.; COSTA, C. C. Caracterização dos vendedores de hortaliças da Feira de Pombal-PB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 191-196, 2010.
- SILVA, J. A.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; ANDRADE, J. E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 354-362, 2007.
- SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. R.; BORGES, M. C. R. Z.; ROQUE, C. G. Métodos para estimativa da umidade do solo na capacidade de campo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 11, n. 1, p. 43-50, 2013.

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DA COLORAÇÃO DE COBERTURA PLÁSTICA EM AMBIENTE PROTEGIDO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ALFACE

RESUMO

GUIMARÃES, Claudinei Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2019. **Influência da coloração de cobertura plástica em ambiente protegido no desempenho agronômico de cultivares de alface.** Orientador: Fernando França da Cunha. Coorientador: Everardo Chartuni Mantovani.

Ambientes protegidos oferecem melhores condições para o cultivo da alface, porém diferentes colorações de cobertura plástica dos ambientes podem interferir no desenvolvimento da cultura. O objetivo da pesquisa foi estudar o comportamento de variáveis climáticas em dois ambientes distintos (ambientes protegidos cobertos com filmes plásticos de colorações azul e transparente) no desenvolvimento de quatro cultivares de alface (Raider Plus - tipo Americana; Luara - tipo Lisa; Vanda - tipo Crespa; Imperial - tipo Roxa) em Viçosa-MG, Brasil. Realizou-se dois experimentos simultâneos. Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e analisados no esquema fatorial (2 ambientes x 4 cultivares) com análise conjunta de 2 experimentos. As avaliações foram efetuadas 38 dias após o transplante (18/10/2017 à 25/2/2017). A cultura foi irrigada por meio do sistema de gotejamento e manejada via clima, com reposição de 100% da água perdida por evapotranspiração. Foram avaliados o teor relativo de clorofilas A, B e total; número de folhas comerciais e não-comerciais; comprimento e largura de folha; índice de área foliar; massa de folha fresca e seca; massa de caule fresco; comprimento, diâmetro e volume de caule; altura, diâmetro e volume de parte aérea; massa de parte aérea total e comercial; massa de perda da parte aérea na colheita; produtividade da cultura; e produtividade da água. A temperatura média do ar não foi influenciada pelo ambiente, nem pelo tipo de cobertura plástica. A umidade relativa do ar do ambiente com cobertura plástica de cor azul foi menor em relação aos outros dois ambientes estudados. A radiação solar média no ambiente com cobertura

plástica de cor azul foi 40,1% da radiação obtida no ambiente sem cobertura (campo aberto), enquanto que a radiação solar média do ambiente com cobertura plástica transparente foi 51,8% da incidida em campo aberto. A evapotranspiração de referência no interior dos ambientes protegidos com as coberturas azul e transparente foram, respectivamente, 51,3 e 57,6 % da estimada para o campo aberto. O ambiente com cobertura plástica transparente é mais indicado para a cultivar Luara. Os dois ambientes avaliados não influenciaram no desenvolvimento das cultivares Raider Plus, Vanda e Imperial Roxa. A ocorrência de estiolamento de plantas das cultivares Vanda e Imperial Roxa na cobertura de filme plástico azul pode comprometer a recomendação dessas para o ambiente em questão.

Palavras chave: Olericultura, disponibilidade hídrica, variáveis morfológicas, *Lactuca sativa* L.

INTRODUÇÃO

Dentre as hortaliças mais populares e consumidas no mundo, destaca-se a alface (*Lactuca sativa* L.) (FIGUEIREDO et al., 2012; KOEFENDER et al., 2016), pertencente à família Asteraceae. A alface é a principal hortaliça folhosa comercializada no Brasil (SALA; COSTA, 2012). Por ser cultivada em todo o Brasil, tradicionalmente em pequenas propriedades familiares, a alface possui grande importância econômica e social (KAPOULAS et al., 2017). O sucesso da produção de alface no Brasil e no mundo ocorreu devido a escolha de cultivares mais adaptadas ao clima e tipo de solo de cada local, permitindo incremento em produtividade da cultura (ARANTES et al., 2014).

Devido à grande extensão territorial de países como o Brasil e suas específicas variações climáticas, o estudo de cultivares adaptadas para cada região torna-se necessário. Atualmente, os principais tipos de alface cultivadas no Brasil são: crespa, americana, lisa e outros (vermelha, mimosa, romana, entre outros), correspondentes a 70%, 15%, 10% e 5% do mercado brasileiro, respectivamente (SALA; COSTA, 2012).

O ambiente, juntamente com o componente genético, são os grandes responsáveis pelas mudanças fisiológicas e morfológicas das plantas (ARAÚJO et al., 2010). O cultivo comercial de hortaliças em ambiente protegido com cobertura plástica, considerado intensivo (TRINGOVSKA et al., 2015), é uma atividade consolidada (FOTEINIS; CHATZISYMEON, 2016) e crescente, principalmente nas proximidades das grandes concentrações urbanas. A capacidade de produção intensiva em pequenas áreas atende à grande demanda desses locais, tanto em quantidade como em qualidade (ARAÚJO et al., 2010).

O ambiente protegido minimiza problemas associados a pragas, doenças e principalmente das adversidades climáticas, proporcionando aumento na produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (CARVALHO et al., 2012).

O emprego de diferentes plásticos como cobertura de ambientes protegidos interfere no microclima, alterando os balanços de radiação e energia (CUNHA et al., 2002). Para Papadakis (2000), o material de cobertura ideal deveria permitir 100% de transmissividade à radiação fotossinteticamente ativa (RFA), compreendida na faixa de comprimento de ondas entre 0,4 e 0,7 μm , aquela efetivamente utilizada pelas plantas durante o processo de fotossíntese. Em contrapartida, de acordo com Sousa et al. (2002), algumas coberturas plásticas apresentam em sua composição aditivos controladores da radiação solar, os quais estão diretamente relacionados à adequação das temperaturas, o que pode favorecer o

desenvolvimento de algumas espécies. Todavia, são ainda reduzidos os resultados de pesquisas no Brasil, com relação às alterações causadas pelos diferentes plásticos sobre alguns elementos meteorológicos, tais como o saldo de radiação, a temperatura, a umidade relativa do ar e, conseqüentemente, a evapotranspiração.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho de quatro cultivares de alface em dois ambientes protegidos com coberturas plásticas de diferentes colorações.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área e do ensaio experimental

A pesquisa foi montada na área experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa-MG, Brasil, nas coordenadas 20°45'14''S, 42°52'55''O, altitude de 648 m (Figura 1.1). O clima, do tipo Cwb (ALVARES et al., 2013), apresenta temperatura média anual de 19,4 °C e precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 1.200 mm.

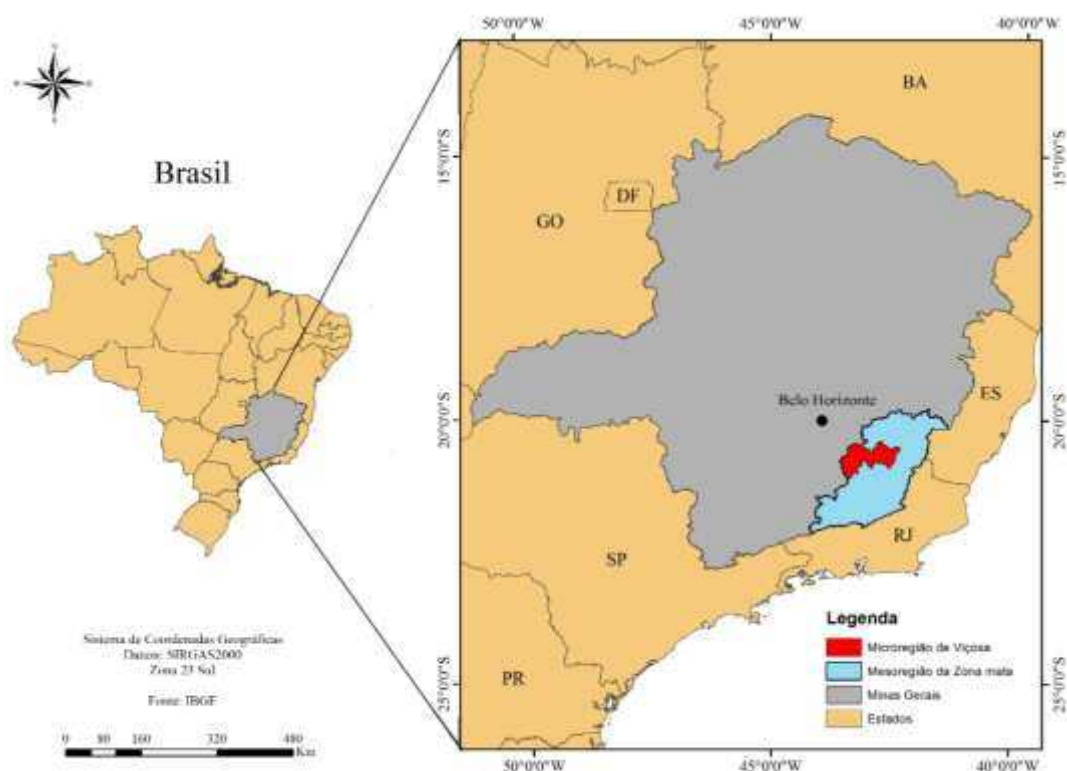


Figura 1.1. Localização geográfica da área de estudo. Viçosa-MG, Brasil.

Foram realizados dois experimentos, sendo um em cada ambiente protegido diferente. Os dois ambientes protegidos utilizados (figura 1.2) foram com coberturas plásticas de colorações azul (CP azul) e transparente (CP transparente).



Figura 1.2. Vista externa aos ambientes protegidos utilizados (a) e canteiro com a cultura da alface (b). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2017.

Ambos os ambientes protegidos (Figura 1.2) eram do modelo “teto em arco”, totalmente fechados, orientados na mesma direção e localizados, aproximadamente, a 25 metros de distância entre si. O ambiente protegido com cobertura plástica de coloração azul (CP azul) possuía área total de 240 m² (8,0 m de largura e 30,0 m de comprimento), pé-direito de 3,2 m, com laterais revestidas de tela de fios de polietileno (100% polietileno, 25 mesh - abertura de 1,0 x 1,0 mm, com 10 fios/cm de tela - e 25% de sombreamento) e teto coberto com filme plástico azul (AV Blue, 120 microns, 78% e 67% de transmissão e difusão de luz, respectivamente). O ambiente protegido coberto com filme plástico transparente (CP transparente) era de filme de polietileno agrícola tradicional, possuindo área total de 182,4 m² (7,6 m de largura e 24,0 m de comprimento), pé-direito de 2,2 m, com laterais revestidas de tela de fios de polietileno semelhante ao ambiente CP azul.

As avaliações foram efetuadas 38 dias após o transplante das mudas (18/01 à 25/02/2017). Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e foi analisado no esquema fatorial (2 ambientes x 4 cultivares) com análise conjunta dos 2 experimentos. As cultivares de alface foram Raider Plus (tipo Americana), Luara (tipo Lisa), Vanda (tipo Crespa) e Imperial (tipo Roxa). Cada unidade amostral possuiu 1 m² de área (1 m de comprimento e 1 m de largura), constituídas de 16 plantas, sendo avaliadas as 4 plantas centrais (acurácia da amostragem de 85,4%). Foram

obtidas 128 observações (4 plantas amostradas x 4 cultivares x 4 repetições x 2 ambientes) para cada característica analisada.

Instalação e condução da pesquisa

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (Tabela 1.1). Foram realizadas amostragens de solo no interior dos ambientes protegidos para realização de análises químicas e físico-hídricas (Tabela 1.1).

Tabela 1.1. Resultados das análises físico-hídricas e química dos solos contidos nos diferentes ambientes protegidos. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Cobertura Plástica	Prof. cm	CC* g g ⁻¹	PMP* g g ⁻¹	Ds g cm ⁻³	Argila %	Silte %	Areia %	Classificação Textural**						
Azul	0-20	0,291	0,177	1,21	39	11	50	Argilo-arenoso						
Transparente	0-20	0,285	0,169	1,16	33	12	55	Franco-argilo-arenosa						

Cobertura Plástica	Prof. cm	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca ²⁺ mg dm ⁻³	Mg ²⁺ mg dm ⁻³	Al ³⁺ mg dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	t	T	V %	M %	Prem mg L ⁻¹
Azul	0-20	6,1	328,4	196,0	5,4	1,2	0,0	2,6	7,2	7,2	9,8	73,3	0,0	51,5
Transparente	0-20	6,0	61,3	197,0	5,7	1,0	0,0	2,0	7,3	7,3	9,3	78,5	0,0	65,3

CC: Umidade na capacidade de campo (tensão de 33 kPa); PMP: Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de 1.500 kPa); *obtidos pela curva de retenção de água no solo usando-se o extrator de Richards (RICHARDS, 1949); Ds: Densidade do solo. P e K disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial a pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; ** segundo EMBRAPA (2013).

A preparação do solo foi realizada por meio de aração, gradagem e passagem do encanteirador. A calagem e adubação química foram realizadas com base nos resultados da análise química de solo e recomendações de Ribeiro et al. (1999).

A semeadura da alface foi realizada em bandejas de poliestireno, com transplante das mudas para os canteiros (em microcovas espaçadas de 0,25 m entre linhas e 0,25 m entre plantas) quando estas possuíam quatro folhas definitivas (30 dias após semeadura). Foi realizada uma capina manual semanalmente até o sombreamento natural do solo pela parte aérea das plantas. Não foi observada a incidência de pragas e doenças capazes de causar danos significativos na qualidade e produtividade da alface.

A cultura da alface foi irrigada por meio do sistema de gotejamento, com linhas laterais compostas por fitas gotejadoras (marca Amanco) de 16 mm de diâmetro e 15 milésimos de polegada de espessura. O espaçamento entre as fitas gotejadoras foi de 0,50 m, o que possibilitou a irrigação de duas fileiras de planta. Os emissores (gotejadores), espaçados de 20 cm entre si, operaram com pressão de serviço de 98 kPa (~10 mca), aplicando vazão média de 1,8 L h⁻¹.

O sistema de irrigação de cada ambiente foi avaliado utilizando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980), e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi de 93,1% e 91,4% para os ambientes CP Azul e CP Transparente.

Manejo da irrigação

Ao longo de cinco dias antes de se iniciar o manejo da irrigação via clima, o solo foi saturado e o monitoramento do conteúdo de água no solo foi realizado na profundidade de 0-0,20 m, por meio de tensiômetros com base na curva de retenção de água no solo (Figura 1.3) e pelo método direto da estufa, a fim de garantir a umidade do solo na condição de capacidade de campo. A curva de retenção de água no solo foi obtida considerando o método de Van enutchen (1980). Vale ressaltar que os valores de umidade do solo na figura 1.3 estão em unidade volumétrica e os de CC e PMP da tabela 1.1 estão em base gravimétrica sendo necessária sua conversão por meio da densidade do solo (Tabela 1.1).

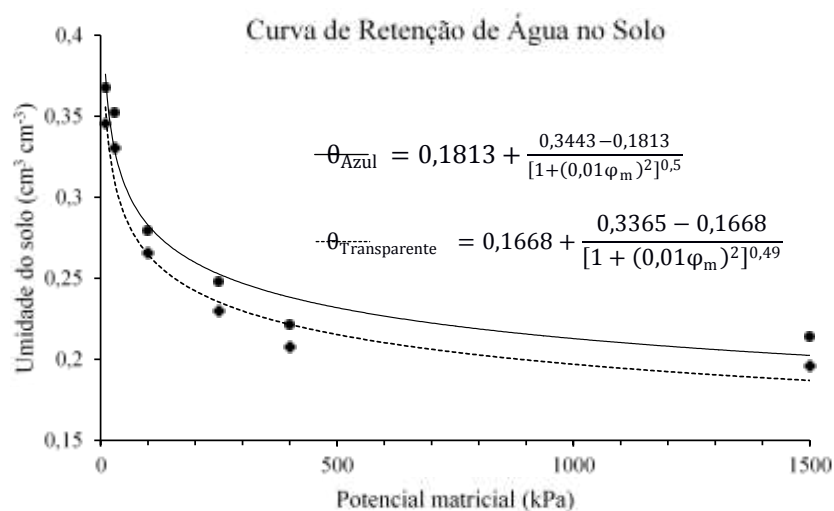


Figura 1.3. Curvas de retenção de água nos solos dos dois diferentes ambientes avaliados. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Foi utilizada a irrigação real necessária (IRN) referente a 100% da ET_c para todos os tratamentos, sendo esta estimada em função de parâmetros das características de clima e solo, por meio da Equação 2.1, adaptada da equação proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

$$IRN_{LOC} = \sum_{\text{dia } 1}^i ET_0 K_C K_S K_L - C \quad (1.1)$$

Onde: IRN_{LOC} é a irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); ET_0 - evapotranspiração de referência, $mm\ d^{-1}$; K_C - coeficiente da cultura (adimensional); K_S - coeficiente de umidade do solo (adimensional); K_L - coeficiente de localização (adimensional); C - constante referente à elevação do lençol freático, mm.

O modelo utilizado na estimativa da ET_0 foi o de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998) (Equação 2.2), com velocidade do vento igual a $0,2\ m\ s^{-1}$, recomendado para interior de ambiente protegido por Atarassi et al. (2011).

$$ET_0 = \frac{0,408\ s\ (R_N - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 \frac{(e_s - e)}{10}}{s + \gamma (1 + 0,34\ U_2)} \quad (1.2)$$

Onde: ET_0 - evapotranspiração de referência ($mm\ d^{-1}$); s - declividade da curva de pressão de saturação versus temperatura ($kPa\ ^\circ C^{-1}$); R_N - saldo de radiação ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$); γ - constante psicrométrica ($kPa\ ^\circ C^{-1}$); t - temperatura média do ar ($^\circ C$); U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura ($m\ s^{-1}$); e_s - pressão de saturação de vapor d'água (hPa); e - pressão atual de vapor d'água (hPa).

Utilizou-se valores de coeficientes de cultivo (K_C) de acordo com a literatura (DOORENBOS; PRUITT, 1977; MAROUELLI et al., 2008). O coeficiente da cultura (K_C) utilizado foi determinado de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura que foram: fase I - do transplante até a cultura cobrir 10% da superfície do terreno; fase II - do final da primeira fase até a cobertura completa efetiva da superfície do terreno; e fase III - do final da segunda fase até o máximo desenvolvimento vegetativo, quando se faz a colheita da alface. Para as fases I, II e III adotou-se o K_C de 0,65; 0,85; 1,00, respectivamente.

Os coeficientes de umidade do solo (K_S) e de localização (K_L) foram calculados de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006) (Equação 2.3) e Keller (1978) (Equação 2.4), respectivamente:

$$K_S = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (1.3)$$

$$K_L = \frac{P}{100} + 0,15 \left(1 - \frac{P}{100} \right) \quad (1.4)$$

Onde: K_S - coeficiente de depleção de água no solo (adimensional); LAA - lâmina atual de água (mm); CTA - capacidade total de água (mm); K_L - coeficiente de localização (adimensional); P - maior valor entre porcentagem de área molhada ou sombreada (%).

O valor de IRN_{LOC} foi corrigida em função da eficiência de irrigação, definindo a irrigação total necessária para sistemas localizados (ITN_{LOC}).

$$ITN_{LOC} = \frac{IRN_{LOC}}{E_i} \quad (1.5)$$

Onde: ITN_{LOC} - irrigação total necessária em sistemas localizados (mm); IRN_{LOC} - irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); E_i - eficiência de irrigação (decimal).

Considerou-se a eficiência de aplicação como sendo de 100% e a eficiência de distribuição média como sendo o valor de CUD. Assim a eficiência de irrigação foi de 93,1% e 91,4% para os ambientes CP Azul e CP Transparente, respectivamente.

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos nos dois ambientes protegidos foram obtidos por meio de duas estações meteorológicas automáticas, modelo E 4000 (IRRIPLUS), instaladas centralmente no interior de cada ambiente protegido. Também foram obtidos dados meteorológicos de uma estação automática E5000 (IRRIPLUS), instalada na parte externa (sem cobertura) aos dois ambientes protegidos (ASC). Foram medidos os dados diários de radiação solar (R_s), temperatura média do ar ($T_{média}$), umidade relativa do ar (UR), e por meio desses, o valor diário da evapotranspiração de referência (ET_0).

Uma alta frequência de irrigação (turno de rega fixo de 2 dias) foi utilizada, a qual também foi recomendada por Filgueira (2008) para irrigação em hortaliças, mantendo o solo com umidade próxima à capacidade de campo e com pouca exigência de água para igualar a capacidade total de armazenamento no momento de cada irrigação. A IRN foi de 57,0 mm sob o CP azul e de 63,6 mm sob CP transparente. A ITN foi de 61,2 mm sob CP azul e de 69,6 sob CP transparente.

Calculou-se o total de graus-dia (graus dias acumulados - GDA) para o ciclo de cultivo, subtraindo a temperatura-base para alface (10 °C) da temperatura média diária para cada dia do ciclo, e posteriormente, calculando o somatório dos graus-dia referentes aos 38 dias de cultivo para cada ambiente, seguindo recomendações da literatura (BRUNINI et al., 1976; ARAÚJO et al., 2010).

Variáveis analisadas

As variáveis utilizadas para a avaliação dos efeitos dos tratamentos nas quatro plantas centrais (área útil) de cada unidade amostral do cultivo da alface, foram:

Na Folha:

- ✓ Teor relativo de clorofilas (índice SPAD) A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T), medidas indiretas in vivo com medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development, Minolta Camera Co., Osaka, Japan) em valor SPAD [Maior valor de SPAD significa maior conteúdo de clorofila (LIMANTARA et al., 2015)], em folhas intactas, recém-maduras, em quatro pontos da folha e a dois centímetros da margem, sempre no horário de 12 horas;
- ✓ número de folhas comerciais (NFC, unidades por planta), número de folhas comercializáveis por planta;
- ✓ número de folhas não-comerciais (NFNC, unidades por planta), número de folhas danificadas ou sem condições de comercialização, por planta;
- ✓ comprimento e largura de folha (CF e LF, cm), maior comprimento e largura de folha mais desenvolvidas;
- ✓ índice de área foliar (IAF, adimensional) pelo método dos discos foliares, com uso de 30 discos [2,0 cm de diâmetro ($3,14\text{ cm}^2$) cada] por planta, retirados das porções basal, mediana e apical do limbo foliar de três folhas, evitando-se a amostragem da nervura central, adaptado de Lucena et al. (2011), considerando-se $IAF = AF/ADP$, onde AF = área foliar da planta e ADP = área de solo disponível para a planta, e $AF = ND \cdot AD \cdot PSL/PSD$, onde ND = número de discos, AD = área do disco (m^2), PSL = peso da massa seca do limbo foliar e PSD = peso da massa seca dos discos;
- ✓ massa de folha fresca (MFF, g), massa de todas as folhas por planta;
- ✓ massa de folha seca (MFS, g), massa de todas as folhas por planta, secas em estufa de ventilação forçada a 70°C , até atingir massa constante;

No Caule:

- ✓ massa de caule fresco (MCF, g), somente a massa do caule fresco (sem as folhas);
- ✓ comprimento de caule (CC, cm), com uso de uma régua;
- ✓ diâmetro médio de caule (DMC, mm), média de três medidas (base, meio e ponta) com uso de um paquímetro;
- ✓ volume de caule (VC, cm^3), por deslocamento de volume de água no interior de uma proveta milimétrica;

Na Parte aérea:

- ✓ altura de parte aérea (APA, cm), distância da superfície do solo ao topo da parte aérea, medida imediatamente antes da colheita;
- ✓ diâmetro de parte aérea (DPA, cm), duas medidas de diâmetro, no plano horizontal, em direções perpendiculares por cada planta, com uso de uma régua;
- ✓ volume de parte aérea (VPA, cm^{-3}), por deslocamento de volume de água no interior de um cilindro de dimensões conhecidas;
- ✓ massa de parte aérea total (MPAT, g), massa comercial e não comercial por planta;
- ✓ massa de parte aérea comercial (MPAC, g), massa da parte aérea comerciável;
- ✓ massa de perda da parte aérea na colheita (MPC, g) por planta, subtraindo-se a massa comercial da massa total de parte aérea;
- ✓ produtividade da cultura (PROD, kg m^{-2}), estimativa da razão entre a produção da parcela útil (com base na MPAC) e a área por ela ocupada, extrapolando-se para área de um hectare, considerando o uso corredores de acesso de 0,40 m de largura e comprimento máximo de canteiro de 50 m;
- ✓ produtividade da água (PA, Kg m^{-3}), obtida pela relação entre a massa de matéria fresca (kg ha^{-1}) e a quantidade de água aplicada (mm) por cada tratamento.

Análise estatística

Foi realizada análise conjunta de dois experimentos. Os dados foram submetidos às análises de variância a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste F e os efeitos de coberturas e cultivares foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de componentes principais (ACP). Foram utilizados os softwares GENES e SISVAR para as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve menor incidência de radiação solar no ambiente coberto com filme plástico azul (CP azul), em comparação com aquele coberto com filme de polietileno transparente

(CP transparente) convencional, sendo o ambiente sem cobertura (ASC) o de maiores valores de radiação (Figura 1.4), corroborando com Andrade et al. (2011a).

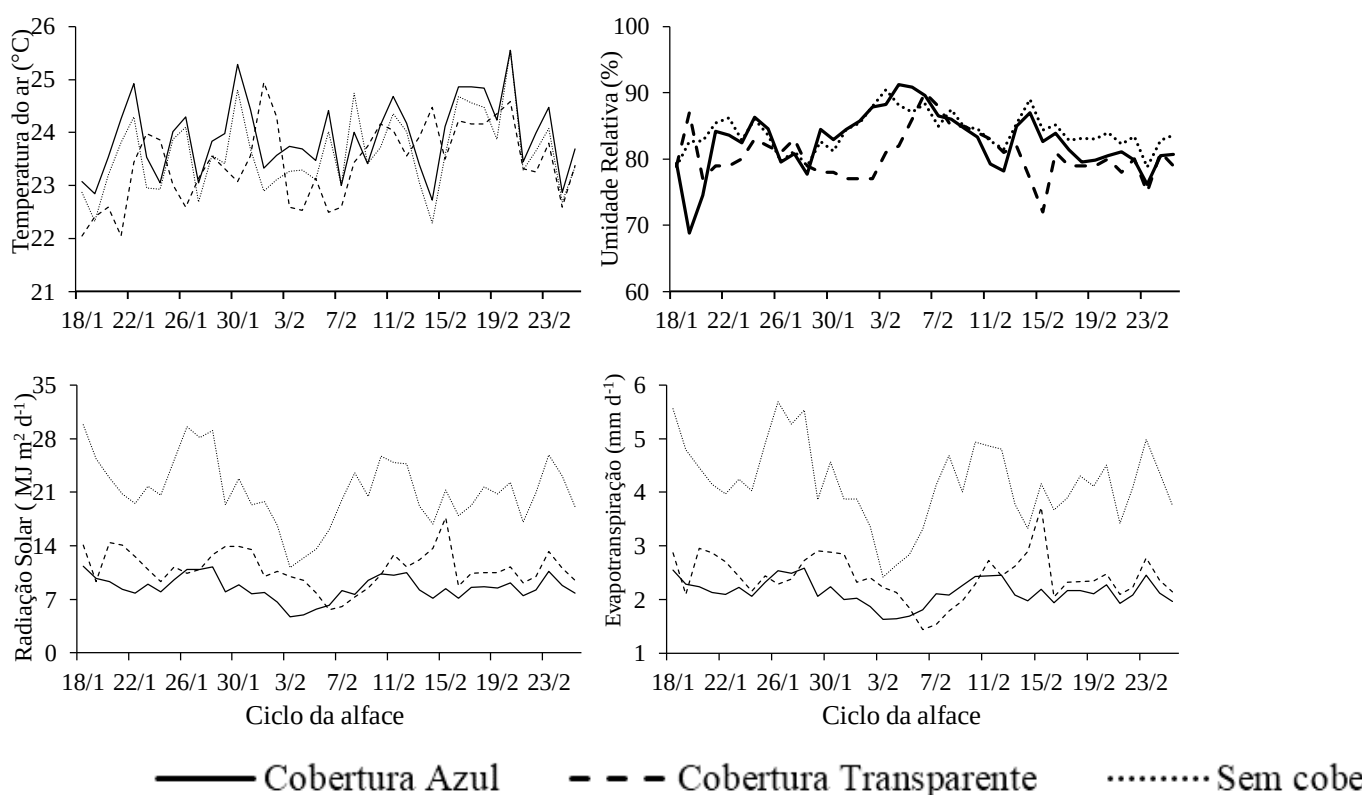


Figura 1.4. Valores diários da temperatura média (°C), umidade relativa média do ar (%), radiação global (MJ m⁻² d⁻¹) e evapotranspiração de referência (mm d⁻¹) referentes ao período de cultivo da alface. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

A temperatura média do ar não foi influenciada pelo ambiente, nem pela cor de cobertura plástica, apresentando valores muito próximos entre eles (Figura 1.4), semelhante ao encontrado por Andrade et al. (2011a). Durante a pesquisa, a temperatura média diária ($T_{\text{média}}$) foi de 24,0 °C para CP azul ($T_{\text{média}}$ diária variando de 22,7 a 26,0 °C), de 23,5 °C para CP transparente ($T_{\text{média}}$ diária variando de 21,7 a 26,8 °C) e de 23,7 °C para ASC ($T_{\text{média}}$ diária variando de 22,3 a 25,6 °C).

Os valores de temperatura observados estão dentro da faixa considerada ótima para o desenvolvimento da cultura da alface (6 a 30 °C), segundo Araújo et al. (2010). Segundo Andrade et al. (2011a), essa forte semelhança no comportamento da temperatura do ar nos três ambientes pode ser explicada pelas perdas de calor por convecção, por meio das telas plásticas laterais, aliadas ao pequeno volume de ar dos abrigos. Assim, como os graus-dias (GD) são diretamente proporcionais à temperatura do ar (BRUNINI et al., 1976; ARAÚJO

et al., 2010), os GD acumulados também não diferiram muito entre os ambientes (546,9 °C sob CP azul e 526,5 °C sob CP transparente).

Os três ambientes analisados (CP azul, CP transparente e ASC) apresentaram valores de UR semelhantes, com $UR_{média}$ de 82,6% para CP azul (variando de 68,8 a 91,2%), $UR_{média}$ de 80,4% para CP transparente (variando de 66,0 a 90,0%) e $UR_{média}$ de 84,1% para ASC (variando de 78,8 a 90,4%). Andrade et al. (2011a) também não perceberam diferença da UR entre os três ambientes distintos: dois ambientes protegidos (um coberto com filme difusor de luz e outro coberto com filme agrícola transparente comum de polietileno) e campo aberto.

A radiação solar (R_s) média em CP azul ($8,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) apresentou valor inferior a metade (40,1%) da R_s obtida no ASC (campo aberto), enquanto que a R_s média sob CP transparente ($11,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) foi um pouco mais da metade (51,8%) da apresentada no ASC. A radiação solar influenciou diretamente na ET_0 , a qual apresentou valores médios de $2,14 \text{ mm d}^{-1}$ (variando de $1,6$ a $2,6 \text{ mm d}^{-1}$) para CP azul e de $2,41 \text{ mm d}^{-1}$ (variando de $1,6$ a $2,6 \text{ mm d}^{-1}$) para CP transparente. Esses representaram, respectivamente, 51,3 e 57,6% da ET_0 média calculada para ASC ($4,2 \text{ mm d}^{-1}$), a qual variou ao longo do período de avaliação de $2,4$ a $5,7 \text{ mm d}^{-1}$.

Outro fator que propiciou a redução da ET_0 nos ambientes protegidos em relação ao campo aberto foi a baixa velocidade do vento no interior dos ambientes (REIS et al., 2009). Assim, o ambiente protegido reduziu drasticamente a evapotranspiração em relação ao campo aberto, concordando com Fernandes et al. (2004) e Bandeira et al. (2011), porém a coloração da cobertura plástica influenciou com menor intensidade nos valores de ET_0 entre os ambientes protegidos utilizados. Essa ET_0 ocorrida ao longo do ciclo de cultivo da alface foi utilizada para a determinação da irrigação real necessária (IRN) e irrigação total necessária (ITN) referentes à lâmina de irrigação de 100% da ET_c aplicada nos tratamentos.

Verificou-se interação entre cultivares de alface e cobertura plástica para a maioria das características agronômicas avaliadas (Tabela 1.2), demonstrando que a coloração da cobertura influencia a maioria das características utilizadas nesse estudo.

A Tabela 1.3 apresenta a análise dos efeitos da interação entre cultivares e ambiente para as características citadas na Tabela 1.2. Quando não houve interação entre os fatores (cultivar e ambiente), ou significância em algum dos fatores avaliados, a média geral ou de cada fator foi apresentada, respectivamente.

Tabela 1.2. Resumo da análise de variância para teor relativo de clorofilas A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T), número de folhas comerciais (NFC) e não-comerciais (NFNC), comprimento e largura de folha (CF e LF), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e seca (MFS), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC e VC), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC), massa perdida na colheita (MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares de alface e coberturas plásticas do ambiente protegido. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

FV	GL	Quadrado Médio					
		CLOR-A	CLOR-B	CLOR-T	NFC	NFNC	CF
Bloco/CP	6	1,5E+1 ^{ns}	7,9E+0 ^{ns}	3,3E+1 ^{ns}	2,1E+1 ^{ns}	7,0E-1 ^{ns}	5,4E+0 ^{ns}
CA	3	2,6E+1 ^{ns}	5,1E+0 ^{ns}	5,4E+1 ^{ns}	1,1E+3 ^{**}	2,4E+1 ^{**}	2,9E+1 ^{**}
CP	1	6,0E+0 ^{ns}	5,0E+0 ^{ns}	2,2E+1 ^{ns}	2,2E+2 [*]	3,1E+1 ^{**}	5,6E+0 ^{ns}
CA x CP	3	4,0E+1 ^{ns}	1,4E+1 [*]	1,0E+2 [*]	1,4E+2 ^{**}	1,1E+1 ^{**}	4,3E+0 ^{ns}
Resíduo	18	1,4E+1	3,4E+0	2,9E+1	1,0E+1	9,0E-1	4,0E+0
Total	31	1,8E+1	4,8E+0	1,2E+3	1,4E+2	5,0E+0	6,7E+0
Média Geral		2,2E+1	6,2E+0	2,9E+1	2,6E+1	6,2E+0	2,0E+1
CV (%)		1,7E+1	3,0E+1	1,9E+1	1,3E+1	1,6E+1	9,8E+0

FV	GL	LF	IAF	MFF	MFS	MCF	CC
Bloco/CP	6	7,0E+0 ^{ns}	1,5E+1 ^{ns}	3,5E+3 ^{ns}	7,8E+0 ^{ns}	5,7E+2 ^{ns}	3,5E+1 ^{ns}
CA	3	4,7E+1 ^{**}	3,6E+1 ^{ns}	9,5E+3 [*]	4,6E+0 ^{ns}	4,5E+3 ^{**}	3,9E+2 ^{**}
CP	1	5,6E+1 [*]	3,4E+2 ^{**}	1,4E+4 ^{ns}	3,6E+1 ^{ns}	1,8E+3 ^{ns}	6,0E-1 ^{ns}
CA x CP	3	1,3E+1 [*]	9,7E+1 ^{**}	7,2E+3 [*]	9,3E+0 ^{ns}	1,8E+3 [*]	9,6E+1 ^{ns}
Resíduo	18	3,6E+0	1,7E+1	2,0E+3	4,3E+0	5,4E+2	4,8E+1
Total	31	1,1E+1	3,7E+1	3,9E+3	6,5E+0	3,4E+4	8,1E+1
Média Geral		1,7E+1	9,8E+0	2,0E+2	8,1E+0	5,2E+1	2,0E+1
CV (%)		1,2E+1	4,3E+1	2,3E+1	2,6E+1	4,4E+1	3,5E+1

FV	GL	DMC	VC	APA	DPA	VPA	MPAT
Bloco/CP	6	4,9E+0 ^{ns}	6,3E+2 ^{ns}	1,5E+1 ^{ns}	7,2E+0 ^{ns}	2,2E+4 ^{ns}	7,3E+3 ^{ns}
CA	3	4,3E+1 ^{**}	3,9E+3 ^{**}	4,4E+2 ^{**}	1,2E+2 ^{**}	2,8E+4 ^{ns}	1,7E+4 ^{ns}
CP	1	7,9E+0 ^{ns}	2,2E+3 ^{ns}	2,6E+2 ^{**}	4,2E+1 ^{ns}	1,7E+2 ^{ns}	4,3E+4 ^{ns}
CA x CP	3	1,6E+1 [*]	2,0E+3 [*]	5,0E+1 ^{ns}	7,1E+0 ^{ns}	6,6E+4 ^{ns}	2,0E+4 [*]
Resíduo	18	3,2E+0	5,3E+2	3,0E+1	3,9E+0	3,3E+4	6,1E+3
Total	31	8,8E+0	1,1E+3	7,6E+1	1,7E+1	3,2E+4	9,9E+3
Média Geral		1,6E+1	5,1E+1	3,0E+1	2,7E+1	5,5E+2	3,0E+2
CV (%)		1,1E+1	4,6E+1	1,8E+1	7,3E+0	3,3E+1	2,6E+1

FV	GL	MPAC	MPC	PROD	PA	----
Bloco/CP	6	6,6E+3 ^{ns}	2,4E+2 ^{ns}	8,6E+7 ^{ns}	4,2E+2 ^{ns}	
CA	3	1,2E+4 ^{ns}	3,3E+3 ^{**}	1,6E+8 ^{ns}	8,0E+2 ^{ns}	
CP	1	2,6E+4 ^{ns}	2,0E+3 [*]	3,4E+2 ^{ns}	5,0E+2 ^{ns}	----
CA x CP	3	1,6E+4 [*]	4,2E+2 ^{ns}	2,0E+8 [*]	1,0E+3 [*]	
Resíduo	18	4,2E+3	4,0E+2	5,5E+7	2,8E+2	
Total	31	7,3E+3	7,0E+2	9,5E+8	4,4E+2	----
Média Geral		3,0E+1	2,5E+2	4,8E+1	6,6E+1	
CV (%)		1,8E+1	2,6E+1	4,2E+1	2,5E+1	----

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CA: cultivares de alface; CP: cobertura plástica; * e **: significância a 5% ($p < 0,05$) e a 1% ($p < 0,01$) de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}: não significativo.

Tabela 1.3. Valores médios de teor relativo de clorofilas A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T) (índice SPAD), número de folhas comerciais (NFC) e não-comerciais (NFNC), comprimento e largura de folha (CF; e LF), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e seca (MFS), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC; e VC), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA; e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC), massa perdida na colheita (MPC), massa perdida na colheita MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares de alface e coberturas plásticas de ambiente protegido. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Parâmetros	Cobertura	Cultivares de Alface			
		Raider Plus	Luara	Vanda	Imperial Roxa
CLOR-A (%)		$\bar{y} = 22,2$			
CLOR-B (%)	Azul	8,7 Aa	5,2 ABa	4,1 Ba	5,3 Aba
	Transparente	5,7 Ab	7,6 Aa	6,6 Aa	6,6 Aa
CLOR-T (%)	Azul	35,9 Aa	26,1 ABa	22,0 Ba	26,5 Aba
	Transparente	27,2 Ab	32,0 Aa	28,5 Aa	29,4 Aa
NFC (ud planta ⁻¹)	Azul	16,3 Ba	34,3 Ab	20,4 Bb	20,6 Ba
	Transparente	14,3 Ca	51,2 Aa	25,4 Ba	21,8 Ba
NFNC (ud planta ⁻¹)	Azul	6,6 Aa	5,6 ABb	3,9 Bb	4,6 Ba
	Transparente	7,1 Ba	11,0 Aa	5,4 BCa	5,1 Ca
CF (cm)		17,6 B	21,5 AB	21,6 A	20,6 AB
LF (cm)	Azul	15,6 BCa	14,7 Ca	18,9 ABa	22,3 Aa
	Transparente	15,9 ABa	12,7 Ba	15,8 ABb	16,5 Ab
IAF	Azul	15,2 ABa	17,0 Aa	11,9 ABa	8,0 Ba
	Transparente	6,1 ABb	6,3 ABb	1,6 Bb	11,9 Aa
MFF (g)	Azul	237,2 Aa	151,3 ABb	191,6 ABa	128,1 Ba
	Transparente	210,9 ABa	271,3 Aa	228,1 ABa	166,6 Ba
MFS (g)		$\bar{y} = 8,1$			
MCF (g)	Azul	24,4 Aa	50,6 Ab	52,8 Aa	51,3 Aa
	Transparente	20,7 Ba	110,9 Aa	55,3 Ba	52,5 Ba
CC (cm)		9,9 B	23,9 A	20,8 AB	25,2 A
DMC (mm)	Azul	16,6 ABa	16,8 Ab	13,2 Bb	14,3 Aba
	Transparente	16,1 Ba	20,4 Aa	16,4 Ba	12,0 Ca
VC (mL)	Azul	24,5 Aa	45,0 Ab	48,8 Aa	51,6 Aa
	Transparente	20,6 Ba	107,5 Aa	58,1 Ba	49,4 Ba
APA (cm)	Azul	33,2 a			
	Transparente	27,4 b			
		19,5 B	33,7 A	32,0 A	36,0 A
DPA (cm)		21,2 B	29,3 A	29,5 A	27,8 A
VPA (cm ³)		$\bar{y} = 548,9$			
MPAT (g)	Azul	335,3 Aa	224,7 Ab	275,9 Aa	210,6 Aa
	Transparente	312,6 ABa	436,3 Aa	339,4 ABa	250,3 Ba
MPAC (g)	Azul	261,6 Aa	201,9 Ab	244,4 Aa	179,4 Aa
	Transparente	231,7 Ba	382,2 Aa	283,4 ABa	219,1 Ba
MPC (g)	Azul	39,8 a			
	Transparente	55,6 a			
		77,3 A	38,4 AB	43,8 AB	31,3 B
PROD (kg m ⁻²)	Azul	2,9 Aa	2,3 Ab	2,8 Aa	2,0 Aa
	Transparente	2,7 Ba	4,4 Aa	3,2 ABa	2,5 Ba
PA (Kg m ⁻³)	Azul	73,5 Aa	56,7 Ab	68,7 Aa	50,4 Aa
	Transparente	58,3 Ba	96,1 Aa	71,3 ABa	55,1 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferenciam as cultivares e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferenciam as coberturas plásticas, de acordo com o teste de Tukey (p<0,05).

A cultivar Raider Plus apresentou melhor desempenho agronômico sob CP azul para as características agronômicas CLOR-B, CLOR-T e IAF (Tabela 1.3), sendo que para as outras características avaliadas não houve diferença significativa entre os ambientes. Para a cultivar Luara, o melhor desempenho ocorreu sob CP transparente, em grande parte das características avaliadas (NFC, NFNC, MFF, MCF, DMC, VC, MPAT, MPAC, PROD e PA), com maior valor médio sob CP azul apenas para o IAF.

A cultivar Vanda não apresentou um padrão muito claro sobre qual ambiente a favoreceu (Tabela 1.3). Para algumas poucas características de área foliar (LF e IAF), a Vanda foi melhor sob CP azul, porém para quantidade de folhas (NFC, NFNC) e DMC, a CP transparente proporcionou maiores valores.

A cultivar Imperial Roxa foi a menos influenciada pelo ambiente, apresentando maior valor, sob CP azul, apenas para largura de folha (LF). Esse comportamento da cultivar Imperial Roxa assemelha-se ao da Vanda e, portanto, os dois ambientes poderiam ser recomendados para ambas.

De acordo com Araújo et al. (2010), a temperatura é um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento das culturas. A variação reduzida entre os ambientes protegidos, no presente estudo, não foi suficiente para diferenciar o desenvolvimento das cultivares Raider Plus, Vanda e Imperial Roxa entre os ambientes estudados.

A CP azul reduziu a perda de folhas na colheita (MPC = 39,8 g por planta) em comparação com CP transparente (MPC = 55,6 g por planta), o que é vantajoso para a alface, uma vez que a parte consumida é a folha.

Na Figura 1.5 está apresentada a análise de componentes principais (ACP) do experimento. O ponto central no início dos vetores representa a média geral dos valores de todas as características nos tratamentos realizados. A variância das características PROD, MPAC, PA, MPAT e IAF é mais representada pelo eixo CP1. A variância de APA e DPA, por sua vez, é representada pelo eixo CP2. A variância das características NFC e CLOR-T foi percebidas nos dois eixos (CP1 e CP2). Para a ACP, considerou-se a PROD como característica de maior importância econômica e, portanto a de maior interesse.

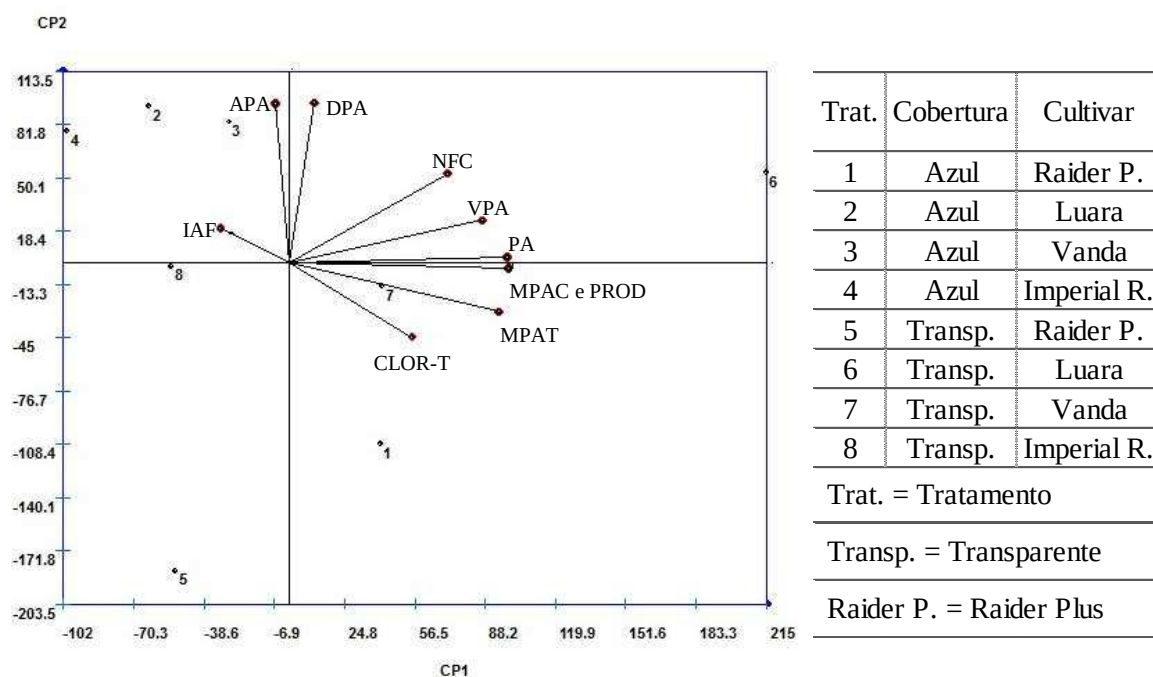


Figura 1.5. Análise de componentes principais (ACP) para teor relativo de clorofila total (CLOR-T) (índice SPAD), número de folhas comerciais (NFC), índice de área foliar (IAF), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA; e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares de alface e coberturas plásticas de ambiente protegido. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

O tratamento que estiver plotado mais próximo de uma determinada característica, mais indicado será esse tratamento para se obter maiores valores da referida característica. Assim, notou-se que o tratamento 7 (cultivar Vanda sob CP Transparente) foi o mais indicado para a obtenção de maiores valores de CLOR-T, MPAT e PROD da alface (Tabela 1.3 e Figura 1.5). O tratamento 6 (cultivar Luara sob CP Transparente) forneceu maior valor para as características NFC e PROD, sendo essas importantes na comercialização da alface. Os tratamentos 1, 3 e 6 reduziram o potencial produtivo da cultura e os tratamentos 2, 8 e, principalmente os tratamentos 4 e 5 reduziram intensamente a PROD (Figura 1.5).

O ângulo entre a direção de dois vetores quaisquer (Figura 1.5) indica a amplitude da associação entre as variáveis representadas por estes vetores, de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o ângulo entre os vetores referentes às características, maior será o grau de correlação entre elas. Assim, a PROD foi muito influenciada positivamente pelas características MPAC e PA (ângulo muito pequeno entre os vetores), ainda influenciada positivamente, porém com menor intensidade, por MPAT, CLOR-T,

VPA e NFC em relação às duas características citadas anteriormente, pouco influenciadas por DPA e APA, e fortemente influenciada de forma negativa por IAF (Figura 1.5).

A cultivar Luara foi a única a apresentar diferença estatística na produtividade entre os ambientes (Tabela 1.3). Para essa cultivar, embora as distâncias dos tratamentos 2 e 6 até o ponto que representa a PROD (Figura 1.5) não sejam muito diferentes visualmente, a diferença significativa entre as médias (Tabela 1.3) foi suficiente para recomendar o ambiente CP Transparente para o cultivo dessa cultivar de alface. No CP Transparente, a cultivar Luara produziu quase o dobro (acréscimo de $2,1 \text{ kg m}^{-2}$) da PROD no CP Azul (Tabela 1.3).

Embora, a representação gráfica (Figura 1.5) dos tratamentos que envolveram as cultivares Raider Plus, Vanda e Imperial Roxa tenham apresentado diferença de produtividade entre as coberturas plásticas, as médias foram consideradas iguais estatisticamente (Tabela 1.3). Assim, o cultivo de qualquer uma das três cultivares de alface supracitadas poderia ser realizado tanto no CP Azul, quanto no CP Transparente.

Ainda que não se observe, entre os ambientes, diferença significativa de comprimento de caule para todas as cultivares (Tabela 1.3), ao longo do experimento, notou-se um maior estiolamento das cultivares Luara, Vanda e Imperial Roxa sob CP azul, com média de altura de parte aérea (APA) de 33,2 cm em relação à CP transparente que apresentou valor médio de 27,4 cm para APA (Tabela 1.3). A menor radiação solar pode ter estimulado esse estiolamento, o qual também foi percebido na ACP (Figura 1.5), quando os tratamentos 2,3 e 4 (Luara, Vanda e Imperial Roxa sob CP Azul), favoreceram o aumento da APA, a qual pode estar associada ao alongamento do caule.

CONCLUSÕES

O ambiente com cobertura plástica transparente é mais indicado para a cultivar Luara.

Os dois ambientes avaliados não influenciaram no desenvolvimento das cultivares Raider Plus, Vanda e Imperial Roxa.

A ocorrência de estiolamento de plantas das cultivares Vanda e Imperial Roxa na cobertura de filme plástico azul pode comprometer a recomendação dessas para o ambiente em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, 2013.
- ANDRADE, J. W. de S.; FARIAS JUNIOR, M.; SOUSA, M. A. de; ROCHA, A. C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 437-443, 2011a.
- ANDRADE, R DA S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.2, p.111–116, 2011b.
- ARANTES, C. R. D. A.; JUNIOR, S. S.; CAMILI, E. C.; DIAMANTE, M. S.; PINTO, E. S. C. Produção e tolerância ao pendramento de alface-romana em diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v.61, n.5. p.558-566, 2014.
- ARAÚJO, T. S.; FIDELES FILHO, J.; KUMAR, K. K.; RAO, T. V. R. Crescimento da alface-americana em função dos ambientes, épocas e graus-dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 5, núm. 4, p. 441-449, 2010.
- ATARASSI, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Modelo de estimativa da velocidade do vento em casa de vegetação. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Guarapari – ES, 2011.
- BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 29: 237-241. 2011.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.
- BRUNINI, G. A.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B. Temperatura base para a Alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar “White Boston”, em sistema de unidades térmicas. **Revista de Olericultura**, v.35, n.19, p. 214-219, 1976.
- CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. de; OLIVEIRA, E. C. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p. 44–50, 2012.
- CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 735-743, 2002.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.
- DOORENBOS, J.; PRUIT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 24).

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. C. Utilização do tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro da casa de vegetação. **Engenharia Agrícola** 24: 46-50. 2004.
- FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS M. L. G.; McMANUS, C. M.; MENEZES, A. M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n.1, p 175-179, 2012.
- FILGUEIRA FAR. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3 ed. 2008. 421p.
- FOTEINIS, S.; CHATZISYMEON, E. Life cycle assessment of organic versus conventional agriculture. A case study of lettuce cultivation in Greece. **J Clean Prod** 112 (4):2462–2471. 2016.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Artmed; Edição 1. 2010.
- KAPOULAS, N.; KOUKOUNARAS, A.; ILIĆ, Z. S. Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. **Scientia Horticulturae** Volume 219, 17, 310-318. 2017.
- KELLER, J. **Trickle irrigation**. Colorado: En Soil Conservation Service National Engineering Handbook, 1978. 129 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.
- KOEFENDER, J.; SCHOFFEL, A.; MANFIO, C. E.; GOLLE, D. P.; SILVA, A. N.; HORN, R. C. Consorciação entre alface e cebola em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, 34: 580-583. 2016.
- LIMANTARA, L.; DETTLING, M.; INDRAWATI, R.; BRODOSUDARMO, T. H. P. Analysis on the chlorophyll content of commercial green leafy vegetables, **Procedia Chemistry**, 14, 225. 2015.
- LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V.; DOMBROSKI, J. L. D; LOPES, W. A. R.; RODRIGUES, G. S. O. Medição de área foliar de aceloreira. **Revista Caatinga**, 24:40-45. 2011
- LÚCIO, A. D.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; BENZ, V. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira** 29: 510-515. 2011.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150p.
- PAPADAKIS, G. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 77, n. 1, p. 7-38, 2000.

- REIS, L. S.; SOUZA, J. L. de; AZEVEDO, C. A. V. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.13, n.3, pp.289-296. 2009.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.177.
- RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SILVA, J. A.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; ANDRADE, J. E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 354-362, 2007.
- SOUSA, J. W.; MARTINS, D.; CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F.; GALVANI, E. Alterações da temperatura e umidade relativa do ar em ambiente protegido com cobertura de polietileno difusor de luz. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2002.
- TRINGOVSKA, I.; YANKOVA, V.; MARKOVA, D.; MIHOV, M. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 186, n. 21, p. 31-37, 2015.

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ALFACE SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

GUIMARÃES, Claudinei Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2019. **Desempenho agronômico de cultivares de alface submetidas a diferentes lâminas de irrigação.** Orientador: Fernando França da Cunha. Coorientador: Everardo Chartuni Mantovani.

A utilização de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas associada ao adequado fornecimento de irrigação maximizam o desempenho agronômico da cultura da alface. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agronômico de cultivares de alface submetidas a diferentes lâminas de irrigação via gotejamento, sob ambiente protegido, em Viçosa-MG. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Foram combinadas cinco lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura) nas parcelas e quatro cultivares (Raider Plus - tipo Americana; Luara - tipo Lisa; Vanda - tipo Crespa; Imperial - tipo Roxa) nas subparcelas, em três ciclos de cultivo. As avaliações foram feitas 38 dias após o transplante da mudas em três ciclos de cultivo (18/1 à 25/2/2017 - ciclo 1, 5/4 à 13/5/2017 - ciclo 2 e 25/7 à 1/9/2017 - ciclo 3). Foram avaliados: teor relativo de clorofilas A, B e total; número de folhas comerciais e não-comerciais; comprimento e largura de folha; índice de área foliar; massa de folha fresca e seca; massa de raiz fresca e seca; comprimento e volume de raiz; massa fresca, comprimento, diâmetro médio e volume de caule; altura, diâmetro e volume de parte aérea; massas total, comercial e de perda na colheita, da parte aérea; produtividade da cultura; e produtividade da água. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, teste de média de Tukey, regressão e análise de componentes principais. As cultivares Raider Plus e Luara podem ser recomendadas no cultivo de alface na região de Viçosa-MG. A irrigação da alface deve ser realizada com a lâmina de reposição de 110% da evapotranspiração da cultura para a região e condições semelhantes a do presente estudo.

Palavras chave: Produção vegetal, ambiente protegido, gotejamento, disponibilidade hídrica, *Lactuca sativa* L.

INTRODUÇÃO

A alface cultivada (*Lactuca sativa* L.), da família da Asteraceae, é uma das hortaliças mais populares e consumidas no mundo (FIGUEIREDO et al., 2012; KOEFENDER et al., 2016) e a principal hortaliça folhosa comercializada no Brasil (SALA; COSTA, 2012). Geralmente é consumida na forma de saladas e representa uma boa fonte de minerais (CALISKAN et al., 2014). Cultivada em todo o Brasil, tradicionalmente em pequenas propriedades familiares, é de grande importância econômica e social (KAPOULAS et al., 2017), fortalecendo a autoconfiança e melhorando a subsistência dos pequenos produtores (NANDI et al., 2015).

Um dos fatores importantes no sucesso da produção de alface é a escolha de cultivares mais adaptadas ao clima e tipo de solo de uma região, que permite incremento em produtividade da cultura. Assim, por ser oriunda de clima temperado, ao longo dos anos, houve a necessidade de desenvolvimento de novas cultivares de alface mais adaptadas às condições tropicais (ARANTES et al., 2014). Além disso, cada região de clima tropical, tem características edafoclimáticas locais muito específicas a serem consideradas, o que justifica o estudo de cultivares adaptadas para cada região. Atualmente, os principais tipos de alface cultivadas no Brasil são: crespa, americana, lisa e outros (vermelha, mimosa, romana, entre outros), correspondentes a 70%, 15%, 10% e 5% do mercado brasileiro, respectivamente (SALA; COSTA, 2012).

O cultivo da alface é feito em ambiente protegido ou em campo aberto (FOTEINIS e CHATZISYMEON, 2016), porém esse último não contempla a quantificação de lâmina de irrigação necessária (BANDEIRA et al., 2011).

Outro fator importante é o uso de um método eficiente de irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura. Segundo Silva et al. (2007), o método mais utilizado para produção de hortaliça (aspersão convencional) não contempla aspectos fundamentais à sustentabilidade da atividade agrícola irrigada, como sanidade das plantas. Esse fato favorece o uso da irrigação localizada por gotejamento, adotada com êxito para diversas culturas, com grandes vantagens como: menor consumo de energia, controle fitossanitário facilitado e favorecido, fertirrigação viabilizada e favorável, e maior produtividade da água (PA).

Aliado a um eficiente método de irrigação, tem-se o manejo adequado da água de irrigação que potencializa a qualidade e produtividade das culturas. Considerando o cultivo intensivo em ambiente protegido, o estudo de lâminas de irrigação apropriadas para cada

cultura e região, é ainda mais importante. Segundo Reichardt (1978), a água é indispensável para a produção, e por isso a sua falta ou excesso afeta, significativamente, a produtividade de uma cultura, tornando indispensável o seu manejo racional para se conseguir a maximização da produção.

Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de alface submetidas a diferentes lâminas de irrigação via gotejamento, na região de Viçosa-MG, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área e do ensaio experimental

A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa-MG, Brasil, nas coordenadas 20°45'14''S, 42°52'55''O, altitude de 648 m (Figura 2.1). O clima, do tipo Cwb (ALVARES et al., 2013), apresenta temperatura média anual de 19,4 °C e precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 1.200 mm.

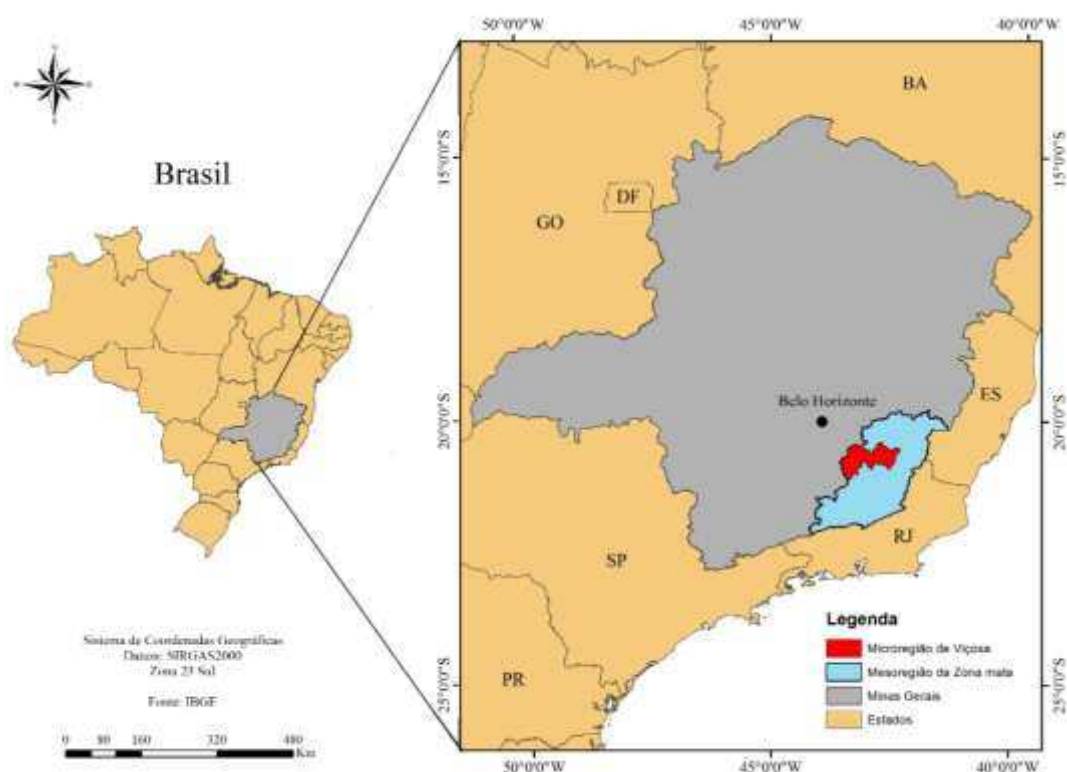


Figura 2.1. Localização geográfica da área de estudo. Viçosa-MG, Brasil.

Utilizou-se ambiente protegido (Figura 2.2) com área total de 240 m² (8 m de largura, 30 m de comprimento e 3,2 m de pé-direito), com laterais revestidas de tela de fios de polietileno (100% polietileno, 25 mesh - abertura de 1,0 x 1,0 mm, com 10 fios/cm de tela - e 25% de sombreamento) e teto coberto com filme plástico azul (AV Blue, 120 microns, 78% e 67% de transmissão e difusão de luz, respectivamente).



Figura 2.2. Ambiente protegido (a), estação meteorológica (b), detalhe do registro no início de cada linha lateral e marcação das microcovas (c) e vista interna da casa de vegetação (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2017.

As avaliações foram feitas 38 dias após o transplante das mudas em três ciclos de cultivo (18/01/2017 à 25/02/2017 – ciclo 1; 05/04/2017 à 13/05/2017 – ciclo 2; 25/07/2017 à 01/09/2017 – ciclo 3). Utilizou-se delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, tendo cinco lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da lâmina de irrigação para reposição da evapotranspiração da cultura - ETc) nas parcelas e quatro cultivares de alface (Raider Plus - tipo Americana; Luara - tipo Lisa; Vanda - tipo Crespa; Imperial - tipo Roxa) nas subparcelas (Figura 2.3). Cada unidade amostral possuiu área de 1 m² (1 m de comprimento e 1 m de largura), constituídas de 16 plantas, sendo avaliadas as 4 plantas centrais.

Portanto, foram utilizados dados de 80 observações (5 lâminas x 4 repetições x 4 plantas amostradas) para cada característica analisada, referente a cada cultivar e para cada ciclo.

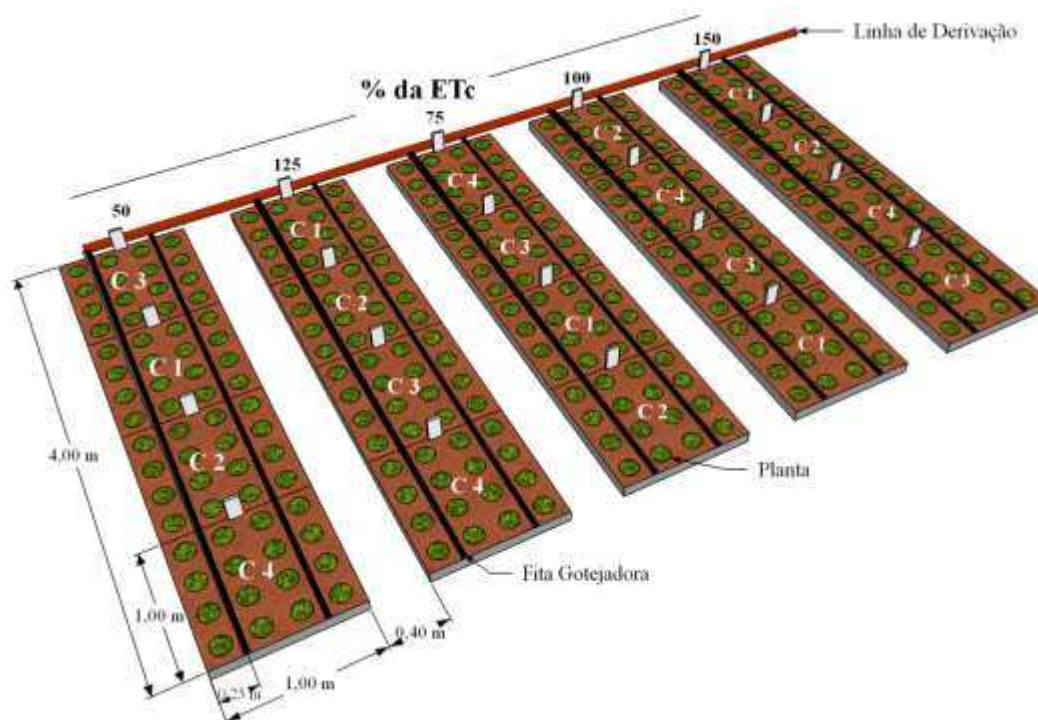


Figura 2.3. Representação estrutural de um dos quatro blocos do experimento (bloco 1). ETC: evapotranspiração da cultura. C: cultivar de alface.

Instalação e condução da pesquisa

Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófizado, com as características apresentadas na Tabela 2.1. Foram realizadas amostragens de solo no interior dos ambientes protegidos para realização de análises químicas e físico-hídricas (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Resultados das análises físico-hídricas e química em diferentes profundidades do solo no local do experimento, segundo EMBRAPA (2011). Viçosa, MG, DEA-UFV, 2017.

Prof Cm	CC*	PMP*	Ds	Argila	Silte	Areia	Classificação Textural*						
	 g g ⁻¹	 g g ⁻¹	 g cm ⁻³	 %	 %	 %							
0-20	0,291	0,177	1,21	39	11	50	Argilo-arenoso						

Prof Cm	pH H ₂ O	P .. mg dm ⁻³	K ..	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V	m	Prem Mg L ⁻¹
0-20	6,1	328,4	196,0	5,4	1,2	0,0	2,6	7,2	7,2	9,8	73,3	0,0	51,5

CC: Umidade na capacidade de campo (tensão de 33 kPa); PMP: Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de 1.500 kPa); *obtidos pela curva de retenção de água no solo usando-se o extrator de Richards (RICHARDS, 1949); Ds: Densidade do solo. P e K disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial a pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; ** segundo EMBRAPA (2013).

A preparação do solo foi realizada por meio de aração, gradagem e passagem do encanteirador. A calagem e adubação química foram realizadas com base nos resultados da análise química de solo e recomendações Ribeiro et al. (1999).

A semeadura da alface foi realizada em bandejas de poliestireno, com transplante das mudas para os canteiros (em microcovas espaçadas de 0,25 m entre linhas e 0,25 m entre plantas) quando estas possuíam quatro folhas definitivas (30 dias após semeadura). Foi realizada uma capina manual semanalmente até o sombreamento natural do solo pela parte aérea das plantas. Não foi observada a incidência de pragas e doenças capazes de causar danos significativos na qualidade e produtividade da alface.

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com linhas laterais compostas por fitas gotejadoras (marca Amanco) de 16 mm de diâmetro e 15 milésimos de polegada de espessura. O espaçamento entre as fitas gotejadoras foi de 0,50 m, o que possibilitou a irrigação de duas fileiras de planta. Os emissores (gotejadores), espaçados de 20 cm entre si, operaram com pressão de serviço de 98 kPa (~10 mca), aplicando vazão média de 1,8 L h⁻¹.

Manejo da irrigação

O sistema de irrigação foi avaliado utilizando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980), que consiste na coleta da vazão dos gotejadores em oito pontos ao longo da linha lateral e em quatro linhas laterais, ao longo da linha de derivação. A eficiência de distribuição foi de 93,1%, de acordo com o coeficiente de uniformidade de distribuição, calculado por meio da Equação 3.1:

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} 100 \quad (2.1)$$

Onde: CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição (%); q_{25} - média do menor quartil das vazões (L h⁻¹); q_m - média das vazões (L h⁻¹).

Ao longo de cinco dias antes de se iniciar o manejo da irrigação via clima, o solo foi saturado com água e o monitorado o conteúdo de água no solo foi realizado na profundidade de 0-0,20 m, por meio de tensiômetros e pelo método direto da estufa, a fim de garantir a umidade do solo na condição de capacidade de campo. A diferenciação das lâminas de irrigação foi iniciada 7 dias após o transplante das mudas (período de aclimação das mudas ao solo).

A irrigação real necessária para o tratamento de 100% da ETc foi estimada em função de parâmetros das características de clima e solo, por meio da Equação 3.2 [adaptada da equação proposta por Bernardo, Soares e Mantovani, (2006)]:

$$IRN_{LOC} = \sum_{\text{dia } 1}^i ET_0 K_C K_S K_L - C \quad (4.2)$$

Onde: IRN_{LOC} é a irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); ET_0 - evapotranspiração de referência, mm d^{-1} ; K_C - coeficiente da cultura (adimensional); K_S - coeficiente de umidade do solo (adimensional); K_L - coeficiente de localização (adimensional); C - constante referente à elevação do lençol freático, mm.

O modelo utilizado na estimativa da ET_0 foi o de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998) (Equação 3.3), com velocidade do vento igual a $0,2 \text{ m s}^{-1}$ (recomendada para interior de ambiente protegido por Atarassi et al. (2011).

$$ET_0 = \frac{0,408 s (R_N - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 \frac{(e_s - e)}{10}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2.3)$$

Onde: ET_0 - evapotranspiração de referência (mm d^{-1}); s - declividade da curva de pressão de saturação versus temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_N - saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); γ - constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); t - temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}); e_s - pressão de saturação de vapor d'água (kPa); e - pressão atual de vapor d'água (kPa).

Utilizou-se valores de coeficientes de cultivo (K_C) de acordo com a literatura (DOORENBOS; PRUITT, 1977; MAROUELLI et al., 2008). O coeficiente da cultura (K_C) utilizado foi determinado de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura que foram: fase I - do transplante até a cultura cobrir 10% da superfície do terreno; fase II - do final da primeira fase até a cobertura completa efetiva da superfície do terreno; e fase III - do final da segunda fase até o máximo desenvolvimento vegetativo, quando se faz a colheita da alface. Para as fases I, II e III adotou-se o K_C de 0,65; 0,85; 1,00, respectivamente.

Os coeficientes de umidade do solo (K_S) e de localização (K_L) foram calculados de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006) (Equação 3.4) e Keller (1978) (Equação 3.5), respectivamente:

$$K_S = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (2.4)$$

$$K_L = \frac{P}{100} + 0,15 \left(1 - \frac{P}{100} \right) \quad (2.5)$$

Onde: K_s - coeficiente de depleção de água no solo (adimensional); LAA - lâmina atual de água (mm); CTA - capacidade total de água (mm); K_L - coeficiente de localização (adimensional); P - maior valor entre porcentagem de área molhada ou sombreada (%).

O valor de IRN_{LOC} foi corrigida em função da eficiência de irrigação, definindo a irrigação total necessária para sistemas localizados (ITN_{LOC}).

$$ITN_{LOC} = \frac{IRN_{LOC}}{E_i} \quad (2.6)$$

Onde: ITN_{LOC} - irrigação total necessária em sistemas localizados (mm); IRN_{LOC} - irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); E_i - eficiência de irrigação (decimal).

Considerou-se a eficiência de aplicação como sendo de 100% e a eficiência de distribuição média de 93,1%. Assim a eficiência de irrigação foi de 93,1%, para os três ciclos.

Ao longo de cinco dias antes do início do manejo da irrigação via clima, o conteúdo de água no solo foi monitorado na profundidade de 0-0,20 m, por meio de tensiômetros com base na curva de retenção de água no solo $\theta_{Azul} = 0,1813 + (0,3443 - 0,1813) / [1 + (0,01|\Psi_m|)^2]^{0,49}$ e pelo método direto da estufa, a fim de garantir a umidade do solo na condição de capacidade de campo. A diferenciação das lâminas de irrigação foi iniciada 7 dias após o transplante das mudas (período de aclimação das mudas ao solo).

Para manter a uniformidade de pressão durante o tempo de irrigação, mantinha-se sempre duas linhas laterais abertas simultaneamente, conforme o seguinte exemplo prático (Tabela 2.2): Tempo de irrigação = 20 minutos; L1=10 min (50% da ETc); L2=15 min (75% da ETc); L3=20 min (100% da ETc); L4=25 min (125% da ETc); L5=30 min (150% da ETc).

Tabela 2.2. Exemplo prático de abertura das válvulas das linhas laterais. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

ETAPA		Tempo (minutos)									
		5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
1:	L5										
	L4										
2:	L2										
3:	L3										
4:	L1										

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio da estação meteorológica automática E 4000 (IRRIPLUS), instalada centralmente no interior da casa de vegetação. Foram medidos os dados diários de radiação solar (R_s), valores de temperaturas máximas e mínimas e com esses valores calculada a temperatura média do ar ($T_{\text{média}}$), umidade relativa do ar (UR), e por meio desses, o valor diário da evapotranspiração de referência (ET_0).

Obteve-se o total de graus-dia (graus dias acumulados - GDA) para cada ciclo de cultivo, subtraindo-se a temperatura-basal inferior para alface (10 °C) da temperatura média diária para cada dia do respectivo ciclo, e posteriormente, calculando o somatório dos graus-dia referentes aos 38 dias de cada cultivo (BRUNINI et al., 1976; ARAÚJO et al., 2010).

Devido à ausência de precipitação pluvial no interior do ambiente protegido, uma alta frequência de irrigação (turno de rega de 2 dias) foi requerida, a qual também foi recomendada por Filgueira (2008) para irrigação em hortaliças, mantendo o solo com umidade próxima à capacidade de campo e com pouca exigência de água para igualar a capacidade total de armazenamento no momento de cada irrigação (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Irrigação real e total necessárias aplicadas em cada tratamento e nos ciclos de cultivo da alface. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Ciclo	Parâmetro	Lâminas de irrigação (% da ET_c)				
		50	75	100	125	150
1	Irrigação Real Necessária (mm)	28,5	42,8	57,0	71,3	85,5
	Irrigação Total Necessária (mm)	30,6	45,9	61,2	76,5	91,8
2	Irrigação Real Necessária (mm)	19,1	28,6	38,1	47,6	57,2
	Irrigação Total Necessária (mm)	20,5	30,7	40,9	51,2	61,4
3	Irrigação Real Necessária (mm)	18,1	27,2	36,2	45,3	54,3
	Irrigação Total Necessária (mm)	19,4	29,2	38,9	48,6	58,3

Variáveis analisadas

As variáveis utilizadas para a avaliação dos efeitos dos tratamentos nas quatro plantas centrais (área útil) de cada unidade amostral do cultivo da alface, foram:

Na Folha:

- ✓ Teor relativo de clorofilas (índice SPAD) A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T), medidas indiretas in vivo com medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development, Minolta Camera Co., Osaka, Japan) em valor SPAD [Maior valor de SPAD significa maior conteúdo de clorofila]

(LIMANTARA et al., 2015)], em folhas intactas, recém-maduras, em quatro pontos da folha e a dois centímetros da margem, sempre no horário de 12 h;

- ✓ número de folhas comerciais (NFC, unidades por planta), número de folhas comercializáveis por planta;
- ✓ número de folhas não-comerciais (NFNC, unidades por planta), número de folhas danificadas ou sem condições de comercialização, por planta;
- ✓ comprimento e largura de folha (CF e LF, cm), maior comprimento e largura das folhas mais desenvolvidas;
- ✓ índice de área foliar (IAF, adimensional) pelo método dos discos foliares, com uso de 30 discos [2,0 cm de diâmetro ($3,14 \text{ cm}^2$) cada] por planta, retirados das porções basal, mediana e apical do limbo foliar de três folhas, evitando-se a amostragem da nervura central, adaptado de Lucena et al. (2011), considerando-se $IAF = AF/ADP$, onde AF = área foliar da planta e ADP = área de solo disponível para a planta, e $AF = ND \cdot AD \cdot PSL/PSD$, onde ND = número de discos, AD = área do disco (m^2), PSL = massa seca do limbo foliar e PSD = massa seca dos discos;
- ✓ massa de folha fresca (MFF, g), massa de todas as folhas por planta;
- ✓ massa de folha seca (MFS, g), massa de todas as folhas por planta, secas em estufa de ventilação forçada a 70°C , até atingir massa constante.

Na Raiz:

- ✓ massa de raiz fresca (MRF, g) e Seca (MRS, g), por planta;
- ✓ comprimento de Raiz (CR, cm), maior comprimento da raiz por planta, medido com uma régua;
- ✓ volume de raiz (VR, cm^3) por planta, por deslocamento de volume de água no interior de uma proveta milimétrica.

No Caule:

- ✓ massa de caule fresco (MCF, g), massa fresca da parte aérea sem as folhas;
- ✓ comprimento de caule (CC, cm), com uso de uma régua;
- ✓ diâmetro médio de caule (DMC, mm), média de três medidas (base, meio e ponta) com uso de um paquímetro;
- ✓ volume de caule (VC, cm^3), por deslocamento de volume de água no interior de uma proveta milimétrica;

Na Parte aérea:

- ✓ altura de parte aérea (APA, cm), distância da superfície do solo ao topo da parte aérea, medida imediatamente antes da colheita;
- ✓ diâmetro de parte aérea (DPA, cm), duas medidas de diâmetro, no plano horizontal, em direções perpendiculares por cada planta, com uso de uma régua;
- ✓ volume de parte aérea (VPA, cm^{-3}), por deslocamento de volume de água no interior de um cilindro de dimensões conhecidas;
- ✓ massa de parte aérea total (MPAT, g), massa comercial e não comercial por planta;
- ✓ massa de parte aérea comercial (MPAC, g), massa da parte aérea comerciável;
- ✓ massa de perda da parte aérea na colheita (MPC, g) por planta, subtraindo-se a massa comercial da massa total de parte aérea;
- ✓ produtividade da cultura (PROD, kg m^{-2}), estimativa da razão entre a produção da parcela útil (com base na MPAC) e a área por ela ocupada, extrapolando-se para área de um hectare, considerando o uso corredores de acesso de 0,40 m de largura e comprimento máximo de canteiro de 50 m;
- ✓ produtividade da água (PA, Kg m^{-3}), obtida pela relação entre a massa de matéria fresca (kg ha^{-1}) e a quantidade de água aplicada (mm) por cada tratamento.

Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste F. Quando significativos a 5%, os efeitos das lâminas foram submetidos à análise de regressão e os efeitos de cultivares foram comparados por teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a análise de regressão, foram testados os modelos linear, quadrático, cúbico, raiz quadrada, potencial, exponencial, hiperbólico, logarítmico, cúbico-raiz, log-log, Ln-Ln e Exp (x). Para escolha do melhor modelo, foram considerados: a significância do teste F para a equação da regressão, até 5 % de probabilidade; o coeficiente de determinação (R^2); e a representatividade do comportamento biológico pela equação.

Os pontos de inflexão das curvas foram obtidos por meio da derivada parcial de primeira ordem das respectivas equações de regressão. Os dados dos parâmetros foram submetidos à análise de componentes principais (ACP). Foram utilizados os softwares GENES e SISVAR para as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A R_s média diária decresceu ao longo dos ciclos de cultivo variando de 4,7 a 11,3 MJ m^{-2} no primeiro ciclo, de 1,4 a 8,6 MJ m^{-2} no segundo, e de 2,0 a 7,7 MJ m^{-2} terceiro, e esse comportamento influenciou o decréscimo da $T_{\text{média}}$ e da ET_0 (Figura 2.4). A $T_{\text{média}}$ diária do ar no primeiro ciclo variou de 22,7 a 26,1 °C. No segundo ciclo, variou de 16,5 a 24,3 °C, e de 15,4 a 20,1 °C no terceiro ciclo. A umidade relativa (UR) média variou de 36,1 a 62,6%, de 46,1 a 57,0% e de 33,6 a 61,6% nos ciclos 1, 2 e 3, respectivamente.

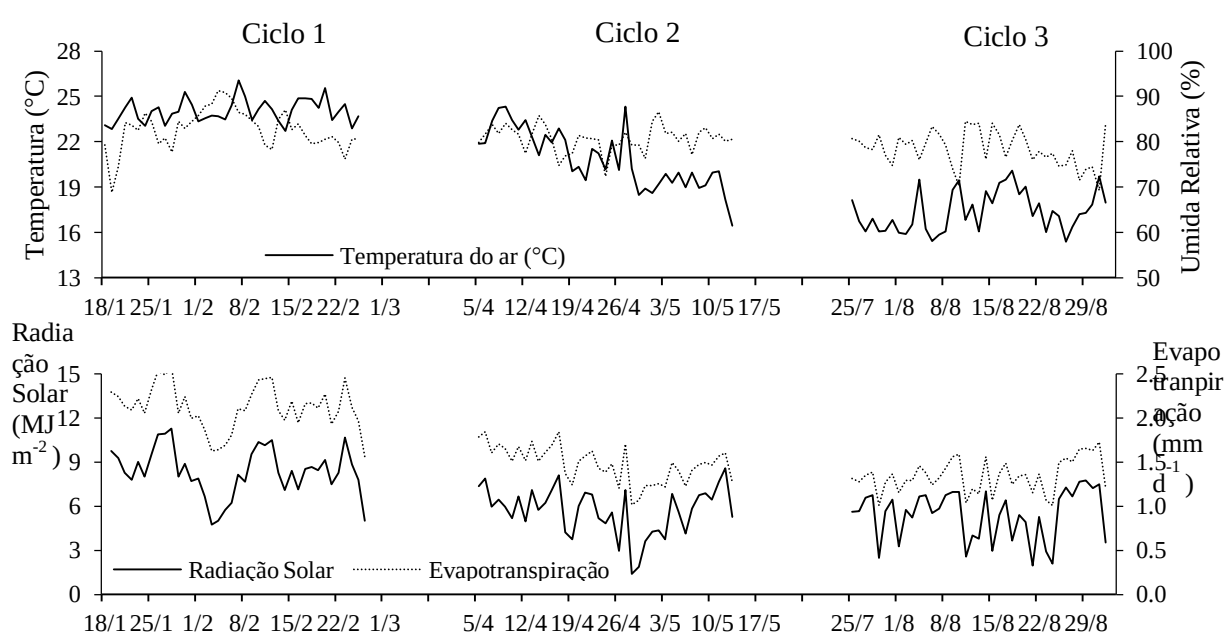


Figura 2.4. Variação diária da radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), referentes as três épocas de cultivo da alface. Viçosa-MG, 2017.

Os GD acumulados obtidos foram de 546,9 °C, 423,5 °C e 287,6 °C, para os ciclos 1, 2 e 3, respectivamente.

A ET_0 apresentou valores médios de 2,1 mm d^{-1} (oscilação de 1,6 a 2,6 mm d^{-1}) no primeiro ciclo, a 1,5 mm d^{-1} (de 1,0 a 1,8 mm d^{-1}) no segundo, e a 1,3 mm d^{-1} (de 1,0 a 1,7 mm d^{-1}) no terceiro ciclo. A ET_0 ocorrida ao longo de cada ciclo de cultivo da alface foi utilizada para a determinação da irrigação real necessária (IRN) e Irrigação total necessária (ITN) referentes à lâmina de irrigação de 100% da ET_c aplicada nos tratamentos (Tabela 2.3).

Pode-se notar pelas Tabelas 2.4, 2.5 e 2.6 que somente houve interações entre lâmina de irrigação e cultivares de alface para o ciclo 2 (MPAC2, PROD2, PA2, PA3, DPA2, NFC2, MFF2, IAF2, MCF2, DMC2, VC2) e para o ciclo 3 (PA3). Efeito para cultivares de alface, como fator de variação, foi percebido em quase todos os parâmetros avaliados, para os três ciclos de cultivo. Já para lâminas de irrigação, percebeu-se efeito para MPAT2, PA1, ALT-P1, ALT-P2, MFS2 e CC2. Quando não houve interação entre os fatores (cultivar e ambiente), ou significância em algum dos fatores avaliados, a média geral ou de cada fator foi apresentada, respectivamente.

A existência de uma relação linear entre o número de folhas e a temperatura do ar, acumulada através da soma térmica graus-dia (GD), tem confirmado que a temperatura é o principal fator que controla a taxa de emissão de folhas (ARAÚJO et al., 2010). Porém, no presente estudo, o maior número de folhas por planta, para todas as cultivares testadas (Tabela 2.4), ocorreu no ciclo 2, quando a temperatura média foi menor que a do ciclo 1 (Figura 2.4). A menor incidência de radiação no ciclo 2, induziu o aumento de número de folhas na planta, aumentando a quantidade de clorofilas e consequente manutenção da taxa fotossintética necessária para a planta.

A qualidade e o frescor do vegetal vendido comercialmente podem ser monitoradas medindo-se o conteúdo de clorofila (LIMANTARA et al., 2015). De acordo com Vandana e Bhatt (1999), mudanças na concentração de clorofila total em relação à taxa fotossintética podem seguir um padrão oposto ao esperado, exibindo valores mais altos sob intensidades de radiação reduzidas. Este aumento no conteúdo de pigmento em folhas sombreadas tem sido atribuído ao aumento do número e tamanho do cloroplasto, a quantidade de clorofila por cloroplasto e/ou melhor desenvolvimento dos Granuns no interior dos cloroplastos.

Esse efeito é considerado um eficiente processo adaptativo de aclimação de plantas a ambientes com intensidades de luz reduzida (KOSMA et al., 2013). Assim, pode-se dizer que dentre as cultivares avaliadas, a cultivar Raider Plus pode adaptar-se melhor à ambientes com menor incidência de luz, pois apresentou maior porcentagem de clorofilas A, B e Total (Tabela 2.4) e, consequentemente, realizou mais fotossíntese. A maior concentração de clorofila da cultivar Raider Plus impulsionou a geração de maior quantidade de folhas (maiores valores de NFC e NFNC), convergindo para maiores valores de fitomassa (MFF e MFS).

Tabela 2.4. Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA), e valores médios para as características de folha: teor relativo de clorofilas A (CLOR-A), B (CLOR-B) e total (CLOR-T) (índice SPAD), número de folhas comerciais (NFC) e não-comerciais (NFNC), comprimento e largura de folha (CF; e LF), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e seca (MFS), em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de alface. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Parâmetro	Ciclo	Quadrado médio - Teste F			Lâmina Irrigação (% ETc)	Cultivar de Alface			
		LI	CA	LI x CA		Raider Plus	Luara	Vanda	Imperial Roxa
CLOR-A (%)	1	5,9E+0 ^{ns}	1,2E+2**	1,4E+1 ^{ns}		24,7 A	20,4 B	18,9 B	20,6 AB
	2	6,9E+0 ^{ns}	5,1E+1 ^{ns}	5,3E+0 ^{ns}		$\bar{y} = 20,9$			
	3	4,0E+0 ^{ns}	1,5E+2**	2,9E+0 ^{ns}		22,8 A	16,8 B	21,4 A	22,0 A
CLOR-B (%)	1	1,8E+0 ^{ns}	2,4E+1**	2,7E+0 ^{ns}		6,9 A	4,9 B	4,4 B	5,2 B
	2	9,3E-1 ^{ns}	8,3E+0 ^{ns}	8,6E-1 ^{ns}		$\bar{y} = 5,3$			
	3	1,9E+0 ^{ns}	9,2E+1**	1,4E+0 ^{ns}		6,5 A	3,7 B	2,5 C	7,0 A
CLOR-T (%)	1	1,2E+1 ^{ns}	2,5E+2**	2,7E+1 ^{ns}		31,6 A	25,3 B	23,3 B	25,8 B
	2	1,2E+1 ^{ns}	1,0E+2 ^{ns}	8,9E+0 ^{ns}		$\bar{y} = 26,2$			
	3	1,0E+1 ^{ns}	3,6E+2**	6,8E+0 ^{ns}		29,3 A	20,5 C	23,9 B	29,0 A
NFC (ud pl ⁻¹)	1	8,4E+0 ^{ns}	1,9E+3**	1,3E+1 ^{ns}		16,5 C	37,8 A	19,1 BC	20,4 B
	2	2,1E+1 ^{ns}	3,6E+3**	4,8E+1*	50%	26,3 B	41,5 A	28,5 B	-
					75%	22,8 B	47,8 A	30,3 B	-
					100%	22,0 B	54,0 A	28,0 B	-
					125%	24,5 B	50,3 A	30,8 B	-
	150%	21,8 C	52,5 A	31,0 B	-				
3	1,2E+1 ^{ns}	9,0E+2**	1,5E+0 ^{ns}		18,7 B	27,7 A	15,7 C	12,1 D	
NFNC (ud pl ⁻¹)	1	2,3E+0 ^{ns}	2,9E+1**	3,6E-1 ^{ns}		6,2 A	5,5 A	3,6 B	4,1 B
	2	9,1E+0 ^{ns}	6,0E+1**	4,5E+0 ^{ns}		5,9 B	9,3 A	7,3 B	-
	3	7,2E-1 ^{ns}	7,4E+1**	5,3E-1 ^{ns}		2,0 C	5,9 A	3,8 B	1,7 C
CF (cm)	1	2,9E+0 ^{ns}	8,4E+1**	2,6E+0 ^{ns}		17,7 C	22,3 A	21,7 AB	20,7 B
	2	8,5E+0 ^{ns}	3,2E+1**	2,2E+0 ^{ns}		22,2 AB	21,1 B	23,6 A	-
	3	2,4E+0 ^{ns}	2,3E+2**	2,7E+0 ^{ns}		25,3 A	21,8 B	25,8 A	18,5 C
LF (cm)	1	7,4E+0 ^{ns}	1,4E+2**	4,2E+0 ^{ns}		15,5 C	14,3 C	18,5 B	20,1 A
	2	1,3E+1 ^{ns}	1,8E+2**	1,2E+1 ^{ns}		18,7 A	13,6 B	18,9 A	-
	3	1,7E+0 ^{ns}	4,1E+2**	2,5E+0 ^{ns}		25,7 A	14,8 C	19,2 B	19,2 B
IAF	1	1,6E+1 ^{ns}	2,4E+2**	1,5E+1 ^{ns}		16,1 A	14,3 A	12,5 A	7,9 B
	2	3,6E+1 ^{ns}	1,6E+1	1,3E+2*	50%	26,9 A	11,9 B	13,0 B	-
					75%	20,5 A	12,5 A	20,1 A	-
					100%	15,3 A	21,8 A	14,5 A	-
					125%	11,7 A	21,0 A	14,7 A	-
	150%	11,6 A	14,1 A	14,8 A	-				
3	2,6E+1 ^{ns}	3,1E+3**	3,7E+1 ^{ns}		9,7 C	32,1 A	20,4 B	3,7 D	
MFF (g)	1	2,3E+3 ^{ns}	3,8E+4**	1,6E+3 ^{ns}		236,4 A	182,4 B	172,7 B	130,1 C
	2	6,3E+3*	1,4E+4**	3,2E+3*	50%	222,1 A	137,8 B	178,1 AB	-
					75%	227,8 A	183,0 A	201,8 A	-
					100%	223,8 AB	257,3 A	180,0 B	-
					125%	273,0 A	216,5 A	225,3 A	-
	150%	271,2 A	226,6 AB	182,8 B	-				
3	1,9E+3 ^{ns}	1,1E+5**	6,1E+2 ^{ns}		265,3 A	161,3 B	137,9 B	89,9 C	
MFS (g)	1	3,8E+0 ^{ns}	7,8E+1**	5,8E+0 ^{ns}		10,9 A	10,0 A	10,0 A	6,4 B
	2	1,9E+1*	3,1E+1**	8,4E+0 ^{ns}		12,1 B	13,5 AB	14,6 A	-
	3	2,9E+0 ^{ns}	3,9E+1**	2,1E+0 ^{ns}		13,9 A	13,6 A	11,2 B	11,4 B

LI: lâmina de irrigação; CA: cultivar de alface; LI x CA: interação entre LI e CA; ETc: evapotranspiração da cultura; * e **: significância a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}: não significativo; médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,01).

Tabela 2.5. Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA), e valores médios para as características da raiz e caule: massa de raiz fresca (MRF) e seca (MRS), comprimento e volume de raiz (CR; e VR), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC; e VC), em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de alface. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Parâmetro	Ciclo	Quadrado médio - Teste F			Lâmina Irrigação (% ETc)	Cultivar de Alface			
		LI	CA	LI x CA		Raider Plus	Luara	Vanda	Imperial Roxa
MRF (g)	2	2,9E+0 ^{ns}	1,1E+2**	4,1E+0 ^{ns}		6,6 C	11,2 A	9,5 B	-
	3	6,0E+0 ^{ns}	5,7E+2**	2,6E+0 ^{ns}		8,4 B	15,5 A	14,1 A	3,9 C
MRS (g)	2	3,3E-2 ^{ns}	7,8E+0**	8,7E-2 ^{ns}		0,8 A	1,2 A	1,1 A	-
CR (cm)	2	9,4E-1 ^{ns}	6,8E+0*	1,4E+0 ^{ns}		13,1 A	12,6 AB	12,0 B	-
	3	3,7E-1 ^{ns}	6,9E+1**	8,2E+0 ^{ns}		11,8 C	13,7 BC	16,2 A	14,6 AB
VR (cm ³)	2	2,5E+0 ^{ns}	9,9E+1*	3,4E+0 ^{ns}		5,8 C	10,2 A	8,1 B	-
	3	7,6E+0 ^{ns}	4,8E+2**	3,2E+0 ^{ns}		7,2 C	14,2 A	12,1 B	3,3 D
MCF (g)	1	2,6E+2 ^{ns}	3,3E+3**	1,9E+2 ^{ns}		26,2 C	56,4 A	44,4 B	47,8 AB
	2	9,8E+2**	8,9E+3**	3,8E+2**	50%	16,5 B	34,0 A	43,0 A	-
					75%	21,4 B	42,3 A	55,3 A	-
					100%	19,8 C	73,3 A	53,3 B	-
					125%	18,3 B	69,3 A	72,3 A	-
					150%	25,9 B	56,5 A	68,4 A	-
CC (cm)	3	3,3E+1 ^{ns}	1,0E+3**	1,4E+1 ^{ns}		6,0 C	13,4 B	19,7 A	4,2 C
	1	2,0E+1 ^{ns}	8,2E+2**	1,8E+1 ^{ns}		11,0 C	19,0 B	20,1 B	26,6 A
	2	5,0E+1**	9,5E+2**	2,1E+1 ^{ns}		7,8 C	17,1 B	21,2 A	-
	3	1,1E+1 ^{ns}	4,9E+3**	1,2E+1 ^{ns}		29,9 A	4,0 B	5,5 B	33,6 A
DMC (mm)	1	5,4E+0 ^{ns}	5,8E+1**	4,4E+0 ^{ns}		16,1 A	17,1 A	14,0 B	13,4 B
	2	1,4E+1*	1,5E+1**	8,8E+0**	50%	15,3 A	16,2 A	17,4 A	-
					75%	17,3 A	18,1 A	18,3 A	-
					100%	17,3 B	22,6 A	17,0 B	-
					125%	17,8 A	19,8 A	18,3 A	-
					150%	18,9 A	18,5 A	18,6 A	-
VC (cm ³)	3	5,8E+0 ^{ns}	1,8E+2**	3,3E+0 ^{ns}		13,0 C	15,5 B	17,8 A	10,9 D
	1	2,5E+2 ^{ns}	2,8E+3**	1,6E+2 ^{ns}		25,4 B	52,7 A	43,2 A	47,1 A
	2	8,6E+2**	8,5E+3**	6,2E+2**	50%	22,0 A	36,3 A	43,6 A	-
					75%	22,4 B	43,0 AB	55,4 A	-
					100%	20,4 C	77,0 A	42,8 B	-
					125%	19,2 B	73,4 A	72,1 A	-
	3	1,6E+1 ^{ns}	7,1E+2**	1,2E+1 ^{ns}	150%	24,5 B	59,9 A	70,5 A	-
						5,6 B	6,1 B	16,8 A	3,6 B

LI: lâmina de irrigação; CA: cultivar de alface; LI x CA: interação entre LI e CA; ETc: evapotranspiração da cultura; * e **: significância a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}: não significativo; médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,01).

A qualidade das folhas (maiores CF e LF) foi influenciada, quando as plantas apresentaram maiores valores de área foliar (CF e LF) e, conseqüentemente, maior área foliar específica (PUIATTI; FINGER, 2005) aumentando o IAF das plantas da cultivar Raider Plus, o que também propiciou maior fitomassa das plantas (RADIN et al., 2004).

Tabela 2.6. Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA), e valores médios relacionados à parte aérea da planta: altura de parte aérea (APA), diâmetro e volume de parte aérea (DPA; e VPA), massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAC); massa de perda na colheita (MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de alface. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Parâmetro	Ciclo	Quadrado médio - Teste F			Lâmina Irrigação (% ETc)	Cultivar de Alface			
		LI	CA	LI x CA		Raider Plus	Luara	Vanda	Imperial Roxa
APA (cm)	1	4,1E+1*	9,0E+2**	1,2E+1 ^{ns}		21,8 C	33,2 B	33,7 B	37,2 A
	2	5,2E+1**	6,6E+2**	1,2E+1 ^{ns}		17,6 B	26,7 A	28,2 A	-
	3	1,8E+1 ^{ns}	4,0E+2**	8,6E+0 ^{ns}		20,2 B	24,7 A	26,6 A	16,7 C
	1	1,7E+0 ^{ns}	2,3E+2**	1,4E+0 ^{ns}		22,8 C	30,5 A	29,3 B	28,9 B
DPA (cm)	2	5,4E+1**	1,5E+2**	2,7E+1*	50%	14,8 B	27,5 A	25,0 A	-
					75%	20,0 B	26,8 A	24,0 AB	-
					100%	23,0 A	26,3 A	26,0 A	-
					125%	25,8 A	29,5 A	27,0 A	-
					150%	27,0 A	27,3 A	26,3 A	-
	3	1,5E+1 ^{ns}	1,3E+2**	4,8E+0 ^{ns}		25,8 B	29,0 A	28,5 A	23,6 C
	1	5,7E+4 ^{ns}	2,2E+5**	3,5E+4 ^{ns}		614,4 A	615,3 A	470,5 B	407,7 B
VPA (cm ³)	2	1,2E+5 ^{ns}	1,7E+5*	5,3E+4 ^{ns}		656,8 AB	664,2 A	501,8 B	
	3	8,8E+3 ^{ns}	2,4E+5**	4,7E+3 ^{ns}		403,5 A	270,8 B	227,8 BC	137,7 C
	1	5,3E+3 ^{ns}	6,6E+4**	3,3E+3 ^{ns}		338,9 A	261,9 B	246,1 B	200,6 C
MPAT (g)	2	1,6E+4**	2,8E+3 ^{ns}	4,5E+3 ^{ns}		$\bar{y} = 296,9$			
	3	3,0E+3 ^{ns}	1,2E+5**	9,4E+2 ^{ns}		287,5 A	203,8 B	188,5 B	97,3 C
	1	3,8E+3 ^{ns}	2,6E+4**	2,7E+3 ^{ns}		262,5 A	238,8 AB	217,1 B	177,9 C
MPAC (g)	2	1,2E+4**	6,0E+2 ^{ns}	4,5E+3*	50%	238,5 A	172,1 A	225,0 A	-
					75%	249,2 A	225,3 A	254,5 A	-
					100%	243,5 B	330,6 A	239,0 B	-
					125%	291,3 A	285,8 A	292,3 A	-
					150%	297,0 A	283,1 A	254,3 A	-
	3	2,2E+3 ^{ns}	1,1E+5**	8,0E+2 ^{ns}		271,3 A	174,6 B	157,6 B	92,4 C
MPC (g)	1	2,1E+2 ^{ns}	1,3E+4**	1,5E+2 ^{ns}		76,3 A	23,1 B	29,1 B	22,6 B
	2	5,8E+2 ^{ns}	1,6E+3**	1,2E+2 ^{ns}		46,2 A	28,6 B	39,5 AB	-
	3	1,4E+2 ^{ns}	3,0E+3**	7,4E+1 ^{ns}		16,2 B	29,2 A	30,9 A	4,9 C
PROD (kg m ⁻²)	1	4,9E+7 ^{ns}	3,4E+8**	3,5E+7 ^{ns}		3,0 A	2,7 AB	2,5 B	2,0 C
	2	1,5E+8**	7,8E+6 ^{ns}	5,8E+7*	50%	2,7 A	2,0 A	2,6 A	-
					75%	2,9 A	2,6 A	2,9 A	-
					100%	2,8 B	3,8 A	2,7 B	-
					125%	3,3 A	3,3 A	3,3 A	-
					150%	3,4 A	3,3 A	2,9 A	-
	3	2,9E+7 ^{ns}	1,4E+9**	1,0E+7 ^{ns}		3,1 A	2,0 B	1,8 B	1,0 C
PA (Kg m ⁻³)	1	1,3E+4**	2,9E+3**	4,4E+2 ^{ns}		84,5 A	75,9 AB	69,0 B	56,3 C
	2	1,8E+4**	3,2E+2 ^{ns}	1,5E+3**	50%	200,4 A	144,5 B	189,0 A	-
					75%	139,6 A	126,2 A	142,5 A	-
					100%	102,3 AB	138,9 A	100,4 B	-
					125%	97,9 A	83,8 A	98,2 A	-
					150%	83,2 A	90,3 A	71,2 A	-
	3	2,6E+4**	2,9E+4**	1,6E+3*	50%	249,7 A	159,6 B	135,5 B	76,6 C
					75%	144,4 A	93,0 B	75,3 B	55,1 B
					100%	110,7 A	72,6 AB	69,3 AB	46,4 B
					125%	100,8 A	60,5 AB	63,1 AB	32,6 B
					150%	86,0 A	58,4 AB	50,3 AB	24,8 B

LI: lâmina de irrigação; CA: cultivar de alface; LI x CA: interação entre LI e CA; ETc: evapotranspiração da cultura; * e **: significância a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}: não significativo; médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,01).

A qualidade e o frescor do vegetal vendido comercialmente podem ser monitoradas medindo-se o conteúdo de clorofila (LIMANTARA et al., 2015). De acordo com Vandana e Bhatt (1999), mudanças na concentração de clorofila total em relação à taxa fotossintética podem seguir um padrão oposto ao esperado, exibindo valores mais altos sob intensidades de radiação reduzidas. Este aumento no conteúdo de pigmento em folhas sombreadas tem sido atribuído ao aumento do número e tamanho do cloroplasto, a quantidade de clorofila por cloroplasto e/ou melhor desenvolvimento dos Granuns no interior dos cloroplastos.

Esse efeito é considerado um eficiente processo adaptativo de aclimação de plantas a ambientes com intensidades de luz reduzida (KOSMA et al., 2013). Assim, pode-se dizer que dentre as cultivares avaliadas, a cultivar Raider Plus pode adaptar-se melhor à ambientes com menor incidência de luz, pois apresentou maior porcentagem de clorofilas A, B e Total (Tabela 2.4) e, consequentemente, realizou mais fotossíntese. A maior concentração de clorofila da cultivar Raider Plus impulsionou a geração de maior quantidade de folhas (maiores valores de NFC e NFNC), convergindo para maiores valores de fitomassa (MFF e MFS). A qualidade das folhas (maiores CF e LF) foi influenciada, quando as plantas apresentaram maiores valores de área foliar (CF e LF) e, consequentemente, maior área foliar específica (PUIATTI; FINGER, 2005) aumentando o IAF das plantas da cultivar Raider Plus, o que também propiciou maior fitomassa das plantas (RADIN et al., 2004).

Esse comportamento beneficiou o desenvolvimento da cultivar Raider Plus (Americana) intensificando a coloração verde e aumentando sua qualidade visual, o que promove maior atratividade e comercialização, em relação às outras cultivares.

A cultivar Luara também apresentou altos valores de clorofila (Tabela 2.4), porém o número de folhas comerciais por planta (NFC) foi seu maior destaque em todos os ciclos de cultivo, independente da lâmina de irrigação aplicada, o que refletiu em maiores diâmetro e volume de parte aérea (DPA e VPA) (Tabela 2.6). Segundo Jordan et al. (2018), um maior número de folhas aumenta a qualidade da alface, agregando valor à cultura durante sua comercialização e essa característica, muitas vezes está ligada a fatores genéticos.

Melhores características fotossintéticas, tanto para a cultivar Raider Plus, quanto para Luara, promoveram melhor desenvolvimento radicular (MRF, MRS), com maior profundidade das raízes (CR), e maior volume de solo explorado (VR), o que reduziu o estresse hídrico da planta mesmo em condições de menores lâminas (50% e 75% da ETC)

aplicadas (Tabela 2.5). As melhores características de raiz (Tabela 2.5) possivelmente geraram maior absorção de nutrientes e melhor exploração do solo, aumentando a quantidade e qualidade de folhas na planta, facilitando a fotossíntese (TAIZ et al., 2017). O aumento da quantidade e qualidade de folha proporcionou maior índice de área foliar (IAF) (Tabela 2.4), com rápido fechamento do stand de plantas e menor competição com plantas indesejadas, aumentando, assim, a possibilidade de maior desenvolvimento da cultivar Luara (OLIVEIRA et al., 2011).

Embora a cultivar Vanda tenha alcançado maiores valores de alguns parâmetros como IAF, CF, MRF, MRS, CR, VR e DPA (Tabelas 2.4 e 2.5 e 2.6), maiores valores de características do caule [MCF, DMC, VC, e principalmente CC (estiolamento da planta)], aliados a menores valores de características foliares, reduzem a qualidade visual e comercial dessa cultivar, comparada com as demais analisadas. Provavelmente, isso ocorreu porque diferentes espécies, sob estresse hídrico, podem apresentar mecanismos de sobrevivência que podem incluir variações nas respostas estomáticas, ajuste osmótico e maior movimento de fotoassimilados para as raízes (JAIMEZ et al., 1999), com consumo de energia metabólica, podendo afetar a produção de plantas e sua qualidade comercial (BANDEIRA et al. 2011).

A cultivar Imperial Roxa, demonstrou ser a menos adaptada às condições estudadas, pois apresentou menores valores em quase todas as características, exceto para CC, a qual é uma característica indesejada na comercialização da alface.

Como descrito anteriormente, os fatores fisiológicos das plantas das cultivares Raider Plus e Luara foram melhores, em comparação com as cultivares Vanda e Imperial Roxa. Esses fatores influenciaram de forma diretamente proporcional na produção (MPAT e MPAC), como também na produtividade das culturas (PROD). As cultivares Raider Plus e Luara, com maiores quantidades de folhas (NFC e NFNC), com caules menores (menor CC, DMC e VC) e maiores volumes (maior VPA), apresentaram maiores MPAT e MPAC, as quais são diretamente proporcionais à PROD.

Embora a Raider Plus tenha apresentado altos índices de perda na colheita (MPC), a MPAT foi suficiente para conferir maior MPAC e maior PROD a essa cultivar. A maior produtividade média dos três ciclos foi observada para a cultivar Raider Plus ($3,0 \text{ kg m}^{-2}$), seguido da cultivar Luara ($2,8 \text{ kg m}^{-2}$), Vanda ($2,6 \text{ kg m}^{-2}$) e por último, a Imperial Roxa ($1,5 \text{ kg m}^{-2}$).

Os valores máximos de PROD observados no presente estudo, para as cultivares Raider Plus, Luara e Vanda, foram semelhantes ao máximo valor ($3,6 \text{ kg m}^{-2}$) apresentado

por Peixoto Filho et al. (2013) para cultivo convencional de alface (no solo), porém se apresentaram 64% menores que o valor máximo observado por Martins et al. (2009), em condições de cultivo hidropônico.

O comportamento médio das características agrônômicas das quatro cultivares que não apresentaram interação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F, entre as cultivares estudadas e em função das lâminas de irrigação, está apresentado na Figura 2.5, com os valores máximos da variável e a lâmina de irrigação no ponto de inflexão (LI_{PI}).

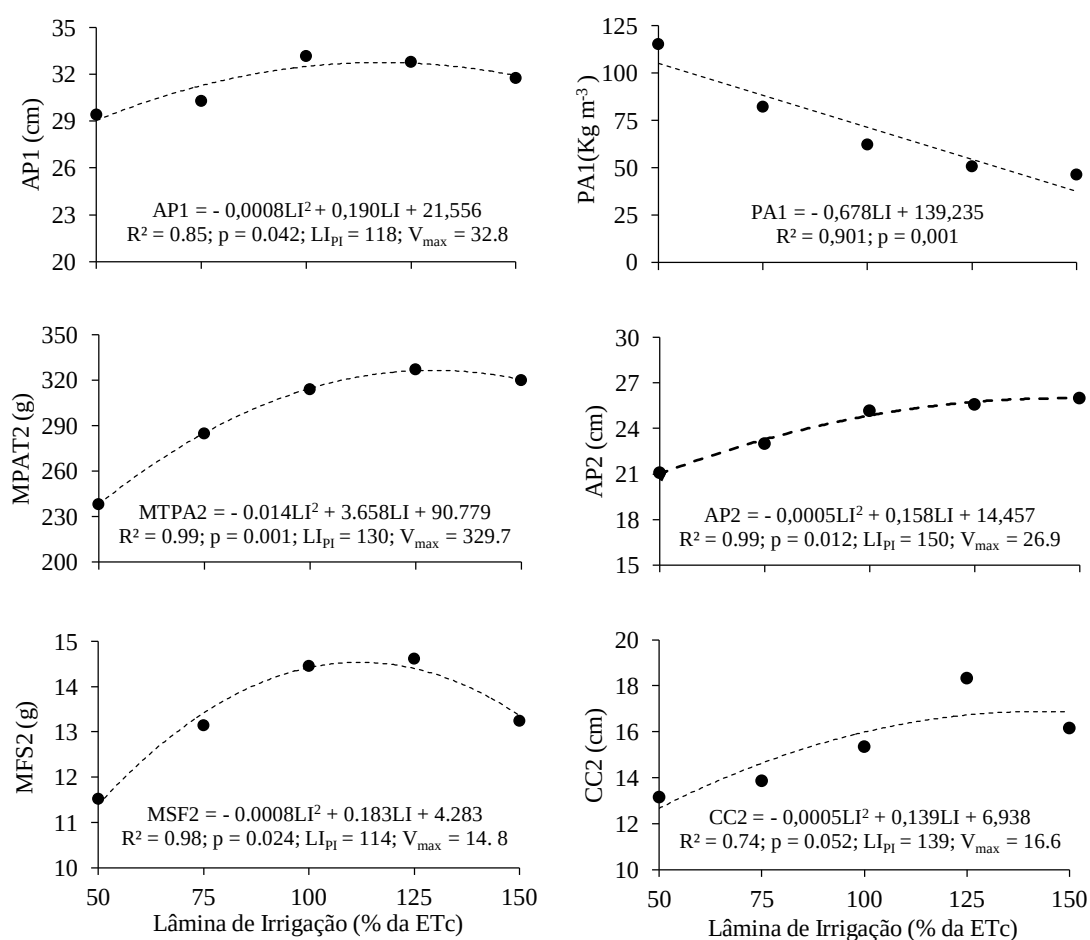


Figura 2.5. Valores médios de altura de parte aérea (APA) e produtividade da água (PA) do ciclo 1, de APA, massa total de parte aérea (MPAT), massa de folha seca (MFS) e comprimento de caule (CC) dos ciclos 2 em função de lâminas de irrigação (LI) para as cultivares de alface. O número após a sigla indica o ciclo de cultivo. LI_{PI} : lâmina de irrigação referente ao ponto de inflexão da curva. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Um valor médio aproximado para a lâmina de reposição de água igual a 110% da ETc fornece condições hídricas para que a cultura da alface expresse seu maior potencial em variáveis importantes como MPAT e MFS, com PA próxima da média (Figura 2.5).

Na Figura 2.6, estão apresentadas as interações entre os fatores analisados, em função das lâminas de irrigação e também as lâminas referentes aos pontos máximos das curvas, lâmina de irrigação no ponto de inflexão (LI_{PI}). Vale ressaltar que foram utilizadas as linhas de tendência para realçar apenas as cultivares que estatisticamente (a 5% de probabilidade pelo teste F) sofreram influência da variação das lâminas, porém as médias das outras cultivares também foram inseridas.

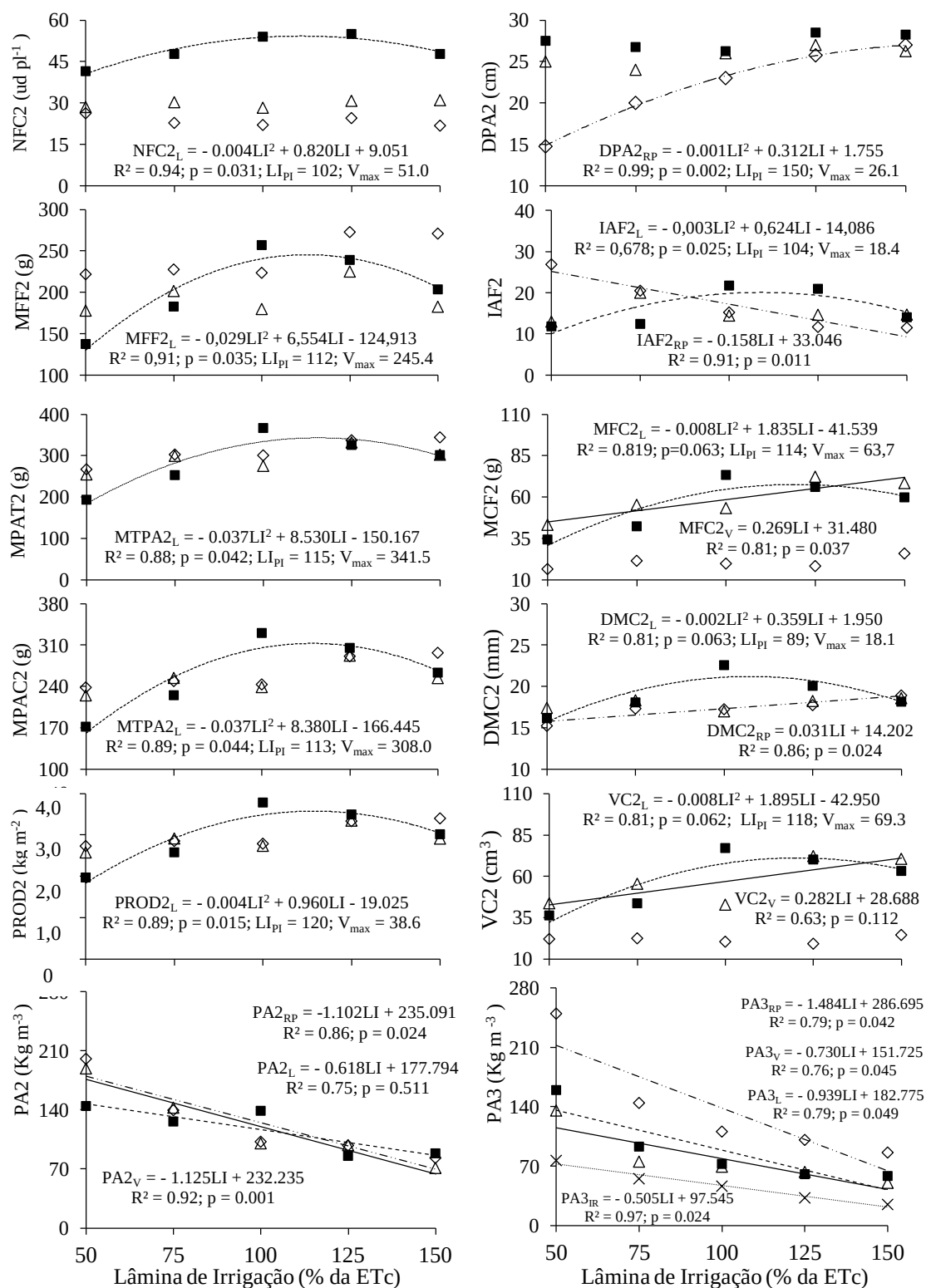
A cultivar Luara foi a mais influenciada pelas lâminas de irrigação (Figura 2.6), explicadas por equações polinomiais de segundo grau para os parâmetros NF2, MFF2, IAF, MPAT2, MPAC2, PROD2, MCF2, DMC2, VC2, e por equações lineares para PA nos ciclos 2 e 3. A cultivar Vanda foi a segunda mais influenciada pelas lâminas de irrigação, ajustadas por equações lineares para MCF2, DMC2, VC2, PA nos ciclos 2 e 3.

A cultivar Raider Plus demonstrou ser pouco afetada pelas lâminas aplicadas, sendo explicadas por equação polinomial de segundo grau para DPA2, IAF2 e também para PA nos dois últimos ciclos. Por fim, a cultivar Imperial Roxa sofreu influência das lâminas de irrigação apenas para o parâmetro PA no terceiro ciclo.

Embora a maior produtividade da água (PA) tenha sido observada para a menor lâmina de irrigação utilizada (50% da ET_c), semelhante a Bandeira et al. (2011), variáveis importantes como NFC, MFF e PROD alcançaram o máximo valor com a aplicação de uma lâmina média de aproximadamente 110% da ET_c (Figura 2.6).

É importante ressaltar que as características de parte aérea, as quais influenciam diretamente na produtividade da alface, foram obtidas aplicando-se lâminas de irrigação superiores a 100% de reposição de água, e possivelmente, isso ocorreu por causa da eficiência global do sistema, ou seja, não houve eficiência de 100% de absorção de água, pois há perdas por percolação, redistribuição de água no solo, áreas com déficit hídrico (VILAS BOAS et al., 2008).

O uso de lâminas de reposição acima de 100% também pode ser explicado pela potencial salinidade do solo causada pelos altos teores de sais (Tabela 2.1) acumulados no solo utilizado na presente pesquisa.



—◇— Raider Plus —■— Luara —△— Vanda —×— Imperial

Figura 2.6. Valores médios da massa de parte aérea total (MPAT) e comercial (MPAT), produtividade da cultura (PROD), diâmetro de parte aérea (DPA), número de folhas comerciais (NFC), índice de área foliar (IAF), massa de folha fresca (MFF) e de caule (MCF), diâmetro médio e volume de caule (DMC; e VC) do ciclo 2 e produtividade da água (PA) dos ciclos 2 e 3, em função de lâminas de irrigação para as cultivares de alface. LI_{pl}: lâmina de irrigação referente ao ponto de inflexão da curva. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

Os resultados da análise de componentes principais (ACP) do experimento estão apresentados na Figura 2.7. Comparativamente, o tratamento que estiver plotado mais próximo de uma determinada característica, mais indicado será esse tratamento para se obter maiores valores da referida característica.

Os tratamentos que envolveram a cultivar Raider Plus (1, 5, 9, 13 e 17), independente da lâmina de irrigação, concentraram-se no à direita do eixo central (Figura 2.7). Esse comportamento da Raider Plus aconteceu principalmente no primeiro e terceiro ciclos, com intensa associação com variáveis que influenciam positivamente a qualidade e produtividade da alface como CLOR-T, IAF e PROD (primeiro ciclo), CLOR-T, IAF e PA (segundo ciclo) e VPA, PROD e PA (terceiro ciclo). Esse comportamento confirma a preferência por essa cultivar discutida anteriormente.

Os tratamentos que envolveram a cultivar Luara (Figura 2.7) favoreceram as variáveis NFC e DPA no primeiro ciclo (tratamentos 2, 10 e 14), NFC, VPA e PROD no segundo ciclo (tratamentos 8 e 11), DPA, AP e NFC no terceiro ciclo (tratamentos 2, 6, 10, 14 e 18).

Ao contrário das cultivares Raider plus e Luara, as cultivares Vanda e Imperial Roxa concentraram seus tratamentos no lado negativo do eixo de CP1 (Figura 2.7), em sentido oposto ao das variáveis importante para a qualidade da alface, justificando a não preferência pelas mesmas. A situação da cultivar Imperial Roxa foi ainda mais agravante, com reduzida associação com as variáveis de interesse na produção de alface.

O ângulo entre a direção de dois vetores quaisquer (Figura 2.7) indica a amplitude da associação entre as variáveis representadas por estes vetores, de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o ângulo entre os vetores referentes às características, maior será o grau de correlação entre elas. Assim, a PROD, como característica principal, foi positivamente influenciada pelas características VPA, MCPA, MTPA, IAF, CLOR-T no primeiro ciclo, por VPA, MCPA e MTPA no segundo ciclo e por IAF, DPA, AP, NFC, MTPA e MCPA no terceiro ciclo. Em contra partida, a PROD foi negativamente influenciada por AP e DPA no ciclo 1, e por CLOR-T nos ciclos 2 e 3.

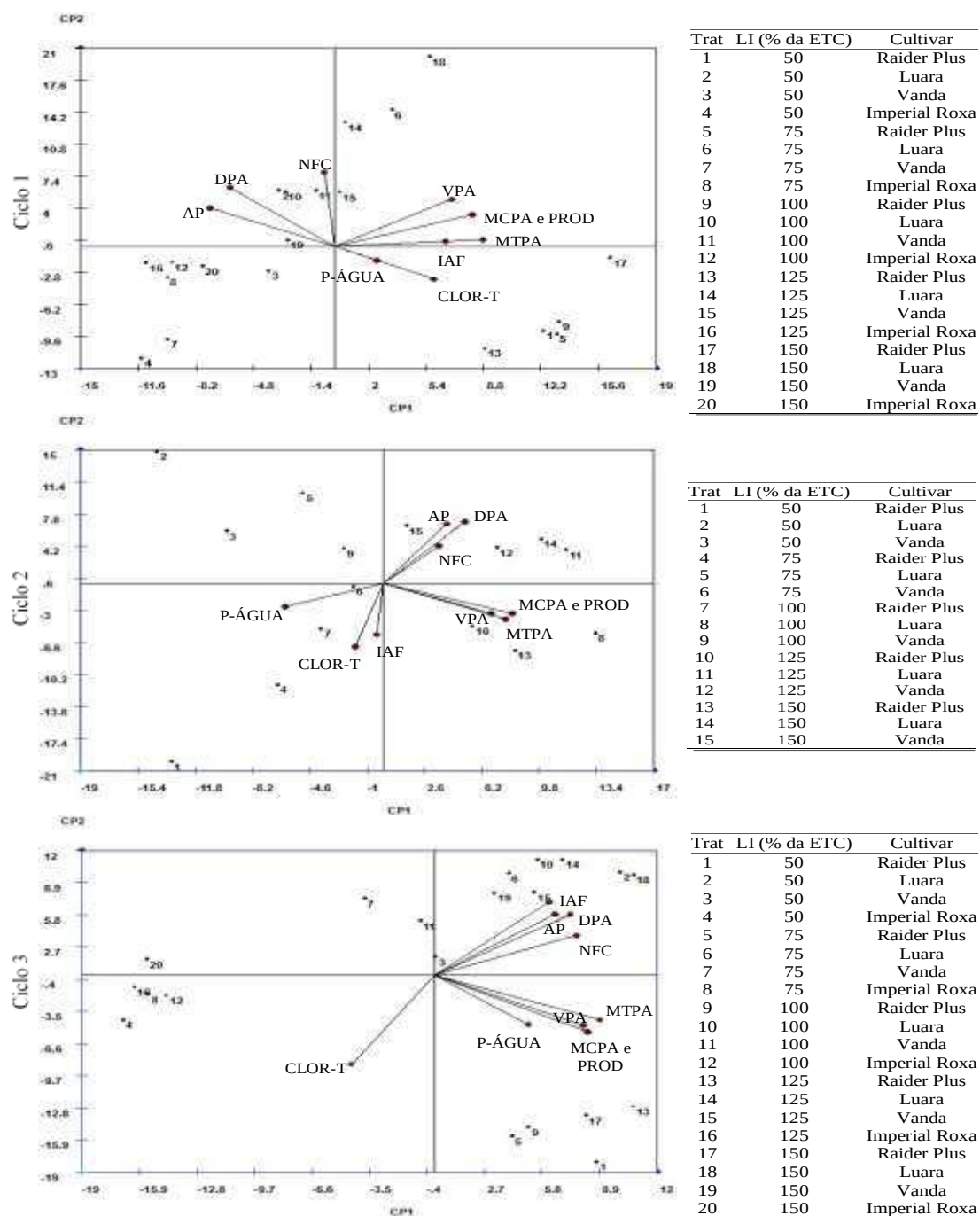


Figura 2.7. Análise de componentes principais (ACP) para massa de parte aérea total e comercial (MPAT; MPAT); massa de perda na colheita (MPC), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), altura, diâmetro e volume de parte aérea (APA; DPA; e VPA), comprimento e largura de folha (CF; e LF), massa de folha fresca e seca por planta (MFF; e MFS), índice de área foliar (IAF), massa de caule fresco (MCF), comprimento, diâmetro médio e volume de caule (CC; DMC; e VC), teor de clorofilas A, B e total (CLOR-A; CLOR-B; e CLOR-T) nos ciclos 1, 2 e 3 sob diferentes lâminas de irrigação para as cultivares de alface. Trat: Tratamento; LI: lâmina de irrigação. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

CONCLUSÕES

As cultivares de alface Raider Plus e Luara apresentaram melhor desenvolvimento no ambiente protegido com cobertura plástica de cor azul, comparado com as cultivares Vanda e Imperial Roxa no mesmo ambiente, na Zona da Mata Mineira.

A irrigação da alface pode ser realizada com lâmina para reposição de 110% da evapotranspiração da cultura para a região e condições semelhantes a do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, 2013.
- ARANTES, C. R. D. A.; JUNIOR, S. S.; CAMILI, E. C.; DIAMANTE, M. S.; PINTO, E. S. C. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v.61, n.5. p.558-566, 2014.
- ARAÚJO, T. S.; FIDELES FILHO, J.; KUMAR, K. K.; RAO, T. V. R. Crescimento da alface-americana em função dos ambientes, épocas e graus-dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 5, núm. 4, pp. 441-449, 2010.
- BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 29: 237-241. 2011.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.
- BRUNINI, G. A.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B. Temperatura base para a Alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar “White Boston”, em sistema de unidades térmicas. **Revista de Olericultura**, v.35, n.19, p.214-219, 1976.
- CALISKAN, S.; YETISIR, H.; KARANLIK, S. Combined Use of Green Manure and Farmyard Manure Allows Better Nutrition of Organic Lettuce. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, [S.l.], v. 42, n. 1, p. 248-254, 2014.
- CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. de; OLIVEIRA, E. C. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.44-50, 2012.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.

- DOORENBOS, J.; PRUIT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS M. L. G.; McMANUS, C. M.; MENEZES, A. M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n.1, p 175-179, 2012.
- FILGUEIRA, FAR. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3 ed. 2008. 421p.
- FOTEINIS, S.; CHATZISYMEON, E. Life cycle assessment of organic versus conventional agriculture. A case study of lettuce cultivation in Greece. **J Clean Prod** 112(4):2462–2471. 2016.
- GOMES, M. M. A; LAGOA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and absisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**. 16: 155-161. 2004.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Artmed; Edição 1. 2010.
- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA-NUÑEZ, C. The effect of irrigation frequency on water and carbon relations in three cultivars of sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq), in a tropical semiarid region. **Scientia Horticulturae** 81: 301-305. 1999.
- JORDAN, R. A.; GEISENHOFER, L. O.; OLIVEIRA, F. C. DE; SANTOS, R. C.; MARTINS, E. A. S. Yield of lettuce grown in aquaponic system using different substrates. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.1, p.27-31, 2018.
- KAPOULAS, N.; KOUKOUNARAS, A.; ILIĆ, Z. S. Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. **Scientia Horticulturae** Volume 219, 310-318. 2017.
- KELLER, J. **Trickle irrigation**. Colorado: En Soil Conservation Service National Engineering Handbook, 1978. 129 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.
- KOEFENDER, J; SCHOFFEL, A; MANFIO, C. E.; GOLLE, D. P.; SILVA, A. N.; HORN, R. C. Consorciação entre alface e cebola em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, 34: 580-583. 2016.
- KOSMA, C.; TRIANTAFYLIDIS, V.; PAPASAVVAS, A.; SALAHAS, G.; PATAKAS, A. Yield and nutritional quality of greenhouse lettuce as affected by shading and cultivation season. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, n. 12, p. 974-979, 5 nov. 2013.

- LIMANTARA L., DETTLING M., INDRAWATI R., BRODOSUDARMO T. H. P., Analysis on the chlorophyll content of commercial green leafy vegetables, **Procedia Chemistry**, 14, 225. 2015.
- LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V; DOMBROSKI, J. L. D; LOPES, W. A. R; RODRIGUES, G. S. O. Medição de área foliar de aceloreira. **Revista Caatinga**, 24:40-45. 2011.
- LÚCIO A. D; HAESBAERT F. M; SANTOS D; BENZ V. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira** 29: 510-515. 2011.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150p.
- MARTINS, C. M.; MEDEIROS, J. F. DE; LOPES, W. DE A. R.; BRAGA, D. F.; AMORIM, L. B. DE. Curva de absorção de nutrientes em alface hidropônica. **Revista Caatinga**, v.22, p.123-128, 2009.
- NANDI, R.; GOWDRU, N.; BOKELMANN, W.; DIAS, G. Smallholder organic farmer's attitudes, objectives and barriers towards production of organic fruits and vegetables in India: a multivariate analysis. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Vol. 27, no. 5, 2015.
- OLIVEIRA, F. de A. de; CARRILHO, M. J. S. de O.; MEDEIROS, J. F. DE; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. de. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.15, n.8, pp.771-777. 2011.
- OLIVEIRA, M. N. S.; OLIVA, M. A.; MARTÍNEZ, C. A.; MERCIER, H.; SILVA, M. A. P. Sensibilidade estomática ao ABA em função do pH e de níveis de Ca^{2+} , NO_3^- e PO_4^{3-} na seiva do xilema. **Brazilian Journal Plant Physiology**, 14: 117-123. 2002.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola** 25: 161-169. 2005.
- PAYERO, J. O.; TARKALSON, D. D.; IRMAK, S.; DAVISON, D.; PETERSEN, J. R. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in semiarid climate. **Agricultural Water Management** 95: 895-908. 2008.
- PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.419- 424, 2013.
- PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Fatores climáticos. In: FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: Ed. da UFV, 2005. p.17-30.
- RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.178-181, 2004.
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.177.
- RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SELEN, S. M.; AKYILDIZ, A.; DASGAN, H.Y.; GENCEL, B. Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. **Scientia Horticulturae** 117: 95-102. 2008.
- SILVA, J. A.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; ANDRADE, J. E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 354-362, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TOGNETTI R; PALADINO M; MINNOCCI A; DELFINE S; ALVINO A. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. **Agricultural Water Management** 60: 135-155. 2003.
- TRINGOVSKA, I.; YANKOVA, V.; MARKOVA, D.; MIHOV, M. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 186, n. 21, p. 31-37, 2015.
- VANDANA, V.; BHATT, R. K. Physiological changes in Sesbania species to reducing light intensities. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 182:43-47. 1999.
- VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUSA, A. M. G.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, K. J. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 525-531, 2008.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE CENOURA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

GUIMARÃES, Claudinei Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2019. **Avaliação agronômica de cultivares de cenoura sob diferentes lâminas de irrigação.** Orientador: Fernando França da Cunha. Coorientador: Everardo Chartuni Mantovani.

O manejo adequado da irrigação e o uso de cultivares mais adaptadas ao clima e tipo de solo maximizam o desenvolvimento da cultura de cenoura. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agronômico de cultivares de cenoura submetidas a diferentes lâminas de irrigação via gotejamento, sob ambiente protegido, em Viçosa-MG. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Foram combinadas cinco lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura) nas parcelas e quatro cultivares de cenoura (Brasília, Alvorada, Esplanada e Nantes) nas subparcelas, em dois ciclos de cultivo da cenoura. O primeiro ciclo possuiu duração de 121 dias (18/01 à 18/05/2017) e o segundo ciclo de 103 dias (04/08 à 14/11/2017), após semeadura. Foram avaliados: massa fresca total da planta; massa fresca da cenoura; comprimento da cenoura; comprimento da parte aérea; diâmetro médio da cenoura; volume da cenoura; ombro verde; produtividade da cultura; produtividade da água; e potencial de água na planta. A cultivar de cenoura Brasília apresentou melhor desenvolvimento e a cultivar Esplanada se mostrou menos adaptada ao ambiente estudado. As cultivares Alvorada e Nantes apresentaram desempenho intermediário entre as outras duas cultivares. A irrigação da cenoura deve ser realizada com lâmina igual a 100% da evapotranspiração da cultura para a região e condições semelhantes a do presente estudo.

Palavras chave: Produção vegetal, ambiente protegido, irrigação localizada, manejo hídrico, *Daucus carota* L.

INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.), pertencente à família Apiaceae, é uma hortaliça de raiz de grande importância econômica no Brasil e no mundo. A cenoura é cultivada em larga escala nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil, com área plantada estimada de 26 mil hectares e produção de 780 mil toneladas de raízes (CARVALHO et al., 2017).

Pesquisas científicas no processo produtivo da cultura da cenoura, são necessárias para atender a essa crescente demanda pela população atual, com redução ou eliminação de deficiências do setor produtivo.

O cultivo da cenoura tem sido pouco explorado na mesorregião da Zona da Mata Mineira, e principalmente na região de Viçosa. Lopes et al. (2008) atribuiu esse fato à falta de tradição de cultivo da hortaliça aliada ao desconhecimento de cultivares adaptados às condições da região por parte dos produtores, o que justifica o estudo de cultivares adaptadas à região de estudo.

Uma das alternativas para resolver essas deficiências é a escolha de variedades de cenoura mais adaptadas ao clima e tipo de solo de uma região, o que permite incremento em produtividade da cultura. Também se apresenta como outra opção, o uso da irrigação para suprir de forma total ou suplementar as necessidades hídricas da cultura. Segundo Reichardt (1978), a água é indispensável para a produção, e por isso a sua falta ou excesso afeta, significativamente, a produtividade de uma cultura, tornando indispensável o seu manejo racional para se conseguir a maximização da produção.

A utilização de irrigação possibilita cultivos sucessivos durante todo o ano (BANDEIRA et al., 2011), sendo obrigatória em ambiente protegido, para suprir as necessidades hídricas da planta. O uso de ambiente protegido tem se tornado mais frequente nos últimos anos, pois protege a cultura das adversidades climáticas, de pragas e doenças, proporcionando aumento na produtividade e na qualidade de produtos (CARVALHO et al., 2012).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agrônomo de cultivares de cenoura submetidas a diferentes lâminas de irrigação via gotejamento, em ambiente protegido, na Zona da Mata Mineira.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área e do ensaio experimental

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, nas coordenadas 20°45'14''S, 42°52'55''O, altitude de 648 m (3.1). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwb (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 19,4 °C e a precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 1.200 mm.

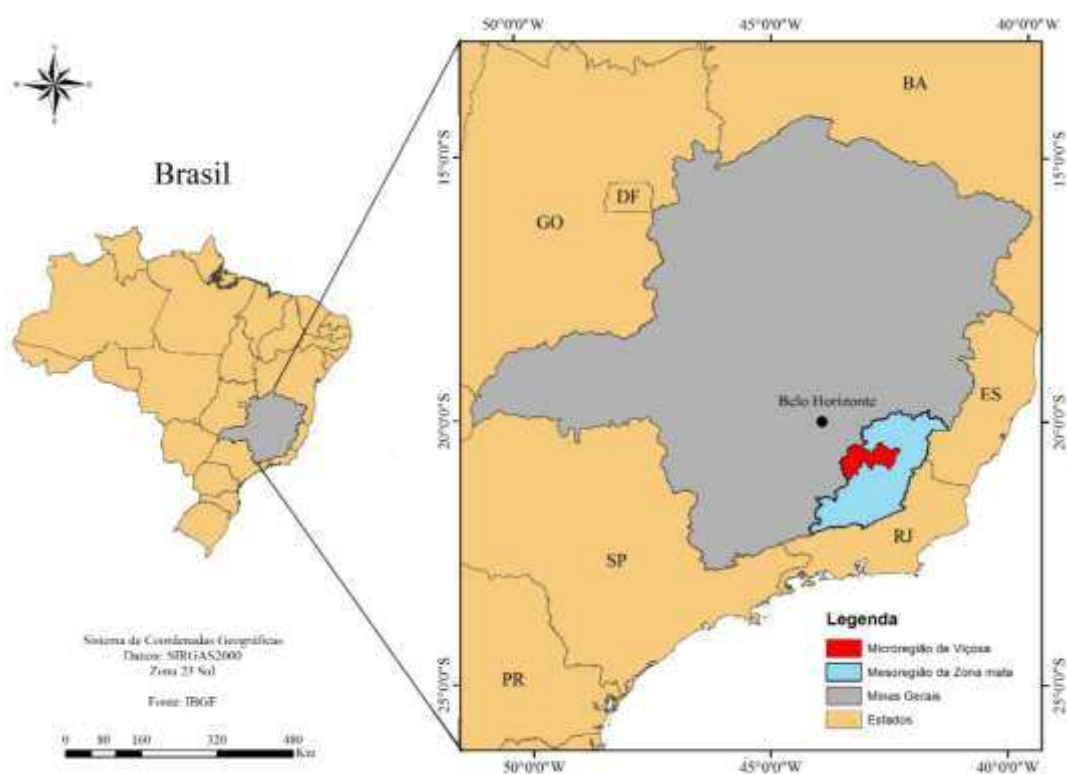


Figura 3.1. Localização geográfica da área de estudo. Viçosa-MG, Brasil.

Utilizou-se casa vegetação (Figura 3.2) com área total de 240 m² (8 m de largura e 30 m de comprimento), com laterais revestidas de tela de fios de polietileno (100% polietileno, 25 mesh - abertura de 1,0 x 1,0 mm, com 10 fios/cm de tela - e 25% de sombreamento) e teto coberto com filme plástico azul (AV Blue, 120 microns, 78% e 67% de transmissão e difusão de luz, respectivamente).

Foram realizados dois ciclos de cultivo da cenoura. O primeiro ciclo possuiu duração de 121 dias (18/01 à 18/05/2017) e o ciclo 2 de 103 dias (04/08 à 14/11/2017), após semeadura.

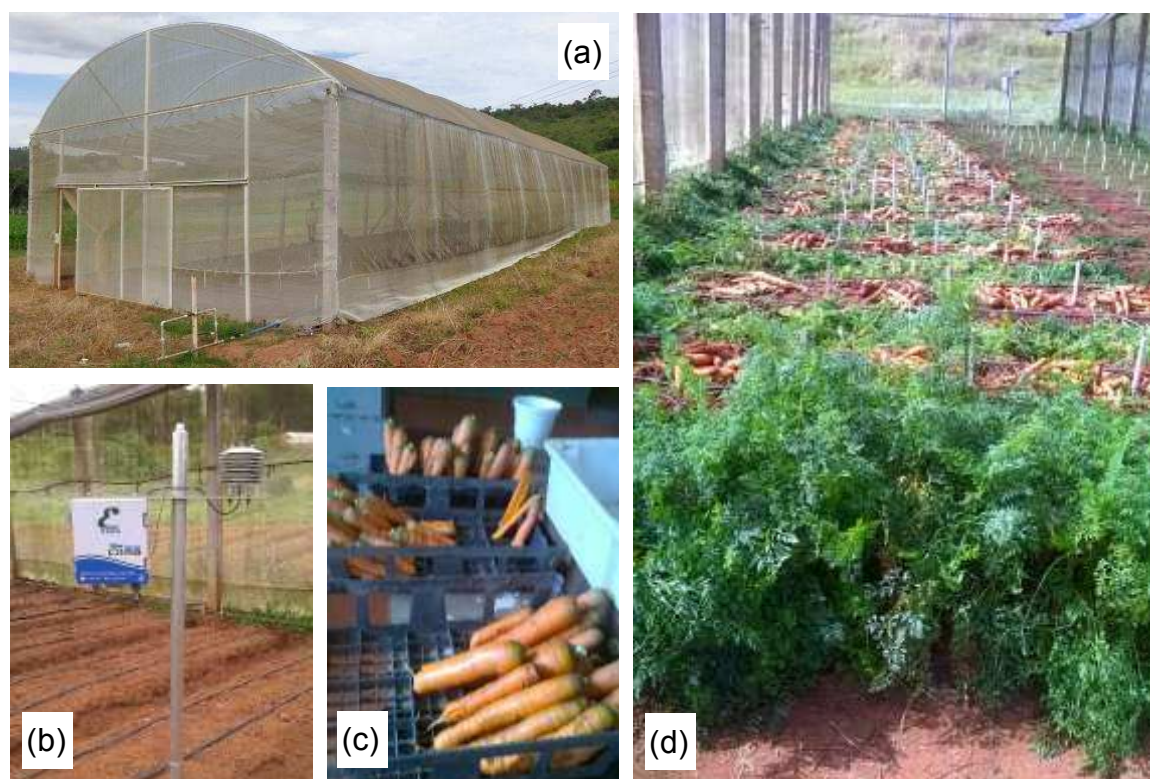


Figura 3.2. Ambiente protegido (a), estação meteorológica (b), detalhes da colheita da cenoura (c) e vista interna da casa de vegetação no momento da colheita (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2017.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, tendo cinco lâminas de irrigação nas parcelas e quatro cultivares de cenoura nas subparcelas (Figura 3.3). As lâminas de irrigação foram para reposição de 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c). As cultivares de cenoura foram: Brasília Calibrada (cultivar de verão), Alvorada (cultivar de verão), Esplanada (cultivar de primavera-verão) e Nantes (cultivar de outono-inverno). Cada unidade amostral (subparcela) possuiu 1 m² de área (1 m de comprimento e 1 m de largura), constituídas de quatro fileiras de plantas (25 cm entre fileiras e 6 cm entre plantas), com aproximadamente 66 plantas, sendo amostradas quatro plantas no centro das linhas centrais em cada subparcela.

Portanto, foram utilizados dados de 80 observações (5 lâminas x 4 repetições x 4 plantas amostradas) para cada característica analisada, referente a cada cultivar e para cada ciclo.

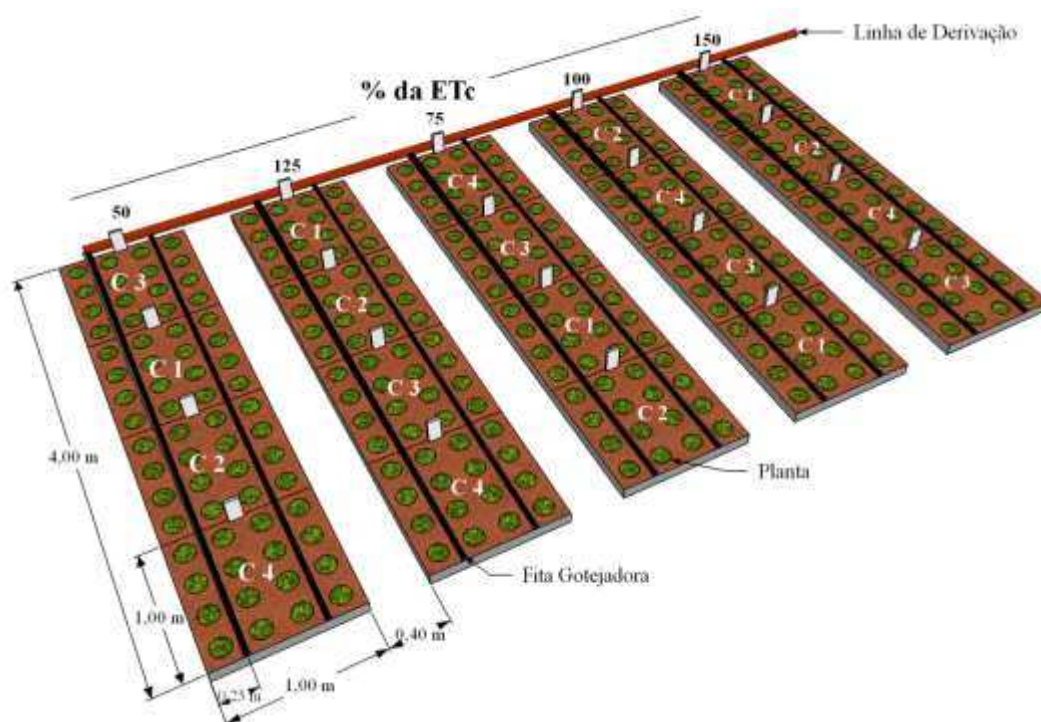


Figura 3.3. Representação estrutural do bloco 1 do experimento. ETc: evapotranspiração da cultura. C: cultivar de cenoura.

Instalação e condução da pesquisa

Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófizado, com as características apresentadas na Tabela 3.1. Foram realizadas amostragens de solo no interior dos ambientes protegidos para realização de análises químicas e físico-hídricas.

Tabela 3.1. Resultados das análises físico-hídricas e química em diferentes profundidades do solo no local do experimento, segundo EMBRAPA (2011). Viçosa, MG, DEA-UFV, 2017.

Prof. cm	CC*	PMP*	Ds	Argila	Silte	Areia	Classificação Textural*						
	 g g ⁻¹	 g g ⁻¹	g cm ⁻³	 %	 %	 %							
0-20	0,291	0,177	1,21	39	11	50	Argilo-arenoso						

Prof. cm	pH H ₂ O	P .. mg dm ⁻³	K ..	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V %	m	Prem mg L ⁻¹
0-20	6,1	328,4	196,0	5,4	1,2	0,0	2,6	7,2	7,2	9,8	73,3	0,0	51,5

CC: Umidade na capacidade de campo (tensão de 33 kPa); PMP: Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de 1.500 kPa); *obtidos pela curva de retenção de água no solo utilizando o extrator de Richards (RICHARDS, 1949); Ds: Densidade do solo. P e K disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial a pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; ** segundo EMBRAPA (2013).

A preparação do solo foi realizada por meio de aração, gradagem e passagem do encanteirador. A calagem e adubação química foram realizadas com base nos resultados da análise química de solo e recomendações Ribeiro et al. (1999).

A semeadura da cenoura foi realizada diretamente nos canteiros (em pequenos sulcos espaçados de 25 cm entre linhas) e posteriormente, realizou-se o desbaste/raleio (espaçamento de 6 cm entre plantas) aos 28 dias após a semeadura, semelhante a Lopes et al. (2008). Semanalmente, capinas manuais foram realizadas até o sombreamento natural do solo pela parte aérea das plantas. Não foi observada a incidência de pragas e doenças capazes de causar danos expressivos na qualidade e produtividade da cenoura.

O sistema de irrigação utilizado foi o localizado por gotejamento, com linhas laterais compostas por fitas gotejadoras (marca Amanco) de 16 mm de diâmetro e 15 milésimos de polegada de espessura. O espaçamento entre as fitas gotejadoras foi de 0,50 m, o que possibilitou a irrigação de duas fileiras de planta. Os emissores (gotejadores), espaçados de 20 cm entre si, operaram com pressão de serviço de 98 kPa (~10 mca), aplicando vazão média de 1,8 L h⁻¹.

Manejo da irrigação

O sistema de irrigação foi avaliado utilizando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980), que consiste na coleta da vazão dos gotejadores em oito pontos ao longo da linha lateral e em quatro linhas laterais, ao longo da linha de derivação. A eficiência de distribuição foi de 92,4%, de acordo com o coeficiente de uniformidade de distribuição, calculado por meio da Equação 4.1:

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} 100 \quad (3.1)$$

Onde: CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição (%); q_{25} - média do menor quartil das vazões (L h⁻¹); q_m - média das vazões (L h⁻¹).

A irrigação real necessária para o tratamento de 100% da ET_c foi estimada em função de parâmetros das características de clima e solo, por meio da Equação 4.2, adaptada da equação proposta por Bernardo; Soares; Mantovani (2006):

$$IRN_{LOC} = \sum_{dia\ 1}^i ET_0 K_C K_S K_L - C \quad (3.2)$$

Onde: IRN_{LOC} é a irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); ET_0 - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; K_C - coeficiente da cultura (adimensional); K_S - coeficiente de umidade do solo (adimensional); K_L - coeficiente de localização (adimensional); C - constante referente à elevação do lençol freático, mm.

O modelo utilizado na estimativa da ET_0 foi de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998), conforme Equação 4.3. A velocidade do vento foi considerada igual a 0,2 m s⁻¹, como recomendada para interior de ambiente protegido (ATARASSI et al. (2011)).

$$ET_0 = \frac{0,408 s (R_N - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 \frac{(e_s - e)}{10}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2.3)$$

Onde: ET_0 - evapotranspiração de referência (mm d^{-1}); s - declividade da curva de pressão de saturação versus temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_N - saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); γ - constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); t - temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}); e_s - pressão de saturação de vapor d'água (kPa); e - pressão atual de vapor d'água (kPa).

Utilizou-se valores de coeficientes de cultivo (K_C) de acordo com a literatura (DOORENBOS; PRUITT, 1977; MAROUELLI et al., 2008). O coeficiente da cultura (K_c) utilizado foi determinado de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura que foram: fase I – inicial; fase II – crescimento vegetativo; fase III – engrossamento de raiz; fase IV – pré-colheita. Para as fases I, II, III e IV adotou-se o K_c de 0,7; 0,9; 1,0 e 1,1, respectivamente.

Os coeficientes de umidade do solo (K_S) e de localização (K_L) foram calculados de acordo com Bernardo; Soares; Mantovani (2006) (Equação 4.4) e Keller (1978) (Equação 4.5), respectivamente:

$$K_S = \frac{\text{Ln}(\text{LAA} + 1)}{\text{Ln}(\text{CTA} + 1)} \quad (3.4)$$

$$K_L = \frac{P}{100} + 0,15 \left(1 - \frac{P}{100} \right) \quad (3.5)$$

Onde: K_S - coeficiente de depleção de água no solo (adimensional); LAA - lâmina atual de água (mm); CTA - capacidade total de água (mm); K_L - coeficiente de localização (adimensional); P - maior valor entre porcentagem de área molhada ou sombreada (%).

O valor de IRN_{LOC} foi corrigida em função da eficiência de irrigação, definindo a irrigação total necessária para sistemas localizados (ITN_{LOC}).

$$\text{ITN}_{\text{LOC}} = \frac{\text{IRN}_{\text{LOC}}}{E_i} \quad (3.6)$$

Onde: ITN_{LOC} - irrigação total necessária em sistemas localizados (mm); IRN_{LOC} - irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); E_i - eficiência de irrigação (decimal).

Considerou-se a eficiência de aplicação como sendo de 100% e a eficiência de distribuição média de 92,4%. Assim a eficiência de irrigação foi de 92,4%, para os dois ciclos de cultivo da cenoura.

Ao longo de cinco dias antes do início do manejo da irrigação via clima, o conteúdo de água no solo foi monitorado na profundidade de 0-0,20 m, por meio de tensiômetros

com base na curva de retenção de água no solo $\theta_{Azul} = 0,1813 + (0,3443 - 0,1813) / [1 + (0,01|\Psi_m|)^2]^{0,49}$ e pelo método direto da estufa, a fim de garantir a umidade do solo na condição de capacidade de campo. A diferenciação das lâminas de irrigação foi iniciada 30 dias após a semeadura.

Para manter a uniformidade de pressão no sistema durante o tempo de irrigação, mantinham-se sempre duas linhas laterais abertas simultaneamente, conforme o seguinte exemplo prático (Tabela 3.2): Tempo de irrigação = 20 minutos; L1=10 min (50% da ETc); L2=15 min (75% da ETc); L3=20 min (100% da ETc); L4=25 min (125% da ETc); L5=30 min (150% da ETc).

Tabela 3.2. Exemplo prático de abertura das válvulas das linhas laterais. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

ETAPA		Tempo (minutos)							
		5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
1:	L5								
	L4								
2:	L2								
3:	L3								
4:	L1								
									
									

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio da estação meteorológica automática E 4000 (IRRIPLUS), instalada centralmente no interior da casa de vegetação. Foram medidos os dados diários de radiação solar (Rs), temperatura média do ar ($T_{média}$), umidade relativa do ar (UR), e por meio desses, o valor diário da evapotranspiração de referência (ET_0).

Devido à ausência de precipitação pluvial no interior do ambiente protegido, uma alta frequência de irrigação (turno de rega de 2 dias) foi requerida, a qual também foi recomendada por Filgueira (2008), mantendo o solo com umidade próxima à capacidade de campo e com pouca exigência de água para igualar a capacidade total de armazenamento no momento de cada irrigação (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo da cenoura. Viçosa, MG, DEA-UFV, 2017.

Ciclo	Parâmetro	Lâminas de irrigação (% da ETc)				
		50	75	100	125	150
1	Irrigação Real Necessária (mm)	84,6	126,9	169,2	211,5	253,8
	Irrigação Total Necessária (mm)	91,6	137,3	183,1	228,9	274,7

2	Irrigação Real Necessária (mm)	61,7	92,5	123,3	154,1	185,0
	Irrigação Total Necessária (mm)	66,7	100,1	133,4	166,8	200,2

Variáveis analisadas

As variáveis analisadas no cultivo da cenoura foram:

- ✓ comprimento da cenoura (CC, cm), medido com uma régua;
- ✓ comprimento da parte aérea (CPA, cm), medido com uma régua;
- ✓ diâmetro médio da cenoura (DMC, mm), média de três medidas (ombro, meio e ponta) com uso de um paquímetro;
- ✓ volume da cenoura (VC, cm³), por deslocamento de volume de água no interior de uma proveta milimétrica;
- ✓ ombro verde (OV, cm), espessura do cor esverdeada no “ombro” da cenoura, medida com paquímetro;
- ✓ cenouras danificadas (CD, ud/10), número de cenouras não comerciáveis por estarem danificadas, de 10 cenouras coletadas aleatoriamente na parcela útil;
- ✓ massa da cenoura fresca (MCF, g), massa úmida somente da cenoura inteira;
- ✓ massa da cenoura seca (MCS, g), massa da cenoura inteira, seca em estufa de ventilação forçada a 70°C, até atingir massa constante;
- ✓ massa da parte aérea fresca (MPAF, g), massa úmida da parte aérea da planta;
- ✓ massa da parte aérea seca (MPAS, g), massa da parte aérea seca em estufa de ventilação forçada a 70°C, até atingir massa constante;
- ✓ massa de 10 cenouras (M10C, g), massa de 10 cenouras coletadas aleatoriamente na parcela útil;
- ✓ produtividade da cultura (PROD, kg m⁻²), estimativa da razão entre a produção de 10 cenouras da parcela útil e a área ocupada pelas mesmas, extrapolando-se para área de um hectare, considerando o uso corredores de acesso de 0,40 m de largura e comprimento máximo de canteiro de 50 m e utilizando-se raízes livres de defeitos, como rachaduras, bifurcações, nematoides e danos mecânicos, com comprimento e diâmetro superiores a 5,0 e 1,0 cm, respectivamente, conforme Vieira et al. (1997) e Soares et al. (2010);
- ✓ produtividade da água (PA, Kg m⁻³), obtida pela relação entre a massa de matéria fresca (kg ha⁻¹) e a quantidade de água aplicada (mm) por cada tratamento; e
- ✓ potencial de água na planta (PAP, kPa), estimada pela metodologia da câmara de Scholander (SCHOLANDER et al., 1965), na qual, utiliza-se uma câmara de pressão conectada à um cilindro de nitrogênio para pressurização da câmara. Foram feitas duas medidas por ciclo (uma aos 55 dias após semeadura e outra a 2 dias antes da colheita), seguindo recomendação da metodologia, com medidas obtidas entre 3:00 h

e 6:00 h (antes do nascer do sol – antemanhã), horário em que o potencial de água na planta é máximo. A análise foi feita em duas folhas por planta, obtidas de duas plantas diferentes nas subparcelas.

Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste F. Quando significativos a 5 %, os efeitos das lâminas foram submetidos à análise de regressão e os efeitos de cultivares foram comparados por teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a análise de regressão, foram testados os modelos linear, quadrático, cúbico, raiz quadrada, potencial, exponencial, hiperbólico, logarítmico, cúbico-raiz, log-log, Ln-Ln e Exp (x). Para escolha do melhor modelo, foram considerados: a significância do teste F para a equação da regressão, a 5% de probabilidade; o coeficiente de determinação (R^2); e a representatividade do comportamento biológico pela equação.

Os dados dos parâmetros foram submetidos à análise de componentes principais (ACP). Foram utilizados os softwares GENES e SISVAR para as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral de radiação solar (R_s) foi de $7,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ no primeiro ciclo (variando de $1,9$ a $9,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e de $5,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ no segundo ciclo (variando de $1,4$ a $11,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). A R_s média diária decresceu ao longo do ciclo 1 e esse comportamento influenciou o decréscimo da $T_{\text{média}}$ e da ET_0 (Figura 3.4). A $T_{\text{média}}$ diária do ar variou de $16,5$ a $26,4 \text{ }^\circ\text{C}$ no primeiro ciclo (média de $22,4^\circ\text{C}$), e de $15,4$ a $35,3 \text{ }^\circ\text{C}$ no segundo ciclo (média de $20,6^\circ\text{C}$). A umidade relativa (UR) média diária variou de $68,8$ a $91,2\%$ (média de $81,1\%$), e de $54,3$ a $85,9\%$ (média de $73,8\%$) nos ciclos 1 e 2, respectivamente.

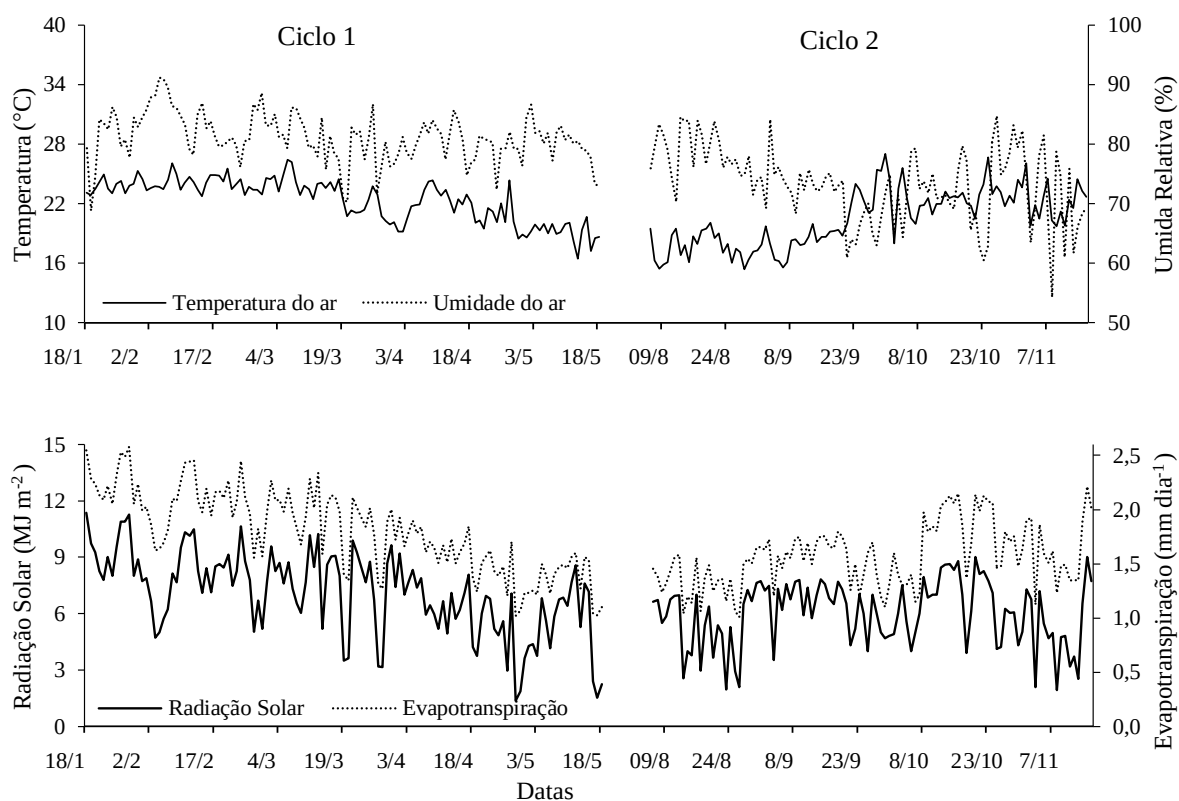


Figura 3.4. Variação diária da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), referentes a dois ciclos de cultivo da cenoura no ano de 2017. Viçosa, MG, DFT-UFV, 2017.

A ET_0 apresentou valores médios diários iguais a $1,8 \text{ mm d}^{-1}$ (oscilação de $1,1$ a $2,6 \text{ mm d}^{-1}$) no primeiro ciclo e iguais a $1,4 \text{ mm d}^{-1}$ (de $0,6$ a $2,2 \text{ mm d}^{-1}$) no segundo ciclo. A ET_0 ocorrida ao longo de cada ciclo de cultivo da cenoura foi utilizada para a determinação da irrigação real necessária (IRN) e irrigação total necessária (ITN) referentes à lâmina de irrigação de 100% da ET_c aplicada nos tratamentos (Tabela 3.3).

Não houve interação entre lâminas de irrigação e cultivares de cenoura para nenhuma das características avaliadas (Tabela 3.4). Por outro lado, observou-se significância, pelo teste F, tanto para lâmina de irrigação quanto para cultivares de cenoura, de forma independente. Quando não houve interação entre os fatores (cultivar e ambiente), ou significância em algum dos fatores avaliados, a média geral ou de cada fator foi apresentada, respectivamente.

Em ambos os ciclos de cultivo da cenoura, houve diferença estatística entre as cultivares estudadas para algumas características como potencial de água na planta (PAP), comprimento da cenoura (CC), diâmetro médio da cenoura (DMC), massa da cenoura seca

(MCS) e massa de 10 cenouras (M10C), porém a produtividade da cultura (PROD) não variou entre as cultivares.

Tabela 3.4. Quadrados médios, significância do teste F (ANOVA) e valores médios de potencial de água na planta (PAP), comprimento da parte aérea (CPA), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da parte aérea seca (MPAS), comprimento da cenoura (CC), diâmetro médio da cenoura (DMC), volume da cenoura (VC), ombro verde (OV), cenouras danificadas (CD), massa da cenoura fresca (MCF), massa da cenoura seca (MCS), massa de 10 cenouras (M10C), produtividade da cultura (PROD) e produtividade da água (PA) em função de diferentes cultivares (Cult) e lâminas de irrigação (LI) em dois ciclos de cultivo de cenoura. Viçosa, MG, DEA-UFV, 2017.

Parâmetro	Ciclo	Quadrado Médio - Teste F			Cultivar de Cenoura			
		LI	Cult	LI x Cult	Brasília	Alvorada	Esplanada	Nantes
PAP (kPa)	1	2,0E+4 ^{ns}	4,9E+5**	6,2E+4 ^{ns}	730,9 B	755,0 B	730,8 B	1051,5 A
	2	8,2E+4 ^{ns}	1,2E+6**	4,1E+4 ^{ns}	1261,7 A	1275,5 A	973,9 B	779,1 B
CPA (cm)	1	1,5E+2**	1,3E+2**	7,4E+1 ^{ns}	$\bar{y} = 66,6$			
	2	9,0E+1**	2,1E+1 ^{ns}	9,9E+0 ^{ns}	$\bar{y} = 43,4$			
MPAF (g)	1	3,2E+3**	2,5E+3 ^{ns}	1,8E+3 ^{ns}	$\bar{y} = 83,4$			
	2	7,0E+2**	9,4E+1 ^{ns}	9,4E+1 ^{ns}	$\bar{y} = 26,1$			
MPAS (g)	1	6,6E+1*	6,9E+1 ^{ns}	3,0E+1 ^{ns}	$\bar{y} = 13,1$			
	2	6,3E+0 ^{ns}	3,1E-1 ^{ns}	1,9E+0 ^{ns}	$\bar{y} = 11,2$			
CC (cm)	1	1,2E+1 ^{ns}	8,3E+1**	1,7E+1 ^{ns}	21,3 AB	18,6 B	21,2 AB	23,6 A
	2	9,5E+0 ^{ns}	4,7E+1**	3,9E+0 ^{ns}	15,0 A	13,2 B	16,5 A	16,5 A
DMC (mm)	1	7,6E+1 ^{ns}	1,1E+2**	2,8E+1 ^{ns}	35,1 AB	36,8 A	31,8 B	32,5 B
	2	1,8E+1 ^{ns}	2,0E+1*	3,8E+0 ^{ns}	25,8 AB	25,4 AB	23,8 B	26,1 A
VC (mL)	1	8,8E+3*	5,9E+3 ^{ns}	4,7E+3 ^{ns}	$\bar{y} = 230,9$			
	2	1,8E+3*	1,3E+3 ^{ns}	3,7E+2 ^{ns}	$\bar{y} = 80,7$			
OV (cm)	1	2,4E+1 ^{ns}	7,0E+1 ^{ns}	2,5E+1 ^{ns}	$\bar{y} = 12,5$			
	2	1,4E+1 ^{ns}	3,7E+0 ^{ns}	4,9E+0 ^{ns}	$\bar{y} = 7,8$			
CD (ud/10)	1	2,3E+0 ^{ns}	3,5E+0 ^{ns}	1,6E+1 ^{ns}	$\bar{y} = 1,4$			
	2	7,7E-1 ^{ns}	3,8E-1 ^{ns}	2,0E-1 ^{ns}	$\bar{y} = 0,83$			
MCF (g)	1	6,9E+3 ^{ns}	8,9E+3 ^{ns}	4,5E+3 ^{ns}	$\bar{y} = 224,9$			
	2	2,4E+3*	1,6E+3 ^{ns}	4,0E+2 ^{ns}	$\bar{y} = 89,5$			
MCS (g)	1	7,1E+1 ^{ns}	3,0E+2*	1,0E+2 ^{ns}	40,5 A	34,2 AB	31,5 B	37,1 AB
	2	1,2E+1 ^{ns}	7,0E+1*	1,6E+1 ^{ns}	15,3 A	12,6 AB	11,2 B	14,7 AB
M10C (g)	1	5,0E+5*	3,7E+5*	2,0E+5 ^{ns}	1805,0 A	1511,4 B	1559,4 AB	1532,9 AB
	2	1,9E+4 ^{ns}	4,9E+4**	6,1E+3 ^{ns}	708,7 A	637,9 AB	591,2 B	626,6 B
PROD (kg m ⁻²)	1	2,3E+8 ^{ns}	1,5E+9 ^{ns}	7,5E+8 ^{ns}	$\bar{y} = 9,2$			
	2	4,0E+8*	2,7E+8 ^{ns}	6,6E+5 ^{ns}	$\bar{y} = 3,6$			
PA (Kg m ⁻³)	1	1,6E+4**	1,5E+3 ^{ns}	6,6E+2 ^{ns}	$\bar{y} = 85,2$			
	2	3,2E+3**	2,4E+2 ^{ns}	4,8E+1 ^{ns}	$\bar{y} = 39,3$			

LI: lâmina de irrigação; Cult: cultivar de cenoura; LI x Cult-C: interação entre LI e Cult; ETC: evapotranspiração da cultura; * e **: significância a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Embora a PROD não tenha variado em função das cultivares, maiores valores de MCS e M10CA foram observados para a cultivar Brasília, a qual tende a se adaptar melhor às condições do ambiente protegido estudado. Como a duração de cada ciclo de cultivo foi

igual para todas as cultivares analisadas, provavelmente a precocidade da cultivar Brasília a favoreceu, permitindo mais tempo para desenvolvimento das raízes, em relação às outras cultivares. Em contraposição, a cultivar Esplanada se mostrou menos adaptada ao ambiente em questão. As cultivares Alvorada e Nantes foram intermediárias entre as duas cultivares supracitadas.

É importante ressaltar que, embora a cultivar Nantes seja indicada para regiões ou épocas com temperaturas mais amenas (clima frio), no geral, a mesma apresentou desenvolvimento intermediário. A cobertura com filme plástico de cor azul utilizada no ambiente de estudo reduziu a incidência direta de luz nas plantas, o que provavelmente forneceu condições suficientes para o desenvolvimento da cultivar Nantes.

Os valores de PROD em ambos os ciclos podem ser considerados elevados, indicando que as condições experimentais proporcionaram às cultivares adequada expressão do seu potencial produtivo. Tais produtividades foram maiores que as médias mundiais de $2,2 \text{ kg m}^{-2}$ e de $3,0 \text{ kg m}^{-2}$, e também maiores que as médias nacionais de $2,9 \text{ kg m}^{-2}$ e de $3,1 \text{ kg m}^{-2}$, relatadas por Resende e Braga (2014) e por Carvalho et al. (2017), respectivamente.

Os valores discrepantes da média de produtividade da cultura (PROD) entre os dois ciclos de cultivo (Tabela 3.4) possivelmente ocorreram devido à variação, entre os ciclos, de uma potencial salinidade do solo causada pelos altos teores de sais (Tabela 2.1) acumulados no solo utilizado na presente pesquisa. Resende e Cordeiro (2007) encontraram variação na produtividade da cenoura de $3,7$ a $8,1 \text{ kg m}^{-2}$ (também maiores que as médias mundiais e nacionais mencionadas) em função da qualidade da água de irrigação aplicada. O maior valor de condutividade elétrica ($8,0 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu a menor produtividade ($3,3 \text{ kg m}^{-2}$) e a menor condutividade elétrica (água normal a $0,1 \text{ dS m}^{-1}$) aumentou a produtividade da cenoura ($8,1 \text{ kg m}^{-2}$).

A redução da radiação solar (Figura 3.4) dentro do ambiente protegido, para o segundo ciclo comparado com o primeiro, possivelmente reduziu a taxa fotossintética da cultura da cenoura no ciclo dois, contribuindo para a diferença de PROD entre os ciclos.

Luz et al. (2009) encontraram valores de produtividade de cenoura de $3,8$; $3,6$ e $3,1 \text{ kg m}^{-2}$ para as cultivares Brasília Calibrada, Alvorada e Nantes, respectivamente, cultivadas em campo aberto na cidade de Uberlândia-MG. Resende e Braga (2014) encontraram maiores valores de produtividade da cultura da cenoura em relação aos autores supracitados: Brasília ($9,6 \text{ kg m}^{-2}$), Alvorada ($8,2 \text{ kg m}^{-2}$), Esplanada ($6,5 \text{ kg m}^{-2}$) e

Nantes (7,0 kg m⁻²). Tais valores de produtividade aproximaram-se dos encontrados no primeiro ciclo do presente estudo.

Silva et al. (2011) também obtiveram valores maiores para a cultivar Brasília (7,0 kg m⁻²) em Itumbiara-GO e relataram valores de produtividade média de cenoura de 3,5 kg m⁻² na região de Rio Paranaíba-MG.

O comportamento das características agronômicas das cultivares de cenoura estudadas, em função das lâminas de irrigação, está apresentado na Figura 3.5.

Os maiores valores das características que conferem melhor desenvolvimento da planta foram obtidos aplicando-se a maior lâmina de irrigação estudada (150% da ETc), a qual é superior a 100% da reposição da ETc, e possivelmente, isso ocorreu por causa da eficiência global do sistema, ou seja, não houve eficiência de 100% de absorção de água, pois há perdas por percolação, redistribuição de água no solo, áreas com déficit hídrico (VILAS BOAS et al., 2008), ou ainda, a lâmina de irrigação de 100% não forneceu quantidade de água suficiente para que a planta expressasse seu maior potencial produtivo.

Embora a maior produtividade da água (PA) tenha sido observada para a menor lâmina de irrigação utilizada (50% da ETc), a maior produtividade da cultura no ciclo 2 foi alcançada com aplicação de 150% da ETc (Figura 3.5). Plantas expostas ao estresse hídrico (aplicação de menores lâminas) sofrem declínio do potencial de água na folha, da condutância estomática e do fluxo de CO₂, impactando sobre o acúmulo de fotoassimilados e produtividade (SELEN et al., 2008; PAYERO et al., 2008; BANDEIRA et al., 2011). Esse fato também pode ser explicado pela elevação na concentração de ácido abscísico (ABA) no xilema de algumas espécies (OLIVEIRA et al., 2002; GOMES et al., 2004).

A figura 3.6 apresenta a análise de componentes principais do presente estudo. A intensidade da associação entre as características avaliadas é apresentada pelo ângulo entre a direção de seus vetores correspondentes, ou seja, quanto menor o ângulo entre os vetores, maior é a correlação positiva entre as características por eles representadas. Assim, embora exista esta correlação positiva mencionada, características como comprimento de parte aérea (CPA), volume da cenoura (VC), massa total (MT) e massa de cenoura fresca (MCF) contribuíram com maior intensidade para a obtenção dos altos valores de PROD, tanto no ciclo 1 quanto no ciclo 2 (Figura 3.6).

No primeiro ciclo, quase todas as características avaliadas tiveram associação positiva com a produtividade da cultura (PROD), exceto a produtividade da água (PA), a qual é inversamente proporcional à PROD, ou seja, o maior valor de PROD foi obtido quando a PA foi menor e vice-versa (Figura 3.6).

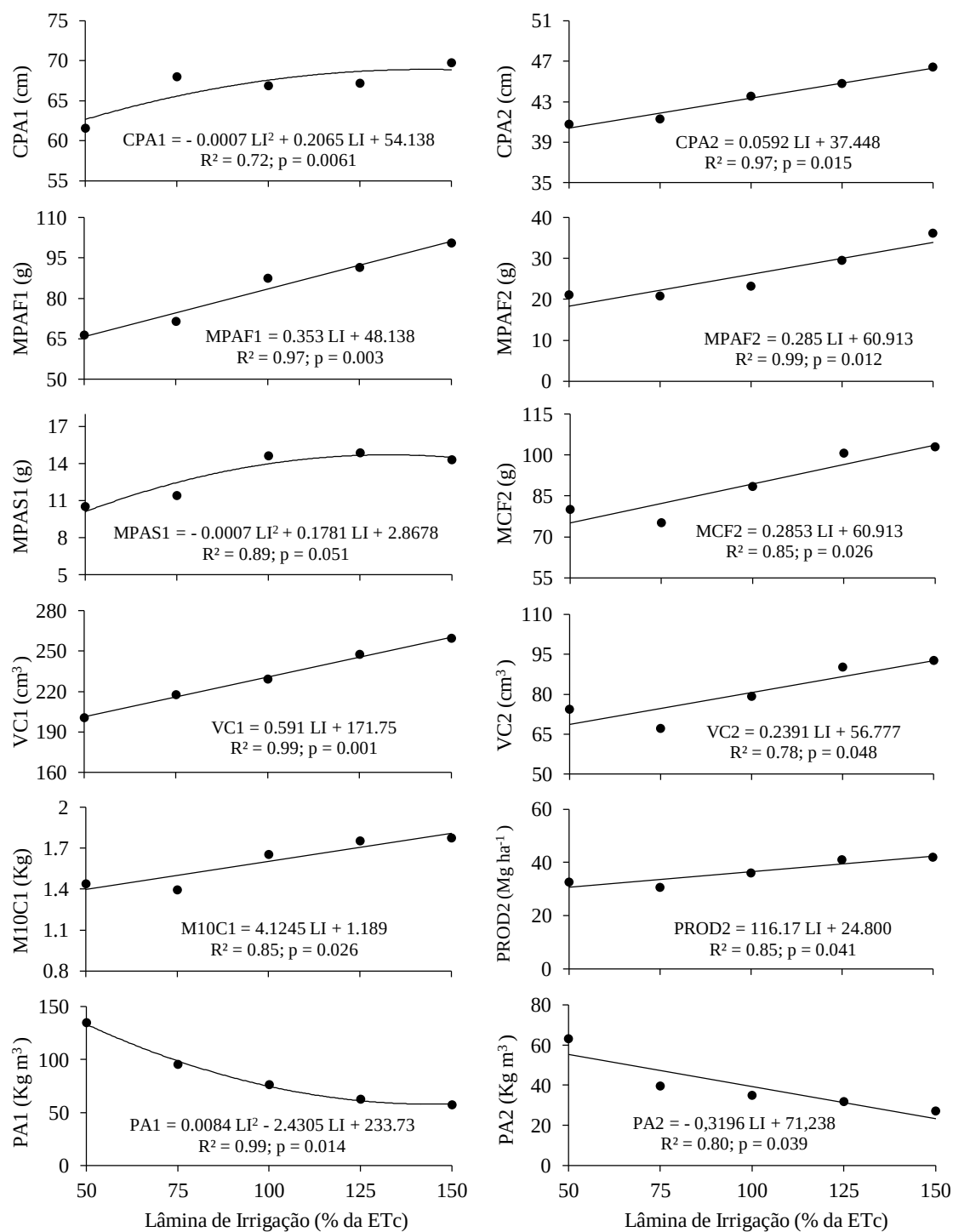


Figura 3.5. Valor médio de comprimento da parte aérea (CPA), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da parte aérea seca (MPAS), volume da cenoura (VC), massa de 10 cenouras (M10C), e produtividade da água (PA) do ciclo 1 e comprimento da parte aérea (CPA), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da cenoura fresca (MCF), volume da cenoura (VC), produtividade da cultura (PROD) e produtividade da água (PA) do ciclo 2, em função de lâminas de irrigação (LI) para a cultura da cenoura. LI_{PI}: lâmina de irrigação referente ao ponto de inflexão da curva. Viçosa, MG, DEA-UFV, 2017.

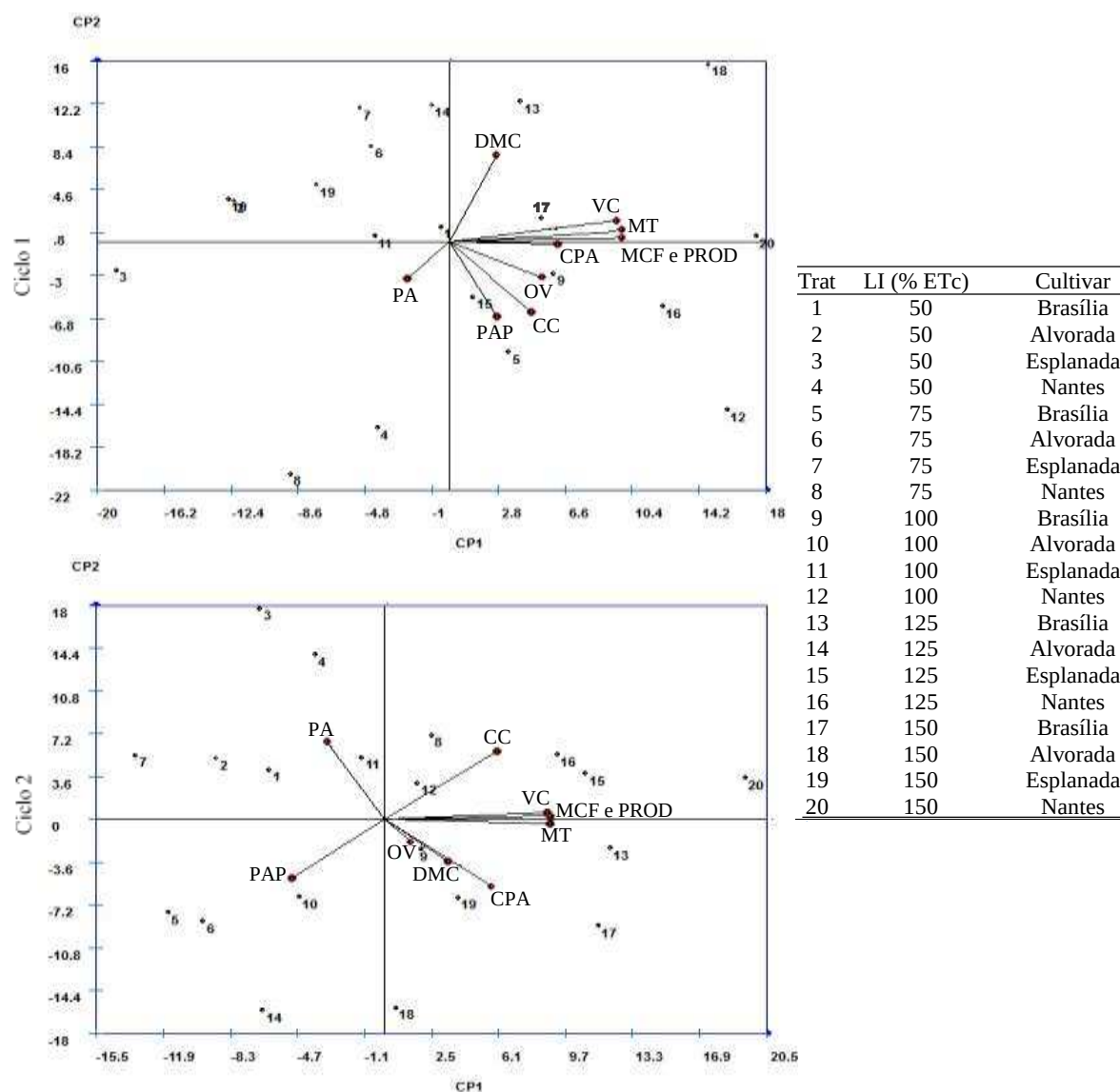


Figura 3.6. Análise de componentes principais (ACP) para comprimento da cenoura (CC), comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro médio da cenoura (DMC), volume da cenoura (VC), ombro verde (OV), massa da cenoura fresca (MCF), produtividade da cultura (PROD), produtividade da água (PA), e potencial de água na planta (PAP) em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em dois ciclos de cultivo de cenoura. Trat: Tratamento; LI: lâmina de irrigação. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2017.

A maioria dos tratamentos que incluíram as lâminas menores que 100% da ETc (50 e 75%) foram representadas à esquerda do eixo central, com valores negativos de CP1 (Figura 3.6), apresentando forte relação negativa com a maioria das variáveis de interesse, demonstrando que essas lâminas não favoreceram a produtividade da cenoura. Em contrapartida, a maior parte dos tratamentos com lâminas maiores que 100% (125 e 150%) se apresentam com valores positivos de CP, indicando que maiores lâminas de irrigação proporcionam maiores valores de PROD.

A preferência pela lâmina de 150% da ETc para obtenção de maiores valores das características estudadas é justificada na Figura 3.6, quando nota-se que os tratamentos 17, 18, 19 e 20 favoreceram a PROD. Esse fato, é ainda mais evidenciado nos tratamentos 15, 16 e 17 e 20.

Embora a lâmina de irrigação de 150% da ETc tenha proporcionado maior rendimento da cenoura no segundo cultivo, do ponto de vista prático, o fato de não haver diferença significativa entre as lâminas de irrigação no primeiro ciclo (Tabela 3.4), aliado ao pequeno incremento proporcionado por um acréscimo de 50% da lâmina de reposição (Figura 3.5), torna o uso dessa lâmina (150%) desnecessário. Assim, recomenda-se a lâmina de 100% da ETc para o cultivo da cenoura nas condições da presente pesquisa.

Ainda, embora não tenha sido observada diferença estatística entre as cultivares analisadas pela análise de variância e teste de média (Tabela 3.4), a análise de componentes principais (ACP) mostrou que quase todos os tratamentos que continham a cultivar Brasília foram melhores, independentemente da lâmina de irrigação, exceto para o tratamento 1 (Figura 3.6), onde o maior estresse hídrico, ofuscou a preferência por essa cultivar.

CONCLUSÕES

A cultivar de cenoura Brasília apresentou tendência de melhor desenvolvimento no ambiente protegido estudado. Em contraposição, a cultivar Esplanada se mostrou menos adaptada ao ambiente em questão.

A irrigação da cenoura pode ser realizada com lâmina igual a 100% da evapotranspiração da cultura para a região e condições semelhantes a do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, 2013

- ATARASSI, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Modelo de estimativa da velocidade do vento em casa de vegetação. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Guarapari – ES, 2011.
- BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 29: 237-241, 2011.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.
- CARVALHO, A. D. F.; NOGUEIRA, M. T. M.; SILVA, G. O.; LUZ, J. M. Q.; MACIEL, G. M.; RABELO, P. G. Seleção de genótipos de cenoura para caracteres fenotípicos de raiz. **Horticultura Brasileira** 35: 097-102. 2017.
- CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. de; OLIVEIRA, E. C. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.44–50, 2012.
- CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A.; LEAL, A. J. F. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, p. 131-141, 2013.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.
- DOORENBOS, J.; PRUIT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FILGUEIRA, FAR. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3 ed. 2008. 421p.
- GOMES, M. M. A; LAGOA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**. 16: 155-161. 2004.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Artmed; Edição 1. 2010.
- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA-NUÑEZ, C. The effect of irrigation frequency on water and carbon relations in three cultivars of sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq), in a tropical semiarid region. **Scientia Horticulturae** 81: 301-305. 1999.
- KELLER, J. **Trickle irrigation**. Colorado: En Soil Conservation Service National Engineering Handbook, 1978. 129 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

- LOPES, W. DE A. R.; NEGREIROS, M. Z. DE; TEÓFILO, T. M. DA S.; ALVES, S. S. V.; MARTINS, C. M.; NUNES, G. H. DE S.; GRANGEIRO, L. C. Produtividade de cultivares de cenoura sob diferentes densidades de plantio. **Revista Ceres**, vol. 55, núm. 5, pp. 482-487. 2008.
- LUZ, J. M. Q.; SILVA JÚNIOR, J. A.; TEIXEIRA, M. S. S. C.; SILVA, M. A. D.; SEVERINO, G. M.; MELO, B. Desempenho de cultivares de cenoura no verão e outono-inverno em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira** 27: 096-099. 2009.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150p.
- OLIVEIRA, M. N. S.; OLIVA, M. A.; MARTÍNEZ, C. A.; MERCIER, H.; SILVA, M. A. P. Sensibilidade estomática ao ABA em função do pH e de níveis de Ca^{2+} , NO_3^- e PO_4^{3-} na seiva do xilema. **Brazilian Journal Plant Physiology**, 14: 117-123. 2002.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola** 25: 161-169. 2005.
- PAYERO, J. O.; TARKALSON, D. D.; IRMAK, S.; DAVISON, D.; PETERSEN, J. R. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in semiarid climate. **Agricultural Water Management** 95: 895-908. 2008.
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.
- RESENDE, G. M.; BRAGA, M.B. Produtividade de cultivares e populações de cenoura em sistema orgânico de cultivo. **Horticultura Brasileira** 32: 102-106. 2014.
- RESENDE, G. M.; CORDEIRO, G. G. Produtividade da cenoura em função da qualidade da água e condicionador de solo no Vale do São Francisco. **Caatinga**, v.20, n.1, p.100-104, 2007.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.177.
- RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.
- SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMINGSSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potenciales in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy Science**, v.51, p.119-125, 1965.
- SELEN, S. M.; AKYILDIZ, A.; DASGAN, H.Y.; GENCEL, B. Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. **Scientia Horticulturae** 117: 95-102. 2008.
- SILVA, J. A.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; ANDRADE, J. E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 354-362, 2007.

- SILVA, V. J. da; TEODORO, R. F.; CARVALHO, H. de P.; MARTINS, A. D.; LUZ, J. M. Q. Resposta da cenoura à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 954-963, 2011.
- SOARES, I. A. A.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; FREIRE, G. M.; AROUCHA, E. M. M.; GRANGEIRO, L. C.; LOPES, W. A. R.; DOMBROSKI, J. L. D. **Interferência das plantas daninhas sobre a produtividade e qualidade de cenoura**. Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 247-254, 2010.
- TOGNETTI R.; PALADINO M.; MINNOCCI A.; DELFINE S.; ALVINO A. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. **Agricultural Water Management** 60: 135-155. 2003.
- TRINGOVSKA, I.; YANKOVA, V.; MARKOVA, D.; MIHOV, M. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 186, n. 21, p. 31-37, 2015.
- VIEIRA, J. V; PESSOA, H. B. S. V.; MAKISHIMA, N. **Cultivo da cenoura (Daucus carotaL.)**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 19p. 1997.
- VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUSA, A. M. G.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, K. J. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 525-531, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este último tópico da tese visa estabelecer considerações e conclusões a respeito da pesquisa realizada e sugerir algumas recomendações para futuros trabalhos relacionados ao tema principal.

O objetivo central e inicial dessa pesquisa foi estudar o comportamento de cultivares de alface e cenoura em função de diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. Ao longo da pesquisa, surgiram alguns questionamentos que geraram novos objetivos específicos, os quais foram alcançados por meio da realização e conclusão de experimentos prévios no mesmo local e condições a serem utilizados na pesquisa principal.

Neste capítulo 1, inicialmente, foi realizada a caracterização e comparação das variáveis meteorológicas de dois diferentes ambientes protegidos utilizados, os quais também foram comparados com o meio externo. Notou-se que, em relação ao ambiente sem cobertura, os valores de radiação solar foram de 40,1% e 51,8% e de evapotranspiração de referência de 51,3 e 57,6% nos ambientes com coberturas plásticas de cor azul e transparente, respectivamente. Esses resultados foram importantes para embasamento de estudos futuros em ambiente protegido, bem como para auxiliar o agricultor na escolha do ambiente de produção.

Ainda no primeiro estudo, avaliou-se o desempenho de quatro diferentes cultivares de alface nos dois ambientes protegidos já caracterizados anteriormente. Os resultados dessa segunda parte do trabalho inicial foram relatados no capítulo 1, onde concluiu-se que o ambiente com cobertura de filme plástico transparente é mais indicado para a cultivar Luara e os dois ambientes avaliados não influenciaram no desenvolvimento das cultivares Raider Plus, Vanda e Imperial Roxa. Porém, a ocorrência de estiolamento de plantas das cultivares Vanda e Imperial Roxa na cobertura de filme plástico azul pode comprometer a recomendação dessas cultivares para o ambiente em questão. Esses resultados podem auxiliar o agricultor na escolha da cultivar adequada ao ambiente de produção, além de nortear estudos vindouros sobre o tema.

Nos experimentos 2 e 3 (apresentados nos capítulos 2 e 3, respectivamente), foi utilizado apenas o ambiente protegido com cobertura plástica de coloração azul. Porém, se incorporou uma variação da lâmina de irrigação à variação de cultivar analisada no experimento anterior, tanto para a cultura da alface, quanto para a cultura da cenoura. Assim, concluiu-se que as cultivares de alface Raider Plus e Luara, e a cultivar de cenoura

Brasília apresentaram melhor desenvolvimento no ambiente protegido estudado em relação às cultivares Vanda e Imperial Roxa. Além disso, foram recomendadas as lâminas de irrigação de 110% e 100% da evapotranspiração da cultura, respectivamente, para as culturas de alface e cenoura, para a região e condições semelhantes a do presente estudo.

Esse último parágrafo reforça a importância do estudo de cultivares mais adaptadas a ambientes específicos, além de auxiliar o agricultor ou pesquisador no manejo da irrigação das culturas de alface e cenoura em ambiente protegido na região da Zona da Mata Mineira, e principalmente em viçosa-MG.

Por fim, estudos que combinem o comportamento de diferentes cultivares de alface e cenoura, com lâminas de irrigação variadas, diferentes ambientes e estações climáticas são encorajadas e podem fornecer conclusões distintas das relatadas na presente pesquisa.